

การจดทำบัญชีรายการ วัฏจักรชีวิตของพืชผลการเกษตร

Data Collection for Life Cycle Inventory of Agricultural Production



Data Collection for Life Cycle Inventory of Agricultural Production





Data Collection for Life Cycle Inventory of Agricultural Production

การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของพืชผลการเกษตร





Data Collection for Life Cycle Inventory of Agricultural Production

การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของพืชผลการเกษตร

ISBN: 978-616-12-0283-5

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวนพิมพ์ 300 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2556 ตาม พ.ร.บ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

ไม่อนุญาตให้คัดลอก ทำซ้ำ และดัดแปลง ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือฉบับนี้
นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

Copyright©2013 by:

National Metal and Materials Technology Center (MTEC)

National Science and Technology Development Agency (NSTDA)

114 Thailand Science Park, Phahonyothin Rd.

Klong Nueng, Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand

Tel. +66-2564-6500

Fax. +66-2564-6404

จัดทำโดย



ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment Laboratory; LC A Lab)

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2564-6500 ต่อ 4061-4063;4854-4857

โทรสาร 0-2564-6404

การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของพืชผลการเกษตร/ โดย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) -- ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2556.

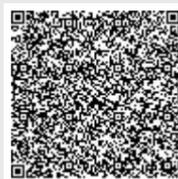
60 หน้า: ภาพประกอบ

ISBN: 978-616-12-0283-5

1. บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต 2. พืชผลการเกษตร -- ทำเนียบนาม I. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ II. ชื่อเรื่อง

HD30.255

658.4083



ออกแบบและสร้างสรรค์โดย

งานออกแบบ ฝ่ายสื่อวิทยาศาสตร์

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ





คำขอบคุณ

หนังสือเล่มนี้เขียนขึ้นจากประสบการณ์การจัดทำฐานข้อมูลบัญชีรายการวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Inventory Database, LCI Database) ของภาคการเกษตร ซึ่งเป็นการร่วมงานระหว่างห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และคณาจารย์จากมหาวิทยาลัยพะเยาและมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากเกษตรกรหลายจังหวัด รวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรจากหลายหน่วยงาน ร่วมเป็นคณะกรรมการในการวางแผนการเก็บข้อมูล ให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จนโครงการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ดังจะขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ดร.ณภัทร จักรวัฒนา
ดร.วิพรพรรณ เนืองเม็ก
ผศ.ดร.สุธยา พิมพ์พิไล
รศ.ดร.อรรถชัย จินตะเวช
ผอ.สุวรรณ หาญวิริยะพันธุ์
ดร.กาญจนา ชื่นพิชัย
ผศ.ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล
ดร.ณัฐณี วรยศ
คุณราเชนทร์ สุวรรณหิตาทร
น.ส.เพชรดา อยู่สุข
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.ไมตรี สุทธิจิตต์
ผศ.ดร.สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์
ดร.ชูชาติ สันทรทรัพย์
ดร.นิวัติ อนนงค์รักษ์
รศ.สมชาย องค์กรประเสริฐ
ผศ.ธีระพงษ์ สว่างปัญญากร
ผศ.พาวิน มะโนชัย

หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา และทีมงาน
คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา และทีมงาน
คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และทีมงาน
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้อำนวยการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่
สำนักพัฒนาที่ดินเขต 6 จังหวัดเชียงใหม่
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้อำนวยการ สำนักงานเกษตร จังหวัดพะเยา
นักวิชาการ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)
สำนักวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา
สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่ปรึกษาอธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้อำนวยการสำนักวิจัย และส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้





คำนำ

เกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักอาชีพหนึ่งของคนไทย และเป็นอุตสาหกรรมต้นทางของอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหาร พลังงานชีวภาพ เครื่องสำอาง สมุนไพร ยารักษาโรค เส้นใย สิ่งทอ ยางธรรมชาติ และไม้ ทั้งผลผลิตสดและผลผลิตที่ผ่านการแปรรูป อุตสาหกรรมการเกษตรทำรายได้ให้กับประเทศโดยมีมูลค่าสูงมากในแต่ละปี อย่างไรก็ตามการผลิตพืชผลการเกษตรนั้นจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบและทรัพยากร เช่น ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำ และที่ดิน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดมลสารจากการเพาะปลูก ทั้งมลสารที่ปล่อยสู่อากาศ น้ำ และดิน อันส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างร้ายกาจ ปัจจุบันทั่วโลกได้ตระหนักและให้ความสำคัญต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากการมีกฎเกณฑ์และมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อม ฉลากสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เกิดขึ้นมากมายในปัจจุบัน ดังนั้น ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพในการเป็นผู้นำด้านสิ่งแวดล้อม สร้างความสามารถในการแข่งขัน และปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง เพื่อให้ประเทศไทยสามารถเป็นแหล่งอาหารของโลกที่ยั่งยืนได้

บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต หรือ Life Cycle Inventory (LCI) ของผลิตภัณฑ์สามารถช่วยให้ทราบได้ว่า กระบวนการใดหรือวัตถุดิบใดในการผลิตที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ตรงจุด นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวางแผนกำหนดนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม การขอรับรองฉลากสิ่งแวดล้อม และเป็นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในปีต่อไปได้ ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐ มหาวิทยาลัย และผู้ประกอบการจึงริเริ่มจัดทำ LCI กันมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

หนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมวิธีการจัดทำ LCI ของพืชผลการเกษตรจากประสบการณ์ตรง เพื่อให้ผู้ที่สนใจที่จะจัดทำ LCI ได้ทราบวิธีการที่ถูกต้องและข้อควรระวังต่างๆ เพื่อให้ได้ LCI ที่มีคุณภาพ

คณะผู้จัดทำ
ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต
Life Cycle Assessment Laboratory (LCA Lab)
กรกฎาคม 2556





สารบัญ



10

1. ความสำคัญของบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตของพืชผลการเกษตร



2. บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต คืออะไร

14



3. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

| | |
|--|----|
| 3.1 หลักการทั่วไป | 19 |
| 3.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา: กรณีพืชไร่ | 19 |
| 3.3 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา: กรณีพืชยืนต้น | 22 |



24

4. การเก็บข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า

| | |
|--------------------------|----|
| 4.1 พลังงาน | 25 |
| 4.2 ปุ๋ย | 27 |
| 4.3 สารเคมีกำจัดศัตรูพืช | 28 |
| 4.4 ที่ดิน | 30 |
| 4.5 น้ำ | 31 |

5. การเก็บข้อมูลบัญชีรายการสารขาออก

| | |
|--|----|
| 5.1 มลสารทางอากาศ | 35 |
| 5.2 มลสารทางน้ำจากปุ๋ย | 45 |
| 5.3 มลสารทางดินจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช | 47 |
| 5.4 ขยะจากการเพาะปลูก | 47 |



34

6. การหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก



48

7. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Impact Category)



52

8. เอกสารอ้างอิง



58



1. ความสำคัญของบัญชีรายการวัฏจักรชีวิต ของพืชผลการเกษตร

ประเทศไทยทำการเพาะปลูกพืชผักผลไม้ และพืชพลังงานหลายชนิด การผลิตพืชผลการเกษตรเหล่านี้ จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรและวัตถุดิบ เช่น น้ำ ปุ๋ย พลังงาน สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และสารเคมีช่วยในการผลิตต่างๆ นอกจากนี้ยังมีมลสารต่างๆ ที่ปล่อยสู่อากาศ น้ำ และดิน อันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา เป็นที่ทราบกันดีว่าพืชผลการเกษตรเป็นวัตถุดิบต้นน้ำของอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมพลังงานชีวภาพ เครื่องสำอาง สบู่และยารักษาโรค เส้นใยและสิ่งทอ ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากยางพาราและไม้ยางพารา สีธรรมชาติ และสารป้องกันและกำจัดแมลง แต่จากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง วัตถุดิบ การผลิตในโรงงาน และการกำจัดของเสีย ในกรณีของผลิตภัณฑ์ที่มีพืชผลการเกษตรเป็นวัตถุดิบหลักนั้น พบว่า สาเหตุหลักของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างหนึ่ง มีที่มาจากขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่เป็นพืชผลการเกษตรนั่นเอง ดังจะเห็นได้จากรายงานการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ที่พบว่า ผลกระทบด้านความเป็นพิษของระบบนิเวศของโลก (Terrestrial Ecotoxicity) จะลดลงมากถึง 75% หากพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักมีระบบการผลิตที่ไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช [Tongpool et al., 2012] นอกจากนี้ สถาบันทรัพยากรโลก (World Resource Institute) [WRI, 2005] ได้รายงานไว้ว่า ในปี 2005 ภาคการเกษตรทั่วโลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 8% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยทั่วโลก (ยังไม่นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์) ยิ่งไปกว่านั้น การเปลี่ยนแปลงที่ดินเพื่อการเกษตรและการทำลายป่าไม้ ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 12% ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยทั่วโลกในปีเดียวกัน อีกด้วย





จากการคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของประชากรโลก พบว่า ประชากรโลกจะเพิ่มขึ้นจาก 7 พันล้านคนในปี 2012 เป็นมากกว่า 9 พันล้านคนในปี 2050 [Editorials of Nature, 2010] ดังนั้นหลายหน่วยงานจึงมีความกังวลว่า ในอนาคตจะมีอาหารที่เพียงพอต่อประชากรทั่วโลกหรือไม่ ทั้งนี้ เนื่องจากทรัพยากรธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งน้ำมันดิบและแร่ธาตุ นอกจากนี้ทรัพยากรบางส่วนยังถูกทำลายจนไม่อาจคงสภาพเดิม เช่น การพังทลายของหน้าดิน การเสื่อมโทรมของดิน และการเกิดภาวะน้ำเน่าเสียหรือปนเปื้อนสารเคมี อีกทั้งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคส่วนต่างๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดสภาพอากาศแปรปรวนจนทำให้เกิดภัยธรรมชาติ (เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง และระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น) ส่งผลให้ผลิตผลทางการเกษตรลดลง จากปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้ที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ทำให้ทั่วโลกให้ความสำคัญและตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากการออกกฎหมายและมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น รวมทั้งการติดฉลากสิ่งแวดล้อมบนผลิตภัณฑ์ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ อีกทั้งบริษัทต่างๆ ยังทุ่มทุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ดังนั้น ประเทศไทยจึงควรพัฒนาศักยภาพในการเป็นผู้นำด้านสิ่งแวดล้อม สร้างความสามารถในการแข่งขัน และปรับเปลี่ยนวิธีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร เพื่อให้ประเทศไทยสามารถเป็นแหล่งอาหารของโลกที่ยั่งยืนในอนาคต แนวทางสำคัญหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถตอบโจทย์และบรรลุผลดังกล่าวข้างต้นได้ คือ การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิต หรือ Life Cycle Inventory (LCI) ของพืชผลการเกษตรของประเทศ เนื่องจาก LCI สามารถทำให้ทราบได้ว่ากระบวนการใดหรือวัตถุดิบใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ตรงจุด นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวางแผนกำหนดนโยบายสิ่งแวดล้อม การขอรับรองฉลากสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเป็นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมที่มีพืชผลการเกษตรเป็นต้นน้ำได้



ประเทศไทยจึงควรพัฒนาศักยภาพในการเป็นผู้นำด้านสิ่งแวดล้อม สร้างความสามารถในการแข่งขัน และปรับเปลี่ยนวิธีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร เพื่อให้ประเทศไทยสามารถเป็นแหล่งอาหารของโลกที่ยั่งยืนในอนาคต



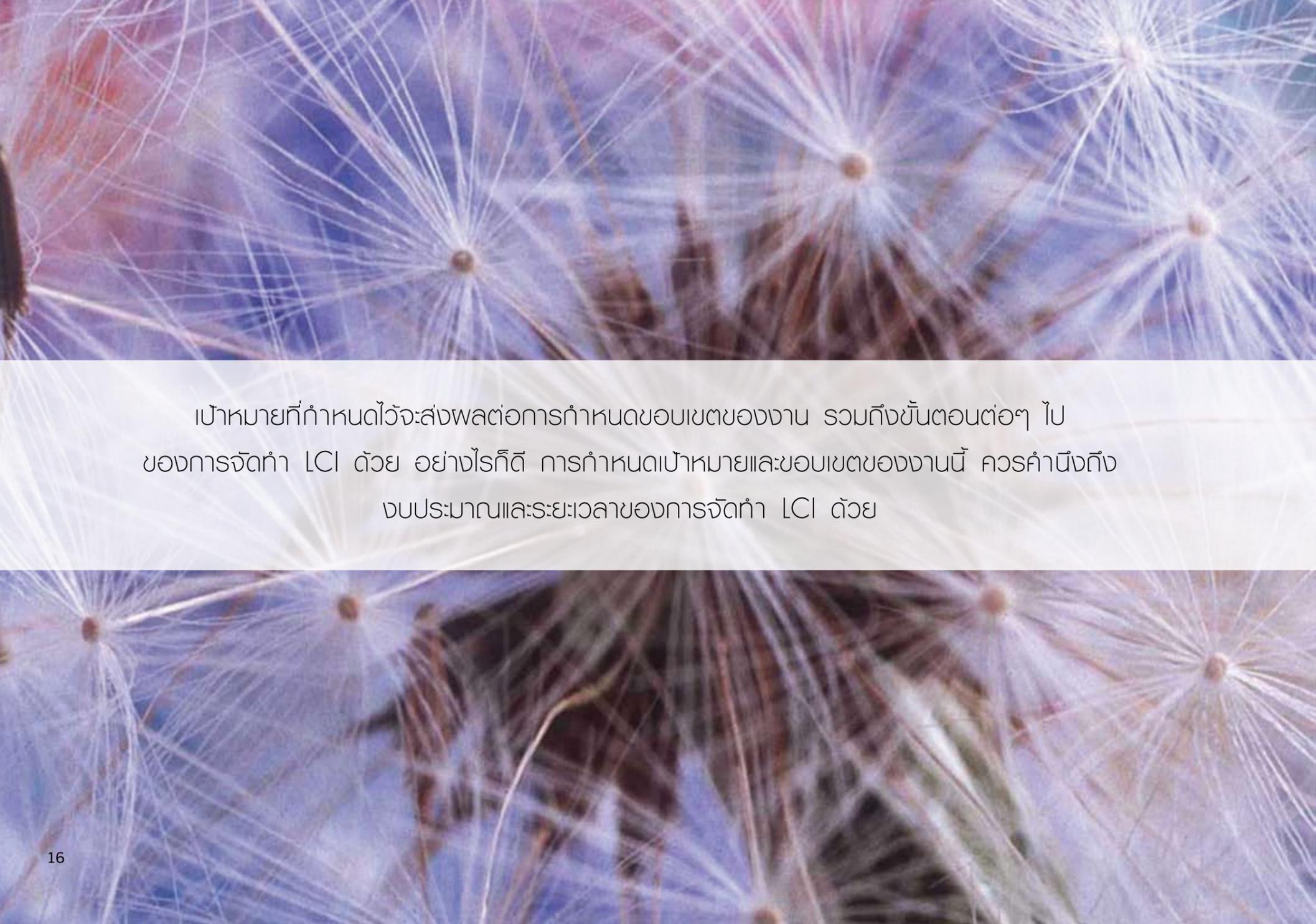
2. บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต คืออะไร

บัญชีรายการวัฏจักรชีวิต หรือ Life Cycle Inventory (LCI) ของผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่ง คือ บัญชีรายการที่รวบรวมสิ่งต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นๆ (เช่น เชื้อเพลิง ทรัพยากร วัตถุดิบต่างๆ) รวมถึงสิ่งที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องมาจากการผลิตด้วย (เช่น มลสารทางอากาศ ทางน้ำ และทางดิน) ดังตัวอย่าง LCI ของการเพาะปลูกพืช A ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 LCI ของการเพาะปลูกพืช A 1 กิโลกรัม

| ประเภทของสารขาเข้า | รายการสารขาเข้า | ปริมาณ | หน่วย |
|-----------------------|--|------------------------|----------------------|
| ทรัพยากรธรรมชาติ | ที่ดิน | 0.5 | m ² -year |
| | น้ำจากคลอง | 0.2 | L |
| วัตถุดิบ/สารเคมี | เมล็ดพันธุ์ | 0.01 | kg |
| | ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน (N) | 0.004 | kg |
| | ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัส (P) | 0.004 | kg |
| | ปุ๋ยอินทรีย์ | 0.1 | kg |
| | Glyphosate เข้มข้น 48% | 8.1 × 10 ⁻⁵ | kg |
| พลังงาน | ไฟฟ้า | 0.02 | kWh |
| | น้ำมันดีเซล | 0.001 | kg |
| ประเภทของสารขาออก | รายการสารขาออก | ปริมาณ | หน่วย |
| ผลิตภัณฑ์ | พืช A | 1 | kg |
| | ผลิตภัณฑ์ร่วม | 0.1 | kg |
| มลสารทางอากาศ | CO ₂ จากการเผาไหม้ดีเซล | 0.004 | kg |
| | CH ₄ จากการเผาไหม้ดีเซล | 2.0 × 10 ⁻⁷ | kg |
| | N ₂ O จากการเผาไหม้ดีเซลและปุ๋ยไนโตรเจน | 6.3 × 10 ⁻⁵ | kg |
| | SO ₂ จากการเผาไหม้ดีเซล | 8.0 × 10 ⁻⁷ | kg |
| | NO _x จากการเผาไหม้ดีเซล | 4.0 × 10 ⁻⁵ | kg |
| มลสารทางน้ำ | ไนโตรเจน จากปุ๋ย N | 8.0 × 10 ⁻⁴ | kg |
| | ฟอสฟอรัส จากปุ๋ย P | 3.3 × 10 ⁻⁴ | kg |
| มลสารทางดิน | Glyphosate เข้มข้น 48% | 8.1 × 10 ⁻⁵ | kg |
| ขยะที่ไม่ผ่านการกำจัด | เศษชีวมวลในไร่ | 0.2 | kg |
| ขยะที่ผ่านการกำจัด | ถุงปุ๋ย ขวดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช | 5.5 × 10 ⁻⁵ | kg |





