DOI: https://doi.org/10.55164/ecbajournal.v15i4.260807

การประเมินต้นทุนภาระโรคของผลกระทบทางเดินหายใจจากการเผาตอซังในที่โล่ง ของการผลิตข้าวในพื้นภาคเหนือตอนบน

The Assessment Cost of Burden Disease's the Respiratory Effects from the Open-field Burning Rice Straw of Rice Production in Upper Northern Thailand

กำธร ธรรมพิทักษ์[1*]
Kamthorn Thambhitaks[1*]

วันที่รับบทความ : 30/07/2565
วันแก้ไขบทความ : 23/10/2565
วันตอบรับบทความ : 21/11/2565

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งประเมินต้นทุนภาระโรคที่เกิดจากระบบทางเดินหายใจ จากการเผาตอซังในที่โล่งของการผลิตข้าวในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสุขภาพด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และประมาณต้นทุนภาระโรคด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ โดยผลลัพธ์ถูกเปรียบเทียบระหว่างระบบการผลิตข้าว ผลการศึกษาพบว่า ระบบการผลิตข้าวในพื้นที่ประกอบด้วย ระบบการผลิตข้าวทั่วไป ระบบการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรที่ดีของประเทศไทย (GAP) และระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ โดยส่วนใหญ่ครัวเรือนเกษตรกรไม่ได้เตรียมแปลงนาด้วยการเผาตอซังในที่โล่ง มีเพียงบางส่วนของระบบการผลิตข้าวทั่วไปและระบบการผลิตข้าว GAP คิดเป็นร้อยละ 33 ของพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งครัวเรือนของเกษตรกรมีต้นทุนเฉลี่ยของภาระโรค 138,115 บาทต่อไร่ หรือ 229 บาทต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก และสามารถคิดเป็นต้นทุนผลกระทบภายนอกของภาระโรคจากการเผาตอซังในการผลิตข้าวในภาคเหนือตอนบน 56,202 ล้านบาท เนื่องจากการจัดการตอซังทางเลือกอื่น ๆ มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเป็นภาระต้นทุนการผลิตข้าวของครัวเรือนเกษตรกร ดังนั้น รัฐบาลควรลงทุนสร้างแรงจูงใจ การให้องค์ความรู้การจัดการตอซังทางเลือกด้วยการสนับสนุนความช่วยเหลือจากภาครัฐ ย่อมจะเกิดประโยชน์โดยตรง ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการสูญเสียสุขภาพของเกษตรกร และสังคมโดยรวม

คำสำคัญ: การเผาตอซังในที่โล่ง การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับการผลิตข้าว ดัชนีปีสุขภาวะที่ปรับด้วยความบกพร่องทางสุขภาพ ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

Abstract

This study aims to assess the burden disease cost of respiratory effects from the open field burning rice straw when producing rice in Upper Northern Thailand. The

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., สาขาเศรษฐศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจและนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
Assistance Professor, Dr. Economics Department, School of Business and Communication Arts, University of Phayao
* Corresponding author: E-mail address: thorn97@yahoo.com

analysis of environmental impact on human health was calculated using the Life Cycle Assessment. The valuation of health damage was assessed using economic tools. The results were compared among the rice production systems. The study showed that the rice production systems included the conventional method, the Thai Good Agricultural Practice Standard (GAP system), and the organic system. Most farm households have not practiced burning stubble in the open air. Only parts of the conventional and GAP systems accounted for 33 percent of the sample area, each burden costing 138,115 baht per rai or 229 baht per kilogram paddy. Such estimates could contribute to the external cost of burden disease on burning stubble 56,202 million baht in Upper Northern Thailand. The alternative stubble management cost was a relatively high burden for farmers in producing rice. Therefore, the government should provide incentives and contribute to educating farmers on alternative stubble management, which could benefit society by reducing environmental impacts and improving farmers' health.
Keywords: Open-field Burning Rice Straw, The Thai Good Agricultural Practice (GAP), Disability-Adjusted Life Years (DALYs), The Respiratory Effects

บทนำ

สถานการณ์หมอกควันของภาคเหนือตอนบนเป็นปัญหาเรื้อรังและมีความรุนแรงช่วง ฤดูแล้งที่สภาพอากาศปิด แห้ง และอุณหภูมิสูง ระหว่างเดือนต้นเดือนกุมภาพันธ์ ถึงปลายเดือนเมษายน ของ ทุก ๆ ปี มีสาเหตุหลักคือ ส่วนที่ 1 การเผาเศษวัสดุทางการเกษตร และการทำไร่เลื่อนลอย การที่เกษตรกรต้องใช้เวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายสูง สำหรับการจัดการพื้นที่เพาะปลูกและกำจัดเศษวัสดุทางการเกษตร เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในฤดูกาลถัดไป ดังนั้นเกษตรกรจึงเลือกวิธีที่ประหยัดต้นทุนที่สุดด้วยการจุดไฟเผา นอกจากนี้ปัญหาหมอกควันบางอย่างเกิดจากไฟไหม้ในพื้นที่ป่าอีกด้วย ส่วนที่ 2 ปัญหาหมอกควันข้ามแดน สร้างปัญหาระหว่างประเทศเช่นกัน เนื่องจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และพืชพลังงาน ส่งผลต่อความต้องการผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ด้วยการส่งเสริมการเพาะปลูกพืชเชิงเดี่ยวสู่ประเทศเพื่อนบ้าน นำสู่การขยายวงกว้างขึ้นและรุนแรงของปัญหาหมอกควันในภูมิภาคนี้ (Gebhart, 2014; Thongboonchoo, 2013)

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย และเกษตรกรส่วนใหญ่ของภาคเหนือเพาะปลูกข้าว มีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวทั้งสิ้น 3,736,640 ไร่ (DOAE, 2015) โดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก และเมื่อสิ้นฤดูกาลเก็บเกี่ยวเกษตรกรส่วนใหญ่จะเผาตอซังเพื่อเตรียมแปลงนาสำหรับฤดูกาลเพาะปลูกถัดไป การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรในพื้นที่โล่ง (Open-field Burning) ก่อให้เกิดมลพิษสู่บรรยากาศอาทิเช่น ก๊าซเรือนกระจก (Green-House-Gases : GHGs) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particular Matter : PM) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Health Damage) (van Zelm et al., 2008) ผลกระทบนี้คือผลกระทบภายนอกของระบบการผลิตข้าวจากการเผาตอซังที่ไม่เคยแสดงอยู่ในต้นทุนการผลิตข้าวเลย ดังนั้น การศึกษานี้มุ่งประเด็นการวิเคราะห์ผลกระทบของก๊าซมลพิษจากการเผาตอซังข้าวในพื้นที่โล่งที่มีต่อสุขภาพมนุษย์ ด้วยการประเมินภาระโรคที่เกิดจากระบบทางเดินหายใจ ตามแนวคิดวิธีวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) และประเมินต้นทุนภาระโรคที่เกิดขึ้น ด้วยวิธีประเมิน

