

เกี่ยว แล้วนำมาแปลผลว่ามีสาร และพลังงานชนิดใดบ้างที่เข้าและออกจากระบบการผลิต สุ่มเลือกเกษตรกรผู้ผลิต ถั่วเหลือง และพืชที่สำคัญต่าง ๆ ใน 3 สภาพนิเวศเกษตร ได้แก่ ที่ดอน ที่นาดอน และนาลุ่มในเขตภาคเหนือ ตอนบน (เชียงใหม่ เชียงราย แพร่ น่าน แม่ฮ่องสอน ลำปาง) สัมภาษณ์เกษตรกรโดยใช้ชุดคำถามการใช้จ่ายการผลิตพืชทุกชนิดในระบบปลูกพืชของเกษตรกร ตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงได้ผลผลิตพืช (Gate to Gate) เช่น ข้าว-ถั่วเหลือง ข้าว-ถั่วลิสง ข้าว-ข้าวโพด (ในสภาพนา) ถั่วเหลืองพืชเดี่ยว ถั่วลิสง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สภาพที่ดอน) นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ มีเทน) ของระบบการผลิตพืช โดยใช้ค่า Emission factor ตามวิธีการคำนวณ Life Cycle Assessment (LCA) ของ IPCC บันทึกข้อมูล 1) ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และเบนซิน ในกระบวนการผลิตและการขนส่ง 2) ปริมาณการใส่ปุ๋ยขาว ปุ๋ยเคมี ยูเรีย ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอื่นๆ ทุกชนิดในระบบ 3) ปริมาณการใส่สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด 4) ปริมาณการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 5) การปฏิบัติอื่น ๆ ที่มีผลในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การขังน้ำในนา เป็นต้น 6) ระยะเวลาการปลูกพืชในระบบนี้ 7) ผลผลิตพืชทุกชนิดในระบบ ผลการคำนวณในพืช 4 ชนิด (ถั่วเหลือง ข้าว ถั่วลิสง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) เฉลี่ยจากเกษตรกรทุกรายที่สัมภาษณ์ พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตถั่วเหลือง มีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) เฉลี่ย 248.26 กรัม CO₂ เทียบเท่า/กิโลกรัมเมล็ดถั่วเหลือง (g CO₂-eq/kg) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 58.84 g CO₂-eq/kg รวมทั้งมีการปล่อยก๊าซอื่น ได้แก่ SO₂ NH₃ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) และปล่อยมลสารทางน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมี N และ P สารเหล่านี้ไม่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน แต่ก่อเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม การผลิตข้าว ปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 113.65 g CO₂-eq/kg และ N₂O 58.84 g CO₂-eq/kg การผลิตถั่วลิสงปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 114.44 g CO₂-eq/kg และ N₂O 39.12 g CO₂-eq/kg และการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 37.48 g CO₂-eq/kg และปล่อยก๊าซ N₂O 261.19 g CO₂-eq/kg เนื่องจากมีการใช้สารกำจัดวัชพืชปริมาณมาก

Abstract

Life Cycle Inventory (LCI) is used to evaluate the impact of any product or service in terms of material flows, energy flows and natural resources consumption to environment releases. It is the building block of Life Cycle Assessment (LCA) which is a complete systematic analysis (cradle to grave) of the environment impact of a product. The study was carried out to evaluate environment impact and greenhouse gas (GHG) emission of farmer's field crops production in the Upper North of Thailand (Chiang Mai, Chiang Rai, Lampang, Phrae, Nan and Mae Hong Son Provinces) by LCI (Gate to Gate level) in 2013-2016. Soybean, rice, groundnut and maize cropping data were collected using the questionnaire of the inputs and outputs applied in the cropping system and calculated for the consumption of inputs per kilogram of yield including air and water pollution from fuel and chemical fertilizers. The cropping systems in the target sites were composed of rice-soybean, rice-soybean-groundnut, rice-maize, monoculture rainfed soybean and maize. Data collected consisted of 1) fuel used in crop production and

transportation 2) chemical and organic fertilizer, lime, urea used 3) type and amount of pesticides used 4) burned farm leftover 5) practices promoting GHG emission, for example, water saturated land 6) crop yield. The results showed that soybean cropping caused methane (CH₄) emission of 248.26 g CO₂-eq/kg of yield and nitrous oxide (N₂O) emission of 58.84 g CO₂-eq/kg. These are the two greenhouse gases causing global warming but sulfur dioxide (SO₂), ammonia (NH₃), PM₁₀ value are the air and water polluted agents. Rice cropping caused methane (CH₄) emission of 113.65 g CO₂-eq/kg of yield and nitrous oxide (N₂O) emission of 58.84 g CO₂-eq/kg. Groundnut cropping related to methane (CH₄) emission of 114.44 g CO₂-eq/kg of yield and nitrous oxide (N₂O) emission of 39.12 g CO₂-eq/kg. Maize cropping provided methane (CH₄) emission of 37.48 g CO₂-eq/kg of yield and nitrous oxide (N₂O) emission of 261.19 g CO₂-eq/kg. Further studies should be more cropping data analyses to make the precise and useful information in adjusting the more environmental friendly production technology, better policy issue in agriculture and carbon credit trade.

