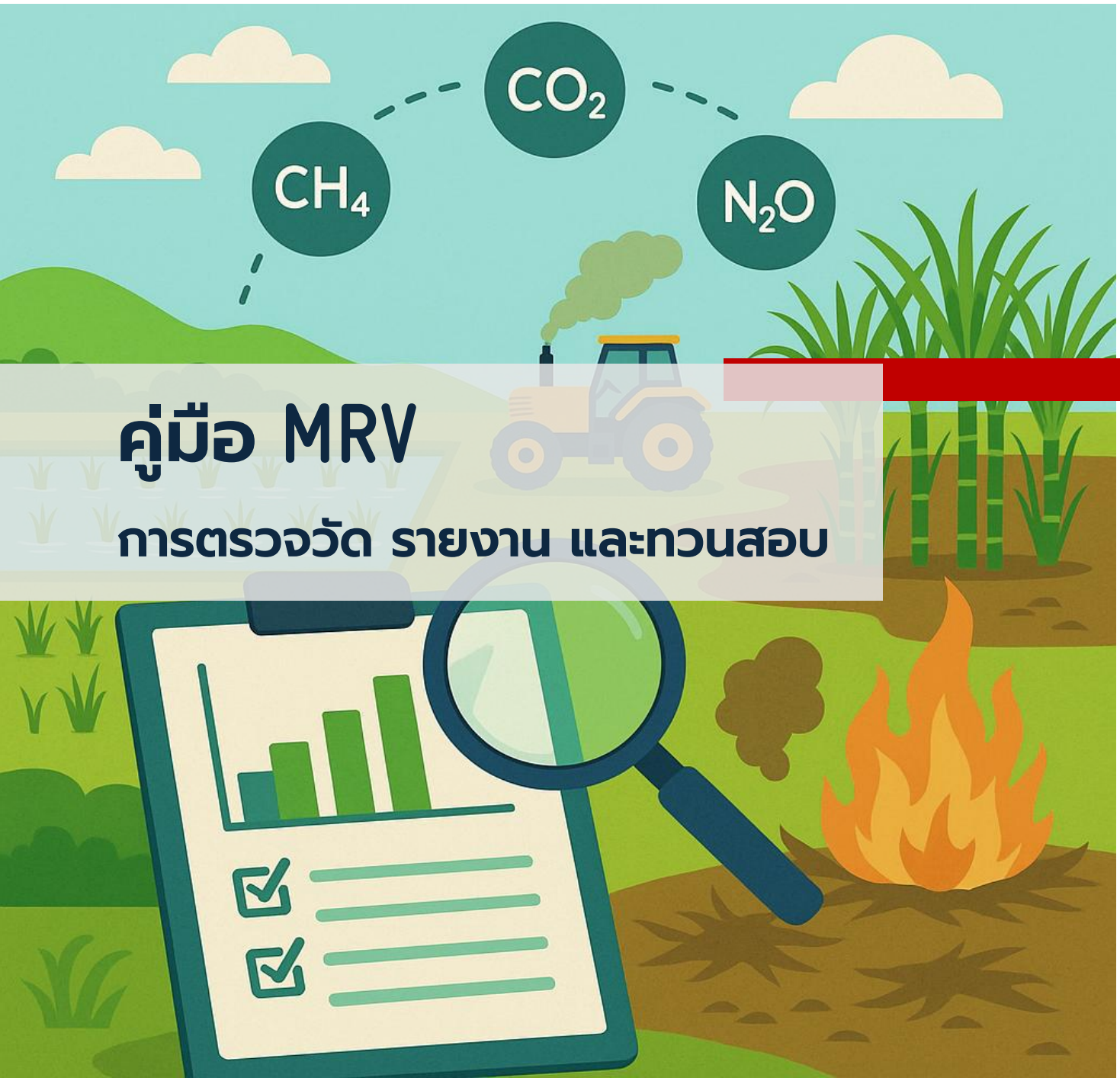


คู่มือ MRV

การตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร สำหรับโครงการส่งเสริมการจัดการชีวมวลของข้าวและอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว

Guideline on MRV for Rice and Sugarcane Biomass Project: From Cultivation to Biomass Buyer

Published by

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

On behalf of:

Federal Ministry for the Environment, Climate Action, Nature Conservation and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany

IKI INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE

TGC EMC Thai - German Cooperation on Energy, Mobility and Climate

เผยแพร่โดย:
องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ)
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

สำนักงานใหญ่:
เมืองบอนน์และเมืองเอชบอร์น สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี
Bonn and Eschborn, Germany

ที่อยู่ สำนักงาน GIZ กรุงเทพฯ (GIZ Office Bangkok):
193/63 อาคารเลครัชดาออฟฟิศคอมเพล็กซ์ (ชั้น 16) ถ.รัชดาภิเษกตัดใหม่ คลองเตย กรุงเทพฯ 10110 ประเทศไทย
193/63 Lake Rajada Office Complex (16th floor) New Ratchadapisek Road, Klongtoey Bangkok 10110 Thailand
T: (+66) 2 661 9273
E: info@giz.de
I: www.giz.de/en

โครงการ (Programme):
โครงการความร่วมมือไทย-เยอรมันด้านพลังงาน คมนาคม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (TGC EMC)
Thai-German Cooperation on Energy, Mobility and Climate (TGC EMC)

ผู้เขียน (Authors):
ดร.นิตยา ชาอุ่น, นักวิจัย, บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Dr. Nittaya Cha-un, Researcher, The Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)

บรรณาธิการ (Editor):
นรวิชญ์ สุวรรณกาญจน์, องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ)
Norawit Suwannakarn, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

เครดิตภาพ (Photo credits):
ดร.นิตยา ชาอุ่น, JGSEE-KMUTT
Dr.Nittaya Cha-un, JGSEE-KMUTT
Create infographics with ChatGPT

ที่ตั้งและปีที่เผยแพร่ (Location and year of publication):
กรุงเทพฯ, 2568
Bangkok, 2025

คำนำ

การประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP 16) ได้เน้นย้ำให้ประเทศสมาชิกดำเนินการจัดทำรายงานแห่งชาติ (NC), บัญชีก๊าซเรือนกระจก (National Greenhouse Gas Inventory) และแผนการลดก๊าซเรือนกระจก (NAMAs) ภายใต้ระบบการตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ (MRV: Measurement, Reporting, and Verification) เพื่อยกระดับคุณภาพของข้อมูลให้สอดคล้องกับหลักการ TACCC ได้แก่ โปร่งใส (Transparent), ถูกต้อง (Accurate), สอดคล้อง (Consistent), สมบูรณ์ (Complete) และเปรียบเทียบได้ (Comparable)

ระบบ MRV ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการติดตามผลด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งในระดับประเทศ เมือง และโครงการ โดยเฉพาะในภาคเกษตรกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงและมีความซับซ้อนในการตรวจวัด จากข้อมูลปี 2022 พบว่า ภาคเกษตรกรรมของไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเกษตรที่สำคัญ เช่น การปลูกข้าว การใช้ปุ๋ย การจัดการดิน และปศุสัตว์ มีปริมาณ 68.93 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยเฉพาะการปลูกข้าว ซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 33.89 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือคิดเป็น 49.16% ของการปล่อยทั้งหมดในภาคเกษตรกรรม (Thailand's 1st BTR, 2024)

กิจกรรมทางการเกษตร เช่น การขังน้ำนาข้าวอย่างต่อเนื่อง การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเกินความจำเป็น การจัดการดินเกษตร การเผาชีวมวล และการใช้เครื่องจักรกล ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2, CH_4, N_2O) และมลพิษทางอากาศ (PM2.5, CO, NO_x, SO_x) อย่างไรก็ตาม หากมีการจัดการที่เหมาะสม เช่น การลดระยะเวลาขังน้ำ การใช้ปุ๋ยหรือการจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ประโยชน์เศษชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญ

โครงการความร่วมมือไทย-เยอรมันด้านพลังงาน คมนาคม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Thai-German Cooperation on Energy, Mobility and Climate, TGC EMC) กลุ่มงานพลังงานชีวมวล ภายใต้การกำกับของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงได้มีการจัดทำ **คู่มือ MRV "การตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร สำหรับโครงการส่งเสริมการจัดการชีวมวลของข้าวและอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว"** ขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ หลักการ และวิธีการดำเนินงาน MRV อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล และเป็นเครื่องมือในการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานในโครงการหรือกิจกรรมอื่นๆ ที่มีการส่งเสริมการจัดการชีวมวลของข้าวและอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว อันจะช่วยสนับสนุนภาคเกษตรของไทยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

คู่มือ MRV ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายหน่วยงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คณะทำงานของโครงการความร่วมมือไทย-เยอรมัน ด้านพลังงาน คมนาคม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (TGC EMC) กลุ่มงานพลังงานชีวมวล ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาคู่มือ MRV ในครั้งนี้ โดยหน่วยงานดังกล่าว ได้แก่

1) สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
3) กรมการข้าว
4) กรมพัฒนาที่ดิน
5) กรมวิชาการเกษตร
6) กรมส่งเสริมการเกษตร
7) สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
8) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย
9) กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม
10) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
11) องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ)

นอกจากนี้ ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวของจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสุพรรณบุรี และกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยของจังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาคู่มือ MRV ในครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในหน่วยภาครัฐของจังหวัดนครสวรรค์ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครสวรรค์ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวนครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ และอื่น ๆ) ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ

ผู้เขียน

ดร.นิตยา ชาอุ่น

สารบัญ

คำนำ	iii
กิตติกรรมประกาศ	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญรูป	vii
สัญลักษณ์ คำย่อ และหน่วยต่าง ๆ	viii
บทที่ 1: ภาพรวมของ MRV และหลักการสำคัญ	1
บทที่ 2: กลไกการเกิด การปล่อย และแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร	7
บทที่ 3: การตรวจวัด (Measurement) ก๊าซเรือนกระจก	12
บทที่ 4: การรายงาน (Reporting) ปริมาณก๊าซเรือนกระจก	32
บทที่ 5: การทวนสอบ (Verification) ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก	35
บทที่ 6: การใช้ MRV ในโครงการ TGC EMC กลุ่มงานพลังงานชีวมวล	38
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก: ตัวอย่างแบบสอบถาม ตารางคำนวณ และค่า Emission Factors	42

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 สรุปกลไกการเกิดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร 9

ตารางที่ 2 ตัวอย่างกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณในระดับโครงการ 15

ตารางที่ 3 ตัวอย่างกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกข้าว 24

ตารางที่ 4 ตัวอย่างกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกอ้อย 27

สารบัญรูป

รูปที่ 1 ขอบเขตของ MRV 3

รูปที่ 2 หลักการสำคัญของ MRV (TACCC) 4

รูปที่ 3 ปัจจัยควบคุมการปล่อย CH_4 จากนาข้าว 8

รูปที่ 4 แนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง 12

รูปที่ 5 ระดับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC 13

รูปที่ 6 ตัวอย่างขอบเขตการตรวจวัด ในระดับโครงการชีวมวลของข้าว 16

รูปที่ 7 ตัวอย่างขอบเขตการตรวจวัด ในระดับโครงการชีวมวลของอ้อย 16

รูปที่ 8 ตัวอย่างขอบเขตและข้อมูลกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกข้าว 24

รูปที่ 9 ตัวอย่างขอบเขตและข้อมูลกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกอ้อย 27

รูปที่ 10 ตัวอย่างในการวางแผนการเก็บข้อมูลกิจกรรม 29

สัญลักษณ์ คำย่อ และหน่วยต่าง ๆ

สัญลักษณ์และคำย่อ

AWD	Alternate Wetting and Drying	การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งในนาข้าว
BTR	Biennial Transparency report	รายงานความโปร่งใสทุกสองปี
BUR	Biennial Update Report	รายงานความก้าวหน้ารายสองปี
CH_4	Methane	ก๊าซมีเทน
CO_2	Carbon dioxide	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
CO_2e	Carbon dioxide equivalent	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
EF	Emission Factor	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
GHG	Greenhouse gas	ก๊าซเรือนกระจก
GISTDA	Geo-Informatics and Space Technology Development Agency	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH	องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน
GWP	Global Warming Potential	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
MRV	Measurement, Reporting and Verification	การตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ
N_2O	Nitrous oxide	ก๊าซไนตรัสออกไซด์
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Actions	แผนการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ
NC	National Communication	การจัดทำรายงานแห่งชาติ
NDCs	Nationally Determined Contributions	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประกาศเจตจำนง
SSNM	Site-specific Nutrient Management	การจัดการธาตุอาหารในนาข้าวอย่างมีประสิทธิภาพ
TACCC	Transparent, Accurate, Consistent, Complete Comparable	ระบบการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลที่สอดคล้องกับหลักการ โปร่งใส, ถูกต้อง, สอดคล้อง, สมบูรณ์ และเปรียบเทียบได้
TGC-EMC	Thai-German Cooperation on Energy, Mobility and Climate	โครงการความร่วมมือไทย-เยอรมันด้านพลังงาน คมนาคม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)	กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

หน่วยของน้ำหนัก (มวล) ตามระบบมาตรฐานสากล (SI Units)

กิโลกรัม (kg)	หน่วยมาตรฐานสากลของน้ำหนัก (มวล) เท่ากับ 1,000 กรัม
กรัม (g)	หน่วยพื้นฐานขนาดเล็กในระบบเมตริก 1 กิโลกรัม = 1,000 กรัม
มิลลิกรัม (mg)	หน่วยย่อยของกรัม ใช้วัดปริมาณที่เล็กมากๆ (1 กรัม = 1,000 มิลลิกรัม)
เมตริกตัน (ตัน, t)	หน่วยน้ำหนักใหญ่ในระบบเมตริก 1 เมตริกตัน = 1,000 กิโลกรัม

หน่วยของพื้นที่และการแปลงหน่วยที่สำคัญ

ระบบไทย	1 ไร่ = 4 งาน = 400 ตารางวา = 1,600 ตารางเมตร
	1 งาน = 100 ตารางวา = 400 ตารางเมตร
	1 ตารางวา = 4 ตารางเมตร
เทียบไทย–สากล	1 ไร่ = 0.16 เฮกตาร์ = 0.0016 ตารางกิโลเมตร
	1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่
	1 ตารางกิโลเมตร = 625 ไร่

ตัวนำหน้าหน่วย (SI Prefix)

Prefix (ภาษาไทย)	Prefix (ภาษาอังกฤษ)	สัญลักษณ์	ค่าเลขยกกำลัง	ตัวคูณ (Multiplier)
เทระ	tera	T	10^{12}	1,000,000,000,000
จิกะ	giga	G	10^{9}	1,000,000,000
เมกะ	mega	M	10^{6}	1,000,000
กิโล	kilo	k	10^{3}	1,000
เฮกโต	hecto	h	10^{2}	100
เดคา	deca	da	10^{1}	10
(หน่วยฐาน)	—	—	10^{0}	1
เดซิ	deci	d	10^{-1}	0.1
เซนติ	centi	c	10^{-2}	0.01
มิลลิ	milli	m	10^{-3}	0.001
ไมโคร	micro	μ	10^{-6}	0.000001
นาโน	nano	n	10^{-9}	0.000000001
พิโก	pico	p	10^{-12}	0.000000000001

บทที่ 1:

ภาพรวมของ MRV และหลักการสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นหนึ่งในความท้าทายระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วน รวมถึงภาคเกษตรกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหาร เศรษฐกิจ และวิถีชีวิตของประชาชน ระบบการตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ หรือ MRV (Measurement, Reporting, and Verification) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นกลไกสำคัญในการบริหารจัดการข้อมูลด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การลดการปล่อยก๊าซ และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเป็นระบบ

ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และความตกลงปารีส (Paris Agreement) ประเทศสมาชิก รวมถึงประเทศไทย จำเป็นต้องจัดทำข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างมีคุณภาพ โปร่งใส และตรวจสอบได้ ระบบ MRV จึงมีบทบาทสำคัญในการรองรับการรายงานระดับชาติ (National Reporting) การติดตามความก้าวหน้าการลดก๊าซเรือนกระจก (Tracking Progress) และการสนับสนุนการเข้าถึงกลไกทางการเงินและความร่วมมือระหว่างประเทศ

บทนี้จะนำเสนอภาพรวมของ MRV ตั้งแต่นิยาม ความสำคัญ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการดำเนินงาน ตลอดจนหลักการสำคัญที่ต้องยึดถือ เพื่อวางรากฐานความเข้าใจสำหรับการดำเนินงาน MRV ในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะกิจกรรมการปลูกข้าวและอ้อยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย

1.1 ความหมายของ MRV

MRV ย่อมาจาก **Measurement, Reporting, and Verification** หรือการ **ตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ** เป็นกระบวนการที่มีเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การลดการปล่อย และการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำมาใช้ในการจัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซของประเทศอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง และตรวจสอบได้

ระบบ MRV มีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการดำเนินงานตามพันธกรณีระหว่างประเทศ เช่น กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) รวมถึงเป้าหมายภายใต้ความตกลงปารีส (Paris Agreement) และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

การดำเนินการ MRV ที่มีคุณภาพสูงช่วยให้:

- ประเทศสามารถประเมินผลการดำเนินงานด้านการลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างแม่นยำ
- สร้างความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือให้กับข้อมูลที่ใช้ในการรายงานระหว่างประเทศ
- วางแผนและกำหนดนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของระบบ MRV

- ตรวจวัดและบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยหรือการลดก๊าซเรือนกระจก
- รายงานข้อมูลอย่างเป็นระบบในระดับโครงการ ระดับเมือง หรือระดับประเทศ
- ทวนสอบข้อมูลเพื่อยืนยันความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ

- สร้างฐานข้อมูลกลางที่สามารถใช้สำหรับการวิเคราะห์และวางแผนด้านนโยบาย
- สนับสนุนการเข้าถึงกลไกทางการเงินระหว่างประเทศ เช่น กองทุนสภาพภูมิอากาศสีเขียว (Green Climate Fund)

1.3 ขอบเขตของ MRV

การดำเนินงานระบบตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ (MRV) ครอบคลุมการดำเนินการในหลายระดับ ตั้งแต่ระดับประเทศ ระดับโครงการ จนถึงระดับกิจกรรมเฉพาะเจาะจง โดยมีรายละเอียดของขอบเขตดังนี้:

1.3.1 MRV ในระดับประเทศ (National MRV)

MRV ในระดับประเทศจะหมายถึงการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศ (National GHG Inventory) รายงานแห่งชาติ (National Communication: NC) และรายงานความก้าวหน้าในการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรายสองปี (Biennial Update Report: BUR หรือ Biennial Transparency Report: BTR) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพันธกรณีนานาชาติภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) และความตกลงปารีส (Paris Agreement)

ในระดับนี้ MRV ทำหน้าที่สำคัญในการ:

- ติดตามความก้าวหน้าในการบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก (NDC targets)
- ประเมินผลรวมของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ
- เสริมสร้างความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือในการรายงานข้อมูลระหว่างประเทศ

1.3.2 MRV ในระดับโครงการ (Project-based MRV)

ในระดับโครงการ MRV จะเน้นการตรวจวัดและประเมินผลการดำเนินกิจกรรมหรือโครงการเฉพาะที่มุ่งลด ดูดซับ และกักเก็บก๊าซเรือนกระจก เช่น โครงการลดการเผาชีวมวลในที่โล่ง การจัดการน้ำในนาข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน การกักเก็บคาร์บอนในดินและชีวมวล

การดำเนิน MRV ในระดับโครงการประกอบด้วย:

- การกำหนดขอบเขตของโครงการ (Project Boundary)
- การเลือกวิธีการวัดและคำนวณการลด ดูดซับ และกักเก็บก๊าซเรือนกระจก
- การเก็บข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) และข้อมูลค่าการปล่อย (Emission Factor)
- การทวนสอบผลลัพธ์การลด ดูดซับ และกักเก็บก๊าซโดยบุคคลที่สาม (Third-party Verification)

MRV ระดับโครงการยังสามารถใช้ในการสนับสนุนการขอรับการรับรองคาร์บอนเครดิตจากกลไกต่าง ๆ เช่น โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (T-VER) หรือกลไกตลาดคาร์บอนระหว่างประเทศ เช่น กลไกเครดิตร่วม (Joint Crediting Mechanism) หรือ JCM

1.3.3 MRV ในระดับกิจกรรม (Activity-based MRV)

MRV ในระดับกิจกรรมเน้นการตรวจวัดเฉพาะกิจกรรมหรือปฏิบัติการเกษตรกรรมบางประเภทที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น:

- การเผาฟางในแปลงนา
- การสูบน้ำเพื่อการเกษตร
- การใช้เครื่องจักรกลการเกษตร
- การใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์

การดำเนินงานในระดับนี้มักใช้ในการศึกษาทดลอง หรือเป็นฐานข้อมูลประกอบการขยายผลไปยังระดับโครงการหรือระดับประเทศ

1.3.4 ขอบเขตเชิงพื้นที่ (Geographical Scope)

นอกจากขอบเขตการดำเนินงานตามระดับแล้ว MRV ยังสามารถกำหนดขอบเขตเชิงพื้นที่ เช่น:

- ระดับฟาร์มหรือไร่นา
- ระดับตำบล อำเภอ จังหวัด
- ระดับประเทศ

การกำหนดขอบเขตเชิงพื้นที่ช่วยให้การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผลสอดคล้องกับการวางแผนและการตัดสินใจในแต่ละระดับอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นการกำหนดขอบเขตของ MRV ที่ชัดเจนมีความสำคัญต่อความแม่นยำของข้อมูล ความสอดคล้องของกระบวนการ และการประเมินผลลัพธ์ของการดำเนินงานด้านการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในระดับโครงการเฉพาะกิจ ไปจนถึงการรายงานระดับประเทศภายใต้พันธกรณีนานาชาติ

รูปที่ 1 ขอบเขตของ MRV

1.4 หลักการสำคัญของ MRV

เพื่อให้การดำเนินงานตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ (MRV) มีความน่าเชื่อถือ และได้รับการยอมรับในระดับสากล การดำเนินการ MRV จำเป็นต้องปฏิบัติตามหลักการสำคัญ 5 ประการที่เรียกรวมกันว่า TACCC ได้แก่:

1.4.1 Transparency (ความโปร่งใส)

การดำเนินการ MRV ต้องมีความโปร่งใสในทุกขั้นตอน ข้อมูล สมมติฐาน ระเบียบวิธี และกระบวนการที่ใช้ในการตรวจวัดและรายงานผล ต้องถูกบันทึกไว้อย่างชัดเจน และเปิดเผยให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงได้ง่าย เพื่อให้สามารถตรวจสอบและทวนสอบข้อมูลได้อย่างครบถ้วน

ตัวอย่างเช่น การระบุแหล่งข้อมูลที่ใช้ วิธีการเก็บข้อมูล และกระบวนการคำนวณ ต้องชี้แจงไว้อย่างละเอียด เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือและหลีกเลี่ยงความเข้าใจผิด

1.4.2 Accuracy (ความถูกต้อง)

ข้อมูลและการคำนวณที่ใช้ในการ MRV ต้องมีความถูกต้องมากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ เพื่อให้สะท้อนสถานการณ์จริง ลดความคลาดเคลื่อน และจำกัดข้อผิดพลาดที่อาจส่งผลกระทบต่อการตัดสินใจเชิงนโยบาย การเลือกใช้ระเบียบวิธีและเครื่องมือวัดที่เหมาะสม และการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเป็นประจำ เป็นสิ่งสำคัญในการยกระดับความแม่นยำของ MRV

รูปที่ 2 หลักการสำคัญของ MRV (TACCC)

1.4.3 Consistency (ความสอดคล้อง)

กระบวนการ MRV ต้องมีความสอดคล้องกันตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการดำเนินงานในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างต่อเนื่อง โดยต้องใช้ระเบียบวิธีและแนวทางเดียวกัน เว้นแต่มีเหตุผลที่ชัดเจนในการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนั้นจะต้องได้รับการบันทึกและอธิบายไว้อย่างโปร่งใส ความสอดคล้องนี้ทำให้การติดตามความก้าวหน้าและการประเมินประสิทธิภาพของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกเป็นไปอย่างมีระบบ

1.4.4 Completeness (ความสมบูรณ์)

การรายงานข้อมูลภายใต้ MRV ต้องครอบคลุมทุกแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการระบุหมวดหมู่ก๊าซเรือนกระจก และประเภทกิจกรรมทั้งหมดที่ควรอยู่ในขอบเขตการรายงาน การเว้นข้ามข้อมูลที่สำคัญหรือแหล่งปล่อยก๊าซที่มีนัยสำคัญ จะทำให้ข้อมูลขาดความสมบูรณ์ และลดความน่าเชื่อถือของการรายงาน

1.4.5 Comparability (ความสามารถในการเปรียบเทียบได้)

ข้อมูลที่รายงานต้องถูกจัดทำในรูปแบบที่สามารถนำไปเปรียบเทียบได้กับข้อมูลจากรอบการรายงานที่ผ่านมา หรือข้อมูลจากประเทศและโครงการอื่น ๆ เพื่อประเมินแนวโน้มและวัดผลลัพธ์อย่างเป็นระบบ การใช้มาตรฐานสากล เช่น แนวทางของ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ในการคำนวณและรายงาน จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการเปรียบเทียบข้อมูลในระดับประเทศและระหว่างประเทศ

ดังนั้นการปฏิบัติตามหลักการ TACCC จึงเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ระบบ MRV มีคุณภาพ น่าเชื่อถือ และสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการวางแผน นโยบาย และการติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับโครงการจนถึงระดับประเทศ

1.5 ความสำคัญของ MRV สำหรับภาคเกษตร

ภาคเกษตรกรรมเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่มีบทบาทสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยและของโลก โดยกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การปลูกข้าว การเลี้ยงสัตว์ การใช้ปุ๋ย และการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ล้วนเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลายชนิด ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูง ดังนั้น การจัดการและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการบรรลุเป้าหมายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะในกรณีของการปลูกข้าวและอ้อย ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย การมีระบบ MRV ที่แม่นยำจะช่วยระบุแหล่งปล่อยก๊าซหลักและโอกาสในการลดการปล่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของประเทศไทยในการบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรอย่างเป็นรูปธรรม

การดำเนินการตรวจวัด รายงาน และทวนสอบ หรือ MRV ในภาคเกษตร มีบทบาทสำคัญในหลายมิติ ได้แก่:

- **สนับสนุนการกำหนดนโยบาย**
  ข้อมูลที่ได้จากระบบ MRV เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวางแผนและกำหนดนโยบายด้านการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้การกำหนดมาตรการต่าง ๆ มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และกิจกรรมการเกษตรที่แท้จริง

- **เสริมสร้างความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือ**
  ระบบ MRV ช่วยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับข้อมูลที่รายงานทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ ส่งเสริมให้ประเทศไทยสามารถแสดงผลการดำเนินงานด้านการลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างโปร่งใสตามข้อกำหนดของ UNFCCC และความตกลงปารีส

- **รองรับการติดตามและประเมินผล**
  MRV ช่วยในการติดตามความก้าวหน้าในการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง สามารถประเมินผลลัพธ์จากการดำเนินโครงการหรือมาตรการต่าง ๆ ในภาคเกษตรได้อย่างเป็นระบบ

- **เพิ่มโอกาสการเข้าถึงกลไกสนับสนุนทางการเงินและตลาดคาร์บอน**
  ข้อมูลที่ได้จากระบบ MRV สามารถใช้เป็นหลักฐานประกอบการเข้าถึงแหล่งทุนจากกลไกระหว่างประเทศ เช่น กองทุนสภาพภูมิอากาศสีเขียว (Green Climate Fund) รวมถึงโอกาสในการค้าขายคาร์บอนเครดิตจากกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร

- **สนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืน**
  ข้อมูลจาก MRV จะช่วยลดผลกระทบทางลบต่อสภาพภูมิอากาศ พร้อมทั้งสร้างความมั่นคงทางอาหารและรายได้ให้กับเกษตรกรในระยะยาว ซึ่งเป็นการส่งเสริมการจัดการเกษตรที่ยั่งยืนและมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2:

กลไกการเกิด การปล่อย และแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร

ภาคเกษตรกรรมเป็นทั้งแหล่งกำเนิดและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของโลก กิจกรรมต่างๆ เช่น การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การใช้ปุ๋ย และการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลายชนิดเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อให้การจัดการก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องเข้าใจกลไกการเกิดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการเกษตรกรรม แหล่งกำเนิดที่สำคัญ และแนวทางการลดการปล่อยก๊าซที่เหมาะสมกับบริบทของแต่ละกิจกรรม

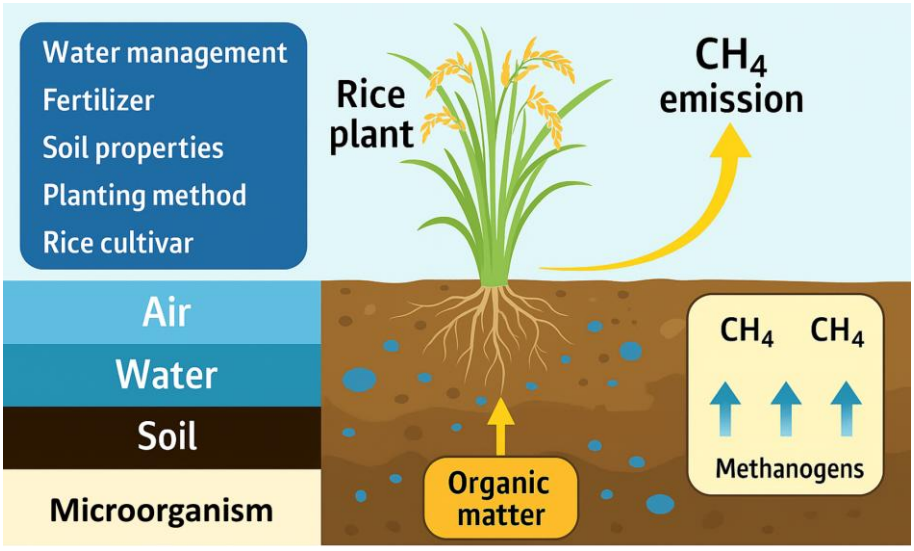
บทนี้จะนำเสนอภาพรวมของกลไกการเกิดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร แหล่งกำเนิดหลัก และแนวทางการลดการปล่อย เพื่อวางรากฐานสำหรับการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรอย่างมีประสิทธิผล

2.1 กลไกการเกิดและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร

ก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรเกิดขึ้นจากกระบวนการทางชีวภาพ เคมี และกายภาพ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการดิน น้ำ พืช และสัตว์ ตลอดจนกิจกรรมของมนุษย์ในการผลิตอาหารและวัตถุดิบทางการเกษตร กระบวนการเหล่านี้ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งแต่ละชนิดมีแหล่งกำเนิดและกระบวนการผลิตก๊าซแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