สัดส่วนของมูลค่าชีวิตทางสถิติ (Value of Statistical Life : VOSL) ต่อจำนวนปีที่สูญเสียสุขภาพของประชากร เพื่อแสดงต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดกับการผลิตข้าว

วัตถุประสงค์

การศึกษานี้ตั้งปัญหาวิจัยและหาคำตอบด้วยกระบวนการวิจัยจาก การผลิตข้าวที่มีการเผาตอซังข้าวในโล่ง ก๊าซมลพิษที่เกิดขึ้นจะมีผลกระทบต่อสุขภาพต่อครัวเรือนเกษตรกรโดยตรง ผลของการสูญเสียสุขภาพแต่ละหน่วยถูกประเมินเป็นภาระโรคและคิดเป็นต้นทุนภาระโรค ซึ่งจะเป็นต้นทุนผลกระทบภายนอกที่เกิดขึ้นกับระบบการผลิตข้าวแบบต่าง ๆ จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษฝุ่นละออง ที่เกิดจากการเผาตอซังข้าวในพื้นที่โล่ง
2. ประเมินต้นทุนภาระโรคที่เกิดจากระบบทางเดินหายใจ

นิยามศัพท์

ต้นทุนภาระโรค (Cost of Burden Disease) ประกอบด้วย 2 คำ 1) “Burden disease” เป็นคำที่เฉพาะที่ใช้ในทางการแพทย์ ส่วนใหญ่พบในสาขาสาธารณสุขศาสตร์และการประเมินผลกระทบของสุขภาพ เป็นค่าที่สะท้อนระดับปัญหาสุขภาพของประชากรในประเทศ ออกมาเป็นหน่วยวัดเดียวกันระหว่างสาเหตุจากโรคและการบาดเจ็บต่างๆ เป็นการเปรียบเทียบภาระทางสุขภาพจากโรคต่างๆ ค่าที่ได้เรียกว่า “ค่าภาระโรค” 2) “Cost” คือการประเมินต้นทุนจากค่าภาระโรค ณ การศึกษานี้เลือกใช้วิธีการหาสัดส่วนของ มูลค่าชีวิตทางสถิติ (Value of Statistical Life : VOSL) ต่อ ค่าภาระโรค (DALY) ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่า “ต้นทุนภาระโรค” ที่เป็นผลจากการเจ็บป่วยของเกษตรกรที่เผาตอซังจากการผลิตข้าว ผลกระทบที่เกิดจากการผลิตนี้ทางเศรษฐศาสตร์เรียกว่า ผลกระทบภายนอก “Externality” และค่านี้ถูกตีค่าเป็นตัวเงินแล้ว เรียกว่า “ต้นทุนผลกระทบภายนอก” (External Cost) เมื่อรวมวิธีการและความหมายทั้งหมดจะเรียกว่า “ต้นทุนผลกระทบภายนอกจากค่าภาระโรค ที่เกิดจากโรคของระบบทางเดินหายใจ ที่เป็นผลจากการเผาตอซังข้าวของเกษตรกรจากระบบการผลิตข้าว”

ทบทวนวรรณกรรม

เกษตรกรส่วนใหญ่ในกลุ่มภูมิภาคเอเชียจัดการเศษวัสดุทางการเกษตรด้วยการเผาในพื้นที่โล่งหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต คิดเป็นจำนวนปริมาณชีวมวล 730 ล้านตันในแต่ละปี (Streets, Yarber, Woo & Carmichael, 2003) เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีข้อจำกัดของเวลาและต้นทุนในการจัดการเศษวัสดุทางการเกษตร เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกสำหรับฤดูกาลถัดไป การเผาตอซังในพื้นที่โล่ง (Open-field Burning Rice Straw) มีผลกระทบหลายประการเกิดขึ้นอาทิเช่น สารอินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว ในตอซังและพื้นดินถูกทำลาย (Singh Yadvinder & Bijay, 2001; Dobermann, 2002; Adam, 2013) การเผาตอซังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ประกอบด้วย ก๊าซเรือนกระจก และฝุ่นละอองขนาดเล็ก ซึ่งมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (Human Health Damage) อีกด้วย (Gadde, Bonnet, Menke & Garivait, 2009; Pasukphun, 2018) ซึ่งปัจจุบันสามารถประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิตและขนส่ง ขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์และกำจัดของเสีย โดยขั้นตอนดังกล่าวถูกวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 2 ระดับ ได้แก่ 1) การประเมินผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint Analysis) ต่อสิ่งแวดล้อม18 ด้าน ตัวอย่างเช่น

ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ น้ำเสียที่เกิดจากการเติบโตของสาหร่ายสีเขียวในน้ำจืดและท้องทะเล การแผ่รังสี เป็นต้น และการประเมินผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint Analysis) ต่อสุขภาพมนุษย์ สิ่งแวดล้อม และทรัพยากร (Mark Goedkoop et al., 2008; McMichael, 2003; van Zelm et al., 2008) สำหรับการศึกษานี้ ขั้นที่ 1 ประเมินจำนวนมลพิษจากก๊าซ 11 ชนิด ในหน่วยกิโลกรัมต่อไร่ จากการเผาตอซังข้าว ผ่านปริมาณผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) โดยปรับใช้จากการศึกษาก่อนหน้านี้ (Gadde et al., 2009) ดังแสดงใน Figure 1

สำหรับการประเมินค่าภาระโรคของระบบทางเดินหายใจ (The Burden Disease of the Respiratory Effects) ขั้นที่ 2 จากก๊าซมลพิษของการเผาตอซังในพื้นที่โล่งที่มีผลต่อครัวเรืองเกษตรกร จากผลลัพธ์ปริมาณก๊าซมลพิษจากขั้นที่ 1 บนพื้นฐานการพัฒนาแนวคิดการประเมินภาระโรค (The Global Burden of Disease : GBD) จากการประมาณระดับสุขภาพของประชากร จากจำนวนปีที่สูญเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (Years of Life Lost due to Premature Mortality --- YLLs) และจำนวนปีที่สูญเสียจากภาวะบกพร่องทางสุขภาพของสาเหตุโรคหลัก (Years of Life Lost due to Disability --- YLDs) ที่เรียกว่า ดัชนีปีสุขภาวะที่ปรับด้วยความบกพร่องทางสุขภาพ อันเป็นความพยายามที่จะสะท้อนปัญหาสุขภาพทั้งการป่วย พิการ และตายของประชากรในประเทศ ออกมาเป็นหน่วยวัดเดียวกันระหว่างสาเหตุจากโรคและการบาดเจ็บต่าง ๆ จึงเป็นเครื่องชี้วัดที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการเปรียบเทียบภาระ ทางสุขภาพจากโรคต่าง ๆ (Disability-Adjusted Life Years : DALYs) (Murray, Lopez, World Health, World & Harvard School of Public, 1996; WHO, 2002; BOD, 2014) โดยประเมินค่าภาระโรค จากค่า Characterization Factors (CFs) จากปริมาณก๊าซมลพิษแต่ประเภทมีหน่วยเป็น DALYs / 1 kilogram emission (CML, 2016) และมีผลต่อสุขภาพของครัวเรือนเกษตรกรในหน่วย DALYs ต่อไร่ ของแต่ละครัวเรือน ดังแสดงใน Figure 1