6. คำนำ

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Inventory: LCI) หรือการจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิต เป็นการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการผลิตผลิตภัณฑ์และบริการใดๆ ในด้านการใช้ทรัพยากร และปล่อยสาร เช่น ของเสีย มลสาร ของเหลือใช้ต่างๆ สู่สิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ และอากาศ วิธีการประเมินมีหลายวิธี และวิธีการหนึ่งที่ได้รับการยอมรับ และนิยมใช้อย่างแพร่หลาย คือ การประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต หรือ Life Cycle Assessment (LCA) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรตลอดวัฏจักรชีวิต โดยคำนึงถึงขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัด การจัดทำ LCA จะคำนึงถึงผลกระทบด้านต่าง ๆ ทั้งสุขภาพมนุษย์ คุณภาพของระบบนิเวศ และการลดลงของทรัพยากร และสามารถนำ LCA วิเคราะห์จุดเด่น-จุดด้อยในกระบวนการผลิต ใช้ในการวางแผนการใช้ทรัพยากร การตัดสินใจ การวางนโยบาย และใช้ประกอบการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมบางประเภท เช่น Carbon Footprint การใช้ประโยชน์จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตพืช สามารถนำมาศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบการผลิตพืชแบบต่าง ๆ หรือฤดูต่าง ๆ เพื่อการปรับเทคโนโลยีการผลิตพืชให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น หรือใช้ในกระบวนการคำนวณ carbon credit เพื่อการค้า และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการทำความเข้าใจการลดก๊าซเรือนกระจกในเวทีโลก การศึกษาเป็นการนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์การใช้เทคโนโลยีการผลิตพืชไร่ของเกษตรกรมาคำนวณตามหลักการของ LCA โดยใช้สูตรคำนวณ เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO₂ / CH₄ / N₂O) ในระบบการผลิตพืชไร่เขตภาคเหนือตอนบน เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงคำแนะนำการผลิตพืชที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- ชุดคำถามด้านการใช้ปัจจัยการผลิตพืชของเกษตรกร ตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงได้ผลผลิตของพืชในระบบการผลิต รวมทั้งข้อมูลการทำลายเศษซาก

- เครื่องวัดพิกัดตำแหน่ง GPS

- อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดิน

- กล้องบันทึกภาพ

- วิธีการ ไม่มีแผนการทดลอง สุ่มเลือกเกษตรกรผู้ผลิตถั่วเหลือง และพืชไร่อื่น ๆ ใน 3 สภาพนิเวศเกษตร ได้แก่ สภาพที่ดอน ที่นาดอน และนาลุ่ม ในเขตภาคเหนือตอนบน สัมภาษณ์โดยใช้ชุดคำถามการใช้ปัจจัยการผลิตพืชทุกชนิด ตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงได้ผลผลิตพืชในระบบการผลิตทุกพืช นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ มีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ของระบบการผลิตพืช โดยใช้ค่า Emission factor ตามวิธีการคำนวณ Life Cycle Assessment (LCA) (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2556ก) คำนวณค่าเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละพืช ขอบเขตของการศึกษา เป็นแบบ Gate to Gate คือ การพิจารณาตั้งแต่ประตู (หน้า) ถึงประตู (หลัง) ของกระบวนการที่สนใจ โดยไม่พิจารณาข้อมูลต้นน้ำ (Upstream) หรือปลายน้ำ (Downstream) (ไม่ใช่ Cradle to Gate ซึ่งหมายถึง การพิจารณาตั้งแต่การเกิดจนถึงประตู หรือตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบสำหรับผลิตสินค้า จนได้ผลิตภัณฑ์) (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2556ข)

การบันทึกข้อมูล

- 1) พิกัดที่ตั้งแปลงที่ศึกษาโดยเครื่อง GPS
- 2) ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และเบนซิน ในกระบวนการผลิตพืช และการขนส่ง
- 3) ปริมาณการใช้น้ำ ปุ๋ยเคมี ยูเรีย ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอื่นๆ ทุกชนิดในระบบ
- 4) ปริมาณการใส่สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิด
- 5) ปริมาณการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
- 6) การปฏิบัติอื่น ๆ ที่มีผลในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การขังน้ำในนา เป็นต้น
- 7) ระยะเวลาการปลูกพืชในระบบนี้ เพื่อเป็นข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- 8) ผลผลิตพืชทุกชนิดในระบบ
- 9) ปริมาณสารขาเข้า สารขาออกจากการผลิตพืช และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพืชแต่ละชนิด

สารขาเข้า ประกอบด้วยปริมาณเมล็ดพันธุ์ น้ำ สารเคมีทางการเกษตร ปุ๋ย N P K ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล

สารขาออก ประกอบด้วย มลสารทางอากาศจากเครื่องจักรกลที่ใช้ (CH₄ PM₁₀ SO₂) มลสารทางอากาศจากการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน (NH₃ N₂O) และมลสารทางน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมี (ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส)