การเผาเศษวัสดุเหลือทิ้ง 	เป็นการเผาเพื่อกำจัดเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งช่วยให้ง่ายต่อการเตรียมพื้นที่ในการเพาะปลูกรอบต่อไป ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุดังกล่าว ได้แก่ CH_4 และ N_2O ส่วน CO_2 ที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุซึ่งเป็นชีวมวลจะไม่นำมาประเมินร่วมด้วย เนื่องจากปริมาณ CO_2 ที่ปล่อยออกมาจากการเผาเศษวัสดุจะถูกดูดกลับผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงกลับไปเป็นชีวมวล ดังนั้นปริมาณการปล่อยสุทธิจึงมีค่าเท่ากับศูนย์
การปลูกข้าว 	การปลูกข้าวที่มีการขังน้ำจะเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในสภาพไร้อากาศ (ออกซิเจน) ในนาข้าว ทำให้เกิดก๊าซ CH_4 ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาทางลำต้นของข้าวเป็นหลักสู่ชั้นบรรยากาศ การปล่อยก๊าซ CH_4 จึงเกิดขึ้นมากในช่วงการเจริญเติบโตของต้นข้าว ปริมาณก๊าซ CH_4 ที่ถูกปล่อยออกมาจากการเพาะปลูกข้าวจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น การจัดการน้ำ การจัดการตอซังและฟางข้าว การใส่ปุ๋ย และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในดิน

ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อย CH_4 จากนาข้าว



รูปที่ 3 ปัจจัยควบคุมการปล่อย CH_4 จากนาข้าว

- **คุณสมบัติของดิน** ดินนาที่มีค่า pH ใกล้ความเป็นกลางจะเกิด CH_4 ได้มาก ดินเค็มหรือดินที่มีซัลเฟต (SO_4^{2-}) จะทำให้การเกิด CH_4 ได้ช้าลง นอกจากนี้ลักษณะเนื้อดินที่เป็นดินเหนียว จะมีการปล่อย CH_4 ออกมาได้น้อยกว่าดินร่วนและดินทราย เนื่องจากดินร่วนและดินทรายมีเนื้อที่หยาบและมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินใหญ่ ทำให้ CH_4 ที่เกิดขึ้นถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ง่าย
- **การขังน้ำในนา** ข้าวเป็นพืชที่ต้องการใช้น้ำสูง การขังน้ำในนาทำให้เกิดสภาพไร้อากาศที่เหมาะสมต่อการสร้าง CH_4 โดยจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจน
- **การใส่อินทรียวัตถุ** นาข้าวที่มีการใส่อินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และฟางข้าว เมื่อดินนาอยู่ในสภาพที่ไร้อากาศ จุลินทรีย์ในดินจะย่อยสลายอินทรียสารต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้เกิดการปลดปล่อย CH_4 มากกว่านาที่ไม่ได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์
- **การใช้ปุ๋ยเคมี** นาข้าวที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีชนิดแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$) จะช่วยลดการปล่อย CH_4 จากนาข้าวได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจนสูง เช่น ยูเรีย จะส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ผ่านกระบวนการ Nitrification และ Denitrification ของกิจกรรมของจุลินทรีย์
- **วิธีการปลูกข้าว** การเพาะปลูกข้าวที่แตกต่างกัน เช่น การทำนาหว่านน้ำตม นาหว่าน หว่านแห้ง และนาดำ จะมีการเตรียมดินที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การเกิด CH_4 ในช่วงระยะแรกของการปลูกข้าวแตกต่างกันด้วย
- **การจัดการนาข้าว** การใส่อินทรียวัตถุและปุ๋ยเคมี การจัดการน้ำ และการป้องกันกำจัดศัตรูข้าว ล้วนมีผลต่อการปล่อย CH_4 โดยดินนาที่ใส่อินทรียวัตถุหรือการไถกลบเศษวัสดุในระยะแรกของการปลูกข้าวจะเกิดการย่อยสลายอินทรียวัตถุเหล่านี้ทำให้มีการปล่อย CH_4 ออกมา การระบายน้ำออกจะช่วยลดการปล่อย CH_4 ได้
- **พันธุ์ข้าว** เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญ เนื่องจากลักษณะทางกายวิภาคของข้าวแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน ทั้งในด้านขนาดของช่องว่างภายในใบ ลำต้น และรากข้าว ซึ่งช่องว่างเหล่านี้เป็นเส้นทางสำหรับลำเลียงออกซิเจนจากบรรยากาศลงไปสู่ราก แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นช่องทางให้มีการลำเลียง CH_4 ที่เกิดขึ้นออกสู่บรรยากาศได้เช่นกัน นอกจากนี้การปล่อย CH_4 ยังขึ้นอยู่กับอายุข้าวและระยะเวลาในการขังน้ำในแปลง โดยข้าวที่มีระยะการเจริญเติบโตในแปลงนานและมีการขังน้ำอย่างต่อเนื่อง มักจะมีการปล่อย CH_4 ในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 	การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งในรูปของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการปล่อย N_2O สู่บรรยากาศ โดยปุ๋ยจะสูญเสียไนโตรเจนบางส่วนผ่านกระบวนการ Nitrification และ Denitrification ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อย N_2O ออกมาโดยตรง (Direct emission) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงในดินยังสามารถกระตุ้นให้เกิดการย่อยสารประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่เดิมในดิน ส่งผลให้ดินปล่อย N_2O เพิ่มขึ้นจากกระบวนการนี้ ซึ่งเรียกการปล่อยจากกระบวนการนี้ว่า การปล่อยทางอ้อม (Indirect emission) นอกจากนี้ การปล่อยทางอ้อมยังรวมถึงการสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการอื่นๆ เช่น การชะล้าง (leaching) และการระเหยในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3 volatilization)
การใช้ปุ๋ยยูเรีย 	เมื่อใส่ปุ๋ยยูเรียในพื้นที่เพาะปลูก ปุ๋ยยูเรียจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ยูรีเอส (Urease) ที่ย่อยสลายยูเรีย (urea) ให้กลายเป็นแอมโมเนีย (ammonia) และคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) และส่งผลให้เกิดการปล่อย CO_2 สู่บรรยากาศ นอกจากนี้ แอมโมเนียมที่เกิดขึ้นจากการใส่ปุ๋ยยูเรียยังสามารถเปลี่ยนรูปต่อไปผ่านกระบวนการ Nitrification และ Denitrification ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อย N_2O เพิ่มขึ้นอีกด้วย
การใช้ปูนขาวและโดโลไมต์ 	การใส่ปูนเป็นการปรับปรุงค่า pH ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยปูนที่นิยมใส่ในพื้นที่เพาะปลูกของไทย ได้แก่ ปูนขาว ($CaCO_3$) และ โดโลไมต์ ($CaMg(CO_3)_2$) ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนต โดยเมื่อใส่ปูนขาวหรือโดโลไมต์ลงในดินที่เป็นกรด จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอเนตในปูนกับกรดในดิน (เช่น กรดฮิวมิก หรือไอออน H^+) ส่งผลให้เกิดการปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศ
การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องจักรกลเกษตร 	ในการเพาะปลูกพืชจะมีการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเข้ามาช่วยในแต่ละขั้นตอนของการเพาะปลูก เช่น การใช้รถแทรกเตอร์เตรียมดิน การใส่ปุ๋ย การใช้รถดำนา การสูบน้ำ และการเก็บเกี่ยวโดยใช้รถเกี่ยวนวด กิจกรรมเหล่านี้มีการใช้และเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยก๊าซหลักที่ถูกปล่อยออกมาคือ CO_2 ส่วนก๊าซ CH_4 และ N_2O จะถูกปล่อยออกมาเป็นส่วนน้อย

ตารางที่ 1 สรุปกลไกการเกิดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร

กิจกรรมหลัก	ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อย	กระบวนการที่เกี่ยวข้อง
การเผาชีวมวล (ฟางข้าว ใบอ้อย)	CH_4, N_2O	การเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์
การปลูกข้าวในนาขังน้ำ	CH_4	การย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพไร้ออกซิเจน
การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน	N_2O	กระบวนการ Nitrification และ Denitrification ในดิน
การใช้ปุ๋ยยูเรีย	CO_2, N_2O	การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ยูรีเอส กระบวนการ Nitrification และ Denitrification ในดิน
การใช้ปูน	CO_2	คาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรด (H^+) ในดิน
การใช้เครื่องจักรกลเกษตร	CO_2, CH_4, N_2O	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

การทำความเข้าใจกลไกการเกิดก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวางแผนและออกแบบมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมในภาคเกษตร

2.2 แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร

ภาคเกษตรกรรมมีศักยภาพสูงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผ่านการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตและการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรไม่เพียงช่วยบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และสร้างรายได้เสริมให้แก่เกษตรกรด้วย

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรที่สำคัญ ได้แก่:

1) การจัดการน้ำในนาข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying: AWD)

เป็นวิธีการลดระยะเวลาการขังน้ำในนาข้าว โดยปล่อยให้ระดับน้ำในนาแห้งเป็นระยะ ก่อนสูบน้ำเข้าทดแทนใหม่ กระบวนการดังกล่าวช่วยลดสภาวะไร้ออกซิเจนในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดก๊าซ CH_4 จากกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาพแวดล้อมแบบไม่ใช้ออกซิเจน ตัวอย่างการปฏิบัติ เช่น การปล่อยให้ระดับน้ำในนาลดต่ำกว่าระดับผิวดินประมาณ 10-15 เซนติเมตร แล้วจึงสูบน้ำเข้าแปลง โดยเกษตรกรสามารถใช้ท่อ PVC เจาะรูรอบด้านและฝังลงในดิน เพื่อใช้ตรวจวัดระดับน้ำที่เหมาะสมในแปลงนาได้ ทั้งนี้ การจัดการน้ำแบบ AWD สามารถลดการปล่อย CH_4 ได้มากกว่า 30% พร้อมช่วยประหยัดน้ำเพื่อการเกษตรได้ 15-30%

2) การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ (Site-Specific Nutrient Management: SSNM)

หรือการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนการใช้ปุ๋ย เพื่อกำหนดปริมาณและชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมกับความต้องการของพืช ช่วยลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเกินความจำเป็น ซึ่งเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซ N_2O ตัวอย่างเช่น เกษตรกรตรวจวิเคราะห์ดินแล้วใช้ปุ๋ยสูตรเฉพาะตามความต้องการ ลดการใช้ปุ๋ยยูเรียหากดินมีอินทรียวัตถุหรือไนโตรเจนสูง วิธีนี้ช่วยลดการปล่อยก๊าซ N_2O ได้ 20-40% และ ลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร

3) การจัดการเศษวัสดุทางการเกษตร (Crop Residue Management: CRM)

เป็นกระบวนการลดการเผาเศษวัสดุ เช่น ฟางข้าวและใบอ้อย โดยนำมาใช้ประโยชน์ผ่านการไถกลบ ทำปุ๋ยหมัก เลี้ยงสัตว์ คลุมแปลงเพาะปลูก หรือนำไปผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น การเก็บใบอ้อยอัดก้อนเพื่อส่งโรงงานผลิตพลังงานชีวมวลแทนการเผาในไร่ ช่วยลดการปล่อยก๊าซ CH_4 และ N_2O รวมถึงมลพิษทางอากาศ PM2.5 อีกทั้งยังสร้างรายได้เสริมจากการขายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นอกจากนี้ยังมีวิธีการใช้จุลินทรีย์หมักฟาง ซึ่งจะช่วยลดการเผาได้ แต่ควรมีการจัดการน้ำในแปลงอย่างเหมาะสมร่วมด้วย เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการย่อยสลายฟาง

4) การปรับพื้นที่นาด้วยระบบเลเซอร์ (Laser Land Levelling: LLL)

เป็นเทคโนโลยีที่มีความแม่นยำสูงในการปรับระดับพื้นที่การเกษตรให้เรียบสม่ำเสมอ โดยใช้ระบบเซนเซอร์ควบคุมการไถหรือการปรับระดับดิน ส่งผลให้พื้นที่การเกษตรมีความเรียบ ช่วยให้การกระจายน้ำในแปลงหรือการขังน้ำในนาเป็นไปอย่างทั่วถึง ไม่เกิดแอ่งน้ำลึกในบางจุด ทำให้สามารถจัดการน้ำแบบ AWD ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซ CH_4 นอกจากนี้ การที่พื้นที่การเกษตรมีความเรียบยังช่วยให้การกระจายปุ๋ยหรือสารต่าง ๆ เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ลดการใช้ปุ๋ยเกินความจำเป็น และช่วยลดการปล่อยก๊าซ N_2O ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากเกินไป

5) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรกลเกษตร (Agricultural Machinery Efficiency: AME)

การบำรุงรักษาเครื่องจักรกลให้อยู่ในสภาพดี การเลือกใช้เทคโนโลยีที่ประหยัดเชื้อเพลิง และการวางแผนการทำงานเพื่อลดการเดินเครื่องที่ไม่จำเป็น เป็นแนวทางสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบและปรับจูนเครื่องยนต์ให้ทำงานเต็มประสิทธิภาพ และการเลือกใช้เครื่องจักรที่มีขนาดเหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูก สามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงได้ประมาณ 10-20% ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงและการปล่อยก๊าซ CO_2 สู่บรรยากาศน้อยลง

บทที่ 3:

การตรวจวัด (Measurement) ก๊าซเรือนกระจก

ในการตรวจวัดและรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแปลงเกษตร (ข้าวและอ้อย) ตามระบบ MRV สามารถดำเนินการได้ทั้งในระดับประเทศและระดับโครงการ โดยการประเมินในระดับประเทศจะต้องมีความสอดคล้องกับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ซึ่งอยู่ภายใต้ภาคเกษตรและจัดอยู่ในกลุ่ม 3C: แหล่งรวมอื่น ๆ และแหล่งปล่อยก๊าซอื่นๆ ที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บนพื้นดิน (Aggregate Sources and Non-CO_2 Emission Sources on Land)

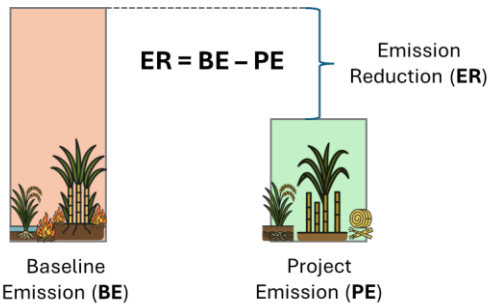
ส่วนการประเมินในระดับโครงการ สามารถประเมินตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ เช่น การประเมินตามขั้นตอนของการเพาะปลูกข้าวตลอดฤดูกาล ตั้งแต่การเตรียมดิน การปลูก การจัดการน้ำ/ปุ๋ย จนถึงการเก็บเกี่ยว และอาจจะรวมไปถึงการจัดการเศษวัสดุหลังเก็บเกี่ยว และการขนส่งเศษวัสดุออกจากฟาร์ม เป็นต้น ซึ่งวิธีการคำนวณสามารถประเมินได้ทั้งในกรณีฐาน (Baseline emissions) และกรณีดำเนินโครงการ (Project emissions) ที่มีการเลือกแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว (mitigation options) โดยปรับค่ากิจกรรมให้สอดคล้องกับข้อมูลจริงจากการดำเนินงานของโครงการนั้น ๆ สำหรับแนวทางในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง แสดงในรูปที่ 4

การปล่อยกรณีฐาน (Baseline Emissions, BE) สำหรับภาคเกษตร หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจาก "การทำการเกษตรแบบเดิม" หรือ "การจัดการที่เกษตรกรปฏิบัติอยู่ทั่วไปในพื้นที่" ก่อนมีการนำเทคโนโลยีหรือวิธีการใหม่มาใช้ โดยนำมาเป็น "ค่ามาตรฐานอ้างอิง" เพื่อเปรียบเทียบผลของการดำเนินโครงการ ตัวอย่างเช่น

