MTEC
a member of NSTDA

National Metal and Materials Technology Center
National Science and Technology Development Agency

114 Thailand Science Park, Paholyothin Rd., Klong Nueng
Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand

Tel.: +66-2564-6500 ext. 4677-4686
Fax: +66-2564-6505
www.mtec.or.th/

ISBN: 978-616-12-0293-4
9 786161 202927
250-.

หนังสือเล่มนี้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
โดยการจัดพิมพ์ด้วยกระดาษ Recycle และ Soy Ink

How to Select Life Cycle Inventory (LCI) for My Work

เราจะเลือกใช้บัญชีรายการวัฏจักรชีวิตอย่างไรให้ถูกต้อง

LCA Lab
MTEC
a member of NSTDA

เราจะเลือกใช้บัญชีรายการ
วัฏจักรชีวิตอย่างไรให้ถูกต้อง

How to Select Life Cycle Inventory (LCI) for My Work

เราจะเลือกใช้บัญชีรายการ
วัฏจักรชีวิตอย่างไรให้ถูกต้อง

How to Select Life Cycle Inventory (LCI) for My Work

ISBN: 978-616-12-0293-4

พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวนพิมพ์ 200 เล่ม

จัดทำโดย
MTEC
a member of NSTDA

ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment Laboratory; LCA Lab)
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 0-2564-6500 ต่อ 4061-4063;4854-4857
โทรสาร 0-2564-6404

เราจะเลือกใช้บัญชีรายการวัฏจักรชีวิตอย่างไรให้ถูกต้อง: How to select life cycle inventory (LCI) for my work/ โดย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) -- ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2556.
36 หน้า: ภาพประกอบ
ISBN: 978-616-12-0293-4
1. การจัดการสิ่งแวดล้อม 2. การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม 3. นโยบายสิ่งแวดล้อม
I. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
II. ชื่อเรื่อง

TD170 363.7

ออกแบบและสร้างสรรค์โดย
งานออกแบบ ฝ่ายสื่อวิทยาศาสตร์
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

Special thanks

to those who "inspire" us and lay a foundation of "think-through" in us :

Prof. Dr. Atsushi INABA
Department of Environmental and Energy Chemistry
Kogakuin University, Japan

Dr. Norio ARASHI
Retired professor, Japan

Mr. Yasushi KAJI
General Manager
Environment and Energy Division 2
Mizuho Information & Research Institute, Inc., Japan

ขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้สร้างแรงบันดาลใจ และสอนให้เราคิดเป็น

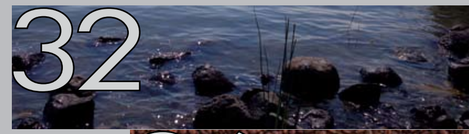
คำนำ

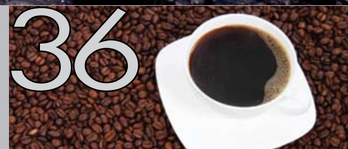
การประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ Life Cycle Assessment (LCA) เป็นวิธีการที่ใช้ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตผลิตภัณฑ์หรือการให้บริการ LCA สามารถบอกได้ว่าจุดใดในกระบวนการผลิตหรือในสายโซ่การผลิต (supply chain) ที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากที่สุด LCA เป็นวิธีการที่มองรอบด้าน โดยที่การแก้ปัญหาที่จุดหนึ่งจะไม่ทำให้เกิดปัญหาใหม่ขึ้นอีกจุดหนึ่ง การจัดทำบัญชีรายการหรือ Life Cycle Inventory (LCI)เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำ LCA โดยขั้นตอนนี้จะมีการรวบรวมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต มลสารที่เกิดจากการผลิต รวมทั้งขยะที่ปล่อยออกจากแต่ละกระบวนการผลิตการรวบรวมข้อมูลเหล่านี้หากเป็นข้อมูลภายในองค์กรหรือในบริษัทเองอาจไม่ยุ่งยากมากนัก แต่หากเป็นการรวบรวมข้อมูลจาก supply chain ที่เป็นผู้ส่งวัตถุดิบให้กับเรานั้นอาจไม่ง่ายนัก ดังนั้น ปัจจุบันจึงมีหลายหน่วยงานจัดทำ LCI ของสารชนิดต่างๆ ขึ้น เพื่อให้ผู้ที่ต้องการใช้ LCI ของสารใดสารหนึ่งสามารถเลือกใช้ได้ทันที ทำให้ประหยัดเวลาเรื่องข้อมูลได้มาก แต่การเลือกใช้ LCI ใดๆ นั้น ควรเลือกใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ผลการประเมิน LCA ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

หนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมวิธีการเลือกใช้ LCI จากข้อมูลทุติยภูมิ รวมทั้งทางออกในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูล LCI ได้ เพื่อให้ผู้ที่ต้องการประเมิน LCA สามารถจัดทำ LCI ได้อย่างถูกต้องและได้ผลการประเมินที่ใกล้เคียงกับความจริง อันจะส่งผลให้การแก้ไขปัญหาเป็นไปอย่างตรงจุดมากที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถใช้หลักการในหนังสือเล่มนี้เพื่อประกอบการเลือกใช้ LCI ในการทำคาร์บอนฟุตพรินต์ (Carbon Footprint; CF) และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆ ได้อีกด้วย

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

สารบัญ





1. Gate to Gate ต่างจาก Cradle to Gate อย่างไร

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี LCA (Life Cycle Assessment) หรือ การประเมินวัฏจักรชีวิต มี 4 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย [ISO 14040, 2006; ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต, 2012]

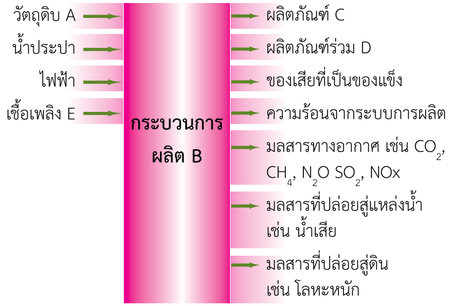
1. กำหนดเป้าหมาย และขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)
2. วิเคราะห์ระบบและจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory, LCI)
3. ประเมินผลกระทบ (Impact Assessment) โดยใช้บัญชีรายการที่จัดทำขึ้น
4. ตีความผลการประเมินที่ได้ (Interpretation) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลที่ได้เทียบกับเป้าหมายหรือเสนอแนะเพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างใดอย่างหนึ่ง

ขั้นตอนการจัดทำ LCI เป็นขั้นตอนที่ต้องรวบรวมข้อมูลวัตถุดิบและมลสารต่างๆ ที่เกิดจากการผลิต ซึ่งจะส่งผลต่อความถูกต้องของผลการประเมิน LCA ดังนั้น จึงควรระมัดระวังให้ข้อมูล LCI ที่จัดทำขึ้นมีความถูกต้องและสมบูรณ์

LCI ของผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่ง จะประกอบด้วย

- สิ่งที่ใช้ในการผลิต เรียกว่า สารขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบและพลังงาน เป็นต้น
- สิ่งที่เกิดจากการผลิต เรียกว่า สารขาออก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ขยะ มลสารที่ปล่อยสู่น้ำ ดิน อากาศ เป็นต้น

