**T-VER-P-TOOL-01-13**

**การคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว**

**(Calculation for methane emission reduction by adjusted water management practice in rice cultivation)**

**ฉบับที่ 01**

**มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2566**

# 1. บทนำ

 เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงานภายใต้กิจกรรมโครงการการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าว

# 2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

 รายละเอียดดังภาคผนวกที่ 1

# 3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

 เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการของพื้นที่ที่มีลักษณะดังนี้:

1. พื้นที่ที่ใช้เครื่องมือนี้ได้ คือพื้นที่ที่มีการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้
2. พื้นที่ปลูกข้าวที่มีการปรับเปลี่ยนจากการขังน้ำตลอดฤดูปลูก (Continuously flood condition) เป็นการขังน้ำเป็นช่วง (Intermittent flood condition) และ/หรือมีการลดระยะเวลาขังน้ำ
3. พื้นที่ปลูกข้าวที่มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง(Alternate wetting and drying) และการปลูกข้าวแอโรบิค (Aerobic rice cultivation)
4. พื้นที่ปลูกข้าวที่มีการปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกจากนาดำ (Transplanting) เป็นนาหว่าน (Direct seeding)
5. กิจกรรมการของโครงการต้องเป็นไปตามสภาวะต่อไปนี้
6. พื้นที่ปลูกข้าวโครงการเป็นพื้นที่นาชลประทาน (Irrigated flooded fields) และไม่ครอบคลุมพื้นที่ปลูกข้าวแบบนาน้ำฝน (Rainfed) นาน้ำลึก (Deep water) หรือข้าวไร่ (Upland) ที่กำหนดจากการสำรวจพื้นที่ตามเขตภูมิศาสตร์ (Geographical region) ที่เสนอโดยผู้พัฒนาโครงการ หรือโดยการใช้ข้อมูลประเทศ(National data) พร้อมให้รายละเอียดรูปแบบการขังน้ำก่อนฤดูปลูก (Pre-season water regime) และการใส่วัสดุอินทรีย์สำหรับการกำหนดกรณีฐาน
7. พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการควบคุมการนำน้ำเข้าและระบายน้ำ (Controlled irrigation and drainage) ที่ดำเนินการควบคุมน้ำได้ทั้งฤดูน้ำและฤดูแล้ง
8. กิจกรรมโครงการต้องไม่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงเกินกว่าข้อกำหนดของวิธีการและไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนพันธุ์ข้าวที่ปลูก
9. โครงการต้องมีการจัดให้มีการฝึกอบรมและการสนับสนุนเชิงเทคนิคให้แก่เกษตรกรที่ดำเนินโครงการ โดยเฉพาะการเตรียมพื้นที่ การให้น้ำ การระบายน้ำ และการใช้ปุ๋ย พร้อมทั้งแสดงหลักฐานที่เป็นเอกสารของการดำเนินการ ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการต้องมีการดำเนินการที่มั่นใจได้ว่าเกษตรกรมีหลักเกณฑ์ในการประเมินปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้แผ่นเทียบสี (Leaf color chart) หรือข้อแนะนำจากหน่วยงานภาครัฐหรือเอกสารอ้างอิงที่เหมาะสม พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ
10. ผู้พัฒนาโครงการต้องแสดงว่ากิจกรรมการลดก๊าซมีเทนในพื้นที่ปลูกข้าวที่ดำเนินการไม่ได้เกิดจากข้อกำหนดของหน่วยงานภาครัฐหรือในท้องถิ่น
11. หากดำเนินการประเมินโดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นการตรวจวัดจากพื้นที่ตัวแทนของโครงการ วิธีการตรวจวัดต้องใช้วิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber method) และวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
12. กิจกรรมการของโครงการต้องมีการกำหนดรายละเอียดรูปแบบการปลูกข้าวสำหรับกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการ โดยสามารถจัดกลุ่มรูปแบบการปลูกดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1**รายละเอียดรูปแบบการปลูกข้าวสำหรับกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการ

| **พารามิเตอร์** | **ชนิดa** | **ประเภท/ค่า** | **แหล่งข้อมูล/วิธีการ** |
| --- | --- | --- | --- |
| รูปแบบการจัดการน้ำ (ในฤดูปลูก) | มีพลวัติ (Dynamic) | การขังน้ำตลอดฤดูปลูกการระบายน้ำ1 ครั้งการระบายน้ำหลายครั้ง | กรณีฐาน: ข้อมูลจากเกษตรกรกรณีดำเนินโครงการ: ข้อมูลจากการติดตามผล |
| รูปแบบการจัดการน้ำ (ก่อนฤดูปลูก) | มีพลวัติ (Dynamic) | มีการขังน้ำมีการระบายน้ำเป็นเวลาน้อยกว่า 180 วันมีการระบายน้ำเป็นเวลามากกว่า 180 วัน | กรณีฐาน: ข้อมูลจากเกษตรกรกรณีดำเนินโครงการ: ข้อมูลจากการติดตามผล |
| วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน | มีพลวัติ (Dynamic) | การใส่ฟางข้าวก่อนการปลูกbการใส่ฟางข้าวนอกการปลูกbปุ๋ยพืชสดปุ๋ยคอกปุ๋ยหมักไม่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ | กรณีฐาน: ข้อมูลจากเกษตรกรกรณีดำเนินโครงการ: ข้อมูลจากการติดตามผล |
| ความเป็นกรดด่างของดิน | คงที่ (Static) | <4.54.5-5.5>5.5 | ฐานข้อมูลคุณลักษณะดินของ ISRIC-WISE หรือข้อมูลประเทศ |
| คาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) | คงที่ (Static) | <1% 1-3%>3% | ฐานข้อมูลคุณลักษณะดินของ ISRIC-WISE หรือข้อมูลประเทศ |
| ภูมิอากาศ (Climate) | คงที่ (Static) | เขตนิเวศเกษตร (Agroecological zones: AEZ) | ข้อมูลตาม Rice Almanac (2002) หรือ HarvestChoice หรือตามการจำแนกพื้นที่ที่ได้รับการยอมรับในประเทศ |

**หมายเหตุ**:

aสภาวะที่มีพลวัติ (Dynamic conditions) คือ มีความเชื่อมโยงกับกิจกรรมในแปลง จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลา และจำเป็นต้องติดตามผล ส่วนสภาวะคงที่ (Static conditions) คือ พารามิเตอร์ที่จำเพาะกับพื้นที่ในการกำหนดคุณลักษณะดิน และไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา จึงตรวจวัดหรือรายงานค่าเพียงครั้งเดียว

bการใส่ฟางข้าวก่อนการปลูก (Straw on-season) เป็นการที่ฟางข้าวที่ถูกทิ้งไว้ในหน้าดินและที่ถูกไถกลบเข้าไปในดินและทำการปลูกข้าวตามทันที โดยดำเนินการภายใน 30 วันก่อนปลูกข้าว ส่วนการใส่ฟางนอกฤดู (Straw off-season) เป็นการใส่ฟางข้าวในฤดูปลูกก่อนหน้า โดยดำเนินการนานกว่า 30 วันก่อนการปลูกข้าว

 ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการต้องบันทึกรายละเอียดทั่วไปของเกษตรกรและพื้นที่ปลูกข้าวที่ร่วมโครงการ รวมถึงรายงานรายละเอียดการดำเนินกิจกรรมการปลูกต่าง ๆ ได้แก่ วันที่ปลูกข้าว วันที่และปริมาณการใส่ปุ๋ยและวัสดุอินทรีย์ วันที่และปริมาณการใส่สารควบคุมศัตรูพืช วันที่มีการจัดการน้ำ และผลผลิตข้าว โดยอ้างอิงตามรูปแบบการรายงานที่เป็นมาตรฐาน เป็นต้น