- นาข้าวที่ใช้วิธีน้ำขังตลอดฤดูและเผาฟางหลังเก็บเกี่ยว ใช้เป็น baseline สำหรับเปรียบเทียบกับระบบจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD)
- แปลงอ้อยที่เกษตรกรเผาใบอ้อยก่อนตัดทุกปี ใช้เป็น baseline สำหรับเปรียบเทียบกับระบบเก็บใบอ้อยเพื่ออัดก้อนหรือนำไปผลิตพลังงานชีวมวล

การปล่อยกรณีดำเนินโครงการ (Project Emissions, PE) หมายถึง ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น "ภายหลังการนำมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาใช้ในพื้นที่โครงการ" เช่น การปรับปรุงวิธีการจัดการน้ำ ปุ๋ย หรือเศษวัสดุทางการเกษตร เพื่อให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับกรณีฐาน ตัวอย่างเช่น

- นาข้าวที่ดำเนินโครงการโดยใช้ระบบ AWD ทำให้การปล่อย CH_4 และ N_2O ลดลง เมื่อเทียบกับกรณีฐาน
- แปลงอ้อยที่เก็บใบอ้อยและนำไปใช้ผลิตพลังงานชีวมวล ทำให้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากการงดเผาใบอ้อย



รูปที่ 4 แนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง

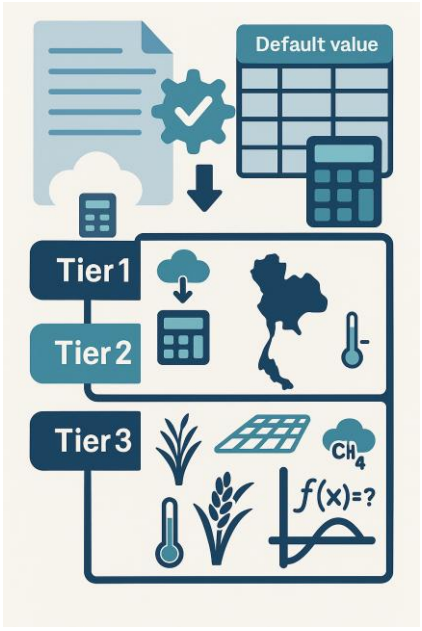
3.1 แนวทางการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เพื่อให้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นมาตรฐานเดียวกัน สามารถเปรียบเทียบและตรวจสอบข้อมูลได้ จึงใช้วิธีการคำนวณและค่าการปล่อยแนะนำตามคู่มือ IPCC 2006 และ 2019 Refinement โดยเนื้อหาประกอบด้วย วิธีการ (Methodology) และค่าการปล่อยแนะนำ (Default value) สำหรับใช้ในการคำนวณ ซึ่งคู่มือนี้ได้การรับรองให้ใช้เป็นมาตรฐานสากลอย่างเป็นทางการสำหรับทุกประเทศในภาคีอนุสัญญา UNFCCC ทั้งนี้ หลักการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC กำหนดระดับความซับซ้อนและความถูกต้องของวิธีการไว้ 3 ระดับ (รูปที่ 5) ดังนี้

เทียร์ 1 (Tier1) คือ การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่าการปล่อยแนะนำ (Default value) ที่ระบุไว้ในคู่มือ IPCC ส่วนข้อมูลกิจกรรม (Activity data) ใช้ตามระดับความพร้อมของข้อมูลภายในประเทศเป็นหลัก หรืออาจอ้างอิงจากฐานข้อมูลจากองค์กรระหว่างประเทศในกรณีที่ไม่มีข้อมูลภายในประเทศ ทั้งนี้ ค่าการปล่อยแนะนำที่ระบุในคู่มือของ IPCC ได้รับการรวบรวมและสังเคราะห์จากผลงานทางวิชาการและงานวิจัยของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน เพื่อให้สามารถใช้เป็นค่ามาตรฐานสากลสำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกประเทศ

เทียร์ 2 (Tier 2) คือ การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมและค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country-specific emission factor) ที่พัฒนาขึ้นเฉพาะสำหรับแต่ละประเทศ วิธีนี้เหมาะสำหรับประเทศที่มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ และมีการศึกษาวิจัยภายใต้สภาวะและเงื่อนไขของประเทศนั้น ๆ เพื่อสะท้อนลักษณะกิจกรรมและกระบวนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสภาพการณ์จริง โดยทั่วไป การคำนวณด้วย เทียร์ 2 จะให้ผลการคำนวณที่มีความแม่นยำมากกว่าเทียร์ 1 เนื่องจากใช้ข้อมูลเฉพาะของประเทศแทนค่ามาตรฐานสากล

เทียร์ 3 (Tier 3) คือ การคำนวณที่มีความละเอียดและมีความซับซ้อนมากกว่าเทียร์ 2 โดยข้อมูลกิจกรรมมีการแบ่งรายละเอียดในระดับย่อย เพื่อให้สามารถสะท้อนลักษณะเฉพาะของกิจกรรมได้อย่างแม่นยำ เช่น ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CH_4 จากนาข้าว มีการเก็บข้อมูลกิจกรรมอย่างละเอียด อาทิ พื้นที่ปลูกและเก็บเกี่ยวแยกตามพันธุ์ข้าว ชนิดของดิน ระยะเวลาของการขังน้ำ ฤดูกาลที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ ข้อมูลและค่าการปล่อย (emission factor) จะมีความละเอียดและสอดคล้องกับข้อมูลกิจกรรมดังกล่าว หรืออาจมีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ CH_4 ดังกล่าว เป็นต้น



รูปที่ 5 ระดับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกตามคู่มือ IPCC (2006) ใช้ข้อมูล 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data: AD) และ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF)

	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emission) คือ ก๊าซเรือนกระจกหลักที่ต้องทำการคำนวณและรายงาน ได้แก่ CO_2, CH_4 และ N_2O ซึ่งในการแสดงผลสุดท้าย ก๊าซทุกชนิดจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent: CO_2e) โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ของก๊าซแต่ละชนิดเป็นตัวคูณ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและรวมปริมาณการปล่อยก๊าซแต่ละชนิดในหน่วยเดียวกันได้
	ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) เป็นค่าที่ได้จากการดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทต่าง ๆ เช่น ปริมาณการเชื้อเพลิง ปริมาณปุ๋ย หรือพื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าว เป็นต้น
	ค่าการปล่อย (Emission factor) เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยกิจกรรม ค่าการปล่อยนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมและบริบทของแต่และประเทศ โดยอาจเป็นค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country-specific emission factor) ซึ่งได้มาจากการวัดจริงหรือการทดลองภายใต้เงื่อนไขเฉพาะของกิจกรรมในประเทศนั้น ๆ และในกรณีที่ประเทศใดไม่มีค่าการปล่อยเฉพาะ ให้ใช้ค่าการปล่อยแนะนำ (Default value) ที่มีในคู่มือ IPCC เพื่อใช้ในการคำนวณระดับ Tier 1 ได้

3.2 วิธีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามคู่มือ IPCC

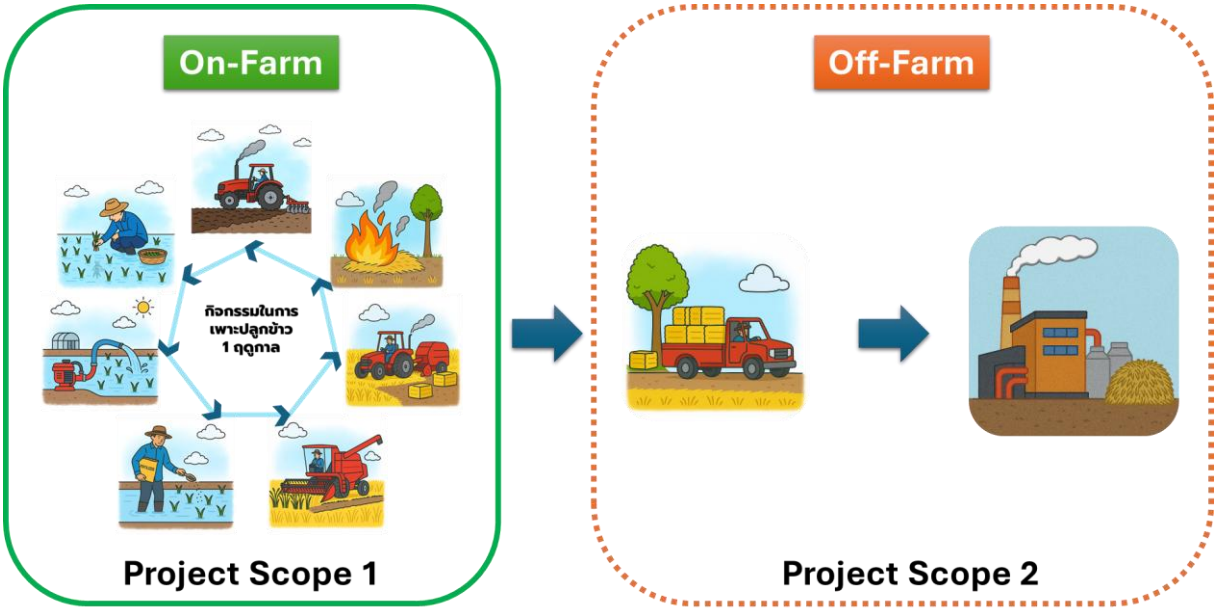
การประเมินในระดับโครงการจะพิจารณาแหล่งกำเนิดและรายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ เช่น การประเมินตามขั้นตอนของการเพาะปลูกข้าวตลอดฤดูกาล ตั้งแต่การเตรียมดินในนาข้าว การปลูกข้าว การจัดการน้ำและปุ๋ย ไปจนถึงการเก็บเกี่ยว และอาจจะรวมถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน ทั้งนี้ ตัวอย่างกิจกรรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณในระดับโครงการดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างกิจกรรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้ในการคำนวณในระดับโครงการ

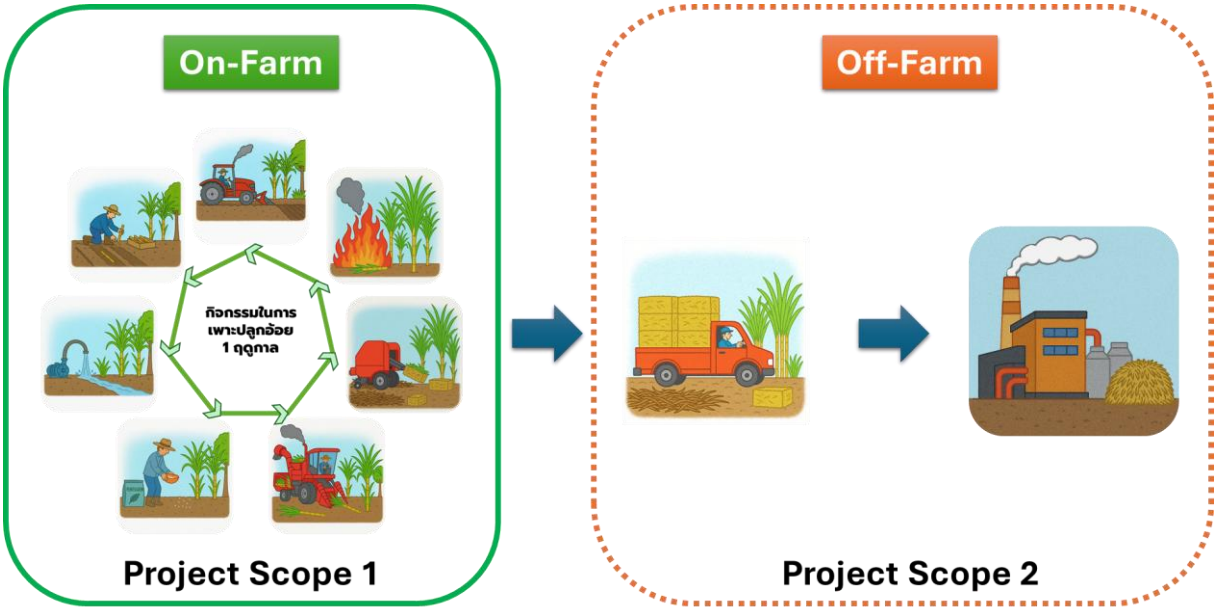
ชนิดและแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	สมการ	รายละเอียดของกิจกรรม
การปล่อยก๊าซ CH_4 และ N_2O จากการเผาชีวมวล	Eq.1	คำนวณจากปริมาณเศษชีวมวลที่ถูกเผา และขนาดพื้นที่ที่มีกิจกรรมการเผา
การปล่อยก๊าซ CH_4 จากการปลูกข้าว	Eq.2	คำนวณจากระยะเวลาในการเพาะปลูก (อายุข้าว) พื้นที่เก็บเกี่ยวข้าว การจัดการน้ำก่อนและระหว่างปลูก และการจัดการอินทรียวัตถุ
การปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรงจากการใส่ปุ๋ย	Eq.3	คำนวณจากปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์
การปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการระเหยในรูปของ NH_3 และ NO_x	Eq.4	คำนวณจากปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์
การปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อมจากการชะล้างหรือการไหลบ่าหน้าดิน	Eq.5	คำนวณจากปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์
การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปุ๋ยยูเรีย	Eq.6	คำนวณจากปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรียในการเพาะปลูก
การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปูนขาวหรือโดโลไมต์	Eq.7	คำนวณจากปริมาณการใช้ปูนขาวหรือโดโลไมต์
การปล่อยก๊าซ CO_2, CH_4 และ N_2O จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลของเครื่องจักร	Eq.8	คำนวณจากประเภทของเครื่องยนต์ ชนิดของเชื้อเพลิง และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้พลังงานไฟฟ้า	Eq.9	คำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า
การปล่อย CO_2, CH_4 และ N_2O จากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขนส่ง	Eq.10	คำนวณจากประเภทของเครื่องยนต์ ชนิดของเชื้อเพลิง และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง

ตัวอย่าง ขอบเขตการตรวจวัด ในระดับโครงการชีวมวลของข้าวและอ้อย (รูปที่ 6 และ รูปที่ 7)

- **Project Scope 1: On-Farm Emissions:** เป็นการปล่อยทางตรงจากกิจกรรมในแปลงเพาะปลูก ได้แก่ การเตรียมดิน การปลูก การจัดการดิน น้ำ ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว การเผาชีวมวล การอัดเศษวัสดุ
- **Project Scope 2: Off-Farm Emissions:** การปล่อยจากการขนส่ง ได้แก่ การขนส่งฟาง/ใบอ้อยอัดก้อน การขนส่งวัสดุอัดเม็ด และการปล่อยจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องจักรสำหรับการแปรรูป เช่น การอบ ตัด และอัดเม็ด



รูปที่ 6 ตัวอย่างขอบเขตการตรวจวัด ในระดับโครงการชีวมวลของข้าว



รูปที่ 7 ตัวอย่างขอบเขตการตรวจวัด ในระดับโครงการชีวมวลของอ้อย

3.3 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

สมการที่ใช้ประเมินในระดับโครงการชีวมวลของข้าวและอ้อย อ้างอิงวิธีการคำนวณตามคู่มือ IPCC 2006 ภาคเกษตร ทั้งนี้ อาจรวมถึงการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกิจกรรมการเพาะปลูก และการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติม ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และขอบเขตของดำเนินงานในระดับโครงการนั้น ๆ โดยรายละเอียดสมการที่ใช้ในการประเมินมีดังนี้