ดังแสดงในรูปที่ 1



***รูปที่ 1** สารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนผลิต*

จากรูปที่ 1 หากขอบเขตการประเมิน LCA ของผลิตภัณฑ์ C เป็นแบบ Gate to Gate ผู้ทำการศึกษาเพียงหาข้อมูลของชนิดและปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกตามรูปที่ 1 ก็จะได้ LCI แบบ **Gate to Gate**[1]

แต่หากขอบเขตการประเมิน LCA ของผลิตภัณฑ์ C เป็นแบบ **Cradle to Gate**[2] ผู้ทำการศึกษาไม่เพียงแต่จะต้องหาข้อมูลชนิดและปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกตามรูปที่ 1 เท่านั้น แต่จะต้องหา LCI

[1] Gate to Gate หมายถึง การพิจารณาตั้งแต่ประตู (หน้า) ถึงประตู (หลัง) ของกระบวนการที่สนใจโดยไม่พิจารณาข้อมูลต้นน้ำ (Upstream) หรือปลายน้ำ (Downstream)

[2] Cradle to Gate หมายถึง การพิจารณาตั้งแต่การเกิดจนถึงประตู (หลังของโรงงาน) หรือพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบสำหรับผลิตสินค้า จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์

ของวัตถุดิบ A น้ำประปา ไฟฟ้า และ เชื้อเพลิง E ด้วย หาก LCI ของสารใดสารหนึ่งนี้ ใช้วัตถุดิบที่ไม่ใช่ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural resource) ผู้ศึกษาจำเป็นต้องหา LCI ของวัตถุดิบนั้นต่อไปเรื่อยๆ เช่นการผลิตน้ำประปามีการใช้สารตกตะกอน ผู้ศึกษาก็ต้องหา LCI ของสารตกตะกอนด้วย แต่หากสารขาเข้าเป็นทรัพยากรธรรมชาติซึ่งไม่สามารถหาต่อได้ว่าผลิตมาจากสิ่งใด ก็ไม่จำเป็นต้องหา LCI ของทรัพยากรธรรมชาตินั้น เมื่อนำ LCI ของผลิตภัณฑ์ C และ LCI ของวัตถุดิบที่กล่าวมาทั้งหมดมารวมกัน จะได้ LCI แบบ Cradle to Gate ความแตกต่างของขอบเขตการศึกษาแบบ Gate to Gate และ Cradle to Gate แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ขอบเขตการเก็บข้อมูล LCI แบบ Gate to Gate และ Cradle to Gate

ตัวอย่างของการจัดทำ LCI แบบ Cradle to Gate

การปลูกมันฝรั่ง มีการใช้ปุ๋ยและน้ำมันดีเซล โดยที่การปลูกมันฝรั่ง 1 กิโลกรัม มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 0.006 กิโลกรัม ใช้น้ำมันดีเซล 0.01 กิโลกรัม และปล่อยมลสารทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลการเกษตร ดังแสดงในตารางที่ 1

สำหรับ LCI แบบ Cradle to Gate ของปุ๋ยไนโตรเจน 0.006 กิโลกรัม และน้ำมันดีเซล 0.01 กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ดังนั้น เมื่อนำรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากตารางที่ 1, 2 และ 3 มารวมกันด้วยกัน จะได้ LCI แบบ **Cradle to Gate** ของการผลิตมันฝรั่ง (แสดงในตารางที่ 4) ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ฝั่งสารขาเข้าของ LCI แบบ **Cradle to Gate** นี้ เปลี่ยนจากสารขาเข้าประเภทที่มนุษย์สร้างขึ้น (ปุ๋ยและน้ำมัน) เป็นสารขาเข้าประเภททรัพยากรธรรมชาติแล้วทั้งหมด (น้ำจากแหล่งธรรมชาติ และน้ำมันดิบใต้ดิน เป็นต้น)

ตารางที่ 1 LCI แบบ Gate to Gate ของการผลิตมันฝรั่ง 1 กิโลกรัม

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ปุ๋ยไนโตรเจน	0.0060	kg	มันฝรั่ง	1	kg
น้ำมันดีเซล	0.0100	kg	Carbon dioxide (CO_2)	0.0316	kg
			Methane (CH_4)	5.5×10^{-7}	kg
			Dinitrogen monoxide (N_2O)	1.4×10^{-6}	kg
			Sulfur dioxide (SO_2)	7.0×10^{-6}	kg

ตารางที่ 2 LCI แบบ Cradle to Gate ของปุ๋ยไนโตรเจน 0.006 กิโลกรัม

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ก๊าซธรรมชาติ	0.0070	m^3	ปุ๋ยไนโตรเจน	0.0060	kg
น้ำจากแหล่งธรรมชาติ	0.0200	m^3	Carbon dioxide (CO_2)	0.0200	kg
Calcite, in ground	0.0002	kg	Methane (CH_4)	5.0×10^{-5}	kg
น้ำมันดิบใต้ดิน	0.0020	kg	Dinitrogen monoxide (N_2O)	2.4×10^{-7}	kg
			Sulfur dioxide (SO_2)	2.4×10^{-5}	kg

ตารางที่ 3 LCI แบบ Cradle to Gate ของน้ำมันดีเซล 0.01 กิโลกรัม

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
Barite, 15% in crude	5.6×10^{-5}	kg	น้ำมันดีเซล	0.0100	kg
น้ำจากแหล่งธรรมชาติ	0.0070	m^3	Carbon dioxide (CO_2)	0.0050	kg
Calcite, in ground	8.6×10^{-5}	kg	Methane (CH_4)	1.9×10^{-5}	kg
น้ำมันดิบใต้ดิน	0.0100	kg	Dinitrogen monoxide (N_2O)	8.8×10^{-8}	kg
			Sulfur dioxide (SO_2)	4.4×10^{-5}	kg

ตารางที่ 4 LCI แบบ Cradle to Gate ของการผลิตมันฝรั่ง 1 กิโลกรัม

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ก๊าซธรรมชาติ	0.0070	m^3	มันฝรั่ง	1	kg
น้ำจากแหล่งธรรมชาติ	0.0270	m^3	Carbon dioxide (CO_2)	0.0566	kg
Calcite, in ground	0.000286	kg	Methane (CH_4)	6.96×10^{-5}	kg
น้ำมันดิบใต้ดิน	0.0120	kg	Dinitrogen monoxide (N_2O)	1.73×10^{-6}	kg
Barite, 15% in crude	5.6×10^{-5}	kg	Sulfur dioxide (SO_2)	7.5×10^{-5}	kg

2. ความหมายของ Foreground data และ Background data

จากตัวอย่างในหัวข้อที่แล้ว หากผู้ศึกษา LCA ของมันฝรั่งต้องการข้อมูล LCI ของมันฝรั่ง ชาวไร่มันฝรั่งจะให้ข้อมูลได้เพียง LCI ของมันฝรั่งที่ทำการปลูกในไร่เท่านั้น (เช่น ใช้ปุ๋ยและน้ำมันปริมาณเท่าใด) แต่ชาวไร่จะไม่สามารถให้ข้อมูล LCI ของปุ๋ย (วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยและมลสาร) และข้อมูล LCI ของน้ำมันดีเซล (วัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำมันและมลสาร) ได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจำเป็นต้องหา LCI ของปุ๋ยและน้ำมันดีเซลที่ใกล้เคียงกับสิ่งที่ใช้ในไร่มากที่สุด เราเรียก LCI ของมันฝรั่งที่ทำการปลูกในไร่นี้ว่า **Foreground data** (ข้อมูลจริงจากแหล่งผลิต) และเรียก LCI ของปุ๋ยและน้ำมันดีเซลว่า **Background data** (ข้อมูลพื้นฐาน/ข้อมูลปูมหลัง) การหา Background data นี้จะส่งผลต่อความถูกต้องของ LCI แบบ Cradle to Gate ของมันฝรั่งและผลการประเมิน LCA