ขั้นที่ 3 การประเมินต้นทุนภาระโรค จากสัดส่วนของมูลค่าชีวิตทางสถิติ สำหรับแต่ละบุคคลที่เต็มใจที่จะจ่ายเงินเพื่อลดโอกาสบาดเจ็บ และเสียชีวิต และ จำนวนปีที่สูญเสียสุขภาพของประชากร (DALY) ซึ่งมีใช้กับการศึกษาก่อนหน้านี้ (Hatfield, 2009; Cropper & Khanna, 2014; Lvovsky, Hughes, Maddison, Ostro & Pearce, 2000) เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาครั้งนี้ สำหรับประเมินต้นทุนภาระโรคที่เกิดจากระบบทางเดินหายใจ ที่เป็นผลสืบเนื่องจาก ครัวเรือนเกษตรกรเผาตอซังข้าว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ใน ต้นทุนต่อไร่ ต้นทุนต่อครัวเรือนเกษตรกร และต้นทุนต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก นอกจากนี้ครัวเรือนเกษตรกรที่ไม่ได้เผาตอซังข้าวจะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบจากการเผาแสดงใน Figure 1 นอกนี้ยังมีการประเมินต้นทุนภาระโรคลักษณะอื่น ๆ เช่นประเมินจากค่าเสียโอกาส (Opportunities Cost) ของงบประมาณของประเทศ ที่ถูกใช้เพื่อการลดจำนวนการเพิ่มของค่า 1 DALYs ด้วยจำนวนเงิน 1 ถึง 3 เท่าของ ผลิตภัณฑ์ประชาติในประเทศต่อหัว (Gross Domestic Product per Capita : GDP per Capita) เป็นต้นทุนที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการมีสุขภาพที่ดีและเหมาะสมสำหรับประชาชน (Cost-effectiveness Thresholds) (Marseille, Larson, Kazi, Kahn, & Rosen, 2015; David W. Brown, 2008) วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับประมาณค่าเสียโอกาสจากภาระโรคต่างๆที่มีผลกับประชาชนทั้งประเทศ และมีผลต่องบประมาณประเทศสำหรับใช้รักษาและป้องกันโรคต่าง ๆ

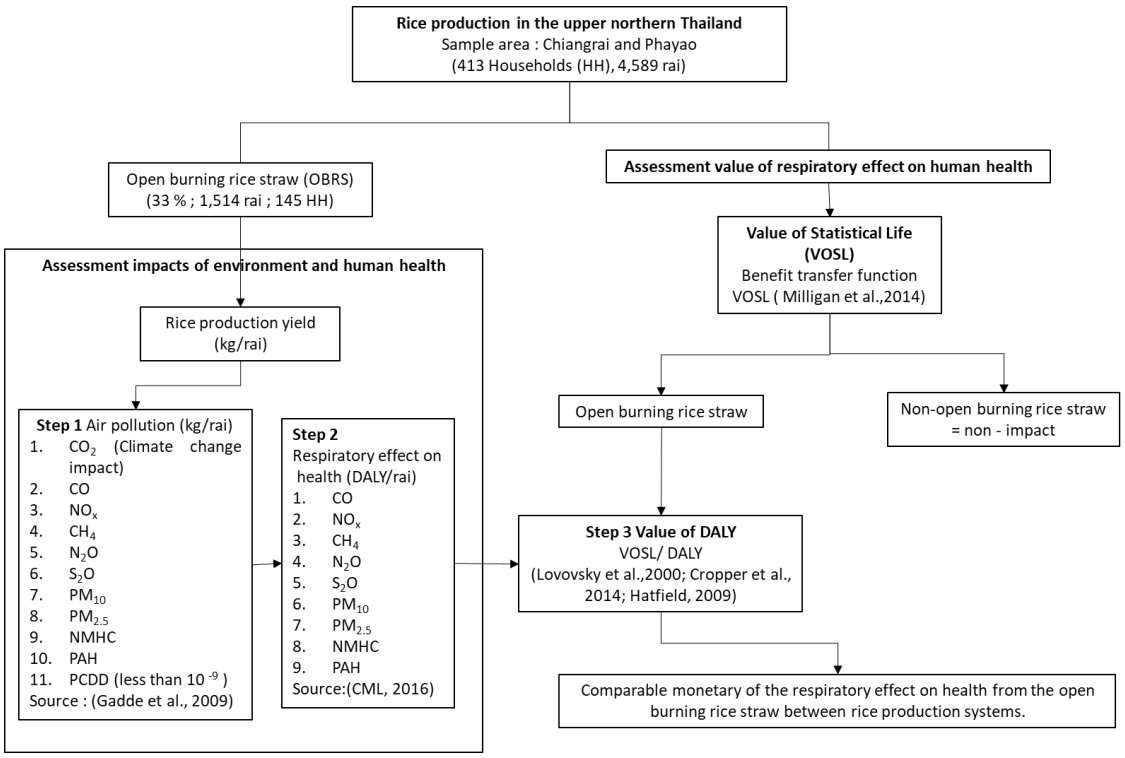

Figure 1 Concept Framework

ระเบียบวิธีการศึกษา

การเก็บข้อมูลและพื้นที่ศึกษา

การผลิตข้าวของพื้นที่ตัวอย่างของจังหวัดเชียงรายและพะเยา มีผลผลิตมากกว่าครึ่งหนึ่งของการผลิตข้าวในภาคเหนือตอนบน มีผลผลิตร้อยละ 54 ของ 2.16 ล้านตันในปีการผลิต 2557/2558 (DOAE, 2015) จำนวนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวของ 2 จังหวัดนี้ถูกสุ่มเลือกจำนวน 413 ครัวเรือนในปีการเพาะปลูก 2558/2559 คิดเป็นพื้นที่ตัวอย่าง 4,589 ไร่ ของพื้นที่ทั้งหมด 3,736,640 ไร่ (ภาคเหนือตอนบน) และเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว เกษตรกรบางส่วนจัดการตอซังด้วยการเผาคิดเป็นพื้นที่จำนวน 1,514 ไร่ (ร้อยละ 33) ของพื้นที่ตัวอย่าง และมีเกษตรกรบางส่วนปลูกพืชหมุนเวียนหลังจากการทำนา เพื่อปรับปรุงโครงสร้างดิน คิดเป็นพื้นที่จำนวน 185 ไร่ (ร้อยละ 4) ของพื้นที่ตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างจะถูกประเมินต้นทุนผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของระบบทางเดินหายใจจากการเผาตอซังในพื้นที่โล่ง

ขั้นที่ 1 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของก๊าซมลพิษจากการเผาตอซังในพื้นที่โล่ง