3.3.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาชีวมวล (พื้นที่เพาะปลูก)

$$L_{fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3} \times GWP \quad \textbf{[Eq.1]}$$

$$L_{fire}CH_4 = A \times M_B \times 0.8 \times 2.7 \times 10^{-3} \times 28 \quad [Eq.1.1]$$

$$L_{fire}N_2O = A \times M_B \times 0.8 \times 0.07 \times 10^{-3} \times 265 \quad [Eq.1.2]$$

$$L_{fire}\ \text{รวม} = L_{fire}CH_4 + L_{fire}N_2O \quad [Eq.1.3]$$

L_{fire}	= ปริมาณการปล่อยเรือนกระจกจากกิจกรรมการเผาเศษวัสดุ ($kgCO_2e$)
A	= ขนาดพื้นที่ที่มีกิจกรรมการเผา (ไร่)
M_B	= ปริมาณชีวมวลทั้งหมดที่ถูกเผา (kg/ไร่)
C_f	= ค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้ (0.8)
G_{ef}	= ค่าการปล่อย GHG แต่ละชนิด (CH_4=2.7 g/kg, N_2O=0.07 g/kg)
GWP	= ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (IPCC AR5: CH_4 = 28, N_2O = 265)

Source: *Equation adapted from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html*

3.3.2 การปล่อยก๊าซ CH_4 จากการปลูกข้าว

$$CH_{4rice} = EF \times t \times (A_H \times 0.16) \times 28 \quad \textbf{[Eq.2]}$$

CH_{4rice}	= ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการเพาะปลูกข้าว ($kgCO_2e$)
EF	= ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ($kgCH_4$/ha/day)
t	= อายุเก็บเกี่ยวข้าว (day)
A_H	= พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)
0.16	= ตัวปรับค่าพื้นที่ 0.16 ha = 1 ไร่
28	= ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซ CH_4

Source: *Equation adapted from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html*

$$EF = EF_c \times SF_p \times SF_w \times SF_o \quad \text{[Eq.2.1]}$$

EF_c =	ค่าการปล่อยก๊าซมีเทน (1.22 $kgCH_4/ha/day$)
SF_p =	ตัวปรับค่าการจัดการน้ำก่อนการเพาะปลูก
	ขังน้ำก่อนปลูก มากกว่า 30 วัน (SF_p = 2.41)
	ไม่ขังน้ำก่อนปลูกน้อยกว่า 180 วัน หรือขังน้ำก่อนปลูกเป็นระยะเวลาสั้นๆ น้อยกว่า 30 วัน (SF_p = 1.00)
	ไม่ขังน้ำก่อนปลูกมากกว่า 180 วัน (SFp = 0.89)
	ไม่ขังน้ำก่อนปลูกมากกว่า 365 วัน (SF_p = 0.59)
SF_w =	ตัวปรับค่าการจัดการน้ำระหว่างการเพาะปลูก
	ข้าวไร่ – ไม่ขังน้ำ (SF_w = 0.00)
	ข้าวนาชลประทาน - ขังน้ำต่อเนื่อง (SF_w = 1.00)
	ข้าวนาชลประทาน - ขังน้ำเป็นระยะ ระบายน้ำ 1 ครั้ง (SF_w = 0.71)
	ข้าวนาชลประทาน - ขังน้ำเป็นระยะ ระบายน้ำหลายครั้ง (SF_w = 0.55)
	ข้าวนาชลประทาน - เปียกสลับแห้ง (SF_w = 0.55)
	ข้าวนาน้ำฝน – แบบลุ่ม (SF_w = 0.54)
	ข้าวนาน้ำฝน – แบบดอน (SF_w = 0.16)
	ข้าวนาน้ำฝน – นาน้ำลึก (SF_w = 0.06)
SF_o =	ตัวปรับค่าของการใส่สารอินทรีย์ (เช่น ฟางข้าว ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด)

Source: *Emission and Scaling Factors collected from 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html*

$$SF_o = [1 + \sum_i (ROA_i \times 0.00625 \times CFOA_i)]^{0.59} \quad \text{[Eq.2.2]}$$

SF_o	= ตัวปรับค่าของการใส่สารอินทรีย์ (เช่น ฟางข้าว ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด)
i	= ชนิดของสารอินทรีย์
ROA_i	= ปริมาณการใส่สารอินทรีย์แต่ละชนิด (kg/ไร่)
0.00625	= ตัวปรับค่าปริมาณการใส่สารอินทรีย์ (ton/ha)
$CFOA_i$	= ค่า conversion factor ของการใส่สารอินทรีย์แต่ละชนิด
	กรณีไม่ใช้สารอินทรีย์ ($CFOA_i$ = 0.00)
	ไถกลบฟางข้าวก่อนปลูก > 30 วัน ($CFOA_i$ = 0.19)
	ไถกลบฟางข้าวก่อนปลูก < 30 วัน (CFOAi = 1.00)
	ปุ๋ยคอก ($CFOA_i$ = 0.21)
	ปุ๋ยหมัก ($CFOA_i$ = 0.17)

	ปุ๋ยพืชสด ($CFOA_i$ = 0.45)

Source: *Conversion Factor collected from 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html*

3.3.3 การปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรง จากการการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและเศษวัสดุ

$$N_2O_{Direct} = [\sum_i (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR})_i \times EF_1] \times 44/28 \times 265 \quad \text{[Eq.3]}$$

N_2O_{Direct}	= ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O ทางตรงจากดินที่มีการจัดการ ($kgCO_2e$)
i	= ชนิดของปุ๋ยหรือสารอินทรีย์
F_{SN}	= ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีทั้งหมดที่ใส่ (kg N)
F_{ON}	= ปริมาณไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ต่างๆ ทั้งหมดที่ใส่ (kg N)
F_{CR}	= ปริมาณไนโตรเจนจากเศษวัสดุทางเกษตรทั้งหมดที่ใส่ (kg N)
EF_1	= ค่าการปล่อยสำหรับ N_2O จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินเกษตรทั่วไป (0.010 kg N_2O–N/ kg N)
EF_{1FR}	= ค่าการปล่อยสำหรับ N_2O จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว (0.004 kg N_2O–N/ kg N)
265	= ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซ N_2O (IPCC AR5: N_2O = 265)

Source: *Equation adapted from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html. Emission Factors collected from 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html*

$$F_{SN} = \sum_{ij} (A \times M_{fer} \times N_{cont}/100)_{ij} \quad \text{[Eq.3.1]}$$

F_{SN}	= ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีทั้งหมดที่ใส่ (kg N)
A	= พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
M_{fer}	= ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่ (kg/ไร่)
N_{cont}	= ปริมาณ N ในปุ๋ยสูตรต่าง ๆ (N-P-K)
i	= ปุ๋ยเคมีสูตรต่าง ๆ
j	= จำนวนครั้งในการใส่ปุ๋ย

$$F_{ON} = \sum_i (A \times M_{OM} \times N_{cont}/100)_i \quad \text{[Eq.3.2]}$$

F_{ON}	= ปริมาณไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งหมดที่ใส่ (kg N)
A	= พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
M_{OM}	= ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ (kg/ไร่)
i	= ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

N_{cont}	= ปริมาณ N ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ
	มูลโค = 1.1 มูลกระบือ = 1.0
	มูลเป็ด = 0.8 มูลไก่ = 2.7
	มูลค้างคาว = 3.1 มูลสุกร = 1.3

$$F_{CR} = \sum_i (A \times M_{CR} \times N_{cont}/100)_i \quad \text{[Eq.3.3]}$$

A	= พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)
M_{CR}	= ปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้ง (kg/ไร่)
	ถ้าเผา เศษวัสดุเหลือทิ้ง = ปริมาณเศษวัสดุก่อนเผา (kg/ไร่) x 0.2
	ถ้าไม่เผา เศษวัสดุเหลือทิ้ง = ปริมาณเศษวัสดุที่เหลือทั้งหมด (kg/ไร่)
i	= เศษวัสดุเหลือทิ้งชนิดต่าง ๆ
N_{cont}	= ปริมาณ N ในเศษวัสดุเหลือทิ้งชนิดต่าง ๆ
	ตอซังและฟางข้าว = 0.62
	ข้าวโพด = 0.65
	อ้อย = 0.51

3.3.4 การปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อม จากการสะสมของไนโตรเจนจากบรรยากาศ

$$N_2O_{(ATD)} = [(F_{SN} \times Frac_{GASF}) + (F_{ON} \times Frac_{GASM})] \times EF_4 \times 44/28 \times 265 \quad \text{[Eq.4]}$$

$N_2O_{(ATD)}$	= ปริมาณก๊าซ N_2O ที่เกิดจากการตกสะสมของไนโตรเจนจากบรรยากาศ และจากการระเหยของไนโตรเจนที่ใส่ในดิน ($kgCO_2e$)
F_{SN}	= ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีทั้งหมดที่ใส่ (kg N)
$Frac_{GASF}$	= สัดส่วนของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่ระเหยในรูปของ NH_3 และ NO_x
	(0.11 kg N volatilised/ kg N applied)
F_{ON}	= ปริมาณไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งหมดที่ใส่ (kg N)
$Frac_{GASM}$	= สัดส่วนของ F_{ON} ที่ระเหยไปในรูปของ NH_3 และ NO_x
	(0.21 kg N volatilised/ kg organic N applied)
EF_4	= ค่าการปล่อยสำหรับก๊าซ N_2O จากการสะสมของ N จากบรรยากาศสู่ผิวดินและน้ำ
	[0.010 kg N_2O-N/ (NH_3–N + NO_x–N volatilized)]
265	= ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซ N_2O (IPCC AR5: N_2O=265)

Source: *Equation adapted from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html. Emission Factors and Fractions collected from 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html*

3.3.5 การปล่อยก๊าซ N_2O ทางอ้อม จากการชะล้างหรือการไหลบ่าหน้าดิน

$$N_2O_{(L)} = (F_{SN}+F_{ON}+F_{CR}) \times Frac_{LEACH-(H)} \times EF_5 \times 44/28 \times 265 \quad \text{[Eq.5]}$$

$N_2O_{(L)}$ = ปริมาณก๊าซ N_2O ที่เกิดจากการชะล้างหรือการไหลบ่าหน้าดิน ($kgCO_2e$)

F_{SN} = ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีทั้งหมดที่ใส่ (kg N)

F_{ON} = ปริมาณไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ต่างๆ ทั้งหมดที่ใส่ (kg N)

F_{CR} = ปริมาณไนโตรเจนจากเศษวัสดุทางเกษตรทั้งหมดที่ใส่ (kg N)

$Frac_{LEACH-(H)}$ = สัดส่วนของ N ที่สูญเสียจากการชะล้างหรือการไหลบ่าหน้าดิน (0.24 kg N/ kg N addition)

EF_5 = ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการชะล้างหรือการไหลบ่าหน้าดิน (0.011 kg N_2O-N/ kg N leaching or runoff)

265 = ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซ N_2O (IPCC AR5: N_2O = 265)

Source: *Equation adapted from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html. Emission Factors and Fractions collected from 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html*

3.3.6 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปุ๋ยยูเรีย

$$CO_2\text{-Emission} = (A \times M_{urea} \times EF_{urea}) \times 44/12 \quad \text{[Eq.6]}$$

CO_2-Emission = การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปุ๋ยยูเรีย ($kgCO_2e$)

A = พื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยยูเรีย (ไร่)

M_{urea} = ปริมาณการใช้ปุ๋ยยูเรีย (kg/ไร่)

EF_{urea} = ค่าการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปุ๋ยยูเรีย (0.20 kg C/kg ปุ๋ยยูเรีย)

3.3.7 การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปูนขาว และโดโลไมต์

$$CO_2\text{-Emission} = [(A \times M_{Limestone} \times EF_{Limestone}) + (A \times M_{Dolomite} \times EF_{Dolomite})] \times (44/12) \quad \text{[Eq.7]}$$

CO_2-Emission = การปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปูนขาว และโดโลไมต์ ($kgCO_2e$)

A = พื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ปูนขาวและโดโลไมต์ (ไร่)

$M_{Limestone}$ = ปริมาณการใช้ปูนขาว (kg/ไร่)

$M_{Dolomite}$ = ปริมาณการใช้โดโลไมต์ (kg/ไร่)

$EF_{Limestone}$ = ค่าการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้ปูนขาว (0.12 kg C/kg ปูนขาว)

$EF_{Dolomite}$ = ค่าการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการใช้โดโลไมต์ (0.13 kg C/kg โดโลไมต์)

3.3.8 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องเครื่องจักรกลการเกษตร

$Emissions_{fuel} = \sum (Fuel \times EF \times GWP)$	**[Eq.8]**
$Emissions_{fuel} = (Fuel \times EF_{CO2} \times 1) + (Fuel \times EF_{CH4} \times 30) + (Fuel \times EF_{N2O} \times 265)$	[Eq.8.1]

$Emissions_{fuel}$	= ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ ($kgCO_2e$)
EF	= ค่าแนะนำของการปล่อยก๊าซ GHG ตามชนิดของเครื่องยนต์ทางการเกษตร (kg/TJ)
	ดีเซล (EF_{CO2} = 74100, EF_{CH4} = 4.15, EF_{N2O} = 28.6)
	เบนซิน 4 จังหวะ (EF_{CO2} = 69300, EF_{CH4} = 80, EF_{N2O} = 2)
	เบนซิน 2 จังหวะ (EF_{CO2} = 69300, EF_{CH4} = 140, EF_{N2O} = 0.4)
GWP	= ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (IPCC AR5: CO_2 = 1, $CH_{4\ fossil\ fuel}$ = 30, N_2O = 265)

Source: *Equation adapted from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html*

Fuel	$= \sum_t (Mac_{fuel,\ i} \times T_i \times NCV_i \times 10^{-6})$ [Eq.8.2]

Fuel	= ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)
$Mac_{fuel,\ i}$	= อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ เช่น
	เครื่องพ่นสะพายหลัง = 0.5 L/h
	เครื่องสูบน้ำ = 2.0 L/h
	แทรกเตอร์ กำลังน้อยกว่า 21 แรงม้า = 2.4 L/h
	แทรกเตอร์ กำลัง 21 ถึง 45 แรงม้า = 8.4 L/h
	แทรกเตอร์ กำลัง 46 ถึง 75 แรงม้า = 14.0 L/h
	แทรกเตอร์ กำลังมากกว่า 75 แรงม้า = 23.4 L/h
	รถดำนา (เดินตาม) กำลังน้อยกว่า 15 แรงม้า = 1.0 L/h
	รถดำนา (นั่งขับ) กำลังมากกว่า 15 แรงม้า = 3.8 L/h
	รถเกี่ยวนวดข้าว = 15.0 L/h
T	= เวลาในการทำงานทั้งหมด (h)
NCV	= ค่าความร้อนสุทธิตามชนิดเชื้อเพลิง
	(ดีเซล = 36.42 MJ/L, เบนซิน = 31.48 MJ/L)
i	= ชนิดเชื้อเพลิง

Source: *Equation adapted from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html*

3.3.9 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$Emissions_{elec} = (W \times EC \times 10^{-3}) \times EF_{elec} \quad [Eq.9]$$

$Emissions_{elec}$	= ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ($kgCO_2e$)
W	= เวลาในการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าทั้งหมด (h)
EC	= ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)
EF_{elec}	= ค่าการปล่อยก๊าซ GHG จากการผลิตไฟฟ้า (499 kg CO_2/MWh)

Source: *Emission Factors collected from CFO EF table for Electricity, grid mix ปี 2016-2018; LCIA method IPCC 2013 GWP 100a V1.03 available at: https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YjNKbllXNXBlbUYwYVc5dVgyVnRhWE56YVc5dQ*