3. หลักทั่วไปในการเลือกใช้ LCI

เมื่อมีความจำเป็นต้องเลือกใช้ LCI จากแหล่งต่างๆ เพื่อทำอย่างใดอย่างหนึ่ง อาทิ

- ทำให้ LCI แบบ Gate to Gate เป็นแบบ Cradle to Gate หรือ
- ประเมิน LCA หรือ
- จัดทำค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor; EF) ของการประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์ (Carbon Footprint; CF) หรือของฉลากสิ่งแวดล้อมแบบอื่นๆ

อาจใช้หลักการดังจะกล่าวต่อไปนี้ ซึ่งอาจต้องพิจารณาหลายๆ ข้อประกอบกัน เพื่อให้ได้ LCI ที่ถูกต้องเหมาะสม ดังนี้

3.1 เลือก LCI ของสารที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตเหมือนกับสารที่เราใช้

สารเคมีหรือวัตถุดิบใดๆ ที่ผลิตด้วยเทคโนโลยีการผลิตเดียวกัน มักมีการใช้สารขาเข้าคล้ายกัน และการปล่อยออกของมลสารในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่หากผลิตด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อการใช้สารขาเข้าและการปล่อยออกของสารขาออกที่แตกต่างกันด้วย

ตัวอย่างเช่น

การผลิตโซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride; NaCl) มีทั้งการผลิตด้วยวิธีการระเหยน้ำทะเล และการผลิตด้วยวิธีการทำเหมืองเกลือ ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้ ใช้พลังงาน น้ำ และสารอื่นๆ ในการผลิตที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้น หากทราบเทคโนโลยีการผลิตของสารที่เรากำลังสนใจศึกษา จะทำให้เลือก LCI ได้ถูกต้อง

3.2 เลือก LCI ของสารที่ผลิตจากประเทศเดียวกับสารที่เราใช้

สารเคมีหรือวัตถุดิบใดๆ ที่มาจากประเทศเดียวกัน มักมีแนวโน้มที่จะใช้เทคโนโลยีการผลิตที่คล้ายกัน และนั่นหมายถึง การมีสารขาเข้าและสารขาออกที่คล้ายกันด้วย ดังนั้น หากสารที่เรากำลังสนใจศึกษามาจากต่างประเทศ อาจเลือกใช้ LCI ของประเทศนั้นๆ เช่น ใช้สารเคมีที่ผลิตในยุโรป ก็เลือก LCI ของทวีปยุโรปมาใช้

3.3 เลือกใช้ LCI ที่ไม่เก่าหรือใหม่มากเกินไป เมื่อเทียบกับปีที่สารที่เราสนใจถูกผลิตขึ้น

เนื่องจากเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นสารที่ผลิตเมื่อ 10 ปีที่แล้ว ย่อมใช้พลังงานและปล่อยมลสารที่ไม่เท่ากับในปัจจุบัน ดังนั้น ควรทราบว่าสารที่เราสนใจผลิตเมื่อใด และหา LCI ที่แสดงข้อมูลของสารชนิดนั้นในปีนั้น ซึ่งอาจจะเหมือนหรือต่างจากปีที่รวบรวมข้อมูล ตัวอย่างเช่น สารที่เราสนใจถูกผลิตขึ้นในปี 2010 แต่ฐานข้อมูล LCI ถูกรวบรวมปี 2012 ซึ่งมี LCI ของสารนั้นที่ผลิตในปี 2010 และปี 2011 เราก็ควรเลือกใช้ LCI ของปี 2010

3.4 เลือกใช้ LCI ที่เรามั่นใจในความถูกต้อง

ควรเลือกใช้ LCI ของแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เช่น เป็นข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญหรือคณะกรรมการ เช่น วัตถุดิบ “A” ผลิตในประเทศ “ก” แต่ LCI ของประเทศ “ก” มักไม่ถูกต้อง และไม่มีการตรวจสอบข้อมูล เราอาจเลือกใช้ LCI ของวัตถุดิบ “A” ที่รายงานโดยประเทศ “ข” แทน หากมั่นใจว่าถูกต้องมากกว่า แต่หากไม่ทราบว่า LCI ของประเทศ “ก” หรือ “ข” ถูกต้องมากกว่ากัน เราอาจตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำข้อมูลมาใช้ เช่น ตรวจสอบสมดุลมวลสาร (mass balance; ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออก) หรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

3.5 เลือกใช้ LCI ที่มาจากหลักการปันส่วนที่เหมาะสม

เมื่อกระบวนการผลิตมีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิด แต่มีความต้องการใช้ LCI ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนผลิตนี้เพียงชนิดเดียว ดังนั้นจึงต้องมีการแบ่งภาระทางสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตนั้น ไปให้ทุกๆ ผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำ LCI ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนผลิตนี้ชนิดใดมาใช้ การแบ่งภาระทางสิ่งแวดล้อมนี้เรียกว่า การปันส่วน (Allocation) ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น ปันส่วนตามมวลของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด หรือปันส่วนตามมูลค่าของผลิตภัณฑ์ หรือตามสัดส่วนพลังงานของผลิตภัณฑ์ ผู้ที่จะเลือกใช้ LCI ควรพิจารณาว่า LCI ที่จะเลือกมานั้นมาจากการปันส่วนหรือไม่และวิธีการปันส่วนเพื่อให้ได้ LCI นั้นเหมาะสมหรือไม่ รวมถึงสัดส่วนที่ใช้ในการปันส่วนภาระทางสิ่งแวดล้อมที่ให้กับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดนั้นเหมาะสมหรือไม่ด้วย หากไม่เหมาะสมก็สามารถเปลี่ยนแปลงก่อนนำมาใช้ได้

ตัวอย่างเช่น

การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองครั้งหนึ่งๆ จะได้สัดส่วนกากถั่วเหลืองต่อน้ำมันถั่วเหลือง = D kg : E kg ราคากากถั่วเหลืองในอเมริกา = F บาท/kg และราคาน้ำมันถั่วเหลือง = G บาท/kg ดังนั้นมูลค่ากากถั่วเหลืองต่อน้ำมันถั่วเหลืองในอเมริกา = D x F : E x G

ส่วนราคากากถั่วเหลืองในไทย = H บาท/kg และราคาน้ำมันถั่วเหลือง = I บาท/kg ดังนั้นมูลค่ากากถั่วเหลืองต่อน้ำมันถั่วเหลืองในไทย = D x H : E x I

หากต้องการใช้ LCI ของอเมริกาสำหรับกากถั่วเหลืองที่ผลิตในไทย ควรปรับสัดส่วนการปันส่วนระหว่างกากถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลือง ให้เป็น D x H : E x I ก่อนนำมาใช้