เป้าหมายที่กำหนดไว้จะส่งผลต่อการกำหนดขอบเขตของงาน รวมถึงขั้นตอนต่างๆ ไป
ของการจัดทำ LCI ด้วย อย่างไรก็ตาม การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงานนี้ ควรคำนึงถึง
งบประมาณและระยะเวลาของการจัดทำ LCI ด้วย

การจัดทำ LCI เป็น 1 ใน 4 ขั้นตอนของการประเมินผลกระทบต่อ
สิ่งแวดล้อม (Life Cycle Assessment; LCA) [ISO 14040, 2006]
ซึ่งทั้ง 4 ขั้นตอนนั้น ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1:

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงาน (Goal and Scope Definition)

คือ การกำหนดเป้าหมายของการศึกษาที่ต้องการสิ่งใดจากการศึกษา เช่น ประโยชน์
ที่ได้รับคืออะไร ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะนำไปใช้ต่อไปอย่างไร ผู้ที่จะได้รับประโยชน์จากการ
ศึกษาคือใคร เป็นต้น และกำหนดขอบเขตของงานที่ต้องการรวมสิ่งใดเข้าไว้ในการศึกษา
บ้างเพื่อตอบเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น ควรศึกษากระบวนการผลิตใดบ้าง ข้อมูลที่รวบรวมได้ควรมี
คุณภาพในระดับใด (เช่น เป็นตัวแทนระดับประเทศ หรือเป็นตัวแทนของพื้นที่ใดพื้นที่
หนึ่ง) ทั้งนี้เป้าหมายที่กำหนดไว้จะส่งผลต่อการกำหนดขอบเขตของงาน รวมถึงขั้นตอน
ต่อไปของการจัดทำ LCI ด้วย อย่างไรก็ตาม การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงานนี้
ควรคำนึงถึงงบประมาณและระยะเวลาของการจัดทำ LCI ด้วย (อ่านรายละเอียดเพิ่มเติม
ได้ในบทที่ 3: การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา)

ขั้นตอนที่ 2:

การวิเคราะห์และการเก็บรวบรวมข้อมูล LCI (Inventory Analysis)

โดยต้องวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆ ของระบบการผลิตที่เกี่ยวข้องก่อนทำการเก็บข้อมูล เพื่อ
ให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน เช่น การปลูกพืช A ต้องทำการไถกลบชีวมวลเดิมก่อน จึงจะ
ฉีดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากนั้นจึงทำการปลูกพืช ใส่ปุ๋ย และเก็บเกี่ยว ตามลำดับ เมื่อ
ทราบขั้นตอนต่างๆ แล้วจึงทำการเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในแต่ละขั้นตอน
(อ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในบทที่ 4: การเก็บข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า)

ขั้นตอนที่ 3:

การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment)

คือ การนำ LCI ที่เก็บรวบรวมได้มาทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ
(Impact Category) เช่น ทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของทรัพยากร
มากน้อยเพียงไร ก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะส่งผลกระทบต่อด้านภาวะโลกร้อน
อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หรือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และไนโตรเจนออกไซด์ (NOx)
ที่ส่งผลกระทบต่อด้านก่อให้เกิดฝนกรดมีระดับความรุนแรงเท่าใด (อ่านรายละเอียด
เพิ่มเติมได้ในหัวข้อที่ 6: ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Impact Category))

ขั้นตอนที่ 4:

การแปลผลการศึกษา (Interpretation)

คือ การวิเคราะห์ผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 เช่น วิเคราะห์ว่าขั้นตอนใดหรือสารใดใน
การปลูกพืช A ที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด ขั้นตอนใดมีการใช้
ทรัพยากรสิ้นเปลืองมากที่สุด ซึ่งอาจนำไปสู่แนวทางการแก้ไข ปรับปรุง หรือกำหนด
นโยบาย เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ต่อไป

จากขั้นตอนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นนั้น การวิเคราะห์
และการเก็บรวบรวมข้อมูล LCI (ขั้นตอนที่ 2) ถือเป็นขั้นตอนที่ควรระมัดระวังในเรื่อง
ความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูลมากที่สุด เนื่องจากหากข้อมูลมีความผิดพลาด
หรือไม่สมบูรณ์ จะส่งผลให้การประเมินผลกระทบ (ขั้นตอนที่ 3) ไม่ถูกต้อง และ
ไม่น่าเชื่อถือ อันส่งผลกระทบต่อผลการแปลผลการศึกษา (ขั้นตอนที่ 4) ที่อาจคลาดเคลื่อนไปจาก
ความเป็นจริง หรือไม่สามารถตอบโจทย์เป้าหมายที่กำหนดไว้ตอนต้นได้ สำหรับวิธีการ
จัดทำ LCI ให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพนั้น สามารถอ่านเพิ่มเติมได้จาก “หนังสือการจัดทำ
ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศไทย” [ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2555]
หรือ “Environmental Management – Life Cycle Assessment Requirements
and Guidelines” [ISO 14044] หรือ “Specific Guide for Life Cycle Inventory
Data Sets” [ILCD, 2010] เป็นต้น

3. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

3.1 หลักการทั่วไป

การทำงานทุกอย่างจะต้องมีการวางเป้าหมายว่าต้องการได้สิ่งใด เพราะเหตุใด จึงทำงานนี้ และเมื่อทำเสร็จแล้วจะเป็นประโยชน์ต่อใครบ้าง เมื่อได้เป้าหมายแล้ว จึงกำหนดขอบเขตของงานว่าต้องทำอะไรบ้าง ต้องใช้ข้อมูลอะไรบ้างเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ การจัดทำ LCI ก็เช่นกัน ควรกำหนดเป้าหมายว่า ต้องการเก็บข้อมูลไปเพื่ออะไร และจะนำข้อมูลไปวิเคราะห์สิ่งใดบ้าง จากนั้นจึงวางขอบเขตการเก็บข้อมูล

3.2 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา: กรณีพืชไร่

สำหรับการเก็บข้อมูลของพืชไร่ ขอบเขตของการศึกษาที่กำหนดกันโดยส่วนมาก แสดงดังรูปที่ 3.1 สำหรับจำนวนไร่ที่จะเก็บข้อมูล ที่ตั้งของไร่ ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลและอายุของข้อมูล (เช่น ข้อมูลปีที่แล้วปีเดียว หรือ 1-5 ปีที่ผ่านมา) ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยทั่วไปแล้วพืชผลการเกษตรมักให้ผลผลิตตามฤดูกาล ดังนั้น LCI ควรมาจากข้อมูลสารขาเข้า-สารขาออกในรอบ 1 ปี (หรือมากกว่า) ของการเพาะปลูก เพื่อให้ได้ LCI ที่เป็นตัวแทนของปีนั้นๆ แต่หากต้องการ LCI ตามฤดูกาลหรือมีเป้าหมายเฉพาะเจาะจงบางอย่าง ก็สามารถเลือกกระยะเวลาน้อยกว่า 1 ปีได้



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างขอบเขตของการศึกษาของการเก็บข้อมูล LCI ของพืชไร่





ตัวอย่างที่ 3.1

นายปี ต้องการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตอ้อยจากไร่นา ซึ่งมีที่ตั้ง 2 แห่ง คือ ที่ จ.กาญจนบุรี จำนวน 10 ไร่ และ จ.ราชบุรี จำนวน 20 ไร่ ซึ่งทั้ง 2 แห่ง มีวิธีการจัดการดูแลที่เหมือนกัน โดยที่ จ.กาญจนบุรี มีการให้น้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด และมีการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร ส่วน จ.ราชบุรี ใช้น้ำฝนตามธรรมชาติและใช้แรงงานคน ผลผลิตของ จ.กาญจนบุรี สูงกว่าของ จ.ราชบุรี นายปีจึงกำหนดเป้าหมายเพื่อศึกษาว่าการผลิตอ้อยทั้งสองวิธี วิธีใดที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า โดยผลกระทบที่นายปีสนใจคือการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) สภาพแวดล้อมมีความเป็นกรด (Acidification) การเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างผิดปกติ (Eutrophication) การสูญเสียทรัพยากรฟอสซิล (Fossil Depletion) และการสูญเสียแร่โลหะ (Metal Depletion) (รายละเอียดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อ่านได้ในหัวข้อที่ 6: ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Impact Category)) นอกจากนี้ นายปียังกำหนดเป้าหมายว่าอยากทราบขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

การกำหนดขอบเขตการศึกษา: เพื่อให้ทราบว่าขั้นตอนใดก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จึงต้องเก็บข้อมูลตั้งแต่การเตรียมดิน การให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การปลูกอ้อย การให้น้ำ และการเก็บเกี่ยว ส่วนข้อมูลจะมาจากที่ไร่นานั้น ต้องพิจารณาวางแผนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของอ้อยแต่ละแห่งได้ เนื่องจากนายปีมีพื้นที่การปลูกไม่มากนักและการจัดการในจังหวัดหนึ่งๆ เหมือนกัน ดังนั้นจึงควรเก็บข้อมูลทุกไร่ ส่วนระยะเวลาของข้อมูลนั้น ต้องพิจารณาช่วงเวลาที่จะได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนเช่นกัน หากต้องการข้อมูลที่สะท้อนการจัดการไร่อ้อยที่เป็นปัจจุบัน แต่อ้อยมีการปลูกใหม่ทุก 3 ปี ดังนั้นก็อาจเลือกเก็บข้อมูลของ 1-3 ปีที่ผ่านมา ส่วนรายการสารขาเข้าและสารขาออกที่จะเก็บนั้น จะต้องครอบคลุมสารต่างๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลากหลายด้านตามที่นายปีกำหนดเป้าหมายไว้ และเมื่อได้ LCI แล้ว การจะเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอ้อย 2 แหล่งนั้น ให้เปรียบเทียบที่หน่วยหน้าที่เดียวกัน (Functional unit) คือเปรียบเทียบอ้อย 1 ตัน จาก จ.กาญจนบุรี และอ้อย 1 ตัน จาก จ.ราชบุรี



ตัวอย่างที่ 3.2

คุณนุช ต้องการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตมันสำปะหลังระหว่างประเทศไทยและประเทศจีน โดยเธอมีข้อมูล LCI ของประเทศจีนอยู่แล้ว ซึ่งเป็นข้อมูลการผลิตมันสำปะหลังในปี 2012 ดังนั้นเธอจึงต้องการ LCI การผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทยเพื่อนำไปเปรียบเทียบ ซึ่งต้องสามารถเป็นตัวแทนของประเทศได้ด้วย

เพื่อให้ได้ LCI ของไทย คุณนุชจะต้องศึกษาว่า เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังของไทยเป็นแบบใด มีการปลูกที่ใดบ้าง และข้อมูลที่จะนำมาใช้นั้นเป็นการเก็บข้อมูล LCI ในปีใด จากนั้นจึงเลือกเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่ใช้เทคโนโลยีที่เป็นที่นิยมของประเทศไทย ในจังหวัดที่มีการปลูกมันสำปะหลังมาก และข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลในช่วงปี 2012 หรือหากมีข้อมูลในปีเก่ากว่านั้น ควรใช้ข้อมูลล่าสุด ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนในเชิงเทคโนโลยี (Technological Representative) ตัวแทนเชิงภูมิศาสตร์ (Geographical Representative) และตัวแทนด้านเวลา (Time Representative) (รายละเอียดการจัดทำ LCI ที่เป็นตัวแทนประเทศ สามารถอ่านได้ใน “หนังสือการจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศไทย” [ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2555])

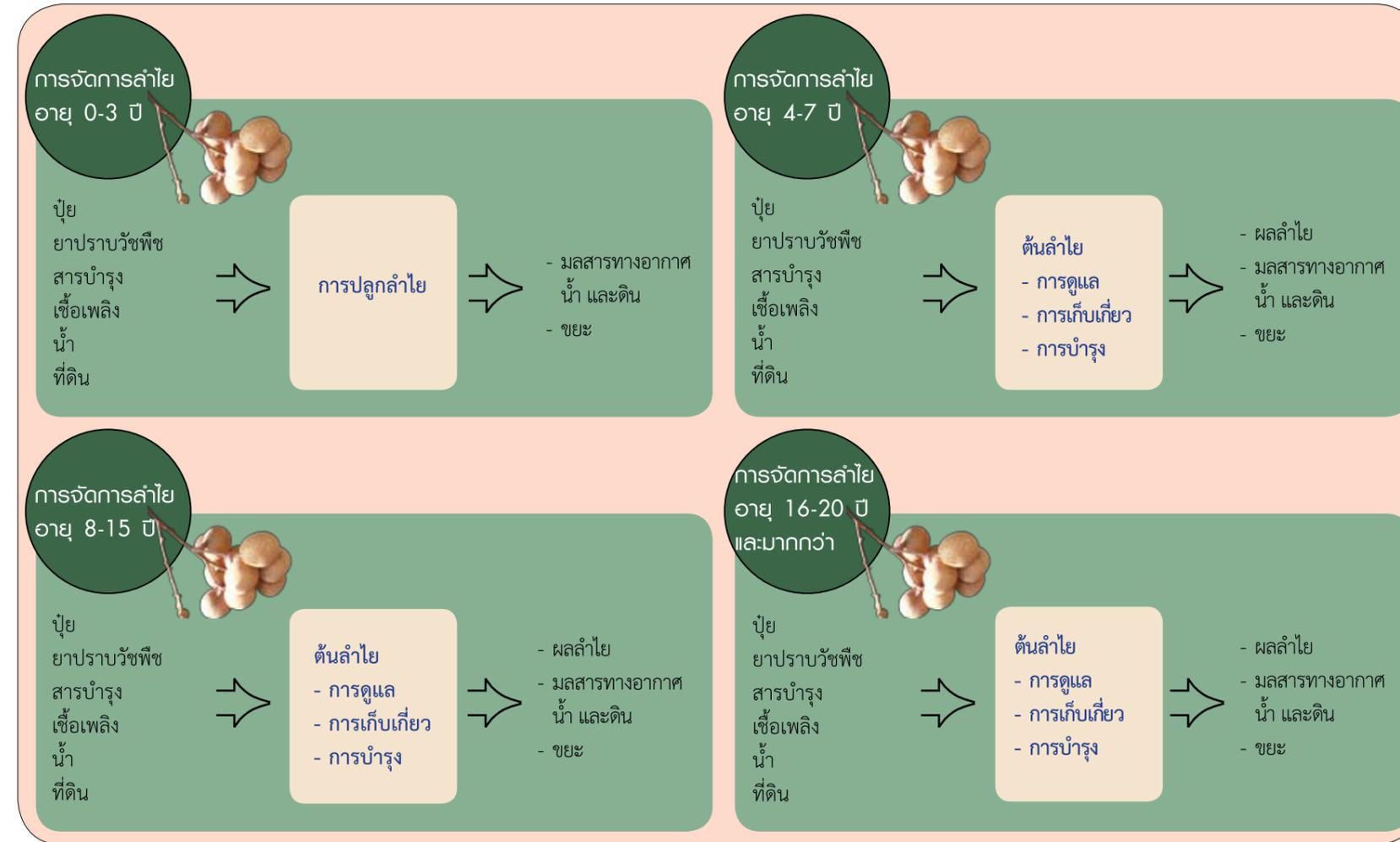
สำหรับจำนวนพื้นที่ที่จะเก็บข้อมูลขึ้นอยู่กับระยะเวลาและงบประมาณที่คุณนุชมี เมื่อเลือกพื้นที่และปีที่จะเก็บข้อมูลแล้ว เธอจึงจะสามารถรวบรวมสารขาเข้าและสารขาออกจากไร่มันสำปะหลัง โดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมดินจนถึงการเก็บเกี่ยวได้



3.3 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา: กรณีพืชยืนต้น

สำหรับขอบเขตการเก็บข้อมูลของพืชยืนต้น (เช่น ลำไย และมะม่วง) จะไม่ต่างจากการเก็บข้อมูลของพืชไร่ หากเป็นเก็บข้อมูลเฉพาะปีใดปีหนึ่ง เช่น LCI ของลำไยที่ออกผลในปี 2553 และลำไยที่ออกผลในปี 2555 ซึ่งขั้นตอนการผลิตประกอบด้วย การดูแล การเก็บเกี่ยว และการบำรุง แต่หากต้องการจัดทำ LCI ที่เป็นตัวแทนของลำไยตลอดอายุขัยของต้นลำไย ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วย การปลูกลำไย การดูแลลำไยในช่วงอายุต่างๆ การเก็บเกี่ยวผลลำไยในช่วงอายุต่างๆ และการบำรุงต้นลำไยในช่วงอายุต่างๆ ทั้งนี้ เพราะการดูแลรักษาและผลผลิตของลำไยจะแตกต่างกันตามช่วงอายุ ผู้ศึกษาอาจแบ่งการศึกษาออกเป็นลำไยช่วงอายุ 0-3 ปี ช่วงอายุ 4-7 ปี ช่วงอายุ 8-15 ปี ช่วงอายุ 16-20 ปี และช่วงอายุมากกว่า 20 ปี (แสดงดังรูปที่ 3.2)

สำหรับพืชยืนต้นอื่นๆ ควรแบ่งตามความเหมาะสมของอายุขัย และเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกตามแต่ละช่วงอายุ