การเผาตอซังในพื้นที่โล่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลัก 2 ลักษณะคือ 1) ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากก๊าซเรือนกระจก (Green-House-Gasses : GHGs, CO_2, CO, CH_4 , N_2O) และ 2) ผลกระทบต่อสุขภาพของระบบทางเดินหายใจของฝุ่นละอองขนาดเล็กและก๊าซมลพิษ ($PM_{2.5}$, PM_{10}, CO, CH_4 , N_2O, NMHC, NO_x, SO_2, PAH, และPCDD) ในการประมาณปริมาณก๊าซมลพิษของการศึกษานี้ประเมินผลกระทบจากก๊าซมลพิษที่มีผลต่อสุขภาพของระบบทางเดินหายใจเท่านั้น ซึ่งประยุกต์การคำนวณจากการศึกษาของ Gadde et al. (2009) โดยการประมาณปริมาณก๊าซมลพิษจากการเผาตอซังในพื้นที่โล่ง ขึ้นอยู่กับน้ำหนักตอซังซึ่งถูกประมาณจากน้ำหนักของข้าวเปลือกดังสมการที่ (1) และ (2) ดังต่อไปนี้

$$Q_{SSFB} = P_{RR} \times \text{SGR} \times Q_{sFB} \quad —(1)$$

โดยที่ Q_{SSFB} คือจำนวนน้ำหนักของตอซังที่ถูกเผามีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ P_{RR} คือน้ำหนักผลผลิตข้าวเปลือกมี หน่วยกิโลกรัมต่อไร่ เป็นเพียงตัวแปรเดียวที่เก็บข้อมูลจากพื้นที่ตัวอย่าง SGR คืออัตราส่วนของน้ำหนักต่อซังข้าวต่อข้าวเปลือก ณ การศึกษานี้กำหนดให้เท่ากับ 0.75 และ Q_{sFB} คือสัดส่วนของพื้นที่แปลงนาที่ถูกเผาตอซังมีหน่วยเป็นร้อยละ ณ การศึกษานี้ตั้งสมมุติฐาน ครัวเรือนเกษตรกรเผาตอซังเต็มพื้นที่ (ร้อยละ100) ลำดับถัดไปคือการประมาณปริมาณก๊าซมลพิษจากการเผาตอซังในที่โล่งดังต่อไปนี้

$$\text{Ea} = Q_{SSFB} \times \text{EFa} \times f_{Co} \quad —(2)$$

Ea คือปริมาณก๊าซมลพิษชนิด a (ก๊าซมลพิษต่อละชนิด) แสดงเป็นหน่วยกิโลกรัมต่อไร่ EF_a (Emission factor of a) คือค่าคงที่ของการปล่อยมลพิษชนิด a ในหน่วยของกรัมต่อน้ำหนักตอซังข้าวแห้งในหน่วยกิโลกรัม (กรัมต่อ 1 กิโลกรัมตอซังข้าว) ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ค่า f_{Co} (Combustion factor) คืออัตราสิ่งที่เกิดขึ้น (หลงเหลือ) จากการเผาไหม้ กำหนดเท่ากับการศึกษาก่อนหน้านี้มีค่าเท่ากับ 0.8 โดยค่าคงที่ต่าง ๆ อ้างอิงจากการศึกษาก่อนหน้านี้ (Gadde et al., 2009) ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นที่ 1 จะได้ปริมาณก๊าซมลพิษที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อไร่ ในแต่ละครัวเรือนเกษตรกร

ขั้นที่ 2 การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของระบบทางเดินหายใจจากการเผาตอซังในพื้นที่โล่ง

การศึกษานี้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพเป็นการประยุกต์ใช้แนวคิดการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) เพื่อใช้ประเมินผลกระทบขั้นปลายต่อสุขภาพมนุษย์ มีหน่วยเป็นจำนวนปีที่สูญเสียสุขภาพ (DALYs) ของก๊าซมลพิษแต่ละชนิดจากศึกษาของ CML (2016) ค่า Characterization Factors (CFs) มีหน่วยเป็น DALYs/1kg Gas Emission ดังแสดงในตารางที่ 1 และประเมินค่าภาระโรค โดยนำค่า CFs ของก๊าซแต่ละชนิดคูณกับปริมาณก๊าซมลพิษจากขั้นที่ 1 จะได้ผลลัพธ์เป็น ค่าภาระโรคต่อไร่ ของแต่ละครัวเรือนเกษตรกร (DALYs/rai/ household)

Table 1 Emission Factors (EF) and Characterization Factors (CFs) of Gases Emission Effect on Health

Gases emission	EF [1]	CFs [2] DALY / 1 kg emission	Cause and effect on health
CH_4	1.2	1.19×10^{-8}	The respiratory effects. [3]
N_2O	0.07	8.91×10^{-5}	The respiratory effects. [3]
CO	34.7	7.31×10^{-7}	The respiratory effects. [3]
NMHC	4	1.28×10^{-6}	The respiratory effects. [3]
NO_x	3.1	1.37×10^{-4}	The respiratory effects. [3]
SO_2	2	3.90×10^{-5}	The respiratory effects. [3]
Fine particulate matter ($PM_{2.5}$)	12.95	7.00×10^{-4}	The respiratory effects. [3]
PM_{10}	3.7	3.75×10^{-4}	The respiratory effects. [3]
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	18.62×10^{-3}	1.70×10^{-4}	Carcinogenic effect of burning on the respiratory system
Polychlorinated dioxins and furans (PCDD/F)	0.5×10^{-9}	Not available	Not available

Sources: [1](Gadde et al., 2009); [2](CML, 2016), [3]The respiratory effects of volatile inorganic compounds

ขั้นที่ 3 การประเมินมูลค่าต้นทุนภาระโรคที่เกิดจากระบบทางเดินหายใจ จากปีที่สูญเสียสุขภาพจากการเผาตอซังในพื้นที่โล่ง

การศึกษานี้ได้แปลงจำนวนปีที่สูญเสียสุขภาพ จากการเผาตอซังในพื้นที่โล่งเป็นจำนวนเงินที่สูญเสียสุขภาพ (Value of DALYs) ณ การศึกษานี้เรียกว่า “ต้นทุนภาระโรค” และต้นทุนนี้เทียบได้กับต้นทุนผลกระทบภายนอก (External Cost) ของการผลิตในทางเศรษฐศาสตร์ คำนวณจากสัดส่วนของมูลค่าชีวิตทางสถิติ (Value of Statistical Life : VOSL) ต่อจำนวนปีที่สูญเสียสุขภาพของประชากร (DALY) ณ ที่นี้คือจำนวนครัวเรือนเกษตรกรที่มีการเผาตอซัง ดังสมการที่ (3) ซึ่งเป็นการปรับใช้จากการประเมินมูลค่าปีที่สูญเสียสุขภาพจากการศึกษาก่อนหน้านี้ (Hatfield, 2009; Cropper & Khanna, 2014; Lvovsky et al., 2000)

$$\text{Value of DALY} = \frac{VOSL}{DALY} \quad ---(3)$$

โดยที่ VOSL คือมูลค่าชีวิตทางสถิติ ประมาณจากจำนวนเงินที่เต็มใจที่จะจ่ายเพื่อลดโอกาสที่จะบาดเจ็บ เจ็บป่วย และเสียชีวิตจากการปฏิบัติงาน ซึ่งการศึกษานี้ไม่ได้ประเมินมูลค่าชีวิตทางสถิติกับครัวเรือนเกษตรกรโดยตรง แต่ได้ประยุกต์การคำนวณค่า VOSL จากการลดอุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศกำลังพัฒนา (Milligan, Kopp, Dahdah, & Montufar, 2014) โดยใช้สมการประมาณค่าที่ (4)

$$\text{VOSL}_{\text{developing country}} = 1.3732 \text{ x } 10^{-4} \text{ x } \text{GDP}_{\text{per capital}}^{2.478} \quad ---(4)$$