แต่หากเห็นว่าการปันส่วนโดยมูลค่านั้นไม่เหมาะสม และการปันส่วนโดยมวลนั้นเหมาะสมกว่า ก็สามารถเปลี่ยนสัดส่วนการปันส่วนระหว่างกากถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลือง ให้เป็น D : E ได้ หากมีการปันส่วนโดยมวล กากถั่วเหลือง D kg จะต้องรับภาระสารขาเข้าและสารขาออก = D/(D+E) x 100 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันถั่วเหลือง E kg จะต้องรับภาระสารขาเข้าและสารขาออก = E/(D+E) x 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นที่น่าสังเกตว่า การปันส่วนโดยมวลจะทำให้ ผลิตภัณฑ์ทุกตัว (จากกระบวนผลิตเดียวกัน เช่น กากถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลือง) มีภาระทางสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยน้ำหนักเท่ากัน

3.6 เลือกใช้ LCI ที่มีข้อมูลสมบูรณ์ที่จะใช้ในการประเมินผลกระทบในด้านที่สนใจ

หากสามารถหา LCI ที่มีข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกครบสมบูรณ์ได้ถือเป็นสิ่งที่ดี (ไม่ว่าจะเป็นมลสารทางดิน น้ำ อากาศ และขยะ แต่หากไม่สามารถทำได้อาจเลือกใช้ LCI ที่มีข้อมูลครบ**สมบูรณ์สำหรับการประเมินผลกระทบ**ในด้านที่สนใจ เช่น หากต้องการประเมินผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนเราควรตรวจสอบว่า LCI ที่จะเลือกนั้น มีการแสดงชนิดและปริมาณมลสารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนตามที่ควรจะเป็นหรือไม่ เช่นสารขาเข้าเป็นน้ำมันดีเซล (ซึ่งทราบว่าใช้สำหรับการเผาไหม้เพื่อให้พลังงาน) ดังนั้นสารขาออกจึงควรมี CO_2, CH_4, N_2O

หากต้องการประเมินผลกระทบด้านความเป็นพิษ (Toxicity) เราควรตรวจสอบว่า LCI ที่จะเลือกนั้น มีการแสดงชนิดและปริมาณมลสารที่ก่อให้เกิด Toxicity ตามที่ควรจะเป็นหรือไม่ เช่น หาก LCI นั้นมีสารขาเข้าเป็นสารระเหยง่าย และสารนี้ไม่ได้อยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้น สารระเหยง่ายนี้ควรอยู่ใน LCI ในส่วนมลสารทางอากาศ แต่หากไม่มีการรายงานสารระเหยง่ายนี้ใน LCI อาจส่งผลให้การประเมินผลกระทบด้าน Toxicity ที่ได้น้อยกว่าความเป็นจริง และนำไปสู่การตีความและข้อสรุปที่ไม่ตรงกับความเป็นจริงได้

4. การดัดแปลง LCI ที่จะนำมาใช้ให้ถูกต้องมากขึ้น

เมื่อสามารถเลือก LCI ได้แล้ว เราอาจทำให้ LCI นั้นใกล้เคียงกับ LCI ของสารที่ถูกใช้ในกระบวนการผลิตมากขึ้นโดยวิธีการต่างๆ ดังนี้

I. หากสารชนิดหนึ่งผลิตในประเทศไทย แต่ไม่มี LCI ของไทยสำหรับสารนั้น เราอาจใช้ LCI ของต่างประเทศ และทำให้ LCI นั้นใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น โดยแทนที่ Background data ใน LCI นั้น ด้วยฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศไทย (National LCI Database)

ตัวอย่างเช่น

ไนโตรเจนเหลวถูกผลิตในไทย แต่ไม่สามารถหา LCI ของไนโตนเจนเหลวที่เป็นของไทยได้ จึงเลือกใช้ LCI ของไนโตรเจนเหลวที่ผลิตในยุโรป ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าของยุโรป 0.8 kWh ต่อการผลิตไนโตรเจนเหลว 1 kg อย่างไรก็ตาม การผลิตไฟฟ้าในยุโรปและไทยใช้สารขาเข้าไม่เหมือนกันและมีสารขาออกที่ต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้ LCI ของการผลิตไนโตรเจนเหลวใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เมื่อมีการต่อข้อมูลให้เป็นแบบ Cradle to Gate จึงควรเปลี่ยน LCI ของไฟฟ้าที่ผลิตในยุโรป เป็น LCI ของไฟฟ้าที่ผลิตในไทยแทน

ในทางเดียวกัน หากวัตถุดิบผลิตในประเทศ “X” แต่ไม่สามารถหา LCI ของประเทศ “X” ได้ แต่พบ LCI ของวัตถุดิบนั้นที่ผลิตในประเทศ “Y” ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าและน้ำประปาที่ผลิตในประเทศ “Y” และเพื่อให้ข้อมูลใกล้เคียงกับความเป็นจริง เมื่อมีการต่อข้อมูลให้เป็นแบบ Cradle to Gate จึงควรเปลี่ยน LCI ของไฟฟ้าและน้ำประปาจากที่ผลิตในประเทศ “Y” เป็น LCI ของประเทศ “X” แทน

II. อุณหภูมิของแต่ละประเทศอาจส่งผลให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ มีการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะใช้เทคโนโลยีการผลิตเดียวกัน เช่น วัตถุดิบ “A” ต้องเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส ประเทศไทยอาจมีอุณหภูมิภายนอก 35 องศาเซลเซียส ในขณะที่ญี่ปุ่นมีอุณหภูมิภายนอก 15 องศาเซลเซียส ดังนั้น พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นให้ได้ 5 องศาเซลเซียส จึงไม่เท่ากัน หากการเก็บวัตถุดิบ “A” อยู่ในประเทศไทย แต่ไม่มี LCI ของประเทศไทย จึงทดแทนโดยการนำ LCI ของประเทศญี่ปุ่นมาใช้ ซึ่งอาจต้องปรับ LCI ของประเทศญี่ปุ่นให้ใกล้กับความเป็นจริงในไทย โดยหาข้อมูลเพิ่มเติมว่าจะต้องใช้พลังงานเท่าใดจึงจะทำให้ห้องขนาดเดียวกันมีอุณหภูมิลดลงจาก 35 เป็น 5 องศาเซลเซียสได้ จากนั้นจึงเปลี่ยนค่าพลังงานที่อยู่ใน LCI ของญี่ปุ่น โดยที่สารขาเข้าและสารขาออกอื่นๆ ยังเหมือนเดิม

5. หลักในการเลือก LCI ของปุ๋ย

ในการผลิตพืช ผัก ผลไม้ มักจะใช้ปุ๋ยซึ่งให้ธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โปแตสเซียม (K) และธาตุอาหารอื่นๆ แก่พืช ปุ๋ยที่เกษตรกรใช้อาจเป็นปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อต้องเลือกใช้ LCI ของปุ๋ยที่มีผู้รายงานไว้แล้ว อาจใช้หลักการดังนี้

5.1 ปุ๋ยเคมี

ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศเป็นหลัก และบางส่วนจะถูกนำมาผสมเป็นปุ๋ยสูตรต่างๆ กันก่อนจำหน่ายภายในประเทศ หากทราบชื่อทางเคมีของปุ๋ยที่ใช้ เช่น ยูเรีย (Urea) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟส (Diammoniumphosphate; DAP) โปแตสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride) ก็สามารถเลือกใช้ LCI ตามชื่อปุ๋ยได้ แต่ควรเลือกให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงตามหลักการที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3

หากไม่มีการระบุชื่อทางเคมีของปุ๋ย แต่ทราบว่าเป็นปุ๋ยชนิด N หรือ P หรือ K อาจเลือกใช้ LCI ของปุ๋ยที่ให้ N หรือ P หรือ K ที่มีการใช้กันมากในท้องถิ่นนั้นๆ สำหรับประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีดังต่อไปนี้มากที่สุด [สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2554]

- ปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) ให้ธาตุอาหาร N โดยมีปริมาณ N เท่ากับ 46% ของน้ำหนักปุ๋ย
- ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP; สูตรปุ๋ย 18-46-0) ให้ธาตุอาหาร N และ P โดยมีปริมาณ N และ P_2O_5 เท่ากับ 18% และ 46% ของน้ำหนักปุ๋ย ตามลำดับ
- ปุ๋ยโปแตสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride; สูตรปุ๋ย 0-0-60) ให้ธาตุอาหาร K โดยมีปริมาณ K_2O เท่ากับ 60% ของน้ำหนักปุ๋ย

เนื่องจาก DAP ให้ธาตุ N และ P ดังนั้นจึงอาจมี LCI หลายแบบให้เลือก เช่น “DAP as N” และ “DAP as P_2O_5” ซึ่ง LCI ของ DAP ใน 2 แบบนี้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย เช่น ฐานข้อมูล Ecoinvent จะให้ LCI ของ “DAP as N” ใช้แอมโมเนียเป็นสารตั้งต้น ส่วน LCI ของ “DAP as P_2O_5” ใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารตั้งต้น ดังนั้นอาจ**เลือกใช้ LCI ของ “DAP as P_2O_5” แทน LCI ของปุ๋ย P เลือกใช้ LCI ของยูเรียแทน LCI ของปุ๋ย N และเลือกใช้ LCI ของโปแตสเซียมคลอไรด์ แทน LCI ของปุ๋ย K**

LCI ของ “DAP” 1 kg ต่างจาก LCI ของ “DAP as P_2O_5” 1 kg เนื่องจาก LCI ของ “DAP” 1 kg จะมีสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับผลิตปุ๋ย DAP 1 kg แต่ LCI ของ “DAP as P_2O_5” 1 kg จะมีสารขาเข้าและสารขาออกสำหรับการผลิตปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหาร P_2O_5 1 kg (ซึ่งมาจาก DAP ที่มากกว่า 1 kg) ดังนั้นผู้ใช้ LCI จึงควรพิจารณาให้ดีก่อนเลือกใช้

ข้อควรระวัง ควรพิจารณาว่า LCI ของปุ๋ยที่จะเลือกนั้นมีสารขาเข้าสารขาออกสำหรับการผลิตปุ๋ย 1 kg หรือสำหรับการผลิตปุ๋ยเพื่อให้ได้ธาตุอาหาร 1 kg ซึ่งการผลิตปุ๋ย 1 kg จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่เท่ากับการผลิตปุ๋ยเพื่อให้ได้ธาตุอาหาร 1 kg (ซึ่งจะต้องใช้ปุ๋ยมากกว่า 1 kg)

ประเทศไทยอาจนำเข้าปุ๋ยแตกต่างกันไปในแต่ละปี เช่น ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนที่นำเข้ามากที่สุดอาจไม่ใช่ยูเรีย ดังนั้น ควรตรวจสอบข้อมูลทางสถิติจากกรมวิชาการเกษตรก่อนจะเลือก LCI

ตัวอย่างเช่น

คุณพิมต้องการประเมิน LCA ของการผลิตธัญพืช A 10 kg (ปลูกในประเทศไทย) ซึ่งมีการใช้ธาตุอาหาร N 1 kg แต่ไม่ทราบชื่อทางเคมีของปุ๋ย ที่ธาตุอาหาร N นั้นคุณพิมจึงต้องเลือกใช้ LCI ของปุ๋ยชนิดใดชนิดหนึ่ง ดังนั้นก่อนจะเลือก LCI คุณพิมควรดูสถิติของกรมวิชาการเกษตรว่าในปีที่ผลิตปุ๋ยนั้นมีการนำเข้าปุ๋ย N ชนิดใดมากที่สุดหากพบว่าเป็นยูเรียก็ใช้ LCI ของยูเรีย

เนื่องจากยูเรีย 1.46 kg จะให้ธาตุอาหาร N 1 kg ดังนั้นธัญพืช A 10 kg จะต้องใช้ยูเรีย 1.46 kg จากนั้นคุณพิมควรสังเกตว่า LCI ของยูเรียที่จะเลือกใช้นั้นเป็น LCI สำหรับการผลิตยูเรีย 1 kg หรือสำหรับการผลิตยูเรียที่ให้ธาตุอาหาร N 1 kg

- หาก LCI นั้น เป็น LCI ของการผลิต**ยูเรีย 1 kg** จำเป็นต้องใช้ LCI นั้น 1.46 kg
- หาก LCI นั้น เป็น LCI ของการผลิต**ยูเรียที่ให้ไนโตรเจน 1 kg** ก็ใช้ LCI นั้น 1 kg

ไม่เพียงแต่ภาระทางสิ่งแวดล้อมจากการผลิตปุ๋ยเท่านั้นที่ต้องรวมอยู่ในการประเมิน LCA ของการผลิตพืช การขนส่งปุ๋ยเคมีมายังแหล่งเพาะปลูกก็ควรรวมอยู่ในการประเมิน LCA ด้วย ซึ่งการนำเข้าปุ๋ยทำให้มีการใช้พลังงานและปล่อยมลสารในการขนส่งมาก เนื่องจากระยะทางไกล นอกจากนี้ เมื่อนำปุ๋ย N ใส่ให้กับพืชแล้ว N ในปุ๋ยจะถูกย่อยสลาย และบางส่วนจะถูกปล่อยในรูปก๊าซ N_2O ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งซึ่งการคำนวณ N_2O จากการใช้ปุ๋ยนี้ จัดอยู่ในขั้นการจัดทำ LCI แบบ Gate to Gate ของพืช

5.2 ปุ๋ยอินทรีย์

LCI ของปุ๋ยอินทรีย์อาจมีทั้งปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำ หรือน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีวัตถุดิบแตกต่างกัน บางชนิดอาจใช้ไฟฟ้าในการผลิต บางชนิดอาจไม่ได้ใช้ ดังนั้น เราจึงควรพิจารณา LCI ของปุ๋ยอินทรีย์ที่จะเลือกใช้อย่างละเอียดว่า มีวัตถุดิบตั้งต้นคล้ายกับปุ๋ยที่เราต้องการหรือไม่ และมีการใช้พลังงานเท่ากับหรือใกล้เคียงกับปุ๋ยที่เราต้องการหรือไม่ หากปุ๋ยที่เราใช้นั้นเป็นปุ๋ยหมักในไร่และไม่ได้มีการใช้พลังงานในการผลิต แต่ใน LCI ของปุ๋ยอินทรีย์ที่หาพบมีการใช้ไฟฟ้า ก็ไม่ควรเลือกใช้ LCI นั้น เพราะจะทำให้ภาระทางสิ่งแวดล้อมมากเกินจริง และหากปุ๋ยอินทรีย์ที่เราใช้มีส่วนประกอบเป็นของเหลือใช้ เช่น เศษผัก มูลสัตว์ ใบไม้แห้ง เราสามารถตั้งสมติฐานว่าของเหลือใช้เหล่านี้ไม่มีภาระทางสิ่งแวดล้อม เช่น มูลสัตว์เป็นสิ่งที่ได้มาพร้อมกับเนื้อสัตว์ (หรือแรงงานสัตว์ กรณีเลี้ยงสัตว์ไว้ใช้งาน) ดังนั้นภาระทางสิ่งแวดล้อมเป็นของเนื้อสัตว์ (หรือแรงงานสัตว์) และการนำมูลสัตว์มาใช้งานถือเป็นการช่วยให้ไม่ต้องนำมูลสัตว์ไปกำจัด