รูปที่ 3.2 ขอบเขตการศึกษาของการปลูกลำไย ตั้งแต่ช่วงอายุ 0-20 ปี หรือมากกว่า

4. การเก็บข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้า

ผู้ ทำการศึกษาควรวางแผนว่า ต้องการสิ่งใดบ้างจากการเก็บข้อมูล จากนั้นจึงวิเคราะห์ขั้นตอนต่างๆ ของระบบการผลิตที่เกี่ยวข้องก่อนการเก็บข้อมูลจริง ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน ขั้นตอนถัดไป คือ การออกแบบ LCI ที่ต้องการในขั้นสุดท้ายไว้ตั้งแต่ต้น (ถ้าสามารถทำได้) จากนั้นจึงจัดทำแบบฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูล LCI ซึ่งแหล่งข้อมูล LCI ของสารขาเข้า สามารถแบ่งได้เป็น 3 แหล่ง ดังนี้

1. ข้อมูลจากแหล่งผลิต (ข้อมูลปฐมภูมิ) โดยการสอบถามจากเกษตรกรโดยตรง
2. สืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่นำเชื่อถือ (ข้อมูลทุติยภูมิ) เช่น ปริมาณการใช้ปุ๋ย และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช สามารถหาได้จากแหล่งอ้างอิงต่างๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้
 - ระบบการจัดการคุณภาพ (Good Agricultural Practice: GAP) ของพืช โดยกรมวิชาการเกษตร [อ่านได้จาก: <http://gap.doae.go.th/toon/4/gap.html>]
 - ฐานข้อมูลการผลิตพืช โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [อ่านได้จาก: <http://www.thethaifruit.com/>]
 - ฐานข้อมูลห้องสมุดความรู้การเกษตร โดยศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร [อ่านได้จาก: <http://www.doae.go.th/library/index.html>]
 - รายงานข้อมูลพื้นฐานผลผลิตทางการเกษตรโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) [อ่านได้จาก: http://www.oae.go.th/main.php?filename=journal_all]
 - ความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรจากหน่วยงานการศึกษาและศูนย์วิจัยต่างๆ ทางการเกษตร รวมถึงเกษตรกรผู้ปฏิบัติงานจริง
 - ผลงานตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติ ระดับชาติและวิทยานิพนธ์

โดยที่ ข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร และกรมพัฒนาที่ดิน จะมีข้อมูลที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจและให้ผลผลิตสูง แต่หากใช้มากกว่าที่แนะนำอาจก่อให้เกิดสารตกค้างและอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และอาจไม่สามารถจำหน่ายให้กับสถานประกอบการได้

เนื่องจากไม่ผ่านมาตรฐานที่สถานประกอบการตั้งไว้ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองโดยไม่เกิดประโยชน์อีกด้วย

3. ใช้ LCI ที่จัดทำโดยหน่วยงานต่างๆ ที่อาจเป็นองค์กรในประเทศหรือต่างประเทศ หากนำข้อมูลต่างประเทศมาควรประมาณค่าให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงของไทยมากที่สุด โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติของไทยช่วยในการประมาณค่า
- สำหรับเนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดของแหล่งข้อมูล LCI ของสารขาเข้า เฉพาะแหล่งที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิ เท่านั้น

4.1 พลังงาน

พลังงานที่ใช้ในการผลิตพืช แบ่งออกได้เป็นสองส่วนหลัก คือ ไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิง ทั้งที่ใช้ในกระบวนการเก็บรักษาพืชผล และในเครื่องจักรกลการเกษตร เช่น รถแทรกเตอร์ รถไถเดินตาม รถที่ใช้เก็บเกี่ยว ปั่นน้ำ ขั้นตอนการหาข้อมูลพลังงานที่ใช้ในการผลิตพืช เป็นดังนี้

- ก. หาข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการเพาะปลูก รวมถึงชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ ปริมาณเชื้อเพลิงอาจสอบถามจากเกษตรกร แต่หากเกษตรกรไม่ทราบอาจต้องคำนวณจากอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลิตรต่อชั่วโมง) และชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรต่อไร่ (ชั่วโมงต่อไร่) หรือสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานต่างๆ เช่น ศูนย์วิจัยการเกษตร หรือเกษตรจังหวัด เป็นต้น
- ข. หากต้องการปริมาณเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิต เช่น ลิตรต่อกิโลกรัมของผลผลิต หรือ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมของผลผลิต (kWh/kg) อาจต้องใช้ข้อมูล ผลผลิตต่อไร่มาคำนวณร่วมด้วย
- ค. หากต้องแปลงหน่วยจากลิตรเป็นกิโลกรัม ให้นำความหนาแน่นของน้ำมัน (กิโลกรัมต่อลิตร) มาคูณ ความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.850 กิโลกรัมต่อลิตร [ที่มา: www.pttplc.com]



หากไม่สามารถหาข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรที่ใช้ในการเพาะปลูกได้อาจใช้ข้อมูลจากรายงานการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลการเกษตรที่ได้ศึกษาไว้แล้ว เช่น รายงานการใช้เชื้อเพลิงของรถไถในสภาพดินนา [Chaichana et al., 2008] ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรายงานการใช้เชื้อเพลิงของรถไถในสภาพดินไร่ [Nguyen, 2007] ดังแสดงในตารางที่ 4.2 อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากรายงานเหล่านี้จะมีความถูกต้องไม่เท่ากับการเก็บข้อมูลของเครื่องจักรกลการเกษตรที่มีการใช้จริงในพื้นที่

ตารางที่ 4.1 อัตราการใช้เชื้อเพลิงในสภาพดินนา [Chaichana et al., 2008]

| ประเภทรถไถ | ลักษณะการไถ | ระยะเวลาที่ใช้ (ชม./ไร่) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/ชม.) | ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร/ไร่) |
|-----------------------------|-------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| รถไถขนาดกลาง (45-78 แรงม้า) | ไถตะ | 0.61 | 4.34 | 2.65 |
| | ไถพรวน | 0.55 | 3.42 | 1.88 |
| รถไถเดินตาม (8-12 แรงม้า) | ไถตะ | 0.97 | 1.35 | 1.31 |
| | ไถพรวน | 0.77 | 1.55 | 1.19 |

ตารางที่ 4.2 อัตราการใช้เชื้อเพลิงในสภาพดินไร่ [Nguyen, 2007]

| ประเภทรถไถ | ลักษณะการไถ | ระยะเวลาที่ใช้ (ชม./ไร่) | อัตราการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/ชม.) | ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร/ไร่) |
|-----------------------------|----------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| รถไถขนาดกลาง (45-78 แรงม้า) | ไถตะ (ผาน 3) | 0.80 | 6.25 | 5.00 |
| | ไถพรวน (ผาน 7) | 0.40 | 6.25 | 2.50 |

4.2 ปุ๋ย

ปุ๋ยที่ใช้ในการผลิตพืชผลการเกษตร มีทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ หากผู้เก็บข้อมูลสามารถทราบประเภทของปุ๋ยที่ใช้รวมทั้งรายละเอียดของปุ๋ยก็จะทำให้การประเมิน LCA มีความถูกต้องสอดคล้องกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ในหนังสือเล่มนี้จะขอกล่าวถึงปุ๋ยที่ใช้กันโดยทั่วไป 2 ประเภทหลัก ดังนี้

4.2.1 ปุ๋ยเคมี:

หากผู้เก็บข้อมูลสามารถระบุชนิดปุ๋ยเคมีได้ ควรระบุ เช่น ปุ๋ยยูเรีย หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต แต่หากเกษตรกรระบุเป็นสูตรปุ๋ย เช่น 16-16-16 ผู้จัดทำ LCI อาจแยกเป็นธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุฟอสฟอรัส (P) และธาตุโพแทสเซียม (K) ต่อหน่วยน้ำหนักของผลผลิต (แสดงการคำนวณดังตัวอย่างที่ 4.1)

ตัวอย่างที่ 4.1

เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ปริมาณ 10 กิโลกรัม เพื่อผลิตธัญพืชชนิด A ปริมาณ 80 กิโลกรัม การคำนวณธาตุอาหารต่างๆ ต่อการผลิตธัญพืช 1 กิโลกรัม เป็นดังนี้

ในปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัม (kg) มีธาตุ N ธาตุ P และธาตุ K อย่างละ

$$= (16/100) \times 10 \text{ kg}$$

$$= 1.6 \text{ kg}$$

ดังนั้น ธัญพืชชนิด A ปริมาณ 1 กิโลกรัม (kg) จะใช้ธาตุ N

$$= 1.6 \text{ kg} / 80 \text{ kg ผลผลิต}$$

$$= 0.02 \text{ kg/kg ผลผลิต}$$



4.2.2 ปุ๋ยอินทรีย์:

ผู้เก็บข้อมูลควรทราบว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้เป็นปุ๋ยประเภทใด เช่น ปุ๋ยอินทรีย์จากใบไม้ ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลสัตว์ ปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรทำเอง หรือซื้อมาจากโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งควรระบุรายละเอียดอื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น ปุ๋ยมูลสัตว์ที่ทำจากมูลหมู มูลวัว หรือมูลไก่ และหากเป็นมูลไก่มีแกลบผสมหรือไม่



4.3 สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดมีความเข้มข้นหลากหลาย ผู้เก็บข้อมูลจึงควรระบุความเข้มข้นที่เกษตรกรซื้อมาใช้ด้วย และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกันที่มีความเข้มข้นต่างกัน อาจมีแหล่งที่มาจากประเทศที่ต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้ค่าการประเมิน LCA ที่ได้ มีความแตกต่างกัน อันเป็นผลเนื่องมาจากระยะทางการขนส่งจากประเทศที่ต่างกันมายังประเทศไทย

โดยทั่วไป เมื่อนำสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมาใช้ จะต้องละลายน้ำเพื่อให้เจือจางก่อนนำไปใช้งาน ดังนั้น ผู้เก็บข้อมูลควรตรวจสอบอย่างรอบคอบว่า ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรให้ข้อมูลนั้น เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีความเข้มข้นเท่าใด และทำการเจือจางแล้วหรือไม่ หากเกษตรกรไม่สามารถให้ข้อมูลได้ว่า ใช้สารเคมีปริมาณเท่าใดในการผลิตพืชผลการเกษตร ผู้เก็บข้อมูลอาจประมาณค่าจากข้อมูลต่างๆ ที่พอทราบ ดังนี้

- ข้อมูลความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรซื้อจากร้านค้า เช่น ร้อยละโดยมวล (%w/w) ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) หรือร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) เช่น เกษตรกรซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A ที่มีความเข้มข้น C %w/v หมายถึง ในสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A 100 มิลลิลิตร (ml) มีปริมาณสาร A ละลายอยู่ C กรัม (g)
- ข้อมูลการเจือจางสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ผู้เก็บข้อมูลควรทราบว่า ในแต่ละครั้งของการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรทำการเจือจางสารเคมีก่อนใช้หรือไม่ อย่างไร เช่น เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A (ที่มีความเข้มข้น C %w/v) ปริมาตร D ml ผสมกับน้ำเพื่อให้ได้สารละลาย E ml

- ข้อมูลการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เจือจางแล้ว ผู้เก็บข้อมูลควรทราบว่า การเจือจางสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแต่ละครั้ง เกษตรกรสามารถนำไปใช้กับพื้นที่การเกษตรได้กี่ไร่ หรืออีกนัยหนึ่งคือ ในทุกๆ พื้นที่การเกษตร 1 ไร่ เกษตรกรต้องทำการเจือจางสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นปริมาณเท่าใด เช่น เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A (ที่มีความเข้มข้น C %w/v) ปริมาตร D ml ผสมกับน้ำจนได้สารละลาย E ml ซึ่งในหนึ่งรอบของการผลิต เกษตรกรต้องเตรียมสารละลาย E แบบเดียวกันนี้ทั้งหมด F ครั้ง จึงจะสามารถใช้กับพื้นที่การเกษตรได้ครอบคลุม 1 ไร่ นั่นคือ เกษตรกรใช้ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A เท่ากับ $D \times F$ ml ต่อพื้นที่การเกษตร 1 ไร่ หรือในทางกลับกัน หากผสมน้ำ 1 ครั้ง สามารถใช้กับพื้นที่การเกษตร G ไร่ ดังนั้น พื้นที่การเกษตร 1 ไร่ จึงใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A (ที่มีความเข้มข้น C %w/v) เท่ากับ D/G ml

- ข้อมูลความถี่หรือจำนวนซ้ำ ของการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เจือจางแล้ว ในแต่ละรอบหรือแต่ละฤดูของการผลิตพืชผลการเกษตร เกษตรกรอาจใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดเดิมซ้ำอีกเป็นครั้งที่ 2 (หรือมากกว่า) เช่น เกษตรกรมีการผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (ที่มีความเข้มข้น C %w/v) เพื่อฉีดซ้ำ H ครั้ง ในแต่ละรอบของการผลิต ดังนั้น ในพื้นที่การเกษตร 1 ไร่ จะใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช A (ที่มีความเข้มข้น C %w/v) เท่ากับ $(D/G) \times H$ ml ต่อรอบการผลิต

ในกรณีที่ต้องการทราบว่า การผลิตผลผลิต 1 กิโลกรัม จะใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A (ความเข้มข้น C %w/v) ปริมาณเท่าใดนั้น สามารถคำนวณได้โดยการนำปริมาณ (น้ำหนัก) ผลผลิตต่อไร่ไปหารปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้สำหรับพื้นที่การเกษตร 1 ไร่ ใน 1 รอบการผลิต เช่น พืชไร่ให้ผลผลิต J kg ต่อไร่ต่อรอบการผลิต ดังนั้นปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด A (ความเข้มข้น C %w/v) ที่ใช้สำหรับผลผลิต 1 kg จึงเท่ากับ $[(D/G) \times H]/J$ ml



ตัวอย่างที่ 4.2

ผู้จัดทำ LCI ของพืชไร่ A ต้องการ LCI ของพืชไร่ A 1 kg และทราบว่า ในการปลูกพืชไร่ A เกษตรกรซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิด Glyphosate 48%w/v (ซึ่งหมายถึงมีเนื้อสาร Glyphosate อยู่ 48 g ต่อปริมาตร 100 ml) มาใช้ แต่ก่อนใช้จะนำมาละลายน้ำในสัดส่วน Glyphosate (48%w/v) 10 ml ต่อ น้ำ 20 ลิตร (l) และต้องทำการผสมแบบนี้ 2 ครั้ง จึงจะพอสำหรับการฉีดในพื้นที่ 1 ไร่ จากนั้นจะฉีดซ้ำอีกครั้งในอีก 3 เดือนข้างหน้า โดยพืชไร่ A ให้ผลผลิต 2,000 kg ต่อไร่ใน 1 รอบการผลิต ดังนั้นปริมาณ Glyphosate 48%w/v สำหรับ พืชไร่ A 1 kg จะคำนวณได้ดังต่อไปนี้

วิธีการคำนวณ

ใน 1 ไร่ เกษตรกรใช้ Glyphosate 48%w/v = 10 ml/ครั้ง x 2 ครั้ง = 20 ml

ใน 1 รอบการผลิต มีการฉีด 2 ซ้ำ

ดังนั้น จึงใช้ Glyphosate 48%w/v = 20 ml/ไร่-ซ้ำ x 2 ซ้ำ = 40 ml/ไร่

พืชไร่ A 1 รอบการผลิต ให้ผล 2,000 kg/ไร่

ดังนั้น พืชไร่ A 1 kg จะใช้ Glyphosate 48%w/v = (40 ml/ไร่) / (2000 kg/ไร่) = 0.02 ml/kg

สรุป LCI ของพืชไร่ A 1 kg ควรระบุว่าจะต้องใช้ Glyphosate 48%w/v ปริมาณ 0.02 ml

กรมวิชาการเกษตร ได้แนะนำปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดที่ควรผสมกับน้ำ 20 ลิตร และแนะนำการฉีดพ่นน้ำผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชว่าไม่ควรใช้เกิน 80 ลิตร/ไร่/รอบการผลิต หากผู้เก็บข้อมูล LCI ไม่สามารถหาข้อมูลปฐมภูมิได้ อาจอ้างอิงจากรายงานการวิจัยต่างๆ ของกรมวิชาการเกษตร หรือหน่วยงานอื่นที่น่าเชื่อถือนอกจากนี้ กรมวิชาการเกษตรและผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรจาก “โครงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมสำหรับภาคการเกษตร” [ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยพะเยา, 2555] ซึ่งจัดทำฐานข้อมูล LCI ของพืชผลการเกษตรจากข้อมูลทุติยภูมิได้ให้ความเห็นว่า ความถี่ในการฉีดพ่นสารเคมีให้กับพืชชนิดต่างๆ อาจมีความแตกต่างกันตามชนิดพืช ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลปฐมภูมิได้

ตารางที่ 4.3 ความถี่ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชให้กับพืชต่างชนิดกัน

[ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และ มหาวิทยาลัยพะเยา, 2555]

| กลุ่มพืช | ความถี่ของการฉีดพ่น | ตัวอย่างพืช |
|----------|----------------------|--|
| พืชไร่ | 1 ครั้ง/1 รอบการผลิต | ถั่วเขียว ถั่วเหลืองฝักสด ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดฝักอ่อน มันฝรั่ง ถั่วดำ อ้อยคั้นน้ำ ถั่วลิสง ข้าวฟ่าง สับปะรดโรงงาน สับปะรดผลสด ข้าวฟ่างหวาน อ้อยโรงงาน |
| พืชผัก | 2 ครั้ง/เดือน | กะหล่ำปลี หอมหัวใหญ่ หอมแดง กระเทียม ถั่วฝักยาว แตงกวา แครอท มะเขือเทศ ผักกาดหอม พริกชี้หนู พริกหวาน พริกชี้ฟ้า |
| ไม้ผล | 3 ครั้ง/ปี | ทุเรียน มังคุด เงาะ ลำไยนอกฤดู ลำไยในฤดู มะนาว ลิ้นจี่ ส้มโอ |
| | 1 ครั้ง/เดือน | ส้มโอ ส้มเขียวหวาน |