# 4. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว

การลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวจากการดำเนินโครงการ มีวิธีการประเมินตามทางเลือกการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวดังนี้

**ทางเลือกที่ 1: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวเป็นค่าจากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของโครงการ**

ขั้นตอนที่ 1การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐาน โดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CH\_{4}soil\_{BSL,t} =\sum\_{s}^{}CH\_{4}soil\_{BSL,s}$$

$$CH\_{4}soil\_{BSL,s} =\sum\_{g=1}^{G}EF\_{BSL,s,g}x A\_{s,g} x 10^{-3} x GWP\_{CH4}$$

โดยที่:

$CH\_{4}soil\_{BSL,t}$ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$CH\_{4}soil\_{BSL,s}$ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานสำหรับฤดูปลูก s (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$EF\_{BSL,s,g}$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานของรูปแบบ gสำหรับฤดูปลูก s (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)โดยเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ตัวแทนของโครงการด้วยวิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber) ตลอดฤดูปลูกข้าว มีอย่างน้อย 3 ซ้ำสำหรับแต่ละรูปแบบการปลูก(ตารางที่ 1) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนซ้ำที่ตรวจวัด

$A\_{s,g}$ พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการในรูปแบบ gสำหรับฤดูปลูก s (ไร่)

$GWP\_{CH4}$ ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน

$g$ รูปแบบการปลูก1,2,3,... โดยต้องครอบคลุมพื้นที่นาข้าวทั้งหมด

$s$ ฤดูปลูก

ขั้นตอนที่ 2การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการ โดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CH\_{4}soil\_{PROJ,t} =\sum\_{s}^{}CH\_{4}soil\_{PROJ,s}$$

$$CH\_{4}soil\_{PROJ,s} =\sum\_{g=1}^{G}EF\_{PROJ,s,g}x A\_{s,g} x 10^{-3} x GWP\_{CH4}$$

โดยที่:

$CH\_{4}soil\_{PROJ,t}$ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$CH\_{4}soil\_{PROJ,s}$ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการสำหรับฤดูปลูก s (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$EF\_{PROJ,s,g}$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการของรูปแบบ gสำหรับฤดูปลูก s (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก) โดยเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ตัวแทนของโครงการด้วยวิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber) ตลอดฤดูปลูกข้าว มีอย่างน้อย 3 ซ้ำสำหรับแต่ละรูปแบบการปลูก และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนซ้ำที่ตรวจวัด

$A\_{s,g}$ พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการในรูปแบบ gสำหรับฤดูปลูก s (ไร่)

$GWP\_{CH4}$ ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน

$g$ รูปแบบการปลูก 1,2,3,... โดยต้องครอบคลุมพื้นที่นาข้าวทั้งหมด

$s$ ฤดูปลูก

ขั้นตอนที่ 3การคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวจากการดำเนินโครงการ โดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CH\_{4}soil\_{ER,t} =CH\_{4}soil\_{BSL,t}-CH\_{4}soil\_{PROJ,t}$$

โดยที่:

$CH\_{4}soil\_{ER,t}$ ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนของโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$CH\_{4}soil\_{BSL,t}$ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$CH\_{4}soil\_{PROJ,t}$ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

**ทางเลือกที่2: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวเป็นค่าแนะนำ**

$$CH\_{4}soil\_{ER,t} =EF\_{ER} x A\_{t} x L\_{t} x 10^{-3} x GWP\_{CH4}$$

$$EF\_{ER} =EF\_{BSL}-EF\_{PROJ}$$

กรณีใส่วัสดุอินทรีย์

$$EF\_{BSL} =EF\_{BSL,c} x SF\_{BSL,w}x SF\_{BSL,p} x SF\_{BSL,o}$$

$$EF\_{PROJ} =EF\_{BSL,c} x SF\_{PROJ,w}x SF\_{PROJ,p} x SF\_{PROJ,o}$$

กรณีไม่ใส่วัสดุอินทรีย์

$$EF\_{BSL} =EF\_{BSL,c} x SF\_{BSL,w}x SF\_{BSL,p}$$

$$EF\_{PROJ} =EF\_{BSL,c} x SF\_{PROJ,w}x SF\_{PROJ,p}$$

โดยที่:

$CH\_{4}soil\_{ER,t}$ ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนของโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$EF\_{ER}$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวที่ลดลงจากการดำเนินโครงการ (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)

$EF\_{BSL}$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐาน (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)

$EF\_{PROJ}$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการ (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)

$EF\_{BSL,c}$ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวแบบขังน้ำตลอดฤดูปลูกและไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ในกรณีฐาน (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)โดยมีทางเลือกการใช้ค่า 2 กรณี คือ (1) เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ตัวแทนของโครงการด้วยวิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber) ตลอดฤดูปลูกข้าว มีอย่างน้อย 3 ซ้ำสำหรับแต่ละรูปแบบการปลูก และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนซ้ำที่ตรวจวัด และ (2) เป็นค่าแนะนำตามคู่มือ IPCC(ภาคผนวกที่ 2)

$SF\_{BSL,w}หรือSF\_{PROJ,w}$ ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำช่วงฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ(ภาคผนวกที่ 2)

$SF\_{BSL,p}หรือSF\_{PROJ,p}$ ตัวปรับค่าตามรูปแบบการขังน้ำก่อนฤดูในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ(ภาคผนวกที่ 2)

$SF\_{BSL,o}หรือSF\_{PROJ,o}$ ตัวปรับค่าตามการใส่วัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการโดยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$SF\_{o}=\left(1+\sum\_{ⅈ}^{}ROA\_{i} x CFOA\_{i}\right)^{0⋅59}$$

โดยที่

$ROA\_{i}$ ปริมาณวัสดุอินทรีย์ชนิด i ที่ใส่ (ตันต่อไร่ โดยน้ำหนักแห้งสำหรับฟาง และโดยน้ำหนักสดสำหรับวัสดุชนิดอื่น)

$CFOA\_{i}$ ตัวแปลงค่าสำหรับวัสดุอินทรีย์ชนิด i ที่ใส่ (เทียบกับการใส่ฟางเป็นเวลาสั้นๆ

ก่อนปลูก)(ภาคผนวกที่ 2)

$A\_{t}$ พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการในปีที่ t (ไร่)

$L\_{t}$ ระยะเวลาปลูกข้าวของโครงการในปีที่ t (วัน) (ใช้เฉพาะค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่เป็นหน่วยวัน)

$GWP\_{CH4}$ ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน

# 5. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

## 5.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$SF\_{BSL,w}หรือSF\_{PROJ,w}$$ |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำช่วงฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ |
| แหล่งของข้อมูล | ค่าแนะนำตาม IPCC (ภาคผนวก 2) |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$SF\_{BSL,p}หรือSF\_{PROJ,p}$$ |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำก่อนฤดูในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ |
| แหล่งของข้อมูล | ค่าแนะนำตาม IPCC (ภาคผนวก 2) |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$CFOA$$ |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | ตัวแปลงค่าสำหรับวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ (เทียบกับการใส่ฟางเป็นเวลาสั้นๆ ก่อนปลูก)  |
| แหล่งของข้อมูล | ค่าแนะนำตาม IPCC (ภาคผนวก 2) |
| หมายเหตุ | - |