หากมีการขนส่งปุ๋ยอินทรีย์เพื่อนำมาใช้ในพื้นที่เพาะปลูกพืช ควรรวมพลังงานและมลสารที่เกิดจากการขนส่งให้เป็นภาระของการผลิตพืชด้วย นอกจากนี้ เมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุ N มาใส่ให้กับพืชแล้ว N ในปุ๋ยจะถูกจุลชีพในดินย่อยสลาย และบางส่วนจะถูกปล่อยในรูปก๊าซ N_2O ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง การคำนวณ N_2O จากปุ๋ยนี้ จัดอยู่ในขั้นการจัดทำ LCI แบบ Gate to Gate ของพืช

6. หลักในการเลือก LCI ของยาปราบศัตรูพืช

LCI ของพืช ผัก ผลไม้ มักมียาปราบศัตรูพืชอยู่ในส่วนของสารขาเข้า ดังนั้น เมื่อจะประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตพืช ผัก ผลไม้นั้น เราจึงจำเป็นต้องหาปริมาณและ LCI ของยาปราบศัตรูพืชด้วย

6.1 ความเข้มข้นและปริมาณของยาปราบศัตรูพืช

ประเทศไทยนำเข้ายาปราบศัตรูพืชหลายชนิด บางชนิดนำเข้ามาจากหลายประเทศ (ดังแสดงในตารางที่ 5) และบางชนิดมีความเข้มข้นที่หลากหลาย เมื่อเกษตรกรจะใช้ยาปราบศัตรูพืชจะนำมาละลายน้ำให้เจือจาง ดังนั้น ปริมาณสารละลายที่ให้กับพืชจึงไม่ใช่เนื้อยาปราบศัตรูพืชทั้งหมด ด้วยเหตุนี้จึงควรพิจารณาว่า ข้อมูลปริมาณยาปราบศัตรูพืชใน LCI แบบ Gate to Gate ของพืชนั้น เป็นปริมาณของสารละลายยาปราบศัตรูพืชหรือปริมาณยาปราบศัตรูพืชที่ยังไม่ทำการเจือจาง

นอกจากนี้ ควรสังเกตว่า LCI ของยาปราบศัตรูพืชที่มีผู้รายงานไว้แล้วนั้น เป็นยาปราบศัตรูพืชที่ความเข้มข้นเท่าใดและทำการเจือจางหรือไม่

หากพบเพียง LCI ของยาปราบศัตรูพืชที่เป็นเนื้อยาล้วนๆ (ยังไม่ได้ทำการเจือจาง) ในขณะที่เกษตรกรใช้ยาปราบศัตรูพืชแบบสารละลาย (ทำการเจือจาง) ควรหาว่าปริมาณสารละลายที่ให้กับพืชนั้นมีเนื้อยาจริงๆ อยู่เท่าใด และมีการเติมน้ำเพื่อใช้ในการเจือจางเนื้อยามากน้อยเพียงไร

ยกตัวอย่างเช่น

เกษตรกรใช้สารละลายยาปราบศัตรูพืชปริมาณ 1000 ml โดยมีเนื้อยาอยู่ 10 ml และมีน้ำอยู่ 990 ml ดังนั้น การต่อ LCI แบบ Gate to Gate ของพืช จึงต้องมีทั้ง LCI ของยาปราบศัตรูพืช 10 ml และ LCI ของน้ำ 990 ml

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2553 [สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2555]

Common Name	Conc.	Form.	Origin	Quantity (kg)	Value (Baht)
2,4-D dimethyl ammonium	84%	W/V SL	China	4,544,736.00	338,792,524.00
			India	1,360,582.00	112,408,138.90
			Poland	746,619.00	61,374,370.54
alachlor	48%	W/V EC	China	569,253.00	52,853,743.14
	97%	min. Tech.	China	5.00	3,062.00
carbaryl	85%	WP	China	52.00	2,179.00
			U.S.A.	260,000.00	57,590,000.00
lambda-cyhalothrin	2.5%	W/V CS	Indonesia	43,240.00	7,569,256.00
		W/V EC	China	88,860.00	7,741,593.00
			Indonesia	51,840.00	8,715,456.00
	95%	min. Tech.	China	2.00	63.00

ตัวอย่างเช่น

พืชไร่ A ให้ผลผลิต 2,000 kg ต่อไร่ โดยในการผลิตนั้นเกษตรกรซื้อยาปราบศัตรูพืช Glyphosate 48% W/V (มีเนื้อสารอยู่ 48 g ต่อปริมาตร 100 ml) มาใช้ ก่อนใช้จะนำยาปราบศัตรูพืช มาละลายน้ำในสัดส่วนยาปราบศัตรูพืช 25 ml ต่อ น้ำ 20 ลิตร และใน 1 ไร่ จะใช้สารละลายยาปราบศัตรูพืชที่ผสมน้ำแล้ว 80 ลิตร ฉีดเพียงครั้งเดียว เมื่อจะประเมิน LCA ของพืชไร่ A 1 kg ได้สืบค้นข้อมูลและพบ LCI ของ Glyphosate (มีแต่เนื้อ Glyphosate)

อยากทราบว่าจะต้องทำอย่างไรเพื่อให้ได้ LCI แบบ Cradle to Gate ของพืชไร่ A 1 kg

(เนื้อ Glyphosate มีความหนาแน่น = 1.6 g/ml (MSDS Safety Data Sheet, CAS number 001071-83-6))

ใน **1 ไร่** (ได้พืชไร่ A 2,000 kg) **จะใช้ Glyphosate 48% W/V**	= 25 ml/20 ลิตร x 80 ลิตร
	= **100 ml**
การผลิตพืชไร่ A **1 kg จะใช้ Glyphosate 48% W/V**	= 100 ml/2,000 kg x 1 kg
	= **0.05 ml**
Glyphosate 48% W/V **0.05 ml** มีเนื้อยาอยู่	= 48 g/100ml x 0.05 ml
	= **0.024 g**
เนื้อยา 0.024 g มีปริมาตร	= 1 ml/1.6 g x 0.024 g
	= **0.015 ml**
Glyphosate 48% W/V **0.05 ml มีส่วนผสมอื่นอยู่**	= 0.05 – 0.015
	= **0.035 ml**

ดังนั้น จะต้องนำ LCI ของ Glyphosate (เนื้อยาล้วน) 0.024 g และ LCI ของส่วนผสมอื่นอีก 0.035 ml มาต่อกับ LCI แบบ Gate to Gate ของพืชไร่ A (ทั้งนี้ ส่วนผสมอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบใน Glyphosate 48% W/V สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (MSDS Safety Data Sheet; MSDS))

ข้อควรระวัง การคำนวณปริมาณยาปราบศัตรูพืช หรือปุ๋ยน้ำ ควรระวังเรื่องความเข้มข้นและหน่วย ว่าเป็นหน่วยปริมาตร (ml, cm^3, L) หรือหน่วยของน้ำหนัก (g, kg, ton)