4.4 ถั่ว

ข้อมูลด้านที่ดินที่จำเป็นในการเก็บข้อมูล LCI คือ ข้อมูลเนื้อที่เพาะปลูกและระยะเวลาที่พืชครอบครองที่ดินเพื่อให้ได้ผลผลิต การครอบครองที่ดินของพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง คำนวณได้จากการนำจำนวนพื้นที่เพาะปลูกคูณกับระยะเวลาที่พืชครอบครอง โดยมีหน่วยเป็นตารางเมตร-ปี (m²-ปี) โดยทั่วไปแล้วข้อมูล LCI ส่วนมากจะรายงานในหน่วยพื้นที่ต่อ 1 หน่วยผลผลิต และปริมาณผลผลิตที่นำมาคำนวณพื้นที่นั้น ควรเป็นผลผลิตที่รวมทุกฤดูกาลในรอบปีแล้ว

ตัวอย่างที่ 4.3

เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ 1 ไร่ (หรือคิดเป็น 1,600 ตารางเมตร; m²) ได้ผลผลิต 3,750 กิโลกรัม (kg) โดยใช้ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนสามารถเก็บผลผลิตได้รวม 10 เดือน และใช้ระยะเวลาในการทยอยเก็บผลผลิตอีก 2 เดือน (โดยยังมีต้นมันสำปะหลังครอบครองพื้นที่ดินอยู่)

ดังนั้น จึงถือว่าหัวมันสำปะหลัง 3,750 kg ใช้ที่ดิน 1 ไร่ (1,600 m²) เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยที่ หัวมันสำปะหลัง 1 kg จะครอบครองพื้นที่ = 1,600 m² ต่อไร่ / 3,750 kg ต่อไร่ = 0.4267 m² /kg เป็นเวลา 1 ปี

ดังนั้น ข้อมูล LCI ของการครอบครองที่ดินของหัวมันสำปะหลัง 1 kg จึงเท่ากับ 0.4267 m² -ปี

ตัวอย่างที่ 4.4

ชาวนาปลูกข้าวในพื้นที่นา 1 ไร่ (1,600 ตารางเมตร; m²) โดยทำการปลูกข้าว 2 ครั้งต่อปี ครั้งแรกปลูกข้าวนาปีได้ผลผลิตข้าวเปลือก 800 kg ครั้งที่สองปลูกข้าวนาปรังได้ผลผลิตข้าวเปลือก 400 kg

ดังนั้น ใน 1 ปี ชาวนาได้ผลผลิตข้าวเปลือกรวม 1,200 kg โดยที่ ข้าวเปลือก 1 kg จะครอบครองพื้นที่ = 1,600 m² ต่อไร่ / 1,200 kg ต่อไร่ = 1.33 m² /kg เป็นเวลา 1 ปี

ดังนั้น ข้อมูล LCI ของการครอบครองที่ดินของข้าวเปลือก 1 kg จึงเป็น 1.33 m²-ปี

ในตัวอย่างที่ 4.4 นี้ หากนำชาวนาปีมาเป็นตัวแทนข้าวที่ผลิตได้ทั้งปีเพื่อทำการครอบครองที่ดินของข้าวเปลือก 1 kg จะพบว่าได้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก คือ ชาวนาปีครอบครองพื้นที่นาเพียง 4 เดือน (หรือ 0.33 ปี) การครอบครองที่ดินของข้าวเปลือก 1 kg จะเท่ากับ 1,600 m² ต่อไร่ / 800 kg ต่อไร่ x 0.33 ปี หรือ 0.66 m²-ปี/kg

4.5 น้ำ

การเพาะปลูกมีการใช้น้ำในหลายด้าน เช่น รดน้ำพืช ระบายความร้อนในโรงเรือนเพาะปลูก ผสมสารเคมีเพื่อฉีดพ่นให้กับพืช ผู้เก็บข้อมูล LCI ควรบันทึกทั้งปริมาณและประเภทของน้ำ (เช่น น้ำฝน น้ำคลองชลประทาน น้ำบ่อ หรือน้ำบาดาล) ทั้งนี้ เพราะน้ำแต่ละประเภทอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันไป โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรไม่ได้บันทึกปริมาณน้ำทั้งหมดไว้ ทำให้ยากต่อการรายงานผลใน LCI อย่างไรก็ตามอาจประมาณค่าปริมาณการใช้น้ำได้จากข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการรดน้ำพืช และระบายความร้อนในโรงเรือนเพาะปลูก** อาจประมาณค่าปริมาณน้ำที่ใช้ได้ โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ดังนี้
 - ข้อมูลชนิดอุปกรณ์ที่เกษตรกรใช้ในการรดน้ำหรือระบายความร้อนของพืชที่กำลังศึกษา ว่ามีอะไรบ้าง เช่น ใช้เครื่องสูบน้ำ ใช้การวิดน้ำจากร่องสวน-ร่องผัก ด้วยแรงคน ใช้สปริงเกอร์ (ระบบเปิด-ปิดน้ำอัตโนมัติ) หรือใช้ระบบน้ำหยด
 - ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำในอุปกรณ์ เพื่อให้ทราบว่ามีน้ำไหลผ่านอุปกรณ์นั้นในปริมาตรเท่าใดต่อนาที (เช่น เครื่องสูบน้ำ มีอัตราการสูบน้ำ 720 ลิตรต่อนาที หรือสปริงเกอร์ มีอัตราการจ่ายน้ำ 120 ลิตรต่อนาที)
 - ข้อมูลระยะเวลาการใช้งานอุปกรณ์ในแต่ละครั้ง ว่าใช้นานเท่าใด (เช่น นาที่หรือชั่วโมง)
 - ข้อมูลความถี่ในการใช้อุปกรณ์ เช่น ก็ครั้งต่อสัปดาห์ ก็ครั้งต่อเดือน หรือก็ครั้งต่อปี



5) ข้อมูลระยะเวลาในการปลูกพืช จนสามารถเก็บผลผลิตได้ เช่น 4 สัปดาห์ หรือ 6 เดือน หรือ 1 ปี

ตัวอย่างการคำนวณ

| | | | | |
|----------|-------------------------------------|---|--------------------------------|-------------|
| สมมติให้ | อัตราการไหลของน้ำในอุปกรณ์ | = | W | ลิตร/นาที่ |
| | ระยะเวลาการใช้งาน | = | M | นาที่/ครั้ง |
| | ความถี่ในการใช้งาน | = | T | ครั้ง/เดือน |
| | ระยะเวลาการปลูกพืช | = | R | เดือน |
| ดังนั้น | ปริมาณน้ำที่ซัดพืชจนกว่าจะได้ผลผลิต | = | $W \times M \times T \times R$ | ลิตร |

คณะทำงานและผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรของ “โครงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมสำหรับภาคการเกษตร” [ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และ มหาวิทยาลัยพะเยา, 2555] ซึ่งจัดทำฐานข้อมูล LCI ของพืชผลการเกษตรจากข้อมูลทุติยภูมิได้ให้ความเห็นว่า ความถี่ในการให้น้ำกับพืชแต่ละชนิด อาจมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลจริงได้

ตารางที่ 4.4 ความถี่ในการให้น้ำแก่พืชชนิดต่างๆ

[ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และ มหาวิทยาลัยพะเยา, 2555]

| กลุ่มพืช | ความถี่ของการให้น้ำ | ตัวอย่างพืช |
|----------|---------------------------------------|---|
| พืชไร่ | 1 ครั้ง/รอบการผลิต 1 ครั้ง/สัปดาห์ | อ้อยโรงงาน อ้อยคั้นน้ำ ถั่วเขียว มันฝรั่ง ข้าวโพดหวาน |
| พืชผัก | 1 ครั้ง/สัปดาห์ 2 ครั้ง/สัปดาห์ | หอมหัวใหญ่ หอมแดง กระเทียม มันฝรั่ง กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว แตงกวา พริกชี้หนู พริกชี้ฟ้า มะเขือเทศ |
| ไม้ผล | 26 ครั้ง/ปี | ทุเรียน มังคุด เงาะ ลำไยในฤดู ลินจี ส้มโอ มะนาว |
| | 38 ครั้ง/ปี | ลำไยนอกฤดู |
| | 52 ครั้ง/ปี | ส้มเขียวหวาน |

หากไม่สามารถประมาณการปริมาณน้ำที่ให้กับพืชได้ ควรระบุใน LCI ว่ามีการใช้น้ำแต่ไม่สามารถทราบปริมาณการใช้ได้ หรือหากพืชใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว ควรระบุว่าใช้น้ำฝนและไม่มีการให้น้ำประเภทอื่นร่วมด้วย หรือหากมีการชื้อน้ำมาใช้เพาะปลูก เช่น น้ำประปา สามารถประมาณปริมาณน้ำได้จากใบเสร็จรับเงินค่าน้ำประปา หรืออาจดูจากมาตรวัดน้ำที่แสดงการใช้น้ำที่มาจากแหล่งต่างๆ แทนได้

2. ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมสารเคมีเพื่อฉีดพ่นให้กับพืช

เมื่อเกษตรกรจะนำสารเคมีมาใช้ จำเป็นต้องทำการละลายน้ำให้เจือจางก่อนใช้งาน แต่หากเกษตรกรไม่สามารถให้ข้อมูลได้ว่าใช้น้ำไปทั้งหมดเท่าใด ผู้เก็บข้อมูล LCI อาจประมาณค่าจากข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- 1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางสารเคมีแต่ละครั้ง เช่น เทสารเคมี D ml ออกจากขวด (ที่ชื้อมาจากร้าน) แล้วผสมน้ำให้ได้สารละลาย E ml ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม = $E - D = K$ ml
- 2) จำนวนครั้งของการเจือจางสารเคมี เพื่อใช้ฉีดพ่นใน 1 ไร่ หรือการเจือจางสารเคมีแต่ละครั้งใช้ได้ไร่ สมมติว่า พื้นที่ 1 ไร่ ต้องทำการเจือจางสารเคมี F ครั้ง ดังนั้นน้ำที่ใช้เจือจางสารเคมีเพื่อใช้ในการฉีดพ่น 1 ไร่ = $K \times F$ ml (หรือหากผสม 1 ครั้ง ใช้ได้ G ไร่ ดังนั้นพื้นที่ 1 ไร่ จะใช้น้ำ = K/G ml)

3) จำนวนซ้ำของการฉีดพ่นสารเคมีในแต่ละรอบการผลิตพืช สมมติว่า ใน 1 รอบการผลิตมีการฉีดพ่นสารเคมีซ้ำ H ครั้ง ดังนั้น การปลูกพืชในพื้นที่ 1 ไร่ ใน 1 รอบการผลิต จึงใช้น้ำ = $K \times F \times H$ ml (หรือ $K/G \times H$ ml)

ปริมาณน้ำแต่ละประเภทที่ใช้ในการผลิตพืชผลการเกษตร 1 kg หาได้จากการรวมปริมาณน้ำประเภทเดียวกันที่ถูกใช้ในกระบวนการต่างๆ แล้วนำปริมาณผลผลิตต่อไร่ไปหาร

ข้อควรระวัง ในการหาปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้ได้ผลผลิต 1 kg นั้น คือ หน่วยของปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างกัน เช่น หน่วยของปริมาณน้ำที่สูบน้ำเข้าสวนอยู่ในหน่วย ลิตรต่อ 10 ไร่ ในขณะที่หน่วยของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ฉีดพ่น อยู่ในหน่วย ลิตรต่อ 1 ไร่ เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ ผู้เก็บข้อมูล LCI ควรคำนวณปริมาณที่สูบน้ำเข้าสวนให้อยู่ในหน่วย “ลิตรต่อ 1 ไร่” ก่อน จากนั้นจึงรวมเข้ากับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งอยู่ในหน่วย “ลิตรต่อ 1 ไร่” อยู่แล้ว เมื่อได้ปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดต่อไร่แล้ว จะสามารถหาปริมาณน้ำใช้ต่อผลผลิต 1 kg ได้ โดยการนำปริมาณผลผลิตต่อไร่ไปหาร



ตัวอย่างที่ 4.5

เกษตรกรทำสวนผลไม้ 10 ไร่ ออกผลผลิตปีละครั้ง ได้ผลผลิต 1,000 kg/ไร่ การรดน้ำใช้เครื่องสูบน้ำจากคลองซึ่งสามารถสูบน้ำได้ 450 ลิตรต่อนาที โดยที่เกษตรกรจะสูบน้ำเข้าสวน 2 สัปดาห์ต่อครั้ง แต่แต่ละครั้งใช้เวลาในการสูบน้ำนาน 4 นาที่ นอกจากนี้ ยังนำน้ำคลองมาใช้ผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอีกด้วย โดยใช้น้ำ 80 ลิตรต่อไร่ และฉีดเพียงครั้งเดียวใน 1 ปี อียากราบว่าผลไม้ C 1 kg จะใช้น้ำคลองปริมาณเท่าใด

วิธีการคำนวณ

ใน 1 รอบการผลิต เกษตรกรจะสูบน้ำ = 1 ครั้ง/2 สัปดาห์ x 52 สัปดาห์/ปี = 26 ครั้ง
ปริมาณน้ำที่สูบน้ำได้แต่ละครั้ง = 450 ลิตร/นาที่ x 4 นาที่/ครั้ง = 1,800 ลิตร/ครั้ง

ใน 1 รอบการผลิต เกษตรกรสูบน้ำ 26 ครั้ง
ดังนั้น ปริมาณน้ำที่เกษตรกรสูบน้ำเพื่อใช้ใน 1 รอบการผลิต = 1,800 ลิตร/ครั้ง x 26 ครั้ง = 46,800 ลิตร
และสวนผลไม้ 1 ไร่ จะใช้น้ำ = 46,800 ลิตร/10 ไร่ = 4,680 ลิตร/ไร่

จากข้อมูลทราบว่าใน 1 รอบการผลิต เกษตรกรใช้น้ำผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 80 ลิตร/ไร่ เมื่อรวมกับการรดน้ำจะต้องใช้น้ำทั้งหมด = 4,680 ลิตร/ไร่ + 80 ลิตร/ไร่ = 4,760 ลิตร/ไร่

นั่นคือ ผลไม้ 1 kg จะใช้น้ำ = (4,760 ลิตร/ไร่)/(1,000 kg/ไร่) = 4.76 ลิตร/kg

5. การเก็บข้อมูลบัญชีรายการสารขาออก

5.1 มลสารทางอากาศ

5.1.1 มลสารจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลการเกษตร

ในปัจจุบันเกษตรกรมักใช้เครื่องจักรกลการเกษตรช่วยในการเพาะปลูก โดยเครื่องจักรกลการเกษตรมีทั้งแบบเคลื่อนที่ได้และแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่ได้ เช่น รถไถ และรถเกี่ยวข้าว แบบอยู่กับที่ เช่น ปั่นน้ำ และสปริงเกอร์ ซึ่งหากการใช้งานมีการใช้เชื้อเพลิง ก็จะมีการปลดปล่อยมลสารทางอากาศ (Air Emission) อันเกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องจักรกลการเกษตรด้วย เช่น ก๊าซเรือนกระจก ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂), ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) และฝุ่นขนาดเล็ก ปริมาณมลสารชนิดต่างๆ หาได้โดยตรงและทางอ้อม คือ

- 1) โดยทางตรง ด้วยการตรวจวัดมลสารที่ออกจากตัวเครื่องจักรกล ซึ่งผู้เก็บข้อมูล LCI ควรมั่นใจในวิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้ว่าสามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้อง
- 2) โดยทางอ้อม ด้วยการคำนวณมลสารจากปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกล ดังสมการ (I)

$$E_{\text{pollutant}} = FC_{\text{fuel type}} \times EF_{\text{pollutant, fuel type}} \quad \text{สมการ (I)}$$

โดยที่

| | | |
|------------------------------------|---------|---|
| $E_{\text{pollutant}}$ | หมายถึง | ปริมาณการปล่อยมลสารชนิดต่างๆ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง |
| $FC_{\text{fuel type}}$ | หมายถึง | ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดในเครื่องจักรกล |
| $EF_{\text{pollutant, fuel type}}$ | หมายถึง | ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซแต่ละชนิด ตามชนิดของมลสารชนิดของเชื้อเพลิง และชนิดของระบบการเผาไหม้ (เช่น เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์เบนซินสองจังหวะ หรือเครื่องยนต์เบนซินสี่จังหวะ เป็นต้น |



ข้อควรระวังในการคำนวณมลสารคือ ผู้คำนวณควรทราบแน่ชัดว่าปริมาณเชื้อเพลิงที่เกษตรกรใช้นั้น เป็นของเครื่องจักรกลแบบเคลื่อนที่ได้หรือแบบอยู่กับที่ เนื่องจาก $EF_{\text{pollutant, fuel type}}$ ของเครื่องจักรแต่ละแบบจะแตกต่างกันแม้ว่าจะใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวกัน หากผู้คำนวณ สามารถหาค่า $EF_{\text{pollutant, fuel type}}$ ที่เป็นตัวแทนพื้นที่ เทคโนโลยี และเวลาได้ ควรใช้ค่านั้นในการคำนวณเพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด เช่น มลสารจากการใช้รถไถเดินตามในพื้นที่เพาะปลูกของไทยในปี 2554 จะใกล้เคียงกับความเป็นจริงหากใช้ $EF_{\text{pollutant, fuel type}}$ ของรถไถเดินตามที่ใช้งานในประเทศไทยในปี 2554 แต่หากไม่สามารถหาข้อมูลได้ อาจใช้ค่า $EF_{\text{pollutant, fuel type}}$ จากแหล่งอ้างอิงต่างๆ ที่น่าเชื่อถือ