- เวลาและสถานที่ - 3 ปี เริ่มต้น ตุลาคม 2556 - สิ้นสุด กันยายน 2559

สถานที่ทำการทดลอง - ไร่เกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แพร่ น่าน ลำปาง แม่ฮ่องสอน

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ระบบการปลูกพืชไร่เขตภาคเหนือตอนบนที่ทำการสำรวจ มีรายละเอียด ดังTable 1

Table 1 Cropping system in the Upper North from the surveys in 2013-2016

Cropping system	provinces
2013	
1. rice-soybean	หมู่ 8 บ้านดอนเจียง ต.สบเปิง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่
	บ้านแม่มอกใต้/ แม่มอกกลาง ต.แม่มอก อ.เถิน จ.ลำปาง
	ต.วังหงส์ อ.เมือง จ.แพร่
	หมู่ 1 บ้านปางหมู ต.ปางหมู อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน
	อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน
2. upland soybean (Seed production for dry season)	หมู่ 2 บ้านสะลงงใน ต.สะลงง อ.แมริม จ.เชียงใหม่
	หมู่ 1 บ้านปางหมู ต.ปางหมู อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน
	บ้านหมอกจำแป่ ต.ปางหมู อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน
3. sesame-soybean	บ้านป่าลาน ต.ห้วยโป่ง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน
4. rice-soybean-peanut	หมู่ 2 บ้านสะลงงใน ต.สะลงง อ.แมริม จ.เชียงใหม่
5. rice-Virginia tobacco-peanut	หมู่ 2 บ้านสะลงงใน ต.สะลงง อ.แมริม จ.เชียงใหม่
6. rice-dry season rice-peanut	หมู่ 2 บ้านสะลงงใน ต.สะลงง อ.แมริม จ.เชียงใหม่
7. rice-Virginia tobacco	ต.วังหงส์ อ.เมือง จ.แพร่
8. maize (upland) (sown in July 2013)	บ้านไม้ซางหนามเหนือ / บ้านไม้ซางหนามเหนือ / บ้านป่าลาน / บ้านไม้ซุง / บ้านแก่นฟ้า / บ้านกลาง ต.ห้วยโป่ง อ.เมือง จ. แม่ฮ่องสอน

2014	
1. rice-soybean / rice-garlic	บ้านแม่ฮี้ ต.แม่ฮี้ อ.ปาย / บ้านห้วยโป่ง บ้านไม้ซางหนามใต้ / บ้านป่าลาน ต.ห้วยโป่ง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน
2. rice-soybean	บ้านหนองห้า ต.ศรีสะเกษ อ.น่าน้อย จ.น่าน บ้านนาท่อเด่น / บ้านถืมตอง ต.ถืมตอง อ.เมือง จ.น่าน
3. rice-soybean / garlic-soybean	บ้านป่าลาน ต.ห้วยโป่ง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน
4. soybean intercropped in rubber	อ.ดอยหลวง เชียงราย / อ.แม่ใจ อ.เมือง พะเยา
5. soybean	บ.กวาง ต.วังใต้ อ.วังเหนือ ลำปาง / เชียงราย
2015	
1. soybean (rainy season)	บ.ใหม่ดอนตัน ต.เมืองแปง อ.ปาย แม่ฮ่องสอน บ.สบสอย ต.สบสอย อ.เมือง แม่ฮ่องสอน
Maize (upland)	บ.แก่นฟ้า ต.ห้วยโป่ง อ.เมือง แม่ฮ่องสอน
2. rice-soybean	บ.หนองห้า ต.ศรีสะเกษ อ.น่าน้อย น่าน
rice-maize	บ.หนองเตา ต.ศรีสะเกษ อ.น่าน้อย น่าน บ.ถืมตอง ต.ถืมตอง อ.เมือง น่าน
3. garlic-soybean (dry season)	บ.สบสา ต.เมืองแปง อ.ปาย แม่ฮ่องสอน บ.ผาบ่อง ต.ผาบ่อง อ.เมือง แม่ฮ่องสอน (พันธุ์ไวต่อช่วงแสง) บ.ไม้ฮ้าง ต.ห้วยโป่ง อ.เมือง แม่ฮ่องสอน (พันธุ์ตาแดง) บ.สบสอย ต. สบสอย อ.เมือง แม่ฮ่องสอน
2016	
1. rice-soybean	บ.เมืองแปง ต.เมืองแปง อ.ปาย แม่ฮ่องสอน บ.ผาสำราญ ต.เมืองแปง อ.ปาย แม่ฮ่องสอน บ.หมอกจำแป่ ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง แม่ฮ่องสอน บ.แม่ลาน้อย ต.แม่ลาน้อย อ.แม่ลาน้อย มส อ.แม่พริก จ.ลำปาง บ.ถืมตอง ต.ถืมตอง อ.เมือง น่าน
2. rice-maize	บ.ใหม่ ต.ศรีสะเกษ อ.น่าน้อย น่าน
3. maize (upland)	อ.น่าน้อย น่าน

การปลูกถั่วเหลืองหลังนาของเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการเตรียมดิน มีการใช้ปุ๋ยเคมีน้อย หรือไม่ใช้เลย แต่มีการพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชในระยะหลังปลูก และประมาณ 1 เดือนหลังปลูก ใช้สารฆ่าแมลงเพียง 1 ครั้งหรือไม่ใช้เลย อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีแมลงศัตรูระบาดในบางปี เนื่องจากเกษตรกรยังขาดความรู้เรื่องการป้องกันกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพ ส่วนการปลูกถั่วเหลืองในสภาพไร่ ฤดูฝน เกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชก่อนเตรียมดินปลูก และเมื่อ 1-1.5 เดือนหลังปลูก พ่นสารฆ่าแมลงบ้าง เมื่อพบแมลงศัตรู ใช้ปุ๋ยเคมีที่เหลือจากนา การปลูกในฤดูฝน

เป็นการผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ในฤดูแล้งหลังนา เมื่อได้รับเมล็ดพันธุ์มาจำนวนหนึ่ง เดิมปลูกในสภาพที่ดอน แต่ปัจจุบันมีการปลูกในที่นาดอน และพื้นที่ริมถนนมากขึ้น สำหรับเกษตรกรที่ไม่มีพื้นที่ดอน

วิธีการปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นนาดำ มีจำนวนน้อยที่ทำนาหว่าน โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากน้ำชลประทาน มีการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 5-15 กก./ไร่ พันสารเคมีกำจัดวัชพืช และสารฆ่าแมลงบ้าง

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีทั้งที่ปลูกในสภาพหลังนา ขนาด 10-20 ไร่ต่อครัวเรือน และปลูกบนพื้นที่ภูเขาในฤดูฝน เช่น ที่จังหวัดน่าน (ใน อ.สันติสุข และภูเพียง) และเชียงใหม่ (อ.อมก๋อย) หรือปลูกในพื้นที่ว่างริมทาง เช่นที่ อ.วังเหนือ จ.ลำปาง เป็นต้น

การปลูกถั่วลิสงที่อำเภอแมริม เชียงใหม่ เป็นการปลูกในสภาพนาหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง หรือข้าวนาปรัง หรือยาสูบ (เวอร์จิเนีย) แล้ว เป็นพืชที่ 3 เนื่องจากมีน้ำชลประทานอย่างเพียงพอ และทำรายได้ให้แก่เกษตรกรอย่างดี

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีรายการสิ่งแวดลอม โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานในการเกษตร ปุ๋ย สารเคมี วิธีการปฏิบัติดูแลพืชของเกษตรกร และผลผลิตพืช 4 ชนิด (ถั่วเหลือง ข้าว ถั่วลิสง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของการผลิตถั่วเหลืองของเกษตรกร มีการใช้น้ำเฉลี่ย 2.19 ลูกบาศก์เมตร/กก. ผลผลิต เมล็ดพันธุ์ 0.0672 กก./กก. ผลผลิต ใช้ปุ๋ย N P และ K เฉลี่ย 0.0089 0.0032 และ 0.0073 กก./กก. ผลผลิต ใช้สารกำจัดศัตรูพืช เฉลี่ย 0.8350 มล./ กก.ผลผลิต ใช้ น้ำมันดีเซล คิดเป็นมวลสารเฉลี่ย 0.0205 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการใช้เครื่องจักรกลเตรียมดิน กะเทาะเมล็ด และขนส่งผลผลิตและปัจจัยการผลิต) และน้ำมันเบนซิน คิดเป็นมวลสารเฉลี่ย 5.7570 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการพ่นสารเคมีต่าง ๆ) มีการปล่อยมลสารทางอากาศจากเครื่องจักรกลการเกษตร คือ มีเทน (CH₄) 11.82 กก./ตันผลผลิต ค่า PM₁₀ = 1.7277 กก./ตันผลผลิต ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) 5.3875 กก./ตันผลผลิต มลสารจากการใช้ปุ๋ยเคมี คือ ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 0.1898 กก./ตันผลผลิต และแอมโมเนีย (NH₃) 0.8815 กก./ตันผลผลิต มลสารทางน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมี N = 2.0647 กก./ตันผลผลิต จากการใช้ปุ๋ยเคมี P = 0.0959 กก./ตันผลผลิต ถ้าคิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเป็นการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 248.26 กรัม CO₂ เทียบเท่า/กิโลกรัมเมล็ดถั่วเหลือง (g CO₂ - eq/kg) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 58.84 กรัม CO₂ เทียบเท่า/กิโลกรัมเมล็ดถั่วเหลือง รวมปล่อยก๊าซเรือนกระจก 307.10 g CO₂ - eq/kg ผลผลิต (Table 1) การปล่อยมลสารในสารขาออกที่นอกเหนือจาก CH₄ และ N₂O ไม่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน แต่ก่อเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อมการผลิตพืช