6.2 เลือก LCI ของยาปราบศัตรูพืชตามองค์ประกอบหลัก

ยาปราบศัตรูพืชมีมากมายหลายชนิด หากไม่สามารถหา LCI ที่ตรงตามชื่อของยาปราบศัตรูพืชได้ อาจเลือกใช้ LCI โดยดูจากองค์ประกอบหลักแทน ทั้งนี้ยาปราบศัตรูพืชสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามองค์ประกอบทางเคมี คือ [ทรงพล, 2554]

- กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) หรือมีอีกชื่อหนึ่งว่ากลุ่ม Chlorinated Hydrocarbon มีฤทธิ์ตกค้างนานสลายตัวยาก มีผลทำลายระบบประสาทส่วนกลาง และอาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง ตัวอย่างของสารเคมีในกลุ่มนี้ ได้แก่ DDT, Chlordane, Lindane, Dieldrin, Aldrin, Endrin, BHC, Heptachlor และ Endosulfan เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยได้ยกเลิกการใช้สารกลุ่มนี้ในทางการเกษตรแล้ว และฐานข้อมูล LCI ในระดับนานาชาติ มักไม่มี LCI ของยาปราบศัตรูพืชกลุ่มนี้
- กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) มีฟอสฟอรัส (P) เป็นองค์ประกอบสำคัญ จะออกฤทธิ์ในช่วงสั้นๆ จึงมักใช้กับพืชที่มีอายุการปลูกไม่นานก็เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ เช่น ผักและผลไม้บางชนิด ยาปราบศัตรูพืชในกลุ่มนี้ชนิดที่นิยมใช้กัน ได้แก่ Methyl Parathion, Monocrotophos, Methamidophos, Dimethodate, Malathion, Mevinphos และ Chlorpyrifos
- กลุ่มคาร์บาเมท (Carbamate) มีไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบสำคัญ ลักษณะของการออกฤทธิ์คล้ายคลึงกับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยจะออกฤทธิ์ในช่วงสั้นๆ และสามารถขับถ่ายออกจากร่างกายของสัตว์ได้อย่างรวดเร็วโดยทางปัสสาวะ ยาปราบศัตรูพืชในกลุ่มนี้ ได้แก่ Methomyl, Carbaryl, Carbofuran และ Methiocarb เป็นต้น

- กลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroid) มีโครงสร้างคล้าย Pyrethrins ที่ได้จากพวกดอกเบญจมาศ สารเคมีในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพสูง แม้ใช้ในอัตราความเข้มข้นต่ำ มีปัญหาด้านพิษตกค้างน้อยมาก มีความปลอดภัยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมากกว่าสารเคมีกลุ่มอื่น แต่เนื่องจากสังเคราะห์ยากจึงทำให้มีราคาแพง ยาปราบศัตรูพืชในกลุ่มนี้ชนิดที่นิยมใช้กัน ได้แก่ Cypermethrin, Cyhalothrin, Permethrin และ Lamda-cyhalothrin

ตัวอย่าง

การปลูกธัญพืช A มีการใช้ยาปราบศัตรูพืชชื่อ Cypermethrin แต่ไม่สามารถหา LCI ของยาปราบศัตรูพืชชนิดนี้ได้ อย่างไรก็ตามทราบว่า Cypermethrin เป็นสารในกลุ่ม Pyrethroides ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ LCI ของ Pyrethroides แทนได้

การปลูกธัญพืช B มีการใช้ยาปราบศัตรูพืชชื่อ Bromoxynil แต่ไม่สามารถหา LCI ของยาปราบศัตรูพืชชนิดนี้ได้ เนื่องจาก Bromoxynil มีหมู่ไนตริล ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ LCI ชื่อ Nitrile-compounds แทนได้

6.3 หากไม่สามารถหา LCI ของยาปราบศัตรูพืชหรือกลุ่มยาได้

หากไม่สามารถหา LCI ของยาปราบศัตรูพืชหรือ LCI ของกลุ่มยาปราบศัตรูพืชชนิดนั้นๆ แทนได้ อาจใช้ LCI ที่เป็นข้อมูลเฉลี่ยของยาปราบศัตรูพืชหลายๆ ชนิด เช่น ฐานข้อมูล Ecoinvent มี LCI ของ “Herbicides, at regional storehouse/RER” และ “Pesticides unspecified, at regional storehouse/RER” ซึ่งมาจากการเฉลี่ย LCI ของสารออกฤทธิ์ของยาปราบศัตรูพืชหลายๆ ชนิด

7. LCI นี้เป็นของเชื้อเพลิงหรือของความร้อนกันแน่?

LCI ของเชื้อเพลิงและความร้อนอาจมีชื่อที่คล้ายกัน จึงอาจทำให้เข้าใจผิดว่า LCI ที่เลือกใช้นั้นเป็น LCI ของการผลิตเชื้อเพลิง แต่ในความเป็นจริงคือ LCI ของความร้อนที่ได้จากการเผาเชื้อเพลิง เช่น LCI ที่ชื่อว่า “natural gas, burned in industrial furnace” เป็น LCI ของความร้อนที่ได้จากการเผาก๊าซธรรมชาติ (Natural gas) ดังนั้น จึงควรอ่าน Documentation ของแต่ละ LCI ให้เข้าใจรวมถึงพิจารณารายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกของ LCI นั้นๆ ก่อนเลือกใช้ เนื่องจากสารขาเข้าและสารขาออกจะทำให้ทราบว่า LCI นั้นเป็น LCIของเชื้อเพลิงหรือความร้อนกันแน่

8. จะหาข้อมูล LCI ได้จากที่ใดบ้าง

LCI ของสารชนิดต่างๆ มีการรวบรวมไว้เป็นฐานข้อมูลในลักษณะต่างๆ เช่น ในซอฟต์แวร์ หรือในศูนย์เก็บข้อมูล LCI ของประเทศ หรือการรายงานแยกเป็น LCI ของสารที่สนใจศึกษาเพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง (เช่น วิทยานิพนธ์ หรือบทความทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ) แหล่งข้อมูล LCI แบ่งออกได้ ดังนี้

- ซอฟต์แวร์ประเมิน LCA เช่น JEMAI Pro ของประเทศญี่ปุ่น SimaPro ของประเทศเนเธอร์แลนด์ Umberto ของประเทศเยอรมัน และ Gabi ของประเทศเยอรมัน เป็นต้น
- ศูนย์เก็บข้อมูล LCI ของประเทศ ซึ่งบางประเทศจะเผยแพร่ทาง website เช่น USLCI สำหรับประเทศไทย ผู้ที่สนใจข้อมูล LCI ระดับประเทศ สามารถขอข้อมูลได้โดยดูรายละเอียดได้ที่www.thailcidatabase.net
- บริษัทที่ขายฐานข้อมูล LCI เช่น Ecoinvent
- รายงานประจำปีของสมาคมอุตสาหกรรมแต่ละประเภท โดยอาจมีการเผยแพร่ทาง website ของแต่ละสมาคมฯ
- วิทยานิพนธ์
- บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

ผู้ที่จะเลือกใช้ LCI ควรพิจารณาความถูกต้อง ความสมบูรณ์ และความเหมาะสมก่อนนำ LCI มาใช้ดังหลักการที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

9. ทำอย่างไรเมื่อไม่สามารถหา LCI ได้

หากไม่สามารถหา LCI ของสารที่ต้องการได้ อาจจำเป็นต้องจัดทำ LCI ของสารนั้นเอง หรือใช้ LCI ของสารอื่นทดแทน หรือตัดสารนั้นออกจากการศึกษา (หรือที่เรียกว่า cut off)