5.1.1.1 การคำนวณมลสารจากเครื่องจักรกลการเกษตรแบบเคลื่อนที่ได้

$EF_{\text{pollutant, fuel type}}$ ของมลสารแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน

ก๊าซเรือนกระจก (CO₂, CH₄, N₂O) สามารถใช้ค่า $EF_{\text{pollutant, fuel type}}$ จากแหล่งอ้างอิงต่างๆ ดังนี้:

- คู่มือการคำนวณของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC): โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 3.3.1 (Table 3.3.1



Emission factors for off-road mobile sources and machinery) ของบทที่ 3 ในคู่มือเล่มที่ 2 : พลังงาน (Chapter 3: Mobile Combustion, Volume 2: Energy) [IPCC, 2006] หรือ

- คู่มือ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009 ขององค์การสิ่งแวดล้อมแห่งสหภาพยุโรป (The European Environment Agency; EEA): โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 3.1 (Table 3-1 Tier 1 emission factors for off-road machinery) ของเล่มที่ใช้สำหรับ Non-road mobile sources and machinery [EEA, 2009]

สำหรับโครงการจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศใช้ $EF_{pollutant, fuel type}$ ของ IPCC ก๊าซอื่นๆ นอกเหนือจากก๊าซเรือนกระจก (เช่น NMVOC, NOx และ PM₁₀) สามารถใช้ค่า $EF_{pollutant, fuel type}$ จากคู่มือ EMEP/EEA โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 3.1 (Table 3-1 Tier 1 emission factors for off-road machinery) ของคู่มือ Non-road mobile sources and machinery) ของเล่มที่ใช้สำหรับ Non-road mobile sources and machinery [EEA, 2009]

- สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) อาจไม่จำเป็นต้องคำนวณ เนื่องจากปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเชื้อเพลิงได้ถูกนำมาคำนวณเป็น CO₂ และ CH₄ ทั้งหมดแล้ว (ตามการคำนวณโดยวิธีของ IPCC) อย่างไรก็ตาม จากวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment Method) ของ IMPACT 2002+, V. 2.06 ชี้ให้เห็นว่า CO ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านระบบหายใจ (Respiratory Inorganics) นอกจากนี้ ตามวิธีการประเมินของ ReCiPe V 1.04 [Goedkoop *et al.*, 2009] แสดงให้เห็นว่า CO ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (Photochemical Oxidant Formation) ด้วย แต่ความรุนแรงอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับสารอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดผลกระทบแบบเดียวกัน ดังนั้นการจะมี CO อยู่ในบัญชีรายการหรือไม่ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการศึกษานั้นๆ
- บางกระบวนการอาจไม่มีการปล่อยก๊าซบางชนิด ซึ่งได้ระบุในคู่มือของ IPCC ดังตารางที่ 7.1 ในบทที่ 7 ของคู่มือเล่มที่ 1 (Chapter 7: Precursors and Indirect Emissions, Volume1: General Guidance and Reporting) [IPCC, 2006]

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂):

- การคำนวณ SO₂ จะใช้สมมติฐานที่ว่า ซัลเฟอร์ในเชื้อเพลิงจะกลายเป็น SO₂ ทั้งหมด [EEA, 2009] นั่นคือ ซัลเฟอร์ 1 g จะกลายเป็น SO₂ 64 g สำหรับประเทศไทย ได้กำหนดคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยให้มีปริมาณซัลเฟอร์ในน้ำมันดีเซลและเบนซินได้ไม่เกิน 0.035% และ 0.05% โดยน้ำหนัก (ก่อน 1 มกราคม 2555) ตามลำดับ และปริมาณซัลเฟอร์ในน้ำมันดีเซล เบนซิน และแก๊สโซฮอล์ถูกกำหนดให้ลดลงเป็นไม่เกิน 0.005% ตามมาตรฐานยูโร 4 ตั้งแต่ 1 มกราคม 2555 เป็นต้นไป [กรมควบคุมมลพิษ, 2556] ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณ SO₂ ลดลงไปด้วย
- หากมีการคำนวณ SO₂ ด้วยวิธีนี้ ก็อาจไม่จำเป็นต้องคำนวณ SOx ด้วยวิธีของ EEA



หมายเหตุ

หน่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency, USEPA) ได้รายงานค่า $EF_{pollutant, fuel type}$ ไว้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม สำหรับการจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศที่ดำเนินงานโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ เลือกใช้ค่า $EF_{pollutant, fuel type}$ ของ EEA [EEA, 2009] ด้วยเหตุผล ดังนี้

- 1) คู่มือของ IPCC [IPCC, 2006] ในบทที่ 7 ของคู่มือเล่มที่ 1 (Chapter 7: Precursors and Indirect Emissions, Volume1: General Guidance and Reporting) ระบุว่า ควรดูวิธีการคำนวณก๊าซชนิดอื่นที่นอกเหนือจากก๊าซเรือนกระจกจาก EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook ซึ่งเป็นแหล่งอ้างอิง (Reference) เดียวกับ EMEP/EEA [EEA, 2009]

- 2) คู่มือของ IPCC [IPCC, 2006] ในตารางที่ 3.1 ของบทที่ 3 ในคู่มือเล่มที่ 2 (พลังงาน) (Chapter 3: Mobile Combustion, Volume 2: Energy) ใช้ข้อมูลจาก EMEP/EEA [EEA, 2009] เช่นเดียวกัน
- 3) น้ำมันเชื้อเพลิงของไทย มีคุณภาพตามมาตรฐานของกลุ่มประเทศยุโรป [กรมควบคุมมลพิษ, 2556]
- 4) การจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของไทย เลือกใช้ฐานข้อมูลต้นทาง (Background Data) จากกลุ่มประเทศยุโรปมากกว่าสหรัฐอเมริกา เนื่องจากความพร้อมของจำนวนฐานข้อมูลและคุณภาพของฐานข้อมูล

5.1.1.2 การคำนวณมลสารจากเครื่องจักรกลการเกษตรแบบอยู่กับที่

- ก๊าซเรือนกระจก (เช่น CO₂, CH₄ และ N₂O): สามารถใช้ $EF_{pollutant, fuel type}$ ตามคู่มือของ IPCC ในตารางที่ 2.5 ของบทที่ 2 ในคู่มือเล่มที่ 2 (Chapter 2: Stationary Combustion, Volume 2: Energy) [IPCC, 2006] ในกรณีนี้ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009 ได้ระบุว่าควรใช้ $EF_{pollutant, fuel type}$ ของ IPCC ในการคำนวณเช่นกัน [EEA, 2009]
- ก๊าซอื่นๆ นอกเหนือจากก๊าซเรือนกระจก (เช่น NMVOC, NOx และ PM₁₀): สามารถใช้ค่า $EF_{pollutant, fuel type}$ จากแหล่งอ้างอิงต่างๆ ดังนี้
 - คู่มือของ EEA ในตารางที่ 3.7-3.10 (Table 3.7-3.10 Tier 1: emission factors for NFR source category 1.A.4.a/c, 1.A.5.a, using hard and brown coal, gaseous fuels, liquid fuels, biomass) ในเล่มที่ใช้สำหรับ Small Combustion (v 1.A.4 Small Combustion) [EEA, 2009]
 - สำหรับก๊าซ CO อาจไม่จำเป็นต้องคำนวณ เนื่องจากปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในเชื้อเพลิงได้ถูกนำมาคำนวณเป็น CO₂ และ CH₄ ทั้งหมดแล้ว (ตามการคำนวณโดยวิธีของ IPCC) อย่างไรก็ตาม จากวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment Method) ของ IMPACT 2002+, V. 2.06 ชี้ให้เห็นว่า CO ก่อให้เกิดผลกระทบทาง



สิ่งแวดล้อมด้านระบบหายใจ (Respiratory Inorganics) นอกจากนี้ ตามวิธีการประเมินของ ReCiPe V 1.04 แสดงให้เห็นว่า CO ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (Photochemical Oxidant Formation) ด้วย แต่ความรุนแรงอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับสารอื่นที่ก่อให้เกิดผลกระทบแบบเดียวกัน ดังนั้น การจะมี CO อยู่ใน LCI หรือไม่ ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการศึกษานั้นๆ

- บางกระบวนการอาจไม่มีการปล่อยก๊าซบางชนิด ซึ่งได้ระบุในคู่มือของ IPCC ดังตารางที่ 7.1 ในบทที่ 7 ของคู่มือเล่มที่ 1 (Chapter 7: Precursors and Indirect Emissions, Volume1: General Guidance and Reporting) [IPCC, 2006]
- SO₂: คำนวณเช่นเดียวกับมลสารจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรการเกษตรแบบเคลื่อนที่ได้

5.1.2 มลสารจากการเผาพื้นที่เพาะปลูก

การเผาพื้นที่เพาะปลูกในที่นี้หมายถึง การเผา (กำจัดเศษชีวมวล) เพื่อที่จะปลูกพืชในรอบถัดไป ส่วนการเผาเพื่อเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้พื้นที่ดิน เช่น เผาป่าเพื่อทำไร่ จะไม่อยู่ในหนังสือเล่มนี้ แต่สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือของ IPCC [IPCC, 2006]

การเผากำจัดเศษชีวมวลในไร่ จะเกิดทั้งก๊าซเรือนกระจกและก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซเรือนกระจก สำหรับพืชไร่ที่ถูกเผาและจะมีการปลูกในฤดูถัดไปนั้น ไม่ต้องรายงานปริมาณก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เนื่องจาก IPCC ได้ระบุว่า CO₂ ที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกดูดซับโดยพืชไร่ชุดถัดไป สำหรับปริมาณก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น CH₄, N₂O, NOx และ CO ที่เกิดจากการเผาไหม้ สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ (II) ที่ปรากฏในคู่มือของ IPCC (Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use; Chapter 2: Generic methodologies applicable to multiple land use categories) [IPCC, 2006] โดยที่ต้องหักชีวมวล (Biomass) ที่ได้นำออกไปจากไร่ก่อนหน้าที่จะมีการเผาออกก่อน (ชีวมวลที่นำออกจากไร่ อาจนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ หรือขายเพื่อเป็นเชื้อเพลิง)



$$L_f = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3} \quad \text{สมการ (II)}$$

| โดยที่ | | |
|----------|---------|--|
| L_f | หมายถึง | ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่มาจากการเผาไหม้ เช่น CH ₄ , N ₂ O (หน่วย: ตัน) |
| A | หมายถึง | พื้นที่ที่ถูกเผา (หน่วย: ไร่) |
| M_B | หมายถึง | ปริมาณชีวมวล เศษไม้ เศษขยะบนดิน ที่สามารถติดไฟได้ (หน่วย: ตันต่อไร่) |
| C_f | หมายถึง | สัดส่วนของมวลชีวภาพที่ถูกเผาต่อมวลชีวภาพที่สามารถติดไฟได้ (ไม่มีหน่วย) |
| G_{ef} | หมายถึง | ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซชนิดต่างๆ จากการเผาไหม้ (หน่วย: กรัม ต่อกิโลกรัมของมวลสารที่ถูกเผา) |

- ในกรณีที่ไม่มีค่า C_f ที่เฉพาะเจาะจงกับพื้นที่ที่ถูกเผา หรือไม่มีค่า C_f ของประเทศ สามารถใช้ค่าเฉลี่ยของ IPCC ที่ปรากฏในตารางที่ 2.6 (Table 2.6 Combustion factor values) ซึ่งอยู่ในบทที่ 2 ของเล่มที่ 4 (Chapter 2, Volume 4) [IPCC, 2006]
- หากไม่มีค่า G_{ef} ของก๊าซแต่ละชนิด สามารถใช้ค่าในคู่มือ IPCC ที่ปรากฏในตารางที่ 2.5 (Table 2.5 Emission factor for various types of burning) ซึ่งอยู่ในบทที่ 2 ของเล่มที่ 4 (Chapter 2, Volume 4) [IPCC, 2006]
- ในกรณีที่ไม่ทราบปริมาณชีวมวลที่แท้จริงที่ถูกเผา (ผลคูณของ M_B และ C_f) สามารถใช้ค่าที่ปรากฏในตารางที่ 2.4 ซึ่งอยู่ในบทที่ 2 ของเล่มที่ 4 (Chapter 2, Volume 4) [IPCC, 2006] แทนผลคูณของ M_B และ C_f ได้
- อย่างไรก็ตาม หากพบค่าต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นมีค่าที่เฉพาะเจาะจงสำหรับประเทศ หรือสำหรับพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง และค่านั้นน่าเชื่อถือ ก็ควรใช้ค่าเฉพาะนั้น เนื่องจากจะทำให้ผลการคำนวณที่ใกล้กับความเป็นจริงมากกว่าใช้ค่าตาม IPCC
- สำหรับก๊าซจากการเผาไหม้อื่นๆ เช่น SO₂, NMVOC, NMHC, Total Particulate Matter (TPM), PM₁₀, PM_{2.5} นั้น IPCC ไม่ได้ระบุรายละเอียดไว้ ผู้ศึกษาอาจพิจารณาเลือกใช้จากบทความตีพิมพ์ทางวิชาการอื่นที่น่าเชื่อถือ เช่น รายงานการศึกษาเกี่ยวกับการเผาในที่โล่ง (Open Burning) [Permadi and Oanh, 2012 และ Estrellan and Lino, 2010] และบางงานวิจัยที่ทำการศึกษากการเผาไหม้ชีวมวลชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นการเฉพาะด้วย เช่น มลสารจากการเผาฟางข้าว [Gadde et al., 2009] หรือพิจารณาจาก คู่มือ EMEP/EEA ในเล่มที่ 4.F Field burning of agricultural wastes [EEA, 2009]

5.1.3 มลสารจากปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

พืชผลการเกษตรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (Nitrogen, N) เป็นจำนวนมาก เมื่อปุ๋ยถูกย่อยสลาย ธาตุ N ในปุ๋ยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีกลายเป็นก๊าซชนิดต่างๆ ได้แก่ N₂O, NH₃,

NOx และ NMVOC ส่วนธาตุคาร์บอน (C) ในปุ๋ยก็อาจกลายเป็น CO₂ ได้ สำหรับ N₂O เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีความสามารถทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากกว่า CO₂ ถึงเกือบ 300 เท่า ส่วน NH₃ อาจก่อให้เกิดความเป็นกรดต่อสิ่งแวดล้อม (Acidification) การเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างผิดปกติ (Eutrophication) และอาจก่อตัวเป็นฝุ่นขนาดเล็กได้ (Particulate Matter; PM) สำหรับ NOx และ NMVOC สามารถก่อให้เกิดโอโซน (Ozone) ในบริเวณใกล้ผิวโลกจึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต [EEA, 2009]



5.1.3.1 หลักการคำนวณปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ในปุ๋ย ปริมาณธาตุ N, P₂O₅, K₂O, ธาตุ P และธาตุ K ที่อยู่ในปุ๋ยหาได้ดังนี้

- ปุ๋ยเคมีที่มีสูตรผสมเป็น a-y-c และปริมาณ d kg

จะมีธาตุ N = a x d/100 kg, มี P₂O₅ = y x d/100 kg, มี K₂O = c x d/100

P₂O₅ มีธาตุ P อยู่ 43.66% โดยน้ำหนัก และ K₂O มีธาตุ K อยู่ 83.01% โดยน้ำหนัก ดังนั้น

- P₂O₅หนัก y x d/100 kg จะมีธาตุ P อยู่ = (y x d/100) x (43.66/100) kg
- K₂Oหนัก c x d/100 kg จะมีธาตุ K อยู่ = (c x d/100) x (83.01/100) kg

ข้อควรระวัง: P₂O₅ ไม่ได้มีความหมายเดียวกับธาตุ P และ K₂O ไม่ได้มีความหมายเดียวกับธาตุ K ดังนั้นอาจมีความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลหรือการคำนวณหรือการนำไปใช้ต่อหากไม่ระวัง

- ปุ๋ยเคมีที่ยังไม่ได้ผสม จะมีธาตุ N และ P₂O₅ ต่างกันไป ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรเคมีของปุ๋ย

ตารางที่ 5.1 สัดส่วนของธาตุ N และ P₂O₅ ในปุ๋ยชนิดต่างๆ

| ชื่อปุ๋ย | สูตรเคมี | % N | % P ₂ O ₅ |
|----------------------|---|------|---------------------------------|
| แอมโมเนียมไนเตรต | NH ₄ NO ₃ | 35 | - |
| แอมโมเนียมซัลเฟต | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 21 | - |
| แคลเซียมไนเตรต | Ca(NO ₃) ₂ (H ₂ O) ₄ | 15.5 | - |
| ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 18 | 46 |
| โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต | (NH ₄)H ₂ PO ₄ | 11 | 52 |
| โพแทสเซียมไนเตรต | KNO ₃ | 14 | - |
| ยูเรีย | CO(NH ₂) ₂ | 46 | - |