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของการผลิตข้าวของเกษตรกร มีการใช้น้ำเฉลี่ย 1.9744 ลูกบาศก์เมตร/กก. ผลผลิต เมล็ดพันธุ์ 0.0172 กก./กก. ผลผลิต ใช้ปุ๋ย N P และ K เฉลี่ย 0.0104 0.0028 และ 0.0018 กก./กก. ผลผลิต ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 0.2231 กก./กก. ผลผลิต ใช้สารกำจัดศัตรูพืช เฉลี่ย 0.6685 มล./กก.ผลผลิต ใช้ น้ำมันดีเซล คิดเป็นมวลสารเฉลี่ย 0.0134 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการใช้เครื่องจักรกลเตรียมดิน กะเทาะเมล็ด และขนส่งผลผลิตและปัจจัยการผลิต) และน้ำมันเบนซิน คิดเป็นมวลสารเฉลี่ย 2.4595 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการพ่นสารเคมีต่าง ๆ) มีการปล่อยมลสารทางอากาศจากเครื่องจักรกลการเกษตร คือ มีเทน (CH₄) 5.4117 กก./ตันผลผลิต ค่า PM₁₀ = 1.3140 กก./ตันผลผลิต ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) 2.4690 กก./ตันผลผลิต มลสารจากการใช้ปุ๋ยเคมี คือ ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 0.1898 กก./ตันผลผลิต และแอมโมเนีย

(NH₃) 1.2546 กก./ตันผลผลิต มลสารทางน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมี N = 2.0648 กก./ตันผลผลิต จากการใช้ปุ๋ยเคมี P = 0.0480 กก./ตันผลผลิต ถ้าคิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเป็นการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 113.65 g CO₂ - eq/kg และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 58.84 g CO₂ - eq/kg รวมปล่อยก๊าซเรือนกระจก 172.49 g CO₂ - eq/kg ผลผลิต (Table 2)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตถั่วลิสงของเกษตรกร มีการใช้น้ำเฉลี่ย 1.0956 ลูกบาศก์เมตร/กก. ผลผลิต ใช้เมล็ดพันธุ์ 0.0376 กก./กก. ผลผลิต ใช้ปุ๋ย N P และ K เฉลี่ย 0.0069 0.0030 และ 0.0092 กก./กก. ผลผลิต ใช้สารกำจัดศัตรูพืช เฉลี่ย 0.7970 มล./กก.ผลผลิต ใช้น้ำมันดีเซล คิดเป็นมวลสารเฉลี่ย 0.0021 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการใช้เครื่องจักรกลเตรียมดิน กะเทาะเมล็ด และขนส่งผลผลิตและปัจจัยการผลิต) และน้ำมันเบนซิน คิดเป็นมวลสารเฉลี่ย 2.4770 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการพ่นสารเคมีต่าง ๆ) มีการปล่อยมลสารทางอากาศจากเครื่องจักรกลการเกษตร คือ มีเทน (CH₄) 5.4495 กก./ตันผลผลิต ค่า PM₁₀ = 0.7107 กก./ตันผลผลิต ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) 2.4785 กก./ตันผลผลิต มลสารจากการใช้ปุ๋ยเคมี คือ ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 0.1262 กก./ตันผลผลิต และแอมโมเนีย (NH₃) 0.3334 กก./ตันผลผลิต มลสารทางน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมี N = 1.3728 กก./ตันผลผลิต จากการใช้ปุ๋ยเคมี P = 0.0540 กก./ตันผลผลิต ถ้าคิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเป็นการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 114.44 g CO₂ - eq/kg และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 39.12 g CO₂ - eq/kg รวมปล่อยก๊าซเรือนกระจก 153.56 g CO₂ - eq/kg ผลผลิต (Table 3)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร มีการใช้น้ำเฉลี่ย 1.1786 ลูกบาศก์เมตร/กก. ผลผลิต ใช้เมล็ดพันธุ์ 0.0123 กก./กก. ผลผลิต ใช้ปุ๋ย N และ P เฉลี่ย 0.0459 และ 0.0080 กก./กก. ผลผลิต ใช้สารกำจัดศัตรูพืช (วัชพืช) เฉลี่ย 1,000.51 มล./กก.ผลผลิต ใช้น้ำมันดีเซล คิดเป็นมวลสาร เฉลี่ย 0.0158 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการใช้เครื่องจักรกลเตรียมดิน กะเทาะเมล็ด และขนส่งผลผลิตและปัจจัยการผลิต) และน้ำมันเบนซิน คิดเป็นมวลสารเฉลี่ย 0.8109 กก./กก. ผลผลิต (ในขั้นตอนการพ่นสารเคมีต่าง ๆ) มีการปล่อยมลสารทางอากาศจากเครื่องจักรกลการเกษตร คือ มีเทน (CH₄) 1.7849 กก./ตันผลผลิต ค่า PM₁₀ = 1.5138 กก./ตันผลผลิต ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) 0.8220 กก./ตันผลผลิต มลสารจากการใช้ปุ๋ยเคมี คือ ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 0.8425 กก./ตันผลผลิต และแอมโมเนีย (NH₃) 7.3618 กก./ตันผลผลิต มลสารทางน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมี N = 9.1651 กก./ตันผลผลิต จากการใช้ปุ๋ยเคมี P = 0.0605 กก./ตันผลผลิต ถ้าคิดเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเป็นการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 37.48 g CO₂ - eq/kg และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 261.19 g CO₂ - eq/kg รวมปล่อยก๊าซเรือนกระจก 298.67 g CO₂ - eq/kg ผลผลิต (Table 4)