3.3.10 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขนส่ง

$$Emissions_{transport} = Fuel \times EF_{transport} \quad [Eq.10]$$

$Emissions_{transport}$	= ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขนส่ง ($kgCO_2e$)
Fuel	= ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (L)
EF	= ค่าการปล่อย GHG จากการใช้เชื้อเพลิง ($kgCO_2e$/unit) เช่น น้ำมันเบนซินสำหรับเครื่องยนต์ – ไม่ควบคุม (= 2.2394 $kgCO_2e$/L) น้ำมันเบนซินสำหรับเครื่องยนต์ – ตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิไดซ์ (= 2.2719 $kgCO_2e$/L) น้ำมันแก๊ส/ดีเซล (= 2.7406 $kgCO_2e$/L) ก๊าซธรรมชาติอัด (= 2.2609 $kgCO_2e$/kg) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (= 1.7306 $kgCO_2e$/L) ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (= 3.2049 $kgCO_2e$/kg)

Source: *Emission Factors collected from CFO EF table for Mobile Combustion (On road) available at: https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YjNKbllXNXBlbUYwYVc5dVgyVnRhWE56YVc5dQ*

3.4 การเก็บและรวบรวมข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)

ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data: AD) เป็นองค์ประกอบสำคัญในระบบ MRV ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทางการเกษตร โดยข้อมูลกิจกรรมจะสะท้อนถึงขนาด ความถี่ ปริมาณ หรือขอบเขตของกิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซ เช่น ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ พื้นที่เพาะปลูก ระยะเวลาการขังน้ำ หรือปริมาณชีวมวลที่เผาในไร่ เป็นต้น

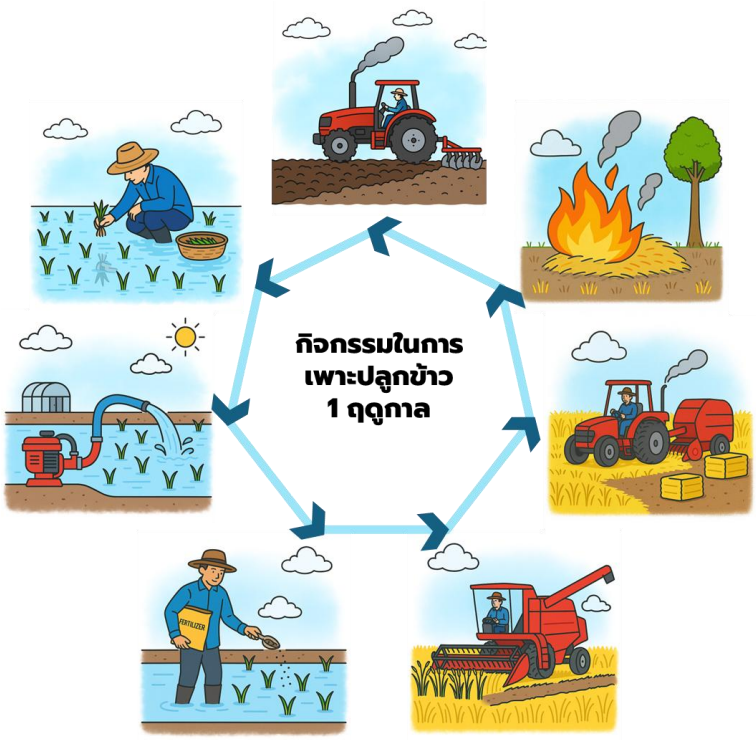
3.4.1 วัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูลกิจกรรม

- เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร่วมกับค่าการปล่อย (Emission Factor)
- เพื่อให้การรายงานมีความถูกต้อง เชื่อถือได้ และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้
- เพื่อใช้ในการประเมินผลการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ

3.4.2 ประเภทข้อมูลกิจกรรมในภาคเกษตร (ข้าวและอ้อย)

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมจำเป็นต้องมีการระบุความต้องการในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดอย่างชัดเจน รวมถึงระบุขอบเขตและข้อมูลที่ต้องการเก็บให้ตรงตามวัตถุประสงค์ ดังตัวอย่างข้อมูลกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกข้าวและอ้อยในรูปที่ 8 และ 9

3.4.2.1 ตัวอย่างประเภทข้อมูลกิจกรรมในการปลูกข้าว



รูปที่ 8 ตัวอย่างขอบเขตและข้อมูลกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกข้าว

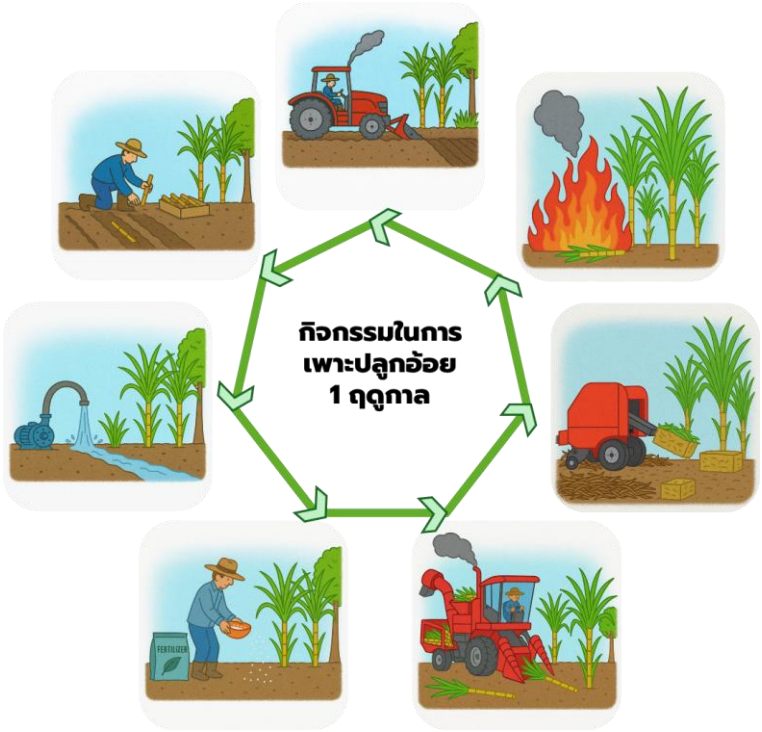
ตารางที่ 3 ตัวอย่างกิจกรรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกข้าว

ชนิดและรายละเอียดกิจกรรม		รายละเอียดการเก็บข้อมูล
การเตรียมดินและการปลูกข้าวด้วยเครื่องจักร (ชนิดเครื่องจักร, ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง, กำลังเครื่องยนต์, ปริมาณน้ำมัน, จำนวนครั้งที่ทำงาน, เวลาทำงาน)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง

ชนิดและรายละเอียดกิจกรรม		รายละเอียดการเก็บข้อมูล
การปรับปรุงดินด้วยการใช้ปูนขาว/โดโลไมต์ (ชนิดของปูน, ปริมาณที่ใช้)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - รายงานจากสถานีพัฒนาที่ดิน
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การปลูกข้าว (ระยะเวลาในการเพาะปลูก, อายุข้าว, พื้นที่เก็บเกี่ยวข้าว, การจัดการน้ำก่อนและระหว่างปลูก, และการจัดการอินทรียวัตถุ)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - แผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ (satellite) - รายงานจากสำนักงานเกษตรในพื้นที่
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การใช้เครื่องสูบน้ำ (ชนิดเครื่องสูบน้ำ, ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง/ไฟฟ้า/แสงอาทิตย์, กำลังเครื่องยนต์, ปริมาณน้ำมัน/ไฟฟ้า, จำนวนครั้งที่ทำงาน, ระยะเวลาทำงาน)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าน้ำมัน หรือค่าไฟ
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การใส่ปุ๋ย (พื้นที่ใส่ปุ๋ย, ชนิดของปุ๋ย, สูตรปุ๋ย, อัตราที่ใส่, จำนวนครั้งที่ใส่, วิธีการใส่)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าปุ๋ย
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง

ชนิดและรายละเอียดกิจกรรม		รายละเอียดการเก็บข้อมูล
การเก็บเกี่ยว (วิธีการเก็บเกี่ยว, ชนิดเครื่องจักร, กำลังเครื่องยนต์, ปริมาณน้ำมัน, ระยะเวลาทำงาน)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าน้ำมันรถเกี่ยว หรือค่าจ้างเกี่ยวข้าว
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การอัดฟาง (พื้นที่อัดฟาง, กำลังเครื่องยนต์, ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง, ปริมาณน้ำมัน, จำนวนฟางที่อัดได้, น้ำหนักฟาง)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าน้ำมันรถแทรกเตอร์ หรือค่าจ้างอัดฟาง
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การเผาเศษวัสดุ (พื้นที่เผา, ชนิดของเศษวัสดุ, ปริมาณเศษวัสดุ)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - แผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ (satellite) - รายงานจุดความร้อน (hotspot) โดยระบบ VIIRS ของ GISTDA (พื้นที่ถูกเผา (ไร่) = (จำนวนจุดความร้อน x 375 x 375) / 1600) - ข้อมูลพื้นที่เผาไหม้ Burn Scar ของ GISTDA
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง

3.4.2.2 ตัวอย่างประเภทข้อมูลกิจกรรมในการปลูกอ้อย



รูปที่ 9 ตัวอย่างขอบเขตและข้อมูลกิจกรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกอ้อย

ตารางที่ 4 ตัวอย่างกิจกรรรมที่สำคัญสำหรับการปลูกอ้อย

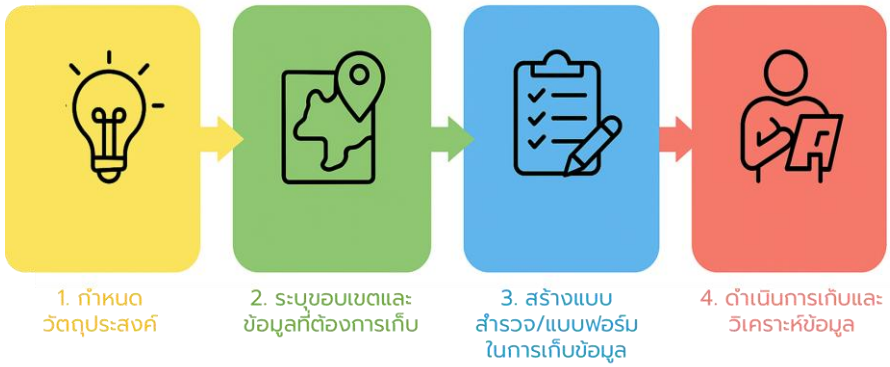
ชนิดและรายละเอียดกิจกรรม		รายละเอียดการเก็บข้อมูล
การใช้เครื่องจักร เตรียมดิน ปลูก พรวน ใส่ปุ๋ย สางใบอ้อย (ชนิดเครื่องจักร, ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง, กำลังเครื่องยนต์, ปริมาณน้ำมัน, จำนวนครั้งที่ทำงาน, เวลาทำงาน)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก หรือทุกปี
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าน้ำมัน บิลค่าจ้าง
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การปรับปรุงดินด้วยการใช้ปูนขาว/โดโลไมต์ (ชนิดของปูน, ปริมาณที่ใช้)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก หรือทุกปี
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - รายงานจากสถานีพัฒนาที่ดิน

ชนิดและรายละเอียดกิจกรรม		รายละเอียดการเก็บข้อมูล
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การใช้เครื่องสูบน้ำ (ชนิดเครื่องสูบน้ำ, ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง/ไฟฟ้า/แสงอาทิตย์, กำลังเครื่องยนต์, ปริมาณน้ำมัน/ไฟฟ้า, จำนวนครั้งที่ทำงาน, ระยะเวลาทำงาน)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก หรือทุกปี
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าน้ำมัน หรือค่าไฟ
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การใส่ปุ๋ย (พื้นที่ใส่ปุ๋ย, ชนิดของปุ๋ย, สูตรปุ๋ย, อัตราที่ใส่, จำนวนครั้งที่ใส่, วิธีการใส่)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก หรือทุกปี
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร, บิลค่าปุ๋ย
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การเก็บเกี่ยว (วิธีการเก็บเกี่ยว, ชนิดเครื่องจักร, กำลังเครื่องยนต์, ปริมาณน้ำมัน, ระยะเวลาทำงาน)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก หรือทุกปี
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าน้ำมันรถเกี่ยว หรือค่าจ้างรถตัดอ้อย รถคีบอ้อย
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การอัดใบอ้อย (พื้นที่อัดใบอ้อย, กำลังเครื่องยนต์, ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง, ปริมาณน้ำมัน, จำนวนก้อนที่อัดได้, น้ำหนักต่อก้อน)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก หรือทุกปี
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - บิลค่าน้ำมันรถแทรกเตอร์ หรือค่าจ้างอัดใบอ้อย
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ

ชนิดและรายละเอียดกิจกรรม		รายละเอียดการเก็บข้อมูล
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง
การเผาเศษวัสดุ (พื้นที่เผา, ชนิดของเศษวัสดุ, ปริมาณเศษวัสดุ)	ความถี่	ทุกฤดูกาลเพาะปลูก หรือทุกปี
	ผู้รับผิดชอบ	ผู้ดำเนินโครงการ เจ้าหน้าที่ หรือนักวิจัย
	การตรวจวัด	- แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูลภาคสนาม - สมุดบันทึกการเพาะปลูกของเกษตรกร - แผนที่และภายถ่ายทางอากาศ (satellite) - รายงานจุดความร้อน (hotspot) โดยระบบ VIIRS ของ GISTDA (พื้นที่ถูกเผา (ไร่) = (จำนวนจุดความร้อน x 375 x 375) / 1600) - ข้อมูลพื้นที่เผาไหม้ Burn Scar ของ GISTDA
	การรายงาน	รายงานข้อมูลไปยังเจ้าหน้าที่หรือนักวิจัยที่ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ
	การทวนสอบ	ทบทวนข้อมูลร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้อง

3.4.3 แผนการเก็บข้อมูลกิจกรรม (Data Collection Planning)

การวางแผนการเก็บข้อมูลกิจกรรมเป็นขั้นตอนสำคัญของระบบ MRV ที่มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน และสามารถใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในภาคเกษตร เช่น ข้าว และอ้อย ซึ่งมีความหลากหลายของระบบการผลิตและการจัดการในพื้นที่จริง ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการภายใต้ระบบ MRV สำหรับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีประสิทธิภาพ โปร่งใส และตรวจสอบได้ จึงควรกำหนดแผนการเก็บข้อมูลกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน ดังนี้ (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 ตัวอย่างในการวางแผนการเก็บข้อมูลกิจกรรม

1. กำหนดวัตถุประสงค์

การกำหนดวัตถุประสงค์เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญ เพราะจะเป็นตัวกำหนดทิศทางของการเก็บข้อมูลกิจกรรมทั้งหมด โดยวัตถุประสงค์ควรชัดเจน วัดผลได้ และสอดคล้องกับเป้าหมายของโครงการ MRV หรือการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น:

- เพื่อคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำนาข้าวหรือไร่อ้อย
- เพื่อประเมินผลลัพธ์ของมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับแปลง
- เพื่อเตรียมข้อมูลเข้าสู่ระบบการตรวจวัดรายงานและทวนสอบ (MRV) หรือกลไกคาร์บอนเครดิต

2. ระบุขอบเขตและข้อมูลที่ต้องการเก็บ

หลังจากกำหนดวัตถุประสงค์แล้ว ต้องกำหนด **ขอบเขต (Boundary)** ของกิจกรรมและพื้นที่ศึกษาให้ชัดเจน รวมถึงระบุ **ชนิดของข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)** ที่จำเป็นต้องใช้ เช่น:

- ขอบเขตทางภูมิศาสตร์ เช่น ตำบล อำเภอ หรือจังหวัด
- ช่วงระยะเวลาของการเก็บข้อมูล (ฤดูเพาะปลูก/รอบปี)
- ประเภทของข้อมูล เช่น:
    - พื้นที่ปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่หรือเฮกตาร์)
    - ชนิดปุ๋ย สูตรปุ๋ย และปริมาณปุ๋ยที่ใช้
    - ระบบการจัดการน้ำ (เช่น ขังต่อเนื่อง หรือเปียกสลับแห้ง)
    - วิธีการจัดการชีวมวล (เช่น เผา อัดฟาง หรือไถกลบ)
    - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรเกษตร (ดีเซล เบนซิน)

3. สร้างแบบสำรวจ/แบบฟอร์มในการเก็บข้อมูล

เพื่อให้การเก็บข้อมูลมีมาตรฐานและสามารถเปรียบเทียบได้ ควรออกแบบ **แบบสอบถามหรือแบบฟอร์มเก็บข้อมูล** ที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ โดยต้องคำนึงถึง:

- ความชัดเจนและกระชับของคำถาม
- ความสอดคล้องกับตัวชี้วัดของระบบ MRV
- รูปแบบที่เหมาะสมต่อผู้ตอบ เช่น แบบสอบถามสำหรับเกษตรกรควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย
- ช่องทางการเก็บข้อมูล เช่น แบบกระดาษ แอปมือถือ หรือระบบออนไลน์

4. ดำเนินการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อเตรียมแบบฟอร์มพร้อมแล้ว ให้ดำเนินการ **เก็บข้อมูลภาคสนาม** โดยอาจมอบหมายให้คณะทำงาน เจ้าหน้าที่ นักวิจัย หรือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเป็นผู้ดำเนินการเก็บข้อมูล ซึ่งควรมีการอบรมให้ความรู้และสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการและวิธีการเก็บข้อมูลก่อนลงปฏิบัติงานจริง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของระบบ MRV

หลังจากเก็บข้อมูลเสร็จ:

- ตรวจสอบความครบถ้วนและคุณภาพของข้อมูล (QA/QC)
- วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแปลงเป็นค่าที่ใช้คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้สมการต่าง ๆ ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.3
- จัดเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลของโครงการ เพื่อใช้ในการรายงานและทวนสอบภายใต้ระบบ MRV

กล่าวโดยสรุปคือ การวางแผนเก็บข้อมูลกิจกรรมที่ดีต้องเริ่มจากวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ตามด้วยการกำหนดขอบเขตที่ครอบคลุม ออกแบบเครื่องมือให้เหมาะสม และมีระบบวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับแนวทางสากล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือสำหรับการคำนวณและรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 4:

การรายงาน (Reporting) ปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกในระดับโครงการ (Project-level GHG Reporting) เป็นขั้นตอนสำคัญภายใต้ระบบ MRV ที่มีบทบาทในการสื่อสารผลลัพธ์ของกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หน่วยรับรองมาตรฐาน ตลอดจนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการแสดงข้อมูลอย่างโปร่งใส ตรวจสอบได้ และสามารถเปรียบเทียบได้ในระดับสากล

4.1 องค์ประกอบของการรายงานระดับโครงการ

การจัดทำรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกในระดับโครงการควรประกอบด้วยเนื้อหาหลักดังต่อไปนี้:

ข้อมูลโครงการ (Project Description): ประเภทกิจกรรม พื้นที่ดำเนินโครงการ ระยะเวลาเปรียบเทียบ (Baseline vs. Project period) และผู้ดำเนินโครงการ

ขอบเขตของการปล่อย (GHG Boundaries): ประเภทก๊าซเรือนกระจก แหล่งปล่อย และกิจกรรมที่อยู่ภายใต้การประเมิน

ระเบียบวิธีการ (Methodology): อ้างอิงมาตรฐานหรือแนวทางที่ใช้ เช่น คู่มือ IPCC, T-VER, CDM, Gold Standard ฯลฯ

ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data - AD): เช่น ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณเชื้อเพลิง

ค่าการปล่อย (Emission Factor - EF): ใช้ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (ถ้ามี) หรือค่าจากแหล่งอ้างอิงที่ยอมรับ เช่น IPCC และ งานวิจัย

ผลการคำนวณ (GHG Emission Result): แสดงปริมาณการปล่อย ดูดซับ หรือกักเก็บก๊าซเรือนกระจก และผลลัพธ์ของการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจริง (Baseline emissions vs. Project emissions) ในหน่วย tCO_2e หรือ ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

4.2 รูปแบบและความถี่ของการรายงาน

- รายงานควรถูกจัดทำในรูปแบบที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของหน่วยงานรับรอง เช่น องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือหน่วยงานตามมาตรฐานระหว่างประเทศ
- ความถี่ของการรายงานขึ้นอยู่กับประเภทโครงการและข้อกำหนดของมาตรฐานที่ใช้ โดยทั่วไปมักเป็นรายปี หรือรอบการตรวจสอบ (Monitoring period)

4.3 แนวทางในการนำเสนอผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การนำเสนอผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ระบบ MRV มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างความโปร่งใส ความน่าเชื่อถือ และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อการกำหนดนโยบายและการเข้าถึงกลไกสนับสนุนต่าง ๆ ทั้งในระดับชาติและนานาชาติ ดังนั้น การจัดทำรายงานผลจึงควรมีแนวทางที่เป็นระบบ ครอบคลุม และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ โดยมีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

4.3.1 จัดโครงสร้างรายงานอย่างเป็นระบบ

เนื้อหาควรถูกนำเสนอเป็นลำดับ เพื่อให้ผู้ตรวจสอบและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าใจง่าย โดยประกอบด้วย:

- **บทนำ**: วัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูล ประเภทโครงการ พื้นที่ และระยะเวลาการดำเนินงาน
- **ขอบเขตของการประเมิน (Boundaries)**: แหล่งกำเนิดก๊าซ ประเภทกิจกรรม และประเภทก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง
- **ระเบียบวิธี (Methodology)**: อธิบายวิธีคำนวณและแนวทางอ้างอิง เช่น IPCC, T-VER หรือมาตรฐานอื่น ๆ
- **ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)**: แสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ปริมาณปุ๋ย พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณเชื้อเพลิง
- **ค่าการปล่อย (Emission Factor)**: ระบุแหล่งที่มาของค่า EF ที่ใช้ และระดับของวิธีการ (Tier)
- **สมมุติฐาน/แหล่งที่มาข้อมูล**: อธิบายข้อมูลพื้นฐาน วิธีเก็บ และข้อจำกัด
- **ผลการประเมินการปล่อยก๊าซ (GHG Emission Result)**: แสดงผลเป็นหน่วย tCO_2e พร้อมเปรียบเทียบค่าการปล่อยในกรณีฐาน (Baseline emission) และกรณีดำเนินโครงการ (Project emission)

4.3.2 ใช้ตารางและกราฟประกอบเพื่อความชัดเจน

การสรุปข้อมูลด้วย **ตาราง** และ **กราฟเปรียบเทียบ** เช่น กราฟแท่ง หรือกราฟวงกลม ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจแนวโน้มการปล่อยก๊าซได้ง่ายขึ้น เช่น:

- ตารางแสดง Activity Data รายปี
- กราฟแสดงปริมาณก๊าซเรือนกระจกแยกตามแหล่งกิจกรรม
- เปรียบเทียบค่าก่อนและหลังมาตรการลดการปล่อย

4.3.3 ระบุผลการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างชัดเจน

ควรระบุผลลัพธ์การลดการปล่อยก๊าซ เช่น:

- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (tCO_2e)
- ร้อยละการลดลงเมื่อเทียบกับกรณีฐาน (Baseline)
- ระบุความไม่แน่นอน (Uncertainty) หากมี

4.3.4 แนบหลักฐานและแหล่งข้อมูลประกอบ

เพื่อให้การรายงานตรวจสอบได้ ควรแนบ:

- แบบฟอร์มข้อมูลกิจกรรมที่ใช้จริง
- ภาพถ่ายภาคสนาม/กิจกรรม
- แหล่งที่มาของข้อมูล EF หรือข้อมูลอื่นที่อ้างอิง

4.3.5 จัดทำในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสากล

รายงานควรจัดทำในรูปแบบที่เป็นที่ยอมรับ เช่น:

- ใช้หน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) เช่น $kgCO_2e$ หรือ tCO_2e
- สอดคล้องกับโครงสร้างของระบบ MRV ระดับประเทศ
- พร้อมสำหรับการตรวจสอบโดยบุคคลที่สาม (Third-party verification)

บทที่ 5:

การทวนสอบ (Verification) ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก

การทวนสอบข้อมูลก๊าซเรือนกระจก (GHG Verification) ในระดับโครงการ เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยยืนยันความถูกต้อง ความครบถ้วน และความน่าเชื่อถือของข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ถูกรวบรวมและรายงาน โดยเฉพาะในโครงการที่ดำเนินการเพื่อสนับสนุนนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม การลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือการติดตามความก้าวหน้าของมาตรการที่รัฐหรือองค์กรต่าง ๆ ดำเนินการ

5.1 วัตถุประสงค์ของการทวนสอบในระดับโครงการ

- เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของข้อมูลที่รายงานกับกิจกรรมที่ดำเนินการจริง

- เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ข้อมูลสำหรับการใช้ในการกำหนดนโยบายหรือการวางแผนด้านสิ่งแวดล้อม

- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพของมาตรการหรือกิจกรรมที่มุ่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

- เพื่อสนับสนุนกระบวนการรายงานระดับองค์กร หน่วยงานรัฐ หรือการรายงานตามพันธกรณีระหว่างประเทศ

5.2 ขอบเขตของการทวนสอบ

การทวนสอบในระดับโครงการจะครอบคลุมองค์ประกอบหลักของการประเมินก๊าซเรือนกระจก ได้แก่:

ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)

ค่าการปล่อย (Emission Factors)

วิธีคำนวณและสมมุติฐานที่ใช้

ขอบเขตของโครงการ (Boundary)

ระยะเวลาการเก็บข้อมูล (Monitoring Period)

เอกสารหรือหลักฐานสนับสนุน

5.3 ขั้นตอนของการทวนสอบ

กระบวนการทวนสอบอาจประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ดังนี้:

1) การทบทวนเอกสาร (Desk Review): วิเคราะห์รายงานและเอกสารประกอบที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2) การวิเคราะห์แนวทางการทวนสอบและการประเมินความเสี่ยง (Strategic analysis and Risk assessment): ประเมินความเสี่ยงของข้อมูลที่อาจจะไม่ถูกต้อง ไม่ครบถ้วน หรือมีอคติ ครอบคลุมความเสี่ยงโดยธรรมชาติ (Inherent Risk: IR) ความเสี่ยงที่เกิดจากการควบคุม (Control Risk: CR) และความเสี่ยงที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ (Detection Risk: DR) และจัดทำแผนการทวนสอบ

3) การสัมภาษณ์และตรวจสอบภาคสนาม (Field interview and verification): เพื่อยืนยันความถูกต้องของกิจกรรมที่เกิดขึ้นจริง และความสอดคล้องกับข้อมูลที่ถูกรายงาน

4) การออกถ้อยแถลงการทวนสอบ (Verification Statement): แสดงผลการทวนสอบว่าข้อมูลมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ในระดับใด

5.4 ผู้ดำเนินการทวนสอบ

การทวนสอบควรดำเนินการโดย **หน่วยงานอิสระที่มีความเชี่ยวชาญ** และ **ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้จัดทำรายงาน** เพื่อคงไว้ซึ่งความเป็นกลางและความน่าเชื่อถือของผลการทวนสอบ โดยผู้ทวนสอบควรมีความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น ISO 14064-1, ISO 14064-2 และ ISO 14064-3

5.5 ความสำคัญของการทวนสอบ

ช่วยปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล และกระบวนการจัดเก็บข้อมูลในโครงการ

สร้างความโปร่งใสต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น หน่วยงานรัฐ ผู้สนับสนุนทุน หรือสาธารณะ

เป็นหลักฐานสำคัญในการติดตามและประเมินผลของมาตรการด้านสิ่งแวดล้อม

สนับสนุนการพัฒนาแนวทางการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกในระยะยาวอย่างเป็นระบบ

การทวนสอบข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร เป็นกระบวนการสำคัญในการรับรองคุณภาพของข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิต โดยเฉพาะข้าวและอ้อย โดยอิงตามมาตรฐานสากลและมีการตรวจสอบเชิงพื้นที่ร่วมกับเกษตรกรและหน่วยงานในพื้นที่จริง ซึ่งเป็นรากฐานในการผลักดันภาคเกษตรไทยสู่ความยั่งยืนด้านอาหาร พลังงานและสิ่งแวดล้อม.

บทที่ 6:

การใช้ MRV ในโครงการ TGC EMC กลุ่มงานพลังงานชีวมวล

ระบบ MRV คือกลไกสำคัญในการจัดการข้อมูลด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) อย่างเป็นระบบ ครอบคลุมการตรวจวัด การรายงาน และการทวนสอบข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการติดตามผลนโยบาย การพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจก และการเข้าร่วมตลาดคาร์บอนอย่างโปร่งใสและน่าเชื่อถือ

ภายใต้โครงการความร่วมมือไทย-เยอรมันด้านพลังงาน คมนาคม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (TGC EMC) กลุ่มงานพลังงานชีวมวล ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบ MRV ในภาคเกษตร โดยมุ่งเน้นที่การผลิตข้าวและอ้อย ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศที่มีส่วนสำคัญในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากกระบวนการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและกระบวนการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6.1 ตัวอย่าง การปรับใช้ระบบ MRV ในการปลูกข้าว

พื้นที่นำร่อง: แปลงนาในจังหวัดนครสวรรค์

แนวทางการดำเนินงาน:

1. **การตรวจวัด (Measurement)**

- เก็บข้อมูลกิจกรรม เช่น วิธีการทำนา (นาดำ, นาหว่าน), ปริมาณปุ๋ยเคมี, วิธีจัดการน้ำ (ขังต่อเนื่อง, เปียกสลับแห้ง), การไถกลบฟาง, พื้นที่เก็บเกี่ยว, วันที่ปลูก, วันที่เกี่ยว
- บันทึกการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลและการขนส่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- ติดตามปริมาณฟางข้าวที่นำไปใช้ผลิตพลังงานชีวมวลแทนการเผา

2. **การรายงาน (Reporting)**

- คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมร่วมกับค่าการปล่อย (EF) ตามแนวทาง IPCC หรือค่าการปล่อยที่ได้จากการตรวจวัดโดยตรง (Site-specific Emission factor)
- จัดทำรายงานผลแยกตามแปลง/รอบฤดู พร้อมแนบหลักฐาน เช่น แบบฟอร์ม ภาพถ่าย ภาคสนาม พร้อมเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินมาตรการ

3. การทวนสอบ (Verification)

- ดำเนินการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญอิสระผ่านการสัมภาษณ์เกษตรกร การตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง และการประเมินความสอดคล้องของข้อมูลกิจกรรมกับผลคำนวณ
- จัดทำรายงานการทวนสอบ รองรับการพัฒนาเข้าสู่โครงการลดก๊าซหรือคาร์บอนเครดิตในอนาคต

6.2 ตัวอย่าง การปรับใช้ระบบ MRV ในไร่อ้อย

พื้นที่นำร่อง: ไร่อ้อยในจังหวัดนครสวรรค์

แนวทางการดำเนินงาน:

1. การตรวจวัด (Measurement)

- เก็บข้อมูลวิธีการเก็บเกี่ยว (เผา/ไม่เผาใบอ้อย), การอัดใบอ้อยเป็นก้อน, ปริมาณปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ที่ใช้
- บันทึกการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลและการขนส่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- ติดตามปริมาณใบอ้อยที่นำไปใช้ผลิตพลังงานชีวมวลแทนการเผา