- มูลสัตว์มักนิยมนำไปทำปุ๋ย ซึ่งในมูลไก่ มูลวัว มูลสุกร และมูลสัตว์อื่นๆ จะมีธาตุอาหาร N และ P ที่สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตรกรรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556] ได้รายงานปริมาณธาตุอาหารในมูลสัตว์ ที่มาจากการศึกษาของกองปฐพีวิทยาของกรมวิชาการเกษตรและ กองวิเคราะห์ดินของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งมีค่าที่แตกต่างกัน คือ
 - มูลไก่มีธาตุ N 2.42%, 2.5% และ 3.77 % ส่วนธาตุ P มี 6.29% และ 1.89%
 - มูลวัว มีธาตุ N 1.1%, 1.7% และ 1.91% ส่วนธาตุ P มี 0.56% และ 0.4%
 - มูลสุกร มีธาตุ N 1.3% 3.8% และ 2.8% ส่วนธาตุ P มี 2.4% และ 1.36%

ซึ่งจะต้องเลือกใช้ตามความเหมาะสม



- สำหรับปุ๋ยอินทรีย์แบบใส่ถุงซื้อขายกัน มีผู้รายงานค่าไว้ต่างๆ กันเช่นกัน Man - on [2009] รายงานว่ามีธาตุ N ประมาณ 1.4 - 1.9 % และธาตุ P ประมาณ 1.2-1.4% กรมพัฒนาที่ดินได้ระบุมাত্রฐานปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงไว้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) จะต้องไม่น้อยกว่า 1% และฟอสเฟตทั้งหมด (Total P₂O₅) ไม่น้อยกว่า 2.5% ส่วนปุ๋ยอินทรีย์แบบที่เป็นปุ๋ยหมักนั้น ระบุว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) จะต้องไม่น้อยกว่า 1% และฟอสเฟตทั้งหมด (Total P₂O₅) ไม่น้อยกว่า 0.5% [กรมพัฒนาที่ดิน, 2556]

5.1.3.2 ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) จากการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ หากมีธาตุ N เป็นองค์ประกอบ ธาตุ N จะถูกย่อยสลายจากการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยแบคทีเรีย และจะปล่อย N₂O ซึ่งเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญสู่บรรยากาศ ปริมาณ N₂O สามารถประมาณค่าได้จาก

$$N_2O \text{ (kg)} = \text{ปริมาณ N ในปุ๋ย (kg)} \times EF \times 44/28$$

สมการ (III)

โดยที่

EF หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่จะเป็น N₂O ต่อปริมาณ N ทั้งหมดในปุ๋ย (ไม่มีหน่วย)

สมการที่ (III) เป็นวิธีการคำนวณตามคู่มือของ IPCC บทที่ 11 ของคู่มือ IPCC เล่มที่ 4 (Chapter 11 N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application, Volume 4 Agriculture, Forestry) [IPCC, 2006] ค่า EF เท่ากับ 0.01 ตามที่ปรากฏในตารางที่ 11.1 (Default emission factor to estimate direct N₂O emissions from managed soils) ของคู่มือ IPCC บทเดียวกันนี้ นั่นคือ ไนโตรเจน 1% ของไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย จะกลายเป็น N₂O ซึ่งไนโตรเจนปริมาณ 28 kg จะทำให้เกิด N₂O 44 kg

หากมีค่า EF เฉพาะของประเทศหรือค่าเฉพาะของระบบที่ศึกษา เช่น EF ของมูลไก่ มูลสุกร มูลวัว และปุ๋ยเคมี รวมทั้งเป็นค่าที่เชื่อถือได้ ก็ควรใช้ค่า EF นั้น เนื่องจากจะได้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าใช้ค่า EF ของ IPCC

5.1.3.3 ปริมาณ NOx จากปุ๋ย N

ในช่วงที่ปุ๋ย N ถูกย่อยสลายในดินโดยกระบวนการ Denitrification อาจมี NOx ปล่อยออกมาด้วย ดังรายงานของ Ecoinvent [Nemecek and Kagi, 2007] ซึ่งได้ระบุว่าปริมาณ NOx มีค่าประมาณ 21% โดยน้ำหนักของไนตรัสออกไซด์ที่ปล่อยออกมา ดังสมการด้านล่าง ซึ่งค่านี้ไม่รวม NOx ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

$$\text{ปริมาณ NOx} = 0.21 \times \text{ปริมาณ N}_2\text{O}$$

สมการ (IV)

5.1.3.4 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากยูเรีย (CO(NH₂)₂)

บทที่ 11 ของคู่มือ IPCC เล่มที่ 4 (Chapter 11 N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application, Volume 4 Agriculture, Forestry) [IPCC, 2006] ระบุว่า คาร์บอนที่อยู่ในยูเรียจะกลายเป็น CO₂ ซึ่งในยูเรียมีปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 20% ของน้ำหนักยูเรียทั้งหมด และ คาร์บอน 12 kg จะทำให้เกิด CO₂ 44 kg [IPCC, 2006] ดังนั้นปริมาณ CO₂ จากการใช้ยูเรียจึงสามารถคำนวณได้จากสมการ (V)

$$CO_2 = (W_{urea} \times 0.2) \times (44/12)$$

สมการ (V)

โดยที่

CO₂ หมายถึง น้ำหนัก CO₂ ที่ถูกปล่อยออกมา (หน่วย: kg)

W_{urea} หมายถึง น้ำหนักยูเรีย (หน่วย: kg)

ปริมาณ CO₂ จากยูเรียที่คำนวณด้วยวิธีนี้ เหมือนกับรายงานของ Ecoinvent [Nemecek and Kagi, 2007]

5.1.3.5 ก๊าซแอมโมเนีย (NH₃) และ NMVOC จากการใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยที่ก่อให้เกิด NH₃ คือ ปุ๋ยที่สามารถให้ NH₄⁺ ได้ เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมไนเตรต ส่วนปุ๋ยที่มีแต่ NO₃⁻ จะไม่เกิด NH₃ ก๊าซ NH₃ เกิดขึ้นได้เมื่อปุ๋ยสัมผัสกับความชื้นในดินและอากาศ หากพื้นที่ปลูกพืชมีน้ำท่วมขังและอุณหภูมิสูงก็จะมีการระเหยของ NH₃ มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ปริมาณ NH₃ ยังขึ้นกับความเป็นกรด-ด่างของดิน และชนิดของปุ๋ยด้วย คู่มือ EMEP/EEA ในเล่มที่ 4.D Crop production and agricultural soils ได้รายงานสมการที่ใช้ในการประมาณค่า NH₃ ดังสมการ (VI) [EEA, 2009]

$$E_{pollutant} = N\text{-fertiliser} \times EF_{pollutant}$$

สมการ (VI)

โดยที่

E_{pollutant} หมายถึง ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกมา (หน่วย: kg)

N-fertiliser หมายถึง ปริมาณธาตุ N ทั้งหมดที่อยู่ในปุ๋ยที่ใช้ (หน่วย: kg)

EF_{pollutant} หมายถึง Emission Factor ของมลสาร (หน่วย: kg ต่อ kg ปุ๋ย N ที่ใช้)

หากมี EF_{pollutant} ที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละพื้นที่ เฉพาะเจาะจงปุ๋ยแต่ละชนิด และเฉพาะเจาะจงช่วงอุณหภูมิ และเป็นค่าที่เชื่อถือได้ ควรใช้ค่าที่เฉพาะเจาะจงนั้น แต่หากไม่มีอาจใช้ EF_{pollutant} ดังตารางที่ 5.2 แต่อย่างไรก็ตาม EF ของ NH₃ ในตารางที่ 5.2 นี้ได้มาจากผลรวมการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสหภาพยุโรปในปี 2006 ซึ่งอาจแตกต่างจากสภาพความเป็นจริงในประเทศไทย

การประมาณค่า NMVOC นั้น มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจทำได้ค่าที่ไม่แน่นอน อย่างไรก็ตาม หากต้องประมาณค่าสามารถใช้สมการเดียวกับการประมาณ NH₃ ได้ แต่เลือกใช้ EF_{pollutant} ให้ตรงตามชนิดมลสาร

ตารางที่ 5.2 Emission Factor (EF) ในการคำนวณ NH₃, NMVOC และ PM₁₀ [EEA, 2009]

| ชนิดมลสาร | EF | หน่วยของ EF |
|------------------|-------------|------------------------------|
| NH ₃ | 0.10 | kg/(kg fertilizer-N applied) |
| NMVOC | 5.95539E-09 | kg/(kg fertilizer-N applied) |
| PM ₁₀ | 0.2496 | kg/ไร่ |





5.1.4 PM₁₀ จากการใช้แทรกเตอร์และเครื่องจักรกลการเกษตร

การใช้เครื่องจักรกลการเกษตร ตั้งแต่การเตรียมดิน การปลูก การเก็บเกี่ยว ก่อให้เกิดฝุ่นทั้งสิ้น นอกจากนี้ ปริมาณฝุ่นยังขึ้นกับชนิดของพืช ชนิดเครื่องจักรกล ประเภทดิน และ สภาพอากาศ โดยฝุ่นในที่นี้หมายถึง ฝุ่นที่อยู่ในบริเวณที่มีกิจกรรมและจะตกสู่ดินในบริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้ สามารถประมาณค่า PM₁₀ ได้จากสมการของ EMEP/EEA ในเล่มที่ 4.D Crop production and agricultural soils ดังสมการ (VII) [EEA, 2009]

$$E_{\text{pollutant}} = \text{area} \times EF_{\text{pollutant}} \quad \text{สมการ (VII)}$$

โดยที่

| | | |
|-------------------------|---------|---|
| $E_{\text{pollutant}}$ | หมายถึง | ปริมาณมลสาร (หน่วย: kg) |
| area | หมายถึง | พื้นที่เพาะปลูก (หน่วย: ไร่) |
| $EF_{\text{pollutant}}$ | หมายถึง | Emission factor ของมลสาร (หน่วย: kg ต่อไร่) |

หากมี $EF_{\text{pollutant}}$ ที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละพื้นที่ แต่ละชนิดพืช และแต่ละเครื่องจักร ควรใช้ค่าเฉพาะเจาะจงนั้น แต่หากไม่มีอาจใช้ $EF_{\text{pollutant}}$ ดังตารางที่ 5.2

5.1.5 มลสารจากการใช้สารจำพวกหินปูน

สารจำพวกหินปูนที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) หรือโดโลไมต์ (CaMg(CO₃)₂) เมื่อละลายน้ำแล้วจะได้ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate) ซึ่งจะกลายเป็น CO₂ และน้ำ ในที่สุด

สัดส่วนปริมาณคาร์บอนที่จะกลายเป็น CO₂ คือ 12% ของน้ำหนัก CaCO₃ และ 13% ของน้ำหนักโดโลไมต์ และ คาร์บอน 12 kg จะทำให้เกิด CO₂ 44 kg ดังนั้นปริมาณ CO₂ สามารถคำนวณได้จากสมการ (VIII) ซึ่งเป็นวิธีการของ IPCC บทที่ 11 ของเล่มที่ 4 (Chapter 11 N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application, Volume 4 Agriculture, Forestry)

$$CO_2 = [(W_{CaCO_3} \times 0.12) + (W_{CaMg(CO_3)_2} \times 0.13)] \times (44/12) \quad \text{สมการ (VIII)}$$

โดยที่

| | | |
|--------------------|---------|--|
| CO ₂ | หมายถึง | น้ำหนักของ CO ₂ ที่ถูกปล่อยออกมา (หน่วย: kg) |
| W_{CaCO_3} | หมายถึง | น้ำหนักของ CaCO ₃ (หน่วย: kg) |
| $W_{CaMg(CO_3)_2}$ | หมายถึง | น้ำหนักของ CaMg(CO ₃) ₂ (หน่วย: kg) |

5.2 มลสารทางน้ำจากปุ๋ย

ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ใส่ให้กับพืช อาจถูกน้ำชะลงยังแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้มีธาตุอาหารสำหรับพืชน้ำมากเกินไป เมื่อพืชน้ำเจริญเติบโตมากขึ้นและตายลง ก็จะทำให้พืชน้ำเน่าเสีย น้ำขาดออกซิเจน เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำในที่สุด และอาจส่งผลให้ปลา กุ้ง ปู ที่เป็นอาหารของคนลดน้อยลงด้วย ปริมาณธาตุอาหารในน้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของดิน ปริมาณสารตั้งต้นในดิน ความลาดเอียงของดิน และความสามารถของพืชในการดูดซับ ดังนั้น การประมาณค่าจึงมีความซับซ้อน หากไม่สามารถวัดปริมาณมลสารจริงได้ สามารถใช้การประมาณค่า ได้ดังนี้

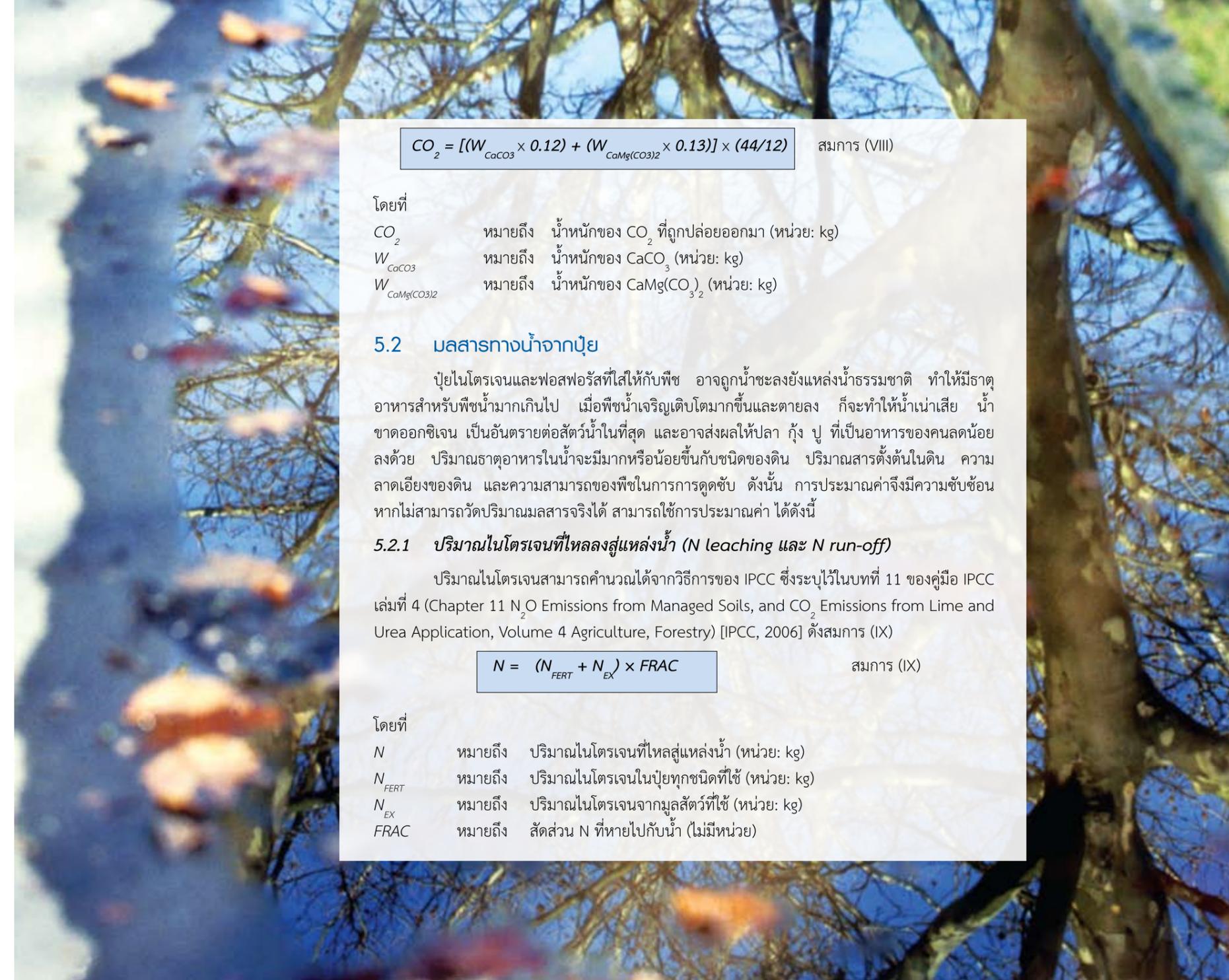
5.2.1 ปริมาณไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ (N leaching และ N run-off)

ปริมาณไนโตรเจนสามารถคำนวณได้จากวิธีการของ IPCC ซึ่งระบุไว้ในบทที่ 11 ของคู่มือ IPCC เล่มที่ 4 (Chapter 11 N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application, Volume 4 Agriculture, Forestry) [IPCC, 2006] ดังสมการ (IX)

$$N = (N_{\text{FERT}} + N_{\text{EX}}) \times \text{FRAC} \quad \text{สมการ (IX)}$$

โดยที่

| | | |
|-------------------|---------|---|
| N | หมายถึง | ปริมาณไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ (หน่วย: kg) |
| N_{FERT} | หมายถึง | ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยทุกชนิดที่ใช้ (หน่วย: kg) |
| N_{EX} | หมายถึง | ปริมาณไนโตรเจนจากมูลสัตว์ที่ใช้ (หน่วย: kg) |
| FRAC | หมายถึง | สัดส่วน N ที่หายไปกับน้ำ (ไม่มีหน่วย) |





ลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินจะไม่ถูกพิจารณา ปริมาณ P ที่ไหลสู่แหล่งน้ำผิวดิน คำนวณได้จากสมการของ Ecoinvent (report no.15a หน้า 35) [Nemecek and Kagi, 2007] ดังสมการ (X)

$$P_{ro} = P_{rot} \times F_{ro}$$

สมการ (X)