ซึ่งค่า VOSL คือมูลค่าชีวิตทางสถิติของคนไทยแต่ละคน GDP คือมูลค่าผลิตภัณฑ์ประชาชาติในประเทศต่อหัวประชากร ณ ที่นี้กำหนดให้ค่าเฉลี่ยของ GDP ต่อคนระหว่างปี 2012-2016 เท่ากับ 5,939.7 ดอลล่าร์ และอัตราแลกเปลี่ยนระหว่าง 1 ดอลล่าร์ : 32.655 บาท (2017) ดังนั้นค่า VOSL ของคนไทยจะมีค่าเท่ากับ 10,070,987 บาท (308,406 ดอลล่าร์) และมีค่าใกล้เคียงการศึกษาของ TDRI 10 ล้านบาทต่อคน จากการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางท้องถนน (Natchar, 2017) และตัวเลขถูกใช้คำนวณค่า VOSL รวมของครัวเรือนเกษตรกรที่มีการเผาตอซัง ระบบข้าวทั่วไป (131ราย) 1,319,299,319 บาท และระบบข้าว GAP (14 ราย) 140,993,820 บาท เพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุนภาระโรค ในลำดับถัดไป

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่าการผลิตข้าวของพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบการผลิตข้าวทั่วไป และการผลิตข้าวทางเลือกประกอบด้วย 2) ระบบมาตรฐานการผลิตการเกษตรที่ดีของประเทศไทย (Thailand Good Agricultural Practice Standard : GAP) และ 3) ระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ โดยคิดเป็นพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 4,589 ไร่ และมีขนาดพื้นที่เฉลี่ย ของระบบข้าวทั่วไปและระบบข้าว GAP จำนวน 11 ไร่ ซึ่งมีขนาดพื้นที่มากกว่าของระบบข้าวอินทรีย์ (7 ไร่) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่ ของระบบข้าวทั่วไป (567 กิโลกรัม) และระบบข้าว GAP (527 กิโลกรัม) มีมากกว่าผลผลิตเฉลี่ยของระบบข้าวอินทรีย์ (298 กิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Farmer Households, Area and Rice Yield of Rice Farming Systems

Items	Units	Conventional	GAP	Organic	Total
Farmer households	Household	329	58	26	413
Average area	Rai	11.48[a]	11.46[a]	6.86[b]	11.19
Rice yield	Kilogram/rai	568[a]	527[a]	298[b]	545

Source: Survey [a, b] Different letters show a different at 0.05 level of significance of mean comparing three groups.

นอกจากนี้ครัวเรือนเกษตรกรบางส่วน จำนวน 145 ครัวเรือน จัดการเศษตอซังด้วยการเผาในพื้นที่โล่งได้แก่ระบบข้าวทั่วไป 131 ราย และระบบข้าว GAP 14 ราย คิดเป็นพื้นที่การเผาตอซังในที่โล่งเท่ากับ 1,514 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ของระบบข้าวที่มีการเผาตอซังประกอบด้วย ระบบข้าวทั่วไป 1,378 ไร่ และระบบข้าว GAP 136 ไร่ และจำนวนน้ำหนักตอซังข้าวที่ถูกเผาจะประมาณจากน้ำหนักผลผลิตข้าว กิโลกรัมต่อไร่ ณ พื้นที่ตัวอย่างที่มีการเผาตอซัง มีผลผลิตข้าวรวมทั้งสิ้น 912,299 กิโลกรัม (ระบบข้าวทั่วไป 813,431 กิโลกรัมและระบบข้าว GAP 98,868 กิโลกรัม) โดยผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อไร่ของระบบข้าว GAP (755 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่ามากกว่าระบบข้าวทั่วไป (601 กิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงมีผลโดยตรงกับปริมาณมลพิษ(หน่วยกิโลกรัมของก๊าซต่อไร่) ที่เกิดขึ้นจากการเผาตอซัง พบว่าระบบข้าว GAP มีการปลอดปล่อยมลพิษทางอากาศ จากการเผาตอซังในที่โล่งมีค่ามากกว่าระบบข้าวทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 3

Table 3 Farmer Households, Area, Rice Yield and Gases Emission of Open-field Burning Straw

Items	Unit	Conventional	GAP
Farmer household	Household	131	14
Average area	Rai	10.5[a]	10.0[a]
Rice yield	Kilogram/rai	601[a]	755[b]
Gases emission			
CO	Kilogram/rai	1,227[a]	1,560[b]
NO_X	Kilogram/rai	110[a]	139[b]
CH_4	Kilogram/rai	42[a]	54[b]
N_2O	Kilogram/rai	2[a]	3[b]
SO_2	Kilogram/rai	71[a]	90[b]
PM_{10}	Kilogram/rai	131[a]	166[b]
$PM_{2.5}$	Kilogram/rai	458[a]	582[b]
NMHC	Kilogram/rai	141[a]	180[b]
PAH	Kilogram/rai	0.7[a]	0.8[b]

Source: Calculation [a, b] Different letters show a different at 0.05 level of significance of mean comparing two groups.