การศึกษา LCI นี้เป็นจุดเริ่มต้นของการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกพืชแต่ละฤดู เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และนำไปสู่การผลิตพืชที่ยั่งยืน ใช้ในการวางแผนกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม การขอรับรองฉลากสิ่งแวดล้อม และใช้เป็นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมที่มีการเกษตรเป็นต้นทาง (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2556ก) การศึกษาที่ควรทำต่อไปในอนาคต คือ การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการปลูกพืชต่าง ๆ

เปรียบเทียบแต่ละปี แต่ละสถานที่ผลิต เพื่อปรับปรุงข้อมูลให้มีความแม่นยำและถูกต้องมากขึ้น สามารถใช้เป็น
ข้อมูลพื้นฐานของระบบการเกษตรของประเทศได้

Table 1 Life Cycle Inventory (LCI) data of soybean production in the Upper North (15 farmers averaged) 2013-2016 (yield = 154-404 kg/rai)

Input (สารขาเข้า / kg yield)			Soybean production process				Output (สารขาออก / kg yield)				Global Warming Potential (GWP)	
irrigation	2.1888	m3	1. Tillage 2. Planting 3. Cultural practice 4. Harvest and post-harvest	Seed yield	1 kg		1 ton					
seed	0.0672	kg		Air emissions					factors	g CO2-Eq / kg		
Plant nutrient				From machinery								
Chemical fert. N	0.0089	kg		CH4	1.1822E-02	kg	11.8221	kg	21		248.26	
Chemical fert. P	0.0032	kg		CO		kg		kg				
Chemical fert. K	0.0073	kg		CO2		kg		kg				
Organic fert.		kg		N2O		kg		kg				
Pesticides				NMVOc		kg		kg				
		ml		NOx		kg		kg				
		ml		PM10	1.7277E-03	kg	1.7277	kg				
		ml		SO2	5.3875E-03	kg	5.3875	kg				
total	0.8350	ml		From chemical fertilizer use								
				N2O	1.8981E-04	kg	0.1898	kg	310		58.84	
Energy			NH3	8.8154E-04	kg	0.8815	kg					
diesel	0.0205	kg	NMVOc		kg		kg					
gasoline	5.7570	kg	PM10		kg		kg					
electricity			NO		kg		kg					
			Water emissions from chemical fert. use									
			N	2.0647E-03	kg	2.0647	kg					
			P	9.5906E-05	kg	0.0959	kg					
			total							307.10		

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตถั่วเหลือง มีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) เฉลี่ย 248.26 กรัม CO₂ เทียบเท่า/กิโลกรัมเมล็ดถั่วเหลือง (g CO₂-eq/kg) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) 58.84 g CO₂-eq/kg รวมทั้งมีการปล่อยก๊าซอื่น ได้แก่ SO₂ NH₃ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) และปล่อยมลสารทางน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมี N และ P สารเหล่านี้ไม่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน แต่ก่อเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม การผลิตข้าว ปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 113.65 g CO₂-eq/kg และ N₂O 58.84 g CO₂-eq/kg การผลิตถั่วลิสงปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 114.44 g CO₂-eq/kg และ N₂O 39.12 g CO₂-eq/kg และการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) 37.48 g CO₂-eq/kg และปล่อยก๊าซ N₂O 261.19 g CO₂-eq/kg เนื่องจากมีการใช้สารกำจัดวัชพืชปริมาณมาก การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตพืชควรศึกษาเปรียบเทียบระหว่างฤดู และสถานที่ต่าง ๆ จำนวนมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ และใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- จัดทำรายงานผลงานวิจัย รายงานประจำปี และนำเสนอผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่ความรู้แก่นักวิจัย เพื่อนำไปปรับใช้กับงานวิจัยด้านอื่นต่อไป
- พัฒนางานวิจัยเพื่อนำไปเผยแพร่และปฏิบัติงานในแปลงเกษตรกร เพื่อให้มีการเรียนรู้และรู้จักปรับใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น
- จัดทำเป็นข้อเสนอนโยบายการพัฒนาการเกษตรด้านการผลิตพืชที่ช่วยบรรเทาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเกษตรกรทุกท่านที่ร่วมให้ข้อมูล ในการศึกษา

12. เอกสารอ้างอิง

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2556ก. การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของพืชผลการเกษตร (Data Collection for Life Cycle Inventory of Agricultural Production). ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี. 60 หน้า.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2556ข. เราจะเลือกใช้บัญชีรายการวัฏจักรชีวิตอย่างไรให้ถูกต้อง (How to select Life Cycle Inventory (LCI) for My Work). ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี. 36 หน้า.

13. ภาคผนวก

13.1 แบบสอบถามที่ใช้มีรูปแบบ ดังต่อไปนี้

แบบสอบถามการปลูกพืชเพื่อประเมินวัฏจักรชีวิต

(Life Cycle Assessment) ของสินค้าเกษตร

ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

ชื่อผู้ให้ข้อมูล.....อายุ.....ปี บ้านเลขที่.....หมู่ที่.....
บ้าน.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....
โทรศัพท์.....มือถือ.....พิกัดแปลง UTM X.....Y.....