9.1 จัดทำ LCI ขึ้นเอง หรือหา LCI ของสารอื่นทดแทน

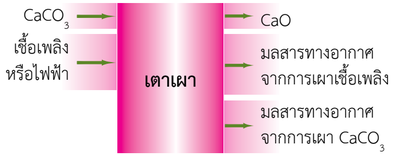
หากไม่สามารถหา LCI ของสารใดสารหนึ่งได้จากแหล่งข้อมูลข้างต้น ผู้ศึกษาอาจต้องจัดทำ LCI ขึ้นเองโดย

- สอบถามจากผู้ผลิตโดยตรง เช่น สอบถามการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลการเกษตรจากเกษตรกรโดยตรง
- สืบค้นจากสิทธิบัตร ซึ่งจะบอกวิธีการผลิตสารใดสารหนึ่งไว้ (เช่น วัตถุดิบที่ใช้ อุณหภูมิที่ใช้ และพลังงานที่ใช้) จากนั้นผู้ศึกษาต้องคำนวณสิ่งที่ควรจะมีในสารขาเข้าและสารขาออกเอง
- สืบค้นจากหนังสือวิชาการ หรือคู่มือต่างๆ ประกอบกัน เช่น หนังสือ Encyclopedia และคู่มือการจัดการคุณภาพการปฏิบัติทางเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agricultural Practice; GAP) ของกรมวิชาการเกษตร เป็นต้น
- สอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ เช่น หากอยากทราบ LCI ของปุ๋ยอินทรีย์ ควรสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ หากอยากทราบเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาขยะประเภทใดประเภทหนึ่ง ควรสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการขยะ แต่หากอยากทราบ LCI ของการเลี้ยงปลาน้ำจืด ควรสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญการเลี้ยงปลา
- ทำการตรวจวัดเองโดยตรง เช่น ต้องการทราบมลสารจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลการเกษตร อาจหาเครื่องมือมาตรวจวัดมลสารชนิดต่างๆ โดยวัดหลายๆ ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

- ประมาณค่าจากข้อมูลที่มีผู้รายงานไว้แล้ว เช่น ต้องการข้อมูล LCI ของความร้อน 1 MJ จากการเผาน้ำมันเตาของไทย อาจใช้ LCI ของความร้อน 1 MJ จากการเผาน้ำมันเตาของยุโรปที่ใช้อุปกรณ์ชนิดเดียวกัน แต่น้ำมันเตาของไทยและยุโรปอาจมีปริมาณกำมะถันไม่เท่ากัน ส่งผลให้ SO_2 ที่ได้จากการเผาไหม้แตกต่างกันด้วย ดังนั้น หากเราแก้ไขเพียงปริมาณ SO_2 ใน LCI ของยุโรป ก็จะได้ LCI ของไทยตามที่ต้องการ
- ใช้ LCI ของสารอื่นทดแทน โดยที่ทราบว่า LCI ที่จะนำมาใช้นั้นคล้ายกับ LCI ของสารที่ต้องการ อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาผลกระทบด้านต่างๆ (Impact Category) ที่สนใจด้วย เช่น หากสนใจประเมินผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (Climate Change) การนำ LCI ของสารที่คล้ายกันและใช้เทคโนโลยีเดียวกันในการผลิตมาแทนที่ LCI ที่เราหาไม่พบนั้นอาจไม่ส่งผลที่ต่างจากที่ควรจะเป็นมากนัก แต่อาจส่งผลที่ต่างจากความเป็นจริงมากหากพิจารณาผลกระทบด้านอื่น เช่น การสิ้นเปลืองทรัพยากรโลหะ (Metal Depletion) เพราะเป็นวัสดุคนละชนิดกัน

ตัวอย่างการหา LCI โดยใช้ข้อมูลจากแหล่งต่างๆ มาประกอบกัน

คุณพรต้องการ LCI ของแคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide; CaO) แต่ไม่สามารถหา LCI ได้ อย่างไรก็ตามเมื่อสืบค้นจากเอกสารทางวิชาการทำให้ทราบว่า CaO เกิดจากการเผาแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate; $CaCO_3$) และจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการผลิต อีกทั้งยังทราบว่าการผลิต CaO 1 kg จะใช้พลังงาน “E” MJ ด้วย ดังนั้น คุณพรจึงเขียนแผนภาพสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิต CaO และค้นหา LCI ของ $CaCO_3$ และพลังงานได้จากซอฟต์แวร์ประเมิน LCA ดังนั้น หากคุณพรนำ LCI ของ $CaCO_3$ มาต่อกับ LCI ของพลังงานที่ใช้เผา รวมทั้งมลสารที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ก็จะได้ LCI ของ CaO



ขั้นตอนต่อไป คือ คุณพรต้องหาว่า มีการใช้พลังงานชนิดใดในการเผา CaO (อาจจะเป็นไฟฟ้า หรือน้ำมันเตา หรือก๊าซธรรมชาติ) ซึ่งคุณพรอาจจะถามจากบริษัทหรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอความเห็นเรื่องชนิดพลังงาน (อาจแตกต่างกันไปตามประเทศ) หากพลังงานที่ใช้เป็นไฟฟ้าไม่ต้องรวมมลสารทางอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง แต่ต้องรวมมลสารทางอากาศจากการเผา $CaCO_3$ หากพลังงานที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง คุณพรต้องหาว่า ปริมาณเชื้อเพลิงเท่าใดจึงจะให้พลังงานเท่ากับ “E” MJ ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้ค่าพลังงานของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่มีการรายงานกันโดยทั่วไป เช่น จาก website ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

9.2 Cut off (ตัดออก)

หากเราไม่สามารถหา LCI ของสารที่ต้องการได้ เราอาจทำการ Cut off สารนั้น ออกจากการพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อม หากสารนั้นมีปริมาณน้อยมากและไม่ได้มีส่วนประกอบของโลหะหนัก (ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโลหะหนัก แม้เพียงเล็กน้อยแต่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มาก) การประเมิน LCA ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีการ Cut off LCI บางตัวออกไป ผลการประเมินอาจต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นหากมีการ Cut off ควรบันทึกชนิดและปริมาณสารที่ถูก Cut off ไว้ด้วย เพื่อสื่อสารให้ผู้อ่านรายงานทราบ หรือเพื่อใช้พิจารณาร่วมในการตีความ (Interpretation) ผลการประเมิน LCA

Cut off (ตัดออก) คือ การไม่รวมข้อมูลของสารขาเข้าหรือสารขาออกบางส่วนในการเก็บข้อมูล หรือในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยที่ข้อมูลที่ถูกตัดออกไปนั้นไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลกระทบที่เกิดจากระบบผลิตภัณฑ์

10. เอกสารอ้างอิง

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

ทรงพล โต้ชารี. 2554. *การตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม*. ส่วนน้ำเสียเกษตรกรรม สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.

ห้องปฏิบัติการการประเมินวัฏจักรชีวิต ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2555. *การจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของประเทศไทย*. 84 หน้า.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรกรมวิชาการเกษตร.2554.*ปริมาณนำเข้าปุ๋ยเคมี ปี 2554*. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/ard/images/stories/stat/stat_405.pdf

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2555. *รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2555*. แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/ard/FileUpload/StatisticsHazardDetail%2055.pdf