การเผาตอซังในที่โล่งของระบบข้าวทั่วไปและระบบข้าวGAP ปลดปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศ โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์อีกด้วย โดยการศึกษานี้ได้แสดงผลกระทบที่มีต่อสุขภาพ คือจำนวนปีที่สูญเสียสุขภาพของภาระโรคระบบทางเดินหายใจ ที่เป็นผลจากมลพิษทางอากาสที่เกิดการเผาตอซังในที่โล่ง ของจำนวนครัวเรือนเกษตรกรที่มีการเผาพื้นที่ จำนวน 145 ราย รวมจำนวนพื้นที่ 1,514 ไร่ พบว่าผลรวมของค่าภาระโรคของระบบข้าวทั่วไป (6.156 DALY)

มีค่ามากกว่าระบบข้าว GAP (0.82 DALY) และประเมินเป็นต้นทุนผลกระทบภายนอกของต้นทุนภาระโรครวม ของระบบข้าวทั่วไปมีค่าเท่ากับ 214 ล้านบาท ขณะที่การคำนวณค่าผลลัพธ์ของระบบข้าว GAP ค่าเศษส่วนของค่าภาระโรคมีค่าน้อยกว่า 1 (0.82 DALY) ส่งผลให้ค่าต้นทุนผลกระทบภายนอกของต้นทุนภาระโรค (170 ล้านบาท) มีค่ามากกว่าผลรวมของมูลค่าชีวิติ (141 ล้านบาท) จึงไม่สามารถอธิบายความทางตัวเลขได้ ดังนั้นจึงได้ปรับวิธีการคำนวณต้นทุนผลกระทบภายนอกจากค่าภาระโรคเป็นผลรวมของค่าภาระโรค (6.976 DALY) พบว่า ต้นทุนผลกระทบภายนอกของค่าภาระโรครวมของพื้นที่ตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 209 ล้านบาท คิดเป็นต้นทุนต่อตัวเรือน 1,442,113 บาท คิดเป็นต้นทุนต่อพื้นที่ 138,115 บาทต่อไร่ และคิดเป็นต้นทุนต่อกิโลกรัมข้าวเปลือก 229.21 บาทต่อกิโลกรัม (ข้าวสาร 327 บาทต่อกิโลกรัม) ดังแสดงในตารางที่ 4

Table 4 DALY, Cost of Burden Disease of the Open Field Burning of Farmer Household

Items	Unit	Conventional	GAP
CO	DALY/rai /HH[(1)]	0.0009[a]	0.0011[b]
NO_X	DALY/rai /HH	0.0150[a]	0.0191[b]
CH_4	DALY/rai /HH	5.0480×10^{-7}[a]	6.4189×10^{-7}[b]
N_2O	DALY/rai /HH	0.0002[a]	0.0003[b]
SO_2	DALY/rai /HH	0.0036[a]	0.0046[b]
PM_{10}	DALY/rai /HH	0.0490[a]	0.0624[b]
$PM_{2.5}$	DALY/rai /HH	0.3204[a]	0.4075[b]
NMHC	DALY/rai /HH	0.00018[a]	0.00023[b]
PAH	DALY/rai /HH	0.00011[a]	0.00014[b]
Total DALY	DALY	6.156	0.8275
Total VOSL of 145 HH burning	Baht	1,319,299,319	140,993,820
Value of DALYs (VOSL/DALY)	Baht	214,311,118	170,386,565[(2)]
Total value of DALY	Baht	209,106,374[(3)]	
Cost of burden disease			
Household burning (145 HH)	Baht/HH	1,442,113	
Area burning (1,514 rai)	Baht/rai	138,115	
Rice (paddy) production (912,299kg)	Baht/kg	229.21	
Rice (1kg paddy to 600-800gram rice)	Baht/kg	327[(4)]	

Source: Calculation, [(1)] Household, [a, b] Different letters show a different at 0.05 level of significance of mean comparing two groups, [(2)] The error of calculating the proportion where the denominator is less than 1. The result of value of DALYs is greater than total VOSL of HH., [(3)] The solution (2), the calculation of total value of DALYs by Total VOSL (conventional + gap 1,460,294,362.81) / Total DALY(conventional + gap 6.9835 DALY), [(4)] Calculate value at 1kg paddy to average 700 gram rice

ผลการศึกษาแสดงให้ทราบว่า ระบบการผลิตข้าวทั่วไปและGAP ที่กำจัดตอซังด้วยเผาในพื้นที่โล่ง ครัวเรือนเกษตรกรมีต้นทุนผลกระทบภายนอกจากค่าภาระโรคต่อไร่เท่ากับ 138,115 บาทต่อไร่ ซึ่งจะส่งผลให้มูลค่าชีวิตทางสถิติของเกษตรกรลดลง ตามจำนวนพื้นที่ที่เผาตอซัง ซึ่งมีพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 1,514 ไร่ (คิดเป็นร้อยละ 33 ของพื้นที่ตัวอย่าง 4,589 ไร่) ดังนั้นสามารถประมาณต้นทุนผลกระทบภายนอกของค่าภาระโรคจากพื้นที่เผาตอซังของพื้นที่เพาะปลูกข้าวภาคเหนือตอนบน 406,920 ไร่ (คิดเป็นร้อยละ 33 ของพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 1,233,091 ไร่) จะมีต้นทุนผลกระทบภายนอกของภาระโรค

เท่ากับ 56,202 ล้านบาท ซึ่งเป็นมูลค่าขั้นต่ำ ที่ไม่รวมต้นทุนผลกระทบภายนอกของค่าภาระโรคที่เกิดกับประชาชนทั่วไปในพื้นที่ ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษจากการเผาตอซังฟุ้งกระจาย จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวจ้าวนาปี มีผลผลิต 736 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตต่อไร่ 4,920 บาทและมีรายได้ 5,567 บาทต่อไร่ คิดเป็นผลตอบแทน 647 บาทต่อไร่ ส่วนพื้นที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวจ้าวนาปี มีผลผลิต 677 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนต่อไร่ 4,912 บาท และมีรายได้ 5,028 บาทต่อไร่ คิดเป็นผลตอบแทน 170 บาทต่อไร่ (OAE, 2017) ถ้าสมมุติว่าครัวเรือนเกษตรกรบางส่วนในพื้นที่ดังกล่าวมีการเผาตอซัง และนำต้นทุนผลกระทบภายนอกของค่าภาระโรครวมเป็นต้นทุนการผลิต จะพบว่าครัวเรือนเกษตรกรจะมีผลตอบแทนขาดทุน นอกจากนี้ข้าวเปลือก 1 กิโลกรัมสามารถสีเป็นข้าวสารโดยเฉลี่ย 700 กรัม ดังนั้นการบริโภคข้าว 1 กิโลกรัมจะมีต้นทุนภาระโรคประมาณ 327 บาท นอกจากนี้ผลการศึกษา แสดงให้ทราบว่ายังมีระบบการผลิตข้าวส่วนใหญ่ที่ครัวเรือนเกษตรกรที่ไม่เผาตอซัง อาทิเช่น ระบบข้าวทั่วไป (198 ราย) ระบบข้าว GPA (44 ราย) และระบบข้าวอินทรีย์ (26 ราย เป็นเงื่อนไขการผลิตข้าวที่ห้ามเผาตอซังข้าว) จะไม่ก่อมลพิษทางอากาศจากการเผาตอซัง จึงไม่เกิดต้นทุนผลกระทบภายนอกจากค่าภาระโรคทางเดินหายใจกับต้นทุนการผลิตข้าว