ระบบการผลิต.....ระยะเวลาที่ปลูกพืชในระบบนี้.....ปี

ขนาดพื้นที่ที่ใช้ผลิตพืชในระบบนี้.....ไร่

ถ้าเคยปลูกพืชในระบบอื่นๆ (ระบุ).....เมื่อปี.....ถึงปี.....

ระบบการใช้น้ำ (น้ำฝน/น้ำชลประทาน)

พืช.....แหล่งน้ำ.....ชื่อแหล่งน้ำ.....

พืช.....แหล่งน้ำ.....ชื่อแหล่งน้ำ.....

พืช.....แหล่งน้ำ.....ชื่อแหล่งน้ำ.....

พันธุ์พืชที่ใช้:

พืช.....พันธุ์.....แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์พืช/ราคา.....

อัตราเมล็ดพันธุ์.....กิโลกรัมต่อไร่

พืช.....พันธุ์.....แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์พืช/ราคา.....

อัตราเมล็ดพันธุ์.....กิโลกรัมต่อไร่

พืช.....พันธุ์.....แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์พืช/ราคา.....

อัตราเมล็ดพันธุ์.....กิโลกรัมต่อไร่

พืช.....พันธุ์.....แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์พืช/ราคา.....

อัตราเมล็ดพันธุ์.....กิโลกรัมต่อไร่

ขั้นตอนการผลิตพืช (ทุกพืชในระบบ เช่น ข้าว และถั่วเหลืองในระบบ ข้าว-ถั่วเหลือง หรือข้าวโพดทั้ง 2 ฤดู
ปลูกในระบบ ข้าวโพด-ข้าวโพด เป็นต้น)

ขั้นตอน	ชนิดพืชที่ 1	ชนิดพืชที่ 2	ชนิดพืชที่ 3
1.การเตรียมเมล็ดพันธุ์ - การคลุกเมล็ด (ด้วยอะไร อัตราเท่าไร) - การขนส่งจากแหล่งรับเมล็ดพันธุ์ถึงแปลง			

ขั้นตอน	ชนิดพืชที่ 1	ชนิดพืชที่ 2	ชนิดพืชที่ 3
ปลูก (ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่ หรือระยะทางเท่าไร) (ไม่ว่าจะเป็นผู้จ่ายหรือไม่ก็ตาม)			
2. การเตรียมดิน - ใช้สัตว์/รถไถเดินตาม/รถแทรกเตอร์/อื่นๆ - พลังงานที่ใช้ (น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อ ไร่)			
3. การใช้ปุ๋ยขาว (ชนิด อัตราต่อไร่) - การขนส่ง (ระบุประเภทจากแหล่งถึงไร นา ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรหรือ ระยะทาง)			
4. การสูบน้ำ มีหรือไม่ ก็ครั้งต่อฤดูปลูก (ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่ต่อครั้ง) การรดน้ำ ให้น้ำ ทำอย่างไร ก็ครั้งต่อฤดูปลูก (ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่ต่อครั้ง)			
5. การปลูก - เพาะกล้า (ใช้แรงคน/เครื่องจักร และใช้ น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่) - ปลูก (ใช้แรงคน/เครื่องจักร และใช้น้ำมัน ดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่)			
6. การใส่ปุ๋ย - ชนิดปุ๋ยที่ใช้ 6.1 ปุ๋ยอินทรีย์ (พืชสด / ปุ๋ยคอก/ ปุ๋ย หมักชนิดใด อัตราต่อไร่) - การขนส่ง (ระบุประเภทจากแหล่ง ถึงไรนา ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตร) 6.2 ปุ๋ยเคมี (สูตร อัตราต่อไร่) - การขนส่ง (ระบุประเภทจากแหล่ง ถึงไรนา ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตร)			

ขั้นตอน	ชนิดพืชที่ 1	ชนิดพืชที่ 2	ชนิดพืชที่ 3
<p>6.3 ยูเรีย (อัตราต่อไร่ รวมทุกครั้ง) -การขนส่ง (ระบุประเภทจากแหล่งถึงไร่นา ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตร)</p> <p>6.4 ปุ๋ยอื่นๆ เช่น มูลค่างควา เศษพืช เป็นต้น (ระบุชนิด อัตราต่อไร่) -การขนส่ง (ระบุประเภทจากแหล่งถึงไร่นา ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตร)</p>			
<p>7. การกำจัดวัชพืช</p> <p>- ใช้แรงคน/เครื่องจักร และใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่)</p> <p>- ใช้สารเคมี ชนิด อัตราต่อไร่</p> <p>-ใช้สารอื่นๆ (ระบุชนิด อัตราต่อไร่)</p>			
<p>8. การป้องกันกำจัดโรคและแมลง (ระบุชนิดโรคและแมลง อายุพืชที่มีการเข้าทำลาย)</p> <p>- ใช้แรงคน/เครื่องจักร และใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่</p> <p>- ใช้สารเคมี อะไรบ้าง กี่ครั้ง (ชนิด อัตราต่อไร่)</p> <p>-สารอื่นๆ (ระบุชนิด อัตราต่อไร่)</p>			
<p>9. การเก็บเกี่ยว</p> <p>-วิธีการ (แรงคน/เครื่องจักร และใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่)</p> <p> การขนส่ง (ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่)</p> <p>-การตาก (ตากแดด/อบด้วยเครื่องจักร ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่)</p> <p>-การกะเทาะ ลดความชื้นเมล็ด (ใช้แรงคน/เครื่องจักร ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่)</p>			