โดยที่

| | | |
|-----------|---------|---|
| P_{ro} | หมายถึง | ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกชะต่อพื้นที่เพาะปลูก (หน่วย: kg P/ha) |
| P_{rot} | หมายถึง | ปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกชะไปกับน้ำโดยเฉลี่ย ซึ่งมีค่า 0.175 kg P/ha สำหรับพื้นที่เพาะปลูก (arable land) 0.25 kg P/ha สำหรับพื้นที่เลี้ยงสัตว์หนาแน่น (intensive permanent pastures and meadows) 0.15 kg P/ha สำหรับพื้นที่เลี้ยงสัตว์แบบปล่อยให้หากินเองหรือแบบทุ่งหญ้า (extensive permanent pastures and meadows) |
| F_{ro} | หมายถึง | ค่า correction factor คำนวณจากสมการด้านล่าง |

ไนโตรเจนจะถูกชะก็ต่อเมื่อมีฝนตกหรือมีการให้น้ำจนดินไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ ดังนั้น FRAC จึงมีค่าระหว่าง 0.1-0.8 ในกรณีที่ไม่ทราบค่าที่เหมาะสม มีคำแนะนำให้ใช้ค่า 0.3 สำหรับปุ๋ยที่ไม่มีปุ๋ยอินทรีย์ร่วมอยู่เลย และใช้ค่า 0.2 ในกรณีที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย [IPCC, 2006 และ Nevison, 2000] ทั้งนี้เพราะอัตราการสลายตัวและการนำ N ในปุ๋ยอินทรีย์ไปใช้สูงกว่าปุ๋ยเคมี จึงเหลือ N ที่จะหายไปกับน้ำน้อย แต่สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีฝนหรือฝนน้อยมาก ค่า FRAC จะมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งก็คือไม่มีการชะธาตุ N ไปสู่แหล่งน้ำเลยนั่นเอง

5.2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ (P leaching และ P run-off)

มีรายงานว่า ธาตุ P ส่วนใหญ่จะถูกดูดซับ (Adsorb) โดยอนุภาคดินก่อนไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน [Ritter and Shirmohammadi, 2001 และ Merrington *et al.*, 2002] ดังนั้น P ที่ไหล

$$F_{ro} = 1 + (0.2/80 \times P_{2O_{5min}}) + (0.7/80 \times P_{2O_{5st}}) + (0.4/80 \times P_{2O_{5man}})$$

สมการ (XI)

โดยที่

| | | |
|-----------------|---------|--|
| $P_{2O_{5min}}$ | หมายถึง | ปริมาณ P_2O_5 ในปุ๋ยเคมี (หน่วย: kg P_2O_5 /ha) (ดูวิธีคำนวณปริมาณ P_2O_5 ในหัวข้อ 5.1.3.1) |
| $P_{2O_{5st}}$ | หมายถึง | ปริมาณ P_2O_5 ใน กากตะกอนน้ำทิ้ง (หน่วย: kg P_2O_5 /ha) |
| $P_{2O_{5man}}$ | หมายถึง | ปริมาณ P_2O_5 ในมูลสัตว์แบบแข็ง (หน่วย: kg P_2O_5 /ha) |



5.3 มลสารทางดินจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

เมื่อใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สารเคมีจะกระจายไปตามที่ต่างๆ เช่น อยู่ในดิน ระเหยไปสู่อากาศ ดูดซึมสู่พืช และอาจถูกชะลงแหล่งน้ำ ทั้งนี้ ขึ้นกับประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช อุณหภูมิ และความเร็วลมขณะนั้น หากมีวิธีการที่เหมาะสมในการคำนวณปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกไปอยู่ในที่ต่างๆ ช่างต้น ก็สามารถใช้อินนั้นได้ แต่หากไม่มีอาจให้ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งหมดที่ให้กับพืชเป็นมลสารทางดิน ตามวิธีการของ Ecoinvent [IPCC, 2006] ทั้งนี้เพื่อเวลาประเมินผลกระทบด้านความเป็นพิษ (Toxicity) ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนี้จะถูกนำไปประเมินด้วย ซึ่งมลสารทางดินนี้จะถูกเชื่อมโยงกับการประเมิน Toxicity ทั้งทางดิน ทางน้ำ และสุขภาพมนุษย์ [Goedkoop *et. al.*, 2009]

5.4 ขยะจากการเพาะปลูก

ขยะที่เกิดจากการเพาะปลูกอาจเป็นถุงปุ๋ย สายยางชำรุด พลาสติกคลุมดิน ถุงเพาะเห็ด (จากการเพาะเห็ด) ขวดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช หากสามารถเก็บรายละเอียดได้ทั้งหมดก็จะเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูล LCI ไปใช้ต่อไปในอนาคต และหากทราบการจัดการขยะเหล่านั้นก็ควรบันทึกไว้ด้วย เนื่องจากการกำจัดขยะสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

- หากเป็นขยะที่มีการกำจัดโดยเกษตรกรเองหรือมีการกำจัดโดยมีเจ้าหน้าที่นำไปบริหารจัดการต่อ ควรบันทึกวิธีการกำจัดนั้น เนื่องจากการกำจัดขยะจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ถุงเปล่าเหลือใช้ที่เกษตรกรทิ้งไว้หน้าบ้านแล้วเทศบาลนำไปฝังกลบ การฝังกลบถุงเปล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- หากเป็นขยะที่เกษตรกรขายได้หรือมีผู้รับช่วงไปทำประโยชน์ต่อ ผลกระทบจากการจัดการขยะที่ถูกขายไปนั้นจะเป็นความรับผิดชอบของผู้ซื้อ
- หากเป็นขยะที่กองทิ้งไว้ ไม่มีการจัดการ เช่น เกษตรกรทิ้งไว้ที่ท้ายไร่ ควรระบุเป็น “ขยะของแข็งที่ไม่มีการจัดการ”





6. การหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก

การเก็บข้อมูล LCI ของการผลิตพืชชนิดหนึ่งในพื้นที่ต่างๆ กัน จะได้ LCI หลายชุดที่อาจมีสารขาเข้าและสารขาออกไม่เหมือนกัน เพื่อให้ได้ LCI ที่เป็นตัวแทนสำหรับพืชชนิดนั้นจะต้องหาค่าเฉลี่ยของแต่ละรายการที่อยู่ใน LCI การหาค่าเฉลี่ยจะทำแบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งอาจจะถ่วงน้ำหนักโดยใช้ปริมาณผลผลิต หรือใช้พื้นที่ก็ได้ แต่โดยทั่วไปมักจะใช้ปริมาณผลผลิตในการถ่วงน้ำหนัก

ตัวอย่างที่ 6.1

สวนคุณสมศักดิ์ คุณนายแดง และ สวนน้องมันต์ ผลิตพืช A เหมือนกัน โดยที่สวนคุณสมศักดิ์มีพื้นที่ทั้งหมด 10 ไร่ ได้ผลผลิต 4 ตัน/ไร่ รวมได้ผลผลิตทั้งหมด 40 ตัน ในขณะที่สวนคุณนายแดงมีพื้นที่ทั้งหมด 20 ไร่ ได้ผลผลิต 3 ตัน/ไร่ รวมได้ผลผลิตทั้งหมด 60 ตัน และสวนน้องมันต์มีพื้นที่ทั้งหมด 5 ไร่ ได้ผลผลิต 4 ตัน/ไร่ รวมได้ผลผลิตทั้งหมด 20 ตัน รวมผลผลิตทั้งหมดจาก 3 แห่ง เท่ากับ 120 ตัน จากพื้นที่ทั้งหมด 35 ไร่

เมื่อทำ LCI สำหรับการผลิตพืช A 1 ตันของแต่ละสวน พบว่าสวนคุณสมศักดิ์ สวนคุณนายแดง และสวนน้องมันต์ มีการใช้มูลไก่เป็นปุ๋ยด้วยปริมาณ 100 กก. 50 กก. และ 80 กก. ตามลำดับ อยากรหาว่าปริมาณมูลไก่สำหรับการผลิต พืช A 1 ตัน ที่เป็นตัวแทนของสวนทั้ง 3 แห่ง มีค่าเท่าใด

การหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยใช้ปริมาณผลผลิต

ปริมาณมูลไก่เฉลี่ยสำหรับการผลิตพืช A 1 ตัน

$$\begin{aligned} &= [(100\text{กก.} \times 40 \text{ ตัน}) + (50\text{กก.} \times 60 \text{ ตัน}) + (80 \text{ กก.} \times 20 \text{ ตัน})]/120 \text{ ตัน} \\ &= 71.7 \text{ กก.} \end{aligned}$$

การหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยใช้พื้นที่

ปริมาณมูลไก่เฉลี่ยสำหรับการผลิตพืช A 1 ตัน

$$\begin{aligned} &= [(100\text{กก.} \times 10 \text{ ไร่}) + (50\text{กก.} \times 20 \text{ ไร่}) + (80 \text{ กก.} \times 5 \text{ ไร่})]/35 \text{ ไร่} \\ &= 68.6 \text{ กก.} \end{aligned}$$



ตัวอย่างที่ 6.2

สวนคุณสมศักดิ์ คุณนายแดง และ สวนน้องมินต์ ผลิตพีช A เหมือนกัน โดยที่สวนคุณสมศักดิ์มีพื้นที่ทั้งหมด 10 ไร่ ได้ผลผลิต 4 ตัน/ไร่ รวมได้ผลผลิตทั้งหมด 40 ตัน ในขณะที่สวนคุณนายแดงมีพื้นที่ทั้งหมด 20 ไร่ ได้ผลผลิต 3 ตัน/ไร่ รวมได้ผลผลิตทั้งหมด 60 ตัน และสวนน้องมินต์มีพื้นที่ทั้งหมด 5 ไร่ ได้ผลผลิต 4 ตัน/ไร่ รวมได้ผลผลิตทั้งหมด 20 ตัน รวมผลผลิตทั้งหมดจาก 3 แห่ง เท่ากับ 120 ตัน จากพื้นที่ทั้งหมด 35 ไร่

เมื่อทำ LCI สำหรับการผลิตพีช A 1 ตันของแต่ละสวน พบว่าสวนคุณสมศักดิ์ใช้ปุ๋ยเคมี 30 กก. และมูลไก่ 100 กก. ส่วนสวนคุณนายแดง และสวนน้องมินต์ มีการใช้มูลไก่เป็นปุ๋ยด้วยปริมาณ 50 กก. และ 80 กก. ตามลำดับ โดยไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี อยากรทราบว่าปริมาณมูลไก่และปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิต พีช A 1 ตัน ที่เป็นตัวแทนของสวนทั้ง 3 แห่ง มีค่าเท่าใด



การหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยใช้ปริมาณผลผลิต

ปริมาณมูลไก่เฉลี่ยสำหรับการผลิตพีช A 1 ตัน จะเท่ากับตัวอย่างที่ 6.1

ปริมาณปุ๋ยเคมีเฉลี่ยสำหรับการผลิตพีช A 1 ตัน จะเท่ากับ

$$= [(30 \text{ กก.} \times 40 \text{ ตัน}) + (0 \text{ กก.} \times 60 \text{ ตัน}) + (0 \text{ กก.} \times 20 \text{ ตัน})] / 120 \text{ ตัน}$$

$$= 10 \text{ กก.}$$

การหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักโดยใช้พื้นที่

ปริมาณมูลไก่เฉลี่ยสำหรับการผลิตพีช A 1 ตัน จะเท่ากับตัวอย่างที่ 6.1

ปริมาณปุ๋ยเคมีเฉลี่ยสำหรับการผลิตพีช A 1 ตัน จะเท่ากับ

$$= [(30 \text{ กก.} \times 10 \text{ ไร่}) + (0 \text{ กก.} \times 20 \text{ ไร่}) + (0 \text{ กก.} \times 5 \text{ ไร่})] / 35 \text{ ไร่}$$

$$= 8.6 \text{ กก.}$$



7. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Impact Category)

รายการต่างๆ ใน LCI จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ กัน เช่น CO₂ จะส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศ เชื้อเพลิงที่ใช้จะส่งผลกระทบต่อ การสูญเสียของทรัพยากร ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งออกได้หลายด้าน ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้เป็นวิธีการประเมินผลกระทบวิธีหนึ่ง ที่เรียกว่า ReCiPe [Goedkoop *et al.*, 2009]

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) หรือที่รู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งคือ ภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นการหาค่าศักยภาพที่ทำให้บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือโลกร้อนขึ้น (Global Warming Potential, GWP) จากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) โดยแสดงในหน่วยของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent, CO₂e) ตัวอย่างของก๊าซเรือนกระจกสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide, CO₂) ก๊าซมีเทน (Methane, CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide, N₂O) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (Sulphur Hexafluoride, SF₆) เป็นต้น โดยที่ CO₂ ปริมาณ 1 kg จะมีค่า GWP เท่ากับ 1 kg CO₂e, CH₄ ปริมาณ 1 kg จะมีค่า GWP เท่ากับ 25 kg CO₂e, N₂O ปริมาณ 1 kg จะมีค่า GWP เท่ากับ 298 kg CO₂e, และ SF₆ ปริมาณ 1 kg จะมีค่า GWP เท่ากับ 2.28 x 10⁴ kg CO₂e

2. การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion) เป็นการหาค่าศักยภาพที่ชั้นโอโซนจะถูกทำลาย (Ozone Depletion Potential, ODP) โดยแสดงในหน่วยของปริมาณ Trichlorofluoromethane เทียบเท่า หรือ CFC-11 Equivalent (CFC-11e) โดยที่ CFC-11 ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 1 kg CFC-11e, Tetrachloromethane (CFC-10) ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 0.73 kg CFC-11e และ Bromotrifluoromethane (Halon-1301) ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 12 kg CFC-11e

3. ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity) เป็นการหาค่าศักยภาพที่สุขภาพของคนจะถูกทำลาย (Human Toxicity Potential, HTP) โดยแสดงในหน่วยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene เทียบเท่า หรือ 1,4-DB Equivalent (1,4-DBe) โดยที่ 1,4-Dichlorobenzene ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ

1 kg 1,4-DBe, 1,2-Dichlorobenzene ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 1.18 kg 1,4-DBe และ 1,3-Dinitrobenzene ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 424 kg 1,4-DBe

4. การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (Photochemical Oxidant Formation) เป็นการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและแสงก่อให้เกิดโอโซน ซึ่งสามารถทำลายระบบทางเดินหายใจของคนได้ อีกทั้งยังเป็นอันตรายต่อสัตว์และพืชอีกด้วย มักเกิดจากไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) และ Non-Methane Volatile Organic Compound (NMVOC) ศักยภาพการเกิดปฏิกิริยานี้แสดงในหน่วยของปริมาณ NMVOC เทียบเท่า (NMVOCe or SPM) โดยที่ NMVOC ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 1 kg NMVOCe แต่หากเมทานอลปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 0.236 kg NMVOCe และหากโพรพานอลปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 1.35 kg NMVOCe





5. การเกิดฝุ่นขนาดเล็ก (Particulate Matter Formation) ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของคน นอกจากนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) แอมโมเนีย (NH_3) และ ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) สามารถเกิดเป็นละอองฝุ่นขนาดเล็กในบรรยากาศได้ ศักยภาพการเกิดฝุ่นขนาดเล็กแสดงในหน่วยของปริมาณ PM_{10} เทียบเท่า ($PM_{10,e}$) โดยที่ PM_{10} ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 1 kg $PM_{10,e}$ แต่หาก NOx ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 0.22 kg $PM_{10,e}$ และหาก NH_3 ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 0.32 kg $PM_{10,e}$

6. การปล่อยกัมมันตภาพรังสี (Ionising Radiation) แสดงในหน่วยของ ยูเรเนียม-235 เทียบเท่า (Uranium-235 equivalent, U235e) กัมมันตภาพรังสีอาจก่อให้เกิดการผิดปกติของอวัยวะต่างๆ ในระบบไขกระดูก ทางเดินอาหาร ทางเดินโลหิต อาจมีอาการเลือดจาง ติดเชื้อผมร่วง โดยที่ Uranium-235 ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 1 kg U235e แต่หาก Iodine-131 ปริมาณ 1 kg ที่อยู่ในน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 0.0236 kg U235e และหาก Carbon-14 ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 10 kg U235e

7. การที่ระบบนิเวศน์มีความเป็นกรด (Terrestrial Acidification) แสดงในหน่วยของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทียบเท่า (Sulfur Dioxide Equivalent, SO_2,e) ซึ่งทำให้เกิดภาวะฝนกรดและส่งผลให้สิ่งก่อสร้างถูกกัดกร่อนเร็วขึ้น นอกจากนี้สัตว์ต่างๆ ยังได้รับอันตรายและมีผลทำให้พืชเติบโตช้าอีกด้วย ทั้งนี้ SO_2 ปริมาณ 1 kg ที่ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 1 kg SO_2,e แต่หาก NOx ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 0.56 kg SO_2,e ส่วน NH_3 ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่อากาศ จะมีค่าเท่ากับ 2.45 kg SO_2,e