## 5.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

**ทางเลือกที่ 1**: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ได้จากการตรวจวัดโดยตรง

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$EF\_{BSL,s,g}$$ |
| หน่วย | กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก |
| ความหมาย | ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในกรณีฐาน |
| แหล่งของข้อมูล | เก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการด้วยวิธีการตาม IPCC |
| ความถี่ในการติดตาม | เก็บตัวอย่างด้วยวิธีแบบกล่องปิดและรายงานปริมาณการปล่อยต่อฤดูปลูก |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$EF\_{PROJ,s,g}$$ |
| หน่วย | กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก |
| ความหมาย | ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในกรณีดำเนินโครงการ |
| แหล่งของข้อมูล | เก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการด้วยวิธีการตาม IPCC |
| ความถี่ในการติดตาม | เก็บตัวอย่างด้วยวิธีแบบกล่องปิดและรายงานปริมาณการปล่อยต่อฤดูปลูก |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$A\_{s,g}$$ |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | ผลรวมของพื้นที่โครงการในฤดูปลูก s รูปแบบ g |
| แหล่งของข้อมูล | - สำรวจในพื้นที่ เช่น การใช้ GPS- ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตาม | รายงานทุกฤดูปลูก |
| หมายเหตุ | - |

**ทางเลือกที่ 2**: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นค่าแนะนำ

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$EF\_{BSL,c}$$ |
| หน่วย | กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก |
| ความหมาย | ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนสำหรับการปลูกข้าวแบบขังน้ำตลอดและไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1เก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการด้วยวิธีการตาม IPCCทางเลือกที่ 2การใช้ค่าแนะนำตาม IPCC |
| ความถี่ในการติดตาม | คำนวณค่าก่อนดำเนินโครงการ หรือการติดตามผลรายปี |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$A\_{t}$$ |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่โครงการในปีที่t |
| แหล่งของข้อมูล | - สำรวจในพื้นที่ เช่น การใช้ GPS- ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| ความถี่ในการติดตาม | รายงานทุกปี |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | $$L\_{t}$$ |
| หน่วย | วัน |
| ความหมาย | ระยะเวลาปลูกข้าวของโครงการในปีที่ t |
| แหล่งของข้อมูล | - สำรวจในพื้นที่ เช่น สมุดบันทึกการปลูกข้าว |
| ความถี่ในการติดตาม | รายงานทุกปี |
| หมายเหตุ | ใช้ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวที่เป็นหน่วยฤดูปลูก |

# 6. เอกสารอ้างอิง

1. Clean Development Mechanism (CDM)Small-scale methodology: AMS-III.AU. Methane emission reduction by adjusted water management practice in rice cultivation (Version 04.0), 2014.
2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
3. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

**ภาคผนวก**

# ภาคผนวกที่ 1 นิยามที่เกี่ยวข้อง

| **คำศัพท์** | **นิยาม** |
| --- | --- |
| คาร์บอนในดิน(soil carbon) | การสลายตัวของอินทรียวัตถุ (organic matter) ที่สะสมในดินในรูปของอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) |
| ข้าวนาดำ (Transplanted rice) | การปลูกข้าวที่มีการเพาะเมล็ดในแปลงเพาะกล้าประมาณ 20-30 วัน จากนั้นนำต้นกล้าไปปักดำในแปลงปลูกข้าวที่ขังน้ำ |
| ข้าวนาหว่าน (Direct seeded rice) | การปลูกข้าวที่หว่านเมล็ดข้าวหรือเมล็ดข้าวงอก (Pre-germinated) โดยตรงในแปลงปลูกทั้งในสภาวะขังน้ำหรือแห้ง |
| กิจกรรมการเกษตรของโครงการ (PROJect cultivation practice) | เป็นกิจกรรมตามข้อกำหนดของเครื่องมือ โดยให้ความสำคัญกับการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าว ส่วนการเตรียมพื้นที่ การใส่ปุ๋ย และการจัดการศัตรูพืช เป็นทางเลือกของการดำเนินการ |
| ระบอบน้ำ (Water regime) | เป็นรูปแบบการปลูกข้าวที่พิจารณาทั้งตามนิเวศ (Ecosystem type) เช่น นาชลประทาน นาน้ำฝน และตามสภาวะการขังน้ำ (Flooding pattern) เช่น การขังน้ำตลอดฤดู การขังน้ำเป็นช่วง |
| ข้าวไร่ (Upland rice) | การปลูกข้าวที่ไม่มีการขังน้ำเป็นหลัก |
| นาชลประทาน (Irrigated rice) | การปลูกข้าวที่มีการขังน้ำเป็นหลัก และมีระบบหรือการจัดการควบคุมน้ำในแปลง |
| นาน้ำฝนและนาน้ำลึก (Rainfed and deep water rice) | การปลูกข้าวที่มีการขังน้ำเป็นหลัก และระบอบน้ำของพื้นที่ขึ้นกับน้ำฝนเท่านั้น |