สรุปและการอภิปรายผล

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์ต้นทุนภาระโรคและผลกระทบต่อสุขภาพของระบบทางเดินหายใจ ที่เป็นผลสืบเนื่องจากการจัดการตอซังด้วยการเผาในที่โล่ง ผลการศึกษาพบว่า ครัวเรือนเกษตรกรบางส่วนของระบบการผลิตข้าวทั่วไปและระบบข้าว GAP จัดการตอซังด้วยการเผาในพื้นที่โล่งจะปลดปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศและมีผลกระทบโดยตรงต่อครัวเรือนเกษตรกรคิดเป็นต้นทุนภาระโรคเท่ากับ 138,115 บาทต่อไร่ คิดรวมเป็นต้นทุนภาระโรคของภาคเหนือตอนบน 56,202 ล้านบาท ขณะที่บริโภคข้าวสาร 1 กิโลกรัมจะมีต้นทุนภาระโรค 327 บาท และต้นทุนภาระโรคที่เกิดขึ้นนับเป็นต้นทุนผลกระทบภายนอกที่ไม่เคยถูกนับรวมสู่ต้นทุนการผลิตข้าวเลย ขณะที่การศึกษานี้พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรของประเทศไทย ที่เกษตรกรบางส่วน (ร้อยละ 17) ไม่ทราบว่าจะมีวิธีใดที่จะกำจัดเศษตอซังข้าวออกจากแปลงนาอย่างรวดเร็วและมีต้นทุนต่ำ นอกจากการเผาตอซัง (Thongboonchoo, 2013) อย่างไรก็ตามมีการศึกษาก่อนหน้านี้ ได้นำเสนอทางเลือกการจัดการกับเศษวัสดุทางการเกษตรต่าง ๆ อาทิเช่นประโยชน์ของการไถกลบตอซังเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดและการย่อยตอซังจะเพิ่มธาตุอาหารหลักให้กับพื้นดิน และเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและเพิ่มผลผลิต (Dobermann, 2002; LDD, 2011; Ruensuk Nittaya, Mongkonbunjong Pranom & Wassana, 2010; Supapong, 2007; Thambhitaks, 2019)

วิธีการศึกษานี้เป็นการต่อยอดวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมก่อนหน้านี้ ที่มุ่งวิเคราะห์เฉพาะปริมาณก๊าซมลพิษที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศ จากจำนวนพื้นที่เผาและน้ำหนักของตอซังข้าว (Gadde et al., 2009) การวิเคราะห์ปัญหามลพิษอากาศจากภาพถ่ายดาวเทียม (Danutawat & Oanh, 2007) (Streets et al., 2003) และการตรวจวัดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากแปลงนาที่เผาตอซังโดยตรง (Chiu et al., 2011) และผลลัพธ์ปริมาณมลพิษทางอากาศถูกวิเคราะห์เพิ่มเติม สู่ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดกับระบบทางเดินหายใจ ที่มีความคล้ายคลึงกับวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ โดยถูกประเมินต้นทุนผลกระทบต่อสุขภาพจากสัดส่วนของมูลค่าชีวิตทางสถิติต่อจำนวนปีที่สูญเสียสุขภาพ (Cropper & Khanna, 2014; Hatfield, 2009) นอกจากนี้ วิธีการประเมินต้นทุนผลกระทบต่อสุขภาพประเมินจากมูลค่าที่แต่ละบุคคลพยายามจะรักษาความมีสุขภาพที่ดีไว้ จาก

การเจ็บป่วยและบาดเจ็บ ซึ่งมีความแตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้านี้ ได้แก่ วิธีการประเมินมูลค่าการสูญเสียสุขภาพจาก “ต้นทุนที่มีประสิทธิภาพที่สามารถยอมรับได้ของการป้องกันโรคและการบาดเจ็บ” (Cost-effectiveness Thresholds) ซึ่งเป็นค่าเสียโอกาสของเงิน ที่เกิดขึ้นจากงบประมาณของหน่วยงานภาครัฐ ที่ใช้ส่งเสริมสุขภาพที่ดีกับประชาชนในประเทศ (Marseille et al., 2015; Dalal et al., 2015; John et al., 2008) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีจุดอ่อนในวิธีการประเมินอาทิ ไม่ได้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของครัวเรือนเกษตรกรจากปริมาณความเข้มข้นของการเผาแต่ละแห่ง กรณีที่มีการเผาพื้นที่พร้อมกัน ผลรวมจากหมอกควันข้ามแดน และแสดงความสัมพันธ์กับจำนวนตัวเลขผู้ป่วยจากโรคระบบทางเดินหายใจที่เข้ารักษาอยู่โรงพยาบาล ซึ่งจะถูกนำไปปรับปรุงสำหรับการศึกษาในลำดับต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การลดต้นทุนภาระโรคจากการเผาตอซังในที่โล่ง ที่ส่งผลต่อต้นทุนผลกระทบภายนอกของระบบการผลิตข้าว ซึ่งจะมีผลต่อสังคมโดยรวม ด้วยการจัดการเศษวัสดุทางการเกษตรทางเลือกอื่น ๆ อาทิเช่นการไถกลบตอซัง การปลูกพืชหลังนา และส่งเสริมจัดการจำหน่ายพืชหลังการทำนา ซึ่งล้วนมีต้นทุนและความเสี่ยงค่อนข้างสูงและเป็นภาระต่อครัวเรือนเกษตรกร ดังนั้นรัฐควรสนับสนุนองค์ความรู้ทางเลือกการจัดการเศษวัสดุทางการเกษตร อุดหนุนสร้างแรงจูงใจการปลูกพืชหลังการทำนา และรับซื้อผลผลิตข้าวเปลือก รวมถึงการจัดการผลผลิตพืชอื่น ๆ หลังจากการทำนา ผ่านระบบส่งเสริมระบบสหกรณ์การเกษตรในพื้นที่ ที่ผูกผันกับเงื่อนไขไม่เผาตอซังในแปลงนาของสมาชิก เช่นสินเชื่อเพื่อการเพาะปลูกที่มีดอกเบี้ยต่ำ และขยายระยะเวลาผ่อนชำระนานขึ้น รวมซื้อ ปุ๋ย ยาเคมีภัณฑ์ ในส่วนลดเพิ่มพิเศษ ซึ่งสังคมจะได้รับประโยชน์จากการลงทุนของภาครัฐโดยตรง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนทรัพยากร วัสดุ อุปกรณ์ ต่าง ๆ จากคณะบริหารธุรกิจและนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา และได้รับความอนุเคราะห์ปรึกษาจากบุคลากรและคณาจารย์ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

Adam, J. (2013). Alternatives to Open-field Burning on Paddy Farms. *Option,* 18(2013), 1-5.

BOD. (2014). Disability-Adjustd Life Years: DALYs report 2014. Retrieved Dec 10,2019 from http://bodthai.net/en/home/

Chiu, J. C., Shen, Y. H., Li, H. W., Chang, S. S., Wang, L. C., & Chang-Chien, G. P. (2011). Effect of Biomass Open Burning on Particulate Matter and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Concentration Levels and PAH Dry Deposition in Ambient Air. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng,* 46(2), 188-197. DOI:10.1080/10934529.2011.532438

CML. (2016). CML-IA Characterisation Factors. Institute of Environmental Sciences(CML). Retrieved 5 Sep 2016, from Department of Industrial Ecology https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors#downloads

Cropper, M. L., & Khanna, S. (2014). How Should the World Bank Estimate Air Pollution Damages? Resources for the Future Discussion Paper 14-30 (Publication no. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2537875). Retrieved July 29,2022 from http://ssrn.com/abstract=2537875

Dalal K. , & Leif., S. (2015). Economic Burden of Disability Adjusted Life Years (DALYs) of Injuries. *Health,* 7(4), 487-494.