ขั้นตอน	ชนิดพืชที่ 1	ชนิดพืชที่ 2	ชนิดพืชที่ 3
-การคัดเมล็ด บรรจุถุง (ใช้แรงคน/เครื่องจักร ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตรต่อไร่)			
10. การเผาเศษซากพืชต่าง ๆ (เผา/ไม่เผา ปริมาณเศษซาก)			
11. การจำหน่ายผลิตผล -ขายที่ไหน -ราคาที่ยขายได้ (ปี.....) -การขนส่ง - ขนไปเอง (ใช้น้ำมันดีเซล/เบนซิน กี่ลิตร) - มีพ่อค้ามารับซื้อ			
12. ผลผลิตต่อไร่			

13.2 สูตรการคำนวณที่ใช้ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2556ก)

1. ปริมาณปุ๋ย คิดเป็นปุ๋ย N P และ K ที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมผลผลิต
2. ปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณผลผลิต (ดีเซล) = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร/กก. ผลผลิต) x ความหนาแน่นน้ำมันดีเซล (กก./ลิตร)
3. ปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณผลผลิต (เบนซิน) = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร/กก. ผลผลิต) x ความหนาแน่นน้ำมันเบนซิน (กก./ลิตร)
4. ความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล = 0.85 กก./ลิตร และความหนาแน่นของน้ำมันเบนซิน = 730 กก./ลิตร
5. ปริมาณมีเทน (CH₄) = ปริมาณเชื้อเพลิง (กก.เชื้อเพลิง/กก. ผลผลิต) x Emission Factor (g/tonne fuel)
Emission Factor = 55 g/tonne fuel (น้ำมันดีเซล)
Emission Factor = 2,200 g/tonne fuel (น้ำมันเบนซิน)
6. ปริมาณ SO₂ = 2 x S x F เมื่อ S = ปริมาณซัลเฟอร์ในเชื้อเพลิง (% by wt) ; F = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อ กก. ผลผลิต
ปริมาณซัลเฟอร์ในน้ำมันดีเซล = 0.035 % ; ปริมาณซัลเฟอร์ในน้ำมันเบนซิน = 0.05 %
7. มลพิษอากาศจากการฟุ้งกระจายของดินในการเตรียมแปลง และดูแลรักษาในแปลง (PM₁₀) คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 µm = Emission Factor (kg/ha) x 1 / (6.25 x ผลผลิตต่อไร่)
Emission Factor = 1.56 kg/ha

8. ปริมาณมลพิษอากาศ NH₃ จากการใช้ปุ๋ยเคมี $E(NH_3) = FC \times EF \times 17/14$

FC = ปริมาณปุ๋ย N ที่ใช้ต่อกิโลกรัมผลผลิต

Emission factor ของปุ๋ย NPK = 4% ; Emission factor ของปุ๋ย urea = 15%

9. ปริมาณมลพิษอากาศ N₂O จากการใช้ปุ๋ยเคมี $E(N_2O) = FC \times EF \times 44/28$

FC = ปริมาณปุ๋ย N ที่ใช้ต่อกิโลกรัมผลผลิต

Emission factor ของปุ๋ยเคมีที่ให้ N₂O = 0.0117 (ไม่มีหน่วย)

10. ปริมาณมลสารทางน้ำ (สารขาออกในรูปของ N)

N leaching + runoff / กก. ผลผลิต = NFERT × FRACLEACH (=0.2)

NFERT = ปริมาณปุ๋ย N ที่ใช้ต่อกิโลกรัมผลผลิต

FRACLEACH = สัดส่วน N ที่หายไปกับน้ำ (ไม่มีหน่วย) = 0.2

11. ปริมาณมลสารทางน้ำ (สารขาออกในรูปของ P) : $P_{ro} = P_{rol} \times F_{ro}$

P_{ro} = ปริมาณ P ที่ถูกชะต่อพื้นที่เพาะปลูก (kg P/ha)

P_{rol} = ปริมาณ P ที่ถูกชะไปกับน้ำโดยเฉลี่ย มีค่า = 0.175 kg P/ha สำหรับพื้นที่เพาะปลูก (arable land)

F_{ro} = ค่า correction factor คำนวณจากสมการ

$F_{ro} = 1 + (0.2/80 \times P_2O_5/ha) = (1/ผลผลิตต่อไร่) + [(0.2/80) \times (ปุ๋ย P_2O_5 \text{ ที่ใช้ต่อไร่} \times 6.25)]$

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CH₄ = methane

CO = carbon monoxide

CO₂ = carbon dioxide

N₂O = nitrous oxide

NMVOG = non-methane volatile organic compound

NO_x = oxide of nitrogen

PM₁₀ = particulate measure = การวัดปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

SO₂ = sulphur dioxide

NH₃ = ammonium

NO = nitric oxide หรือ nitrogen monoxide