---

2. การรายงาน (Reporting)

- สรุปการลดการปล่อยก๊าซจากการงดเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและการใช้พลังงานชีวมวลแทนฟอสซิล
- แสดงการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินมาตรการ

---

3. การทวนสอบ (Verification)

- ดำเนินการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญอิสระผ่านการสัมภาษณ์เกษตรกร การตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง เช่น ภาพถ่ายภาคสนามและรายงานจากผู้รวบรวมใบอ้อย และการประเมินความสอดคล้องของข้อมูลกิจกรรมกับผลคำนวณ
- จัดทำรายงานการทวนสอบ รองรับการพัฒนาเข้าสู่โครงการลดก๊าซหรือคาร์บอนเครดิตในอนาคต

6.3 ประโยชน์ของการปรับใช้ระบบ MRV ในโครงการ TGC EMC

- **สร้างข้อมูลฐานที่เชื่อถือได้** สำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร
- **สนับสนุนการลดการปล่อย GHG** จากแหล่งในไร่ เช่น การเผาใบอ้อย และการจัดการฟางข้าว
- **ผลักดันเศรษฐกิจชีวมวล** โดยเชื่อมโยงการจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกับการผลิตพลังงานหมุนเวียน
- **เตรียมความพร้อมเข้าสู่ตลาดคาร์บอน** หรือกลไกสนับสนุนทางการเงินในอนาคต เช่น T-VER หรือโครงการระหว่างประเทศ

การปรับใช้ระบบ MRV ในภาคเกษตร (ข้าวและอ้อย) ภายใต้โครงการ TGC EMC กลุ่มงานพลังงานชีวมวล เป็นตัวอย่างสำคัญของการพัฒนาระบบข้อมูลที่สอดคล้องกับภาคปฏิบัติจริงในระดับแปลงเกษตร โดยเน้นการตรวจวัดที่เป็นระบบ การรายงานที่โปร่งใส และการทวนสอบที่น่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถขยายผลต่อยอดไปสู่การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรอย่างยั่งยืนในระดับประเทศ

เอกสารอ้างอิง

สิรินทรเทพ เต้าประยูร, อำนาจ ชิดไธสง, กัลยาณี ฟูสุวรรณกายะ และนิตยา ชาอุ่น. (2558). แนวทางและวิธีการที่เหมาะสมในการตรวจสอบ รายงานผลและทวนสอบการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตร: กรณีศึกษาจากนาข้าว. รายงานฉบับสมบูรณ์, สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 243 หน้า

อบก. 2559. คู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), พฤศจิกายน 2559, 80 หน้า. https://ghgreduction.tgo.or.th/th/download-tver/68-tver-publications/347-2017-11-28-07-51-13.html

อรรคเดช ศรีบุตตะ และพัชรี แสนจันทร์. (2545). ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดและการปล่อยมีเทนจากนาข้าว. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. ปีที่ 10 ฉบับที่ 3. หน้า 42-46.

Cha-un, N., Chidthaisong, A., Yagi, K., Sudo, S., Towprayoon, S. 2017. Greenhouse gas emissions, soil carbon sequestration and crop yields in a rain-fed rice field with crop rotation management. Agric. Ecosyst. Environ, 237, 109–120.

Chidthaisong A., Cha-un N., Rossopa B., Buddaboon C., Kunuthai C., Sriphirom P., Towprayoon S., Tokida T., Padre A. and Minamikawa K. (2017): Evaluating the effects of alternate wetting and drying (AWD) on methane and nitrous oxide emissions from a paddy field in Thailand, Soil Science and Plant Nutrition.

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the NationalGreenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. https://www.ipcc-nggip. iges.or.jp/public /2006gl/

IPCC, 2013. AR5 Fifth Assessment Report, Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang (2013) "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing". In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing.

IPCC. (2019), The 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, [Online] https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/

ภาคผนวก:

ตัวอย่างแบบสอบถาม ตารางคำนวณ และค่า Emission Factor

ตัวอย่างแบบสอบถาม

แบบสอบถามข้อมูลการปลูกข้าว

แบบสอบถามข้อมูลการปลูกอ้อย

ตารางคำนวณ

ตารางคำนวณ GHG จากการปลูกข้าว

ตารางคำนวณ GHG จากการปลูกอ้อย

ค่า Emission Factors และ Scaling Factors

การปล่อย CH_4 จากนาข้าว (*The 2019 Refinement to the 2006 IPCC*)

TABLE 5.11 (UPDATED)
DEFAULT CH_4 BASELINE EMISSION FACTOR ASSUMING NO FLOODING FOR LESS THAN 180 DAYS PRIOR TO RICE CULTIVATION, AND CONTINUOUSLY FLOODED DURING RICE CULTIVATION WITHOUT ORGANIC AMENDMENTS

World		Regional		
Emission factor (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})	**Error range (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})**	**Region**	**Emission factor (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})**	**Error range (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})**
1.19	0.80 – 1.76	Africa [1]	1.19	0.80 – 1.76
		East Asia	1.32	0.89 – 1.96
		Southeast Asia	1.22	0.83 – 1.81
		South Asia	0.85	0.58 – 1.26
		Europe	1.56	1.06 – 2.31
		North America	0.65	0.44 – 0.96
		South America	1.27	0.86 – 1.88

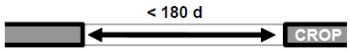
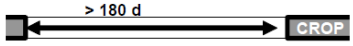
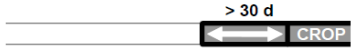
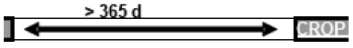
Note: Emission factors and error ranges were estimated based on 95% confidence interval, using statistical model with updated database; See Annex 5A.2 for more information.

[1] For Africa, the global estimate is used due to lack of data.

TABLE 5.12 (UPDATED)
DEFAULT CH_4 EMISSION SCALING FACTORS FOR WATER REGIMES DURING THE CULTIVATION PERIOD RELATIVE TO CONTINUOUSLY FLOODED FIELDS

Water regime		Aggregated case		Disaggregated case	
		Scaling factor (SFw)	**Error range**	**Scaling factor (SFw)**	**Error range**
Upland [a]		0	-	0	-
Irrigated [b]	Continuously flooded	0.60	0.44 – 0.78	1.00	0.73 – 1.27
	Single drainage period			0.71	0.53 – 0.94
	Multiple drainage periods			0.55	0.41 – 0.72
Rainfed and deep water [c]	Regular rainfed	0.45	0.32 – 0.62	0.54	0.39 – 0.74
	Drought prone			0.16	0.11 – 0.24
	Deep water	0.06	0.03 – 0.12	0.06	0.03 – 0.12

TABLE 5.13 (UPDATED)
DEFAULT CH_4 EMISSION SCALING FACTORS FOR WATER REGIMES BEFORE THE CULTIVATION PERIOD

Water regime prior to rice cultivation (schematic presentation showing flooded periods as shaded)		Aggregated case		Disaggregated case	
		Scaling factor (SF_p)	Error range	Scaling factor (SF_p)	Error range
Non flooded pre-season <180 d		1.22	1.08 – 1.37	1.00	0.88 – 1.12
Non flooded pre-season >180 d				0.89	0.80 – 0.99
Flooded pre-season (>30 d)[a,b]				2.41	2.13 – 2.73
Non-flooded pre-season >365 d [c]				0.59	0.41 – 0.84

Source: Scaling factors and error ranges (based on 95% confidential interval) were determined using statistical model and updated database; see Annex 5A.2 for more information.

[a] Short pre-season flooding periods of less than 30 d are not considered in selection of SFp

[b] For calculation of pre-season emission see below (section on completeness)

[c] Refers to "upland crop - paddy rotation" or fallow without flooding in previous year.

TABLE 5.14 (UPDATED)
DEFAULT CONVERSION FACTORS FOR DIFFERENT TYPES OF ORGANIC AMENDMENTS

Organic amendment	Conversion factor (CFOA)	Error range
Straw incorporated shortly (<30 days) before cultivation[a]	1.00	0.85 – 1.17
Straw incorporated long (>30 days) before cultivation[a]	0.19	0.11 – 0.28
Compost	0.17	0.09 – 0.29
Farm yard manure	0.21	0.15 – 0.28
Green manure	0.45	0.36 – 0.57

Source: Conversion factors and error ranges (based on 95% confidential interval) were determined using statistical model and updated database; see Annex 5A.2 for more information.

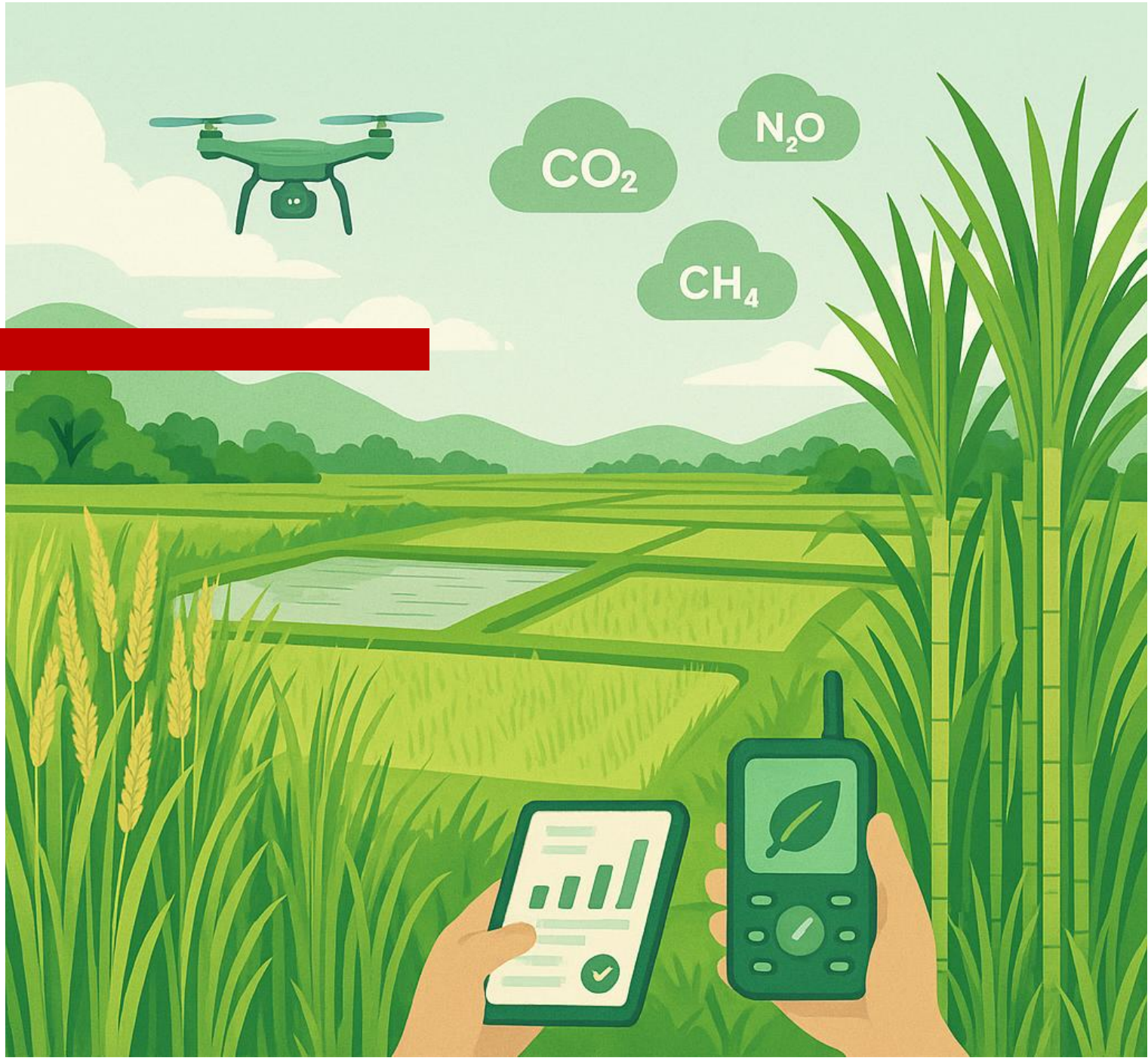
[a] Straw application means that straws are incorporated into the soil. It does not include cases where straws are just placed on soil surface, and straws that were burnt on the field.

TABLE 11.1 (UPDATED)
DEFAULT EMISSION FACTORS TO ESTIMATE DIRECT N_2O EMISSIONS FROM MANAGED SOILS

Emission factor	Aggregated		Disaggregated		
	Default value	Uncertainty range	Disaggregation[4]	Default value	Uncertainty range
EF_1 for N additions from synthetic fertilisers, organic amendments and crop residues, and N mineralised from mineral soil as a result of loss of soil carbon[1] [kg N_2O–N (kg N)$^{-1}$]	0.010	0.002 – 0.018	Synthetic fertiliser inputs[5] in wet climates	0.016	0.013 – 0.019
			Other N inputs[6] in wet climates	0.006	0.001 – 0.011
			All N inputs in dry climates	0.005	0.000 – 0.011
EF_{1FR} for flooded rice fields[2,7] [kg N_2O–N (kg N)$^{-1}$]	0.004	0.000 – 0.029	Continuous flooding	0.003	0.000 – 0.010
			Single and multiple drainage	0.005	0.000 – 0.016
$EF_{3PRP, CPP}$ for cattle (dairy, non-dairy and buffalo), poultry and pigs[3] [kg N_2O–N (kg N)$^{-1}$]	0.004	0.000– 0.014	Wet climates	0.006	0.000 – 0.027
			Dry climates	0.002	0.000 – 0.007
$EF_{3PRP, SO}$ for sheep and 'other animals'[3] [kg N_2O–N (kg N)$^{-1}$]	0.003	0.000 – 0.010	-	-	-

TABLE 11.3 (UPDATED)
DEFAULT EMISSION, VOLATILISATION AND LEACHING FACTORS FOR INDIRECT SOIL N_2O EMISSIONS

Factor	Aggregated		Disaggregated		
	Default value	Uncertainty range	Disaggregation	Default value	Uncertainty range
EF_4 [N volatilisation and re-deposition][1], kg N_2O–N (kg NH_3–N + NO_x–N volatilised)$^{-1}$	0.010	0.002 - 0.018	Wet climate	0.014	0.011 – 0.017
			Dry climate	0.005	0.000 – 0.011
EF_5 [leaching/runoff][2], kg N_2O–N (kg N leaching/runoff)$^{-1}$	0.011	0.000 - 0.020	-	-	-
$Frac_{GASF}$ [Volatilisation from synthetic fertiliser][3], (kg NH_3–N + NO_x–N) (kg N applied)$^{-1}$	0.11	0.02 - 0.33	Urea	0.15	0.03 – 0.43
			Ammonium-based	0.08	0.02 – 0.30
			Nitrate-based	0.01	0.00 – 0.02
			Ammonium-nitrate-based	0.05	0.00 – 0.20
$Frac_{GASM}$ [Volatilisation from all organic N fertilisers applied, and dung and urine deposited by grazing animals][4], (kg NH_3–N + NO_x–N) (kg N applied or deposited)$^{-1}$	0.21	0.00 - 0.31	-	-	-
$Frac_{LEACH-(H)}$ [N losses by leaching/runoff in wet climates][5], kg N (kg N additions or deposition by grazing animals)$^{-1}$	0.24	0.01 – 0.73	-	-	-



องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน ประจำประเทศไทย

193/63 อาคารเลครัชดาออฟฟิศคอมเพล็กซ์ (ชั้น 16) ถ.รัชดาภิเษกตัดใหม่

คลองเตย กรุงเทพฯ 10110 ประเทศไทย

อีเมล: giz-thailand@giz.de

โทรศัพท์ : (+66) 2 661 9273