Danutawat T., & Oanh, N. T. K. (2007). Effects from Open Rice Straw Burning Emission on Air Quality in the Bangkok Metropolitan Region. *Science Asia,* 33(2007), 339-345. DOI: 10.2306/scienceasia1513-1874.2007.33.339

David W. Brown. (2008). Economic Value of Disability-adjusted Life Years Lost to Violence: Estimates for WHO Member States. *Revista Panamericana de Salud Publica,* 24(3), 203-209.

DOAE. (2015). The Household Farmer Registration Report in 2015: Department of Agricultural Extension. Retrieved Oct 14, 2015. from http://www.doae.go.th/ stat farmer/table_1.xlsx

Dobermann A, & H., F. T. (2002). Rice Straw Management. *Better Crops International,* 16(1), 7-11.

Gadde, B., Bonnet, S., Menke, C., & Garivait, S. (2009). Air Pollutant Emissions from Rice Straw open Field Burning in India, Thailand and the Philippines. *Environ Pollut,* 157(5), 1554-1558. DOI:10.1016/j.envpol.2009.01.004

Gebhart, G. (2014). *Transboundary Pollution in Northern Thailand Causes Dangerous Levels of Smog*. Retrieved July 29, 2022 from https://asiafoundation.org/2014/03/26/transboundary-pollution-in-northern-thailand-causes-dangerous-levels-of-smog/

Goedkoop, M. J., Heijungs, R., Huijbregts, M. A J, Schryver, A. D., Struijs, J., & Zelm, R. V. (2008). *A Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level*: Ruimte en Milieu Ministerie van Valkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Hatfield. (2009). *Final Risk Assessment Report for Case Study Site in Samut Prakan, Thailand in :Regional Capacity Building Program for Health Risk Management of Persistent Organic Pollutants (POPs) In Southeast Asia*. Retrieved from Vancouver: http://www.popstoolkit.com/UserFiles/File/EconReports/Thailand/Thailand%20Economic%20Valuation%20Report%20-%20Full%20Report.pdf

John, R. M., & Ross, H. (2008). Economic Value of Disability-adjusted Life Years Lost to Cancers. *Journal of Clinical Oncology,* 28(15). DOI: 10.1200/jco.2010.28.15_suppl.1561

LDD. (2011). The Sustainable Soil Management from Ploughing Stubble. Retrieved December 2018 from http://r07.ldd.go.th/WEB_R07_Version2/07_KM/DATA/Km2.pdf

Lvovsky, K., Hughes, G., Maddison, D., Ostro, B., & Pearce, D. (2000). *Environmental Costs of Fossil Fuels: A Rapid Assessment Method with Application to Six Cities* (Vol. 24676): The World Bank Environment Department.

Marseille, E., Larson, B., Kazi, D. S., Kahn, J. G., & Rosen, S. (2015). Thresholds for the Cost-effectiveness of Interventions: Alternative Approaches. *Bull World Health Organ,* 93(2), 118-124. DOI: 10.2471/BLT.14.138206

McMichael, A. J. (2003). *Climate Change and Human Health: Risks and Responses.* World Health Organization.

Milligan, C., Kopp, A., Dahdah, S., & Montufar, J. (2014). Value of a Statistical Life in Road Safety: A Benefit-transfer Function with Risk-analysis Guidance based on Developing Country Data. *Accident Analysis & Prevention,* 71(0), 236-247. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.05.026

Murray, C. J. L., Lopez, A. D., World Health, O., World, B., & Harvard School of Public, H. (1996). *The Global Burden of Disease: A Comprehensive Assessment of Mortality and Disability from Diseases, Injuries, and Risk Factors in* 1990 *and Projected to* 2020 Geneva: World Health Organization.

Natchar, O. (2017). Road Accident in Thaiand Damage to Economy Retrieved Oct 22, 2022 from https://thecitizen.plus/node/21227

OAE. (2017). *Rice Production Cost and Returen at 8 Provinces in the Upper Norther of Thailand*. Retrieved Oct 21,2022 from https://www.oae.go.th/view/1/รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/25519/TH-TH.

Pasukphun, N. (2018). Environmental Health Burden of Open Burning in Northern Thailand: A Review. *PSRU Journal of Science and Technology,* 3(3), 11-28.

Ruensuk, N., Mongkonbunjong, P., & Wassana, I. (2010). *Effect of Rate of Straw Incorporation into the Soils on Rice Growth and Yield.* Paper presented at the Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World.

Singh, Y., & Bijay, S. (2001). Efficient Management of Primary Nutrients in the Rice-Wheat System. *Journal of Crop Production,* 4(1), 23-85. DOI: 10.1300/J144v04n01_02

Streets, D. G., Yarber, K. F., Woo, J. H., & C.Carmichael, G. R. (2003). Biomass burning in Asia: Annual and Seasonal Estimates and Atmospheric Emissions. *Global Biogeochemical Cycles,* 17(4), n/a-n/a. DOI: 10.1029/2003gb002040

Supapong, C., Saelime, S., Ratanakaew T., WattanWangJunsuk., C., & Prasukri, N. (2007). Green Manure Soil Improvement and Sustainable Economy. Retrieved 14 Dec 2016 from http://www.servicelink.doae.go.th/webpage/Academic%20articles/Manure.pdf

Thambhitaks, K., Kitchaicharoen, J., Sangchyoswat C., & Jakrawatana, N. (2019), Economic Return of Crop Rotation and Reduction of Open-air Rice Straw Burning in Rice-based Cropping System in Upper Northern Thailand. (2019, 13-15 June 2019). *Economic Return of Crop Rotation and Reduction of Open-air Rice Straw Burning in Rice-based Cropping System in Upper Northern Thailand.* Paper presented at the Proceeding on the 5th Environment Asia International Conference 13-15 June 2019 (section 2 pp.55-69). Chiang Mai, Thailand.

Thongboonchoo, N. (2013). Biomass burning in Northern Thailand. Retrieved 29 July 2022 from http://www.nies.go.jp/chiiki/tsukuba_workshop_files/2nd_06272013/402_thongboonchoo.pdf

van Zelm, R., Huijbregts, M.A.J., den Hollander, H.A., van Jaarsveld, H.A., Sauter, F.J., Struijs, J., van Wijnen, H.J., & van de Meent, D. (2008). European Characterization Factors for Human Health Damage of PM10 and Ozone in Life Cycle Impact Assessment. *Atmospheric Environment,* 42(3), 441-453. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.072

WHO. (2002). The World Health Report 2002 - Reducing Risks, Promoting Healthy Life. Retrieved 2 Jan 2016, from World Health Organization http://www.who.int/whr/2002/en/.