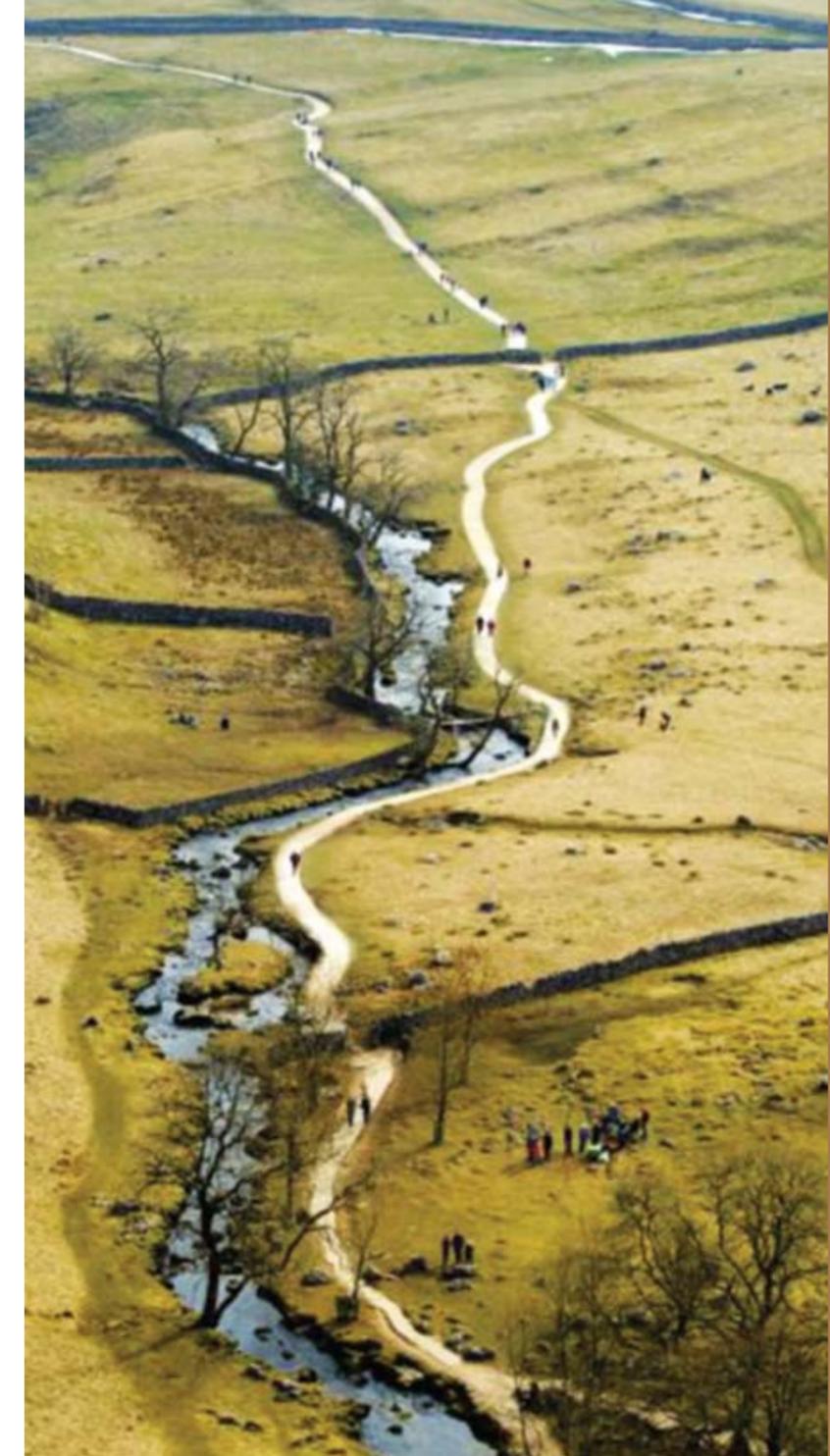
8. การเจริญเติบโตของพืชน้ำจืดอย่างผิดปกติ (Freshwater Eutrophication) เป็นการหาศักยภาพการเกิดในน้ำจืด (เช่น สาหร่าย) เนื่องจากหากมีสาหร่ายในน้ำจืดมากเกินไปเมื่อสาหร่ายตายลงจะส่งผลทำให้น้ำเน่าเสียและทำให้สัตว์น้ำตายได้ ศักยภาพการเกิดพืชน้ำจืดในน้ำจืดอย่างผิดปกติแสดงในหน่วยของปริมาณฟอสฟอรัสเทียบเท่า (Phosphorus Equivalent, Pe) โดยที่หากมีฟอสฟอรัสปริมาณ 1 kg ในน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 1 kg Pe และหากมีฟอสเฟต 1 kg ในน้ำจะมีค่าเท่ากับ 0.33 kg Pe แต่หากมีกรดฟอสฟอริก 1 kg ในน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 0.32 kg Pe

9. การเจริญเติบโตของพืชน้ำทะเลอย่างผิดปกติ (Marine Eutrophication) เป็นการหาศักยภาพการเกิดสิ่งมีชีวิตสีเขียว (เช่น สาหร่าย) ในน้ำทะเล เนื่องจากหากมีสาหร่ายในน้ำทะเลมากเกินไป เมื่อสาหร่ายตายลงจะส่งผลทำให้น้ำทะเลเน่าเสียและทำให้สัตว์น้ำตายได้ ศักยภาพการเกิดสิ่งมีชีวิตสีเขียวในน้ำทะเลแสดงในหน่วยของปริมาณไนโตรเจนเทียบเท่า (Nitrogen Equivalent, Ne) โดยที่หากไนโตรเจนปริมาณ 1 kg ถูกชะลงสู่น้ำทะเล จะมีค่าเท่ากับ 1 kg Ne แต่หากไนเตรตปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่น้ำทะเล จะมีค่าเท่ากับ 0.226 kg Ne แต่หาก NH_3 ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่น้ำทะเล จะมีค่าเท่ากับ 0.824 kg Ne

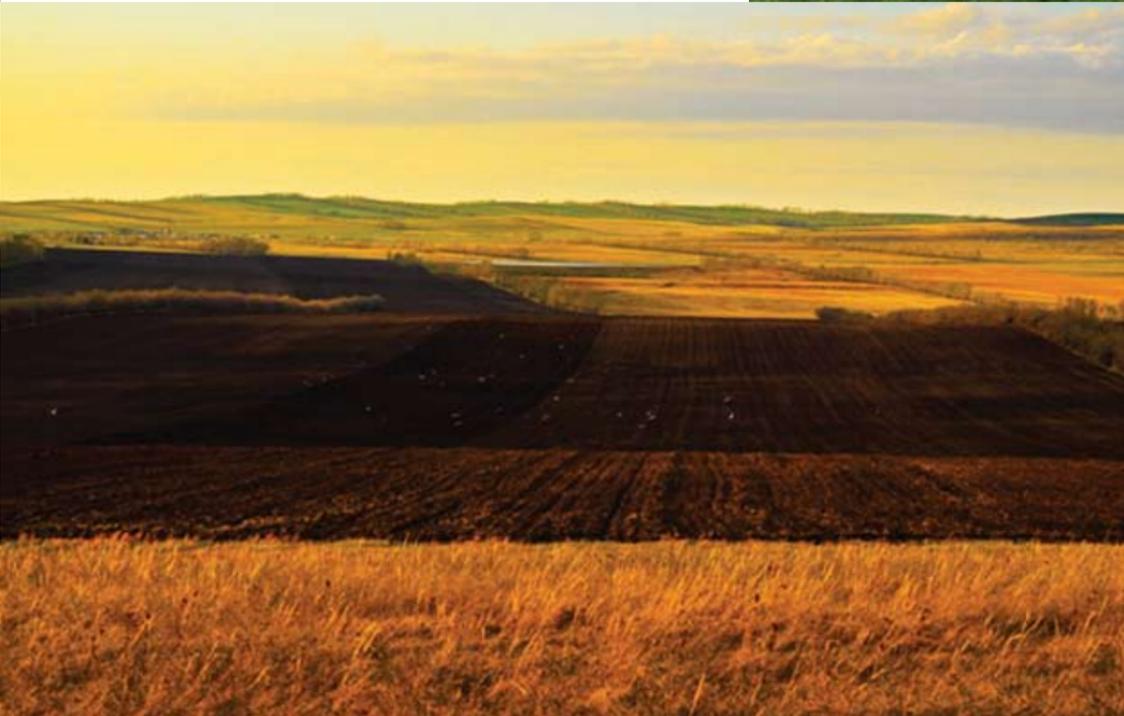
10. ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ (Terrestrial Ecotoxicity) เป็นการหาศักยภาพที่ระบบนิเวศน์จะเสื่อมลงเนื่องจากสารพิษ แสดงในหน่วยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene เทียบเท่า (1,4-DB Equivalent, 1,4-DBe) โดยหากมี 1,4-Dichlorobenzene ปริมาณ 1 kg ในอากาศ จะมีค่าเท่ากับ 0.00536 kg 1,4-DBe แต่หากมี 1,2-Dichlorobenzene 1 kg ในอากาศ จะมีค่าเท่ากับ 0.00505 kg 1,4-DBe และหากมี 1,3-Dinitrobenzene 1 kg ในอากาศ จะมีค่าเท่ากับ 8.12 kg 1,4-DBe

11. ความเป็นพิษต่อน้ำจืด (Freshwater Ecotoxicity) เป็นการหาศักยภาพที่น้ำจืดจะเป็นพิษ โดยแสดงในหน่วยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene เทียบเท่า (1,4-DB Equivalent, 1,4-DBe) โดยหาก 1,4-Dichlorobenzene ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 1 kg 1,4-DBe แต่หาก 1,2-Dichlorobenzene ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 0.757 kg 1,4-DBe และหาก 1,3-Dinitrobenzene ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 12.3 kg 1,4-DBe

12. ความเป็นพิษต่อน้ำทะเล (Marine Ecotoxicity) เป็นการหาศักยภาพที่น้ำทะเลจะเป็นพิษ โดยแสดงในหน่วยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene เทียบเท่า (1,4-DB Equivalent, 1,4-DBe) โดยหาก 1,4-Dichlorobenzene ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่น้ำทะเล จะมีค่าเท่ากับ 1 kg 1,4-DBe แต่หาก 1,2-Dichlorobenzene ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่น้ำทะเล จะมีค่าเท่ากับ 0.756 kg 1,4-DBe และหาก 1,3-Dinitrobenzene ปริมาณ 1 kg ถูกปล่อยสู่น้ำทะเล จะมีค่าเท่ากับ 0.446 kg 1,4-DBe



- 13. การครอบครองพื้นที่ทางการเกษตร (Agricultural Land Occupation) แสดงในหน่วยตารางเมตร-ปี (m²a) หน่วยนี้เกิดจากการนำพื้นที่ทำการเกษตรมาคูณกับจำนวนปีที่พื้นที่นั้นถูกครอบครองโดยการทำการเกษตรกรรม ทำให้ไม่สามารถจะทำกิจกรรมอย่างอื่นบนผืนดินนั้นได้
- 14. การครอบครองพื้นที่ในเมือง (Urban Land Occupation) เช่น พื้นที่โรงงาน พื้นที่ถนน สิ่งก่อสร้าง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร-ปี (m²a) หน่วยนี้เกิดจากการนำพื้นที่ในเมืองมาคูณกับจำนวนปีที่พื้นที่นั้นถูกครอบครองโดยโรงงานหรือถนนหรือสิ่งก่อสร้างใดๆ ทำให้ไม่สามารถจะทำกิจกรรมอย่างอื่นบนผืนดินนั้นได้
- 15. การเปลี่ยนแปลงที่ดิน (Natural Land Transformation) แสดงถึงพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m²) เช่น ถ้าที่ดินเดิมเป็นป่า 1 m² ถูกเปลี่ยนเป็นอย่างอื่นจะมีค่า 1 m² แต่ถ้าที่ดินเดิมเป็นอะไรก็ตาม 1 m² ถูกเปลี่ยนเป็นป่าจะมีค่า -1 m²
- 16. การสูญเสียน้ำ (Water Depletion) แสดงถึงปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไป มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m³)
- 17. การสูญเสียแร่โลหะ (Metal Depletion) แสดงในหน่วยของปริมาณเหล็กเทียบเท่า (Fe e) โดยหากมีการใช้เหล็กที่อยู่ใต้ดินปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 1 kg Fe e แต่หากมีการใช้ทองแดงที่อยู่ใต้ดินปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 42.7 kg Fe e และหากใช้อลูมิเนียมที่อยู่ใต้ดินปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 0.0901 kg Fe e
- 18. การสูญเสียทรัพยากรฟอสซิล (Fossil Depletion) แสดงในหน่วยของปริมาณน้ำมันเทียบเท่า (oil e) โดยหากมีการใช้น้ำมันดิบที่อยู่ใต้ดิน ที่มีค่าพลังงาน 42 MJ/kg ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 1 kg oil e แต่หากใช้ถ่านหินสีน้ำตาลที่อยู่ใต้ดิน ที่มีค่าพลังงาน 8 MJ/kg ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 0.19 kg oil e และหากใช้ก๊าซธรรมชาติที่อยู่ใต้ดิน ที่มีค่าพลังงาน 46.8 MJ/kg ปริมาณ 1 kg จะมีค่าเท่ากับ 1.11 kg oil e



จะเห็นได้ว่าความรุนแรงของผลกระทบในแต่ละด้านจะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณสารที่ถูกปล่อยและถูกใช้ ดังนั้นหากข้อมูลใน LCI ที่ถูกใช้ในการคำนวณผลกระทบไม่ถูกต้อง ก็จะส่งผลให้ผลการประเมินผิดพลาดด้วย นอกจากนี้ หากต้องการประเมินผลกระทบด้านใดด้านหนึ่งแต่ไม่ได้เก็บข้อมูลสารขาเข้าสารขาออกที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบนั้น ก็จะส่งผลให้ผลการประเมินผิดพลาดเช่นกัน ตัวอย่างเช่นต้องการประเมินผลกระทบด้าน Toxicity แต่ใน LCI กลับไม่มีข้อมูลสารเคมีอันตรายที่ถูกใช้และถูกปล่อยสู่น้ำ ดิน และอากาศ ดังนั้นผลประเมินระดับ Toxicity จะต่ำกว่าความเป็นจริง



นอกจาก ReCiPe แล้ว ยังมีวิธีการประเมินผลกระทบ (Assessment Method) อื่นๆ อีกหลายวิธี เช่น ILCD 2011, CML, IMPACT 2002+, Eco-indicator 99 เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีอาจเรียกชื่อผลกระทบไม่เหมือนกัน รวมถึงศักยภาพของสารแต่ละชนิดที่ก่อให้เกิดผลกระทบ (Characterization Factor) ก็อาจแตกต่างกันด้วย ดังนั้นผู้ใช้งานควรศึกษาให้เข้าใจก่อนนำไปใช้





8. เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน. http://www.agriqua.doae.go.th/soil_fert/organic_fer.doc. access 16 Feb 2013.

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. การปรับปรุงคุณภาพน้ำตามมาตรฐานยุโรป 4. <http://www.aqnis.pcd.go.th/en/node/4588>. access 16 Feb 2013.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง). http://www.ldd.go.th/Fertilizer/Organic_Fertilizer.pdf. access 16 Feb 2013.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2555. การจัดทำฐานข้อมูลวิถีการชีวิตของประเทศไทย. 84 หน้า.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และ มหาวิทยาลัยพะเยา. 2555. รายงานโครงการพัฒนาฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมสำหรับภาคการเกษตร.

Amanullah, M. M., Somasundaram, E., Vaiyapuri, K. and Sathyamoorthi, K. 2007. Poultry Manure to Crops – A Review, *Agric. Rev.* 28(3): 216-222.

Chaichana, T., Chaitep, S., Jompakdee, W. and Dussadee, N. 2008. Energy Analysis of Wet Season Rice Production in Northern Thailand. *International Journal of Agricultural Engineering*. Vol. 17(01-04): 1-07.

Editorials of nature, 2010. How to feed a hungry world. *Nature*. 466: 531e532. <http://www.nature.com/nature/journal/v466/n7306/full/466531a.html> (29th July, 2010).

EEA. 2009. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009*. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/#>. access 14 July 2013

Estrellan, C. R. and Lino, F. 2010. Toxic emissions from open burning. *Chemosphere*. 80: 193–207

Gadde, B., Bonnet, S., Menke, C., and Garivait, S. 2009. Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. *Environmental Pollution*. 157: 1554–1558.

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J. and Van Zelm, R. 2009. *ReCiPe 2008: a Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level - Report I - Characterization, first ed.* <http://www.lcia-recipe.net> (20th October, 2010).

ILCD. 2010. *Specific Guide for Life Cycle Inventory Data Sets*. European Commission.

IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IGES, Japan.

ISO 14040. 2006. *Environmental Management – Life Cycle Assessment-Principles and Framework*. Geneva, Switzerland.



ISO 14044. 2006. *Environmental Management – Life Cycle Assessment- Requirements and Guidelines*. Geneva, Switzerland.

Man – on, P. 2009. *The Changes of Phorbol Esters Quantity during Decomposition of Physic Nut (Jatropha curcas L.)*. M.Sc. Thesis Agronomy, Department of Agronomy. Kasetsart University. Bangkok.

Merrington, G., Winder, L., Parkinson, R. and Redman, M. 2002. *Agricultural Pollution: Environmental Problems and Practical Solutions*. Spon Press, London. 243 p.

Nemecek, T. and Kagi, T. 2007. *Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems*. Ecoinvent Centre. Swiss Centre for life Cycle Inventories. Zurich.

Nevison, C. 2000. Review of the IPCC methodology for estimating nitrous oxide emissions associated with agricultural leaching and runoff. *Chemosphere-Global Change Science*. 2: 493-500.

Nguyen, Thu THU Lan. 2007. *Life Cycle Assessment of Bioethanol as Alternative Transportation Fuel in Thailand*. Doctoral Thesis. JGSEE, KMUTT. Thailand.

Permadi, D. A., and Oanh, N. T. K. 2012. Assessment of biomass open burning emissions in Indonesia and potential climate forcing impact. *Atmospheric Environment*. xxx: 1-9.

Ritter, W.F. and Shirmohammadi, A. 2001. *Agricultural Nonpoint Source Pollution: Watershed Management and Hydrology*. Lewis Publishers, CRC Press LLC, USA. 342 p.

Tongpool R., Phanichavalit N., Yuvaniyama C., Mungcharoen T. 2012. Improvement of the environmental performance of broiler feeds: a study via life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*. 35: 16-24.

World Resource Institute (WRI). 2005. *World Greenhouse Gas Emission in 2005*. http://www.wri.org/image/view/11147/_original (19th Jan, 2013).