# ภาคผนวกที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวเวลาปลูกข้าว และตัวปรับค่าต่าง ๆ

อ้างอิงตามคู่มือ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

* 1. **ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวแบบขังน้ำตลอดฤดูปลูกและไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ (**$EF\_{bsl,c}$**)**



*หมายเหตุ การนำค่าไปใช้ให้แปลงหน่วยเป็น กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน โดยที่ 1 เฮกตาร์เท่ากับ 6.25 ไร่*

**2.2ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำช่วงฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าว (**$SF\_{bsl,w}หรือSF\_{proj,w}$**)**



**2.3ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำก่อนฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าว (**$SF\_{bsl,p}หรือSF\_{proj,p}$**)**



**2.4ตัวแปลงค่าสำหรับวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ (CFOA)**



# ภาคผนวกที่ 3แนวทางการตรวจวัดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว

**ข้อกำหนดการดำเนินการ**

* การตรวจวัดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวต้องอยู่ภายใต้การควบคุมหรือการให้คำปรึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เก็บตัวอย่างก๊าซในภาคสนามหรือผู้ที่ได้รับการฝึกอบรม
* ผู้พัฒนาโครงการต้องจัดทำแผนและรายละเอียดการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวก่อนฤดูปลูก โดยมีเนื้อหาที่สำคัญ ได้แก่ การกำหนดพื้นที่ตัวแทนการปลูกข้าวของโครงการ ซึ่งครอบคลุมภูมิอากาศ ชนิดดิน การจัดการน้ำ พันธุ์ข้าวและพืชอื่น และการใส่ปุ๋ยและวัสดุอินทรีย์ ตารางเวลาการปลูกข้าวและการเก็บตัวอย่างก๊าซ รวมถึงการวิเคราะห์ตัวอย่าง เป็นต้น
* รายละเอียดการดำเนินการติดตั้งกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซแสดงดังต่อไปนี้

| **หัวข้อ** | **รายละเอียด** |
| --- | --- |
| วัสดุที่ใช้ทำกล่องเก็บตัวอย่าง | ทางเลือกที่ 1: การใช้วัสดุทึบแสง* ทำจากพลาสติกแบบ PVC หรือจากวัสดุจากโรงงาน เช่น เหล็กกัลวาไนซ์หรือเหล็กชุบสังกะสี
* ทำสีขาวหรือสารที่ช่วยสะท้อนแสง
* เหมาะสำหรับการเก็บตัวอย่างระยะสั้น โดยทั่วไปประมาณ 30 นาที
 | ทางเลือกที่ 2: การใช้วัสดุโปร่งแสง* ทำจากวัสดุที่เป็นอะคริลิก
* ข้อดีของกล่องโปร่งแสง คือ หากมีฝาที่เปิดปิดได้ สามารถวางกล่องทิ้งไว้ในแปลงได้นานกว่า
 |
| การติดตั้งในดิน | ทางเลือกที่ 1: ฐานที่ตรึงกับพื้นที่* ฐานทำจากวัสดุที่ไม่เป็นสนิมและสามารถทิ้งไว้ในแปลงได้ตลอดฤดูปลูก
* ต้องปิดสนิมกับกล่อง และไม่ให้อากาศเข้าออกได้
* เจาะรูที่ฐานเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนน้ำในบริเวณภายในและภายนอกฐานได้
* ต้องติดตั้งก่อนการเก็บตัวอย่างก๊าซครั้งแรก ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง
 | ทางเลือกที่ 2: ไม่มีฐาน* กล่องเก็บก๊าซวางบนดิน และทำการเปิดฝากล่องเพื่อระบายอากาศ
 |
| วัสดุเสริม | * ติดตั้งเครื่องหรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

จุดเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยใช้จุกยางในการเปิดปิดจุดเก็บตัวอย่าง |
| รูปทรงของฐาน | รูปทรงกลมหรือทรงสี่เหลี่ยมที่ต้องครอบคลุมพื้นที่อย่างน้อยต้นข้าว 4 กอ หรืออย่างน้อยขนาด 0.1 ตารางเมตร |
| ความสูงกล่อง | ทางเลือกที่ 1: ความสูงคงที่* ไม่น้อยกว่าความสูงต้นข้าว
 | ทางเลือกที่ 2: ความสูงที่ปรับเปลี่ยนได้* ปรับความสูงตามต้นข้าวได้
* มีกล่องตามความสูงต่าง ๆ
 |

* รายละเอียดการเก็บตัวอย่างก๊าซ

| **หัวข้อ** | **รายละเอียด** |
| --- | --- |
| จำนวนซ้ำต่อแปลง | มีจำนวนซ้ำอย่างน้อย 3 กล่องต่อแปลง |
| จำนวนตัวอย่างก๊าซต่อกล่องต่อครั้งการตรวจวัด | มีจำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อกล่องต่อครั้ง |
| ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง | 30 นาที |
| ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง | ช่วงเช้า |
| ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง | อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดฤดูปลูกข้าว (เริ่มปลูกข้าวจนถึงก่อนเก็บเกี่ยวข้าว) |
| หลอดเก็บก๊าซ | อยู่ในสภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน คือ เก็บตัวอย่างได้ดีและไม่รั่ว ทั้งนี้ ต้องตรวจสอบสภาพก่อนใช้งาน และใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมการเก็บก๊าซ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน |
| การเก็บรักษาตัวอย่าง | * การวิเคราะห์ตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมง สามารถเก็บตัวอย่างไว้ในหลอดเก็บก๊าซได้
* การวิเคราะห์ตัวอย่างเกินกว่า 24 ชั่วโมง ต้องเก็บตัวอย่างก๊าซในขวดที่เป็นสุญญากาศและเก็บในที่มีความดันสูงกว่าปกติเล็กน้อย (slight overpressure)
 |

* รายละเอียดการวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซ

|  |  |
| --- | --- |
| **หัวข้อ** | **รายละเอียด** |
| วิธีการตรวจวัด | เครื่อง Gas Chromatograph และใช้ Flame ionization detector (FID) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัด |
| การฉีดก๊าซ | การฉีดโดยตรงหรือใช้ Multi-port valve และ Sample loop |
| คอลัมน์ | คอลัมน์แบบ Packed หรือแบบ Capillary |
| การปรับเทียบ | วิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซมาตรฐานก่อนและหลังการวิเคราะห์ตัวอย่างในแต่ละวัน |

* วิธีคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$m\_{CH4,t}=C\_{CH4,t} x V\_{chamber} x M\_{CH4} x \frac{1 atm}{R x T\_{t} x 1000}$$

$$s=\frac{Δm\_{CH4}}{Δt}$$

$$RE\_{ch}=s x \frac{60 min}{A\_{chamber}}$$

$$RE\_{plot}=\frac{\sum\_{}^{}RE\_{ch}}{N\_{ch}}$$

โดยที่:

$m\_{CH4,t}$ มวลของก๊าซมีเทนในกล่องเก็บก๊าซที่เวลา t (มิลลิกรัม)

$t$ เวลาเก็บก๊าซ (เช่น 0, 15, 30 นาที)

$C\_{CH4,t}$ ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในกล่องเก็บก๊าซที่เวลา t จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง (ส่วนในล้านส่วน)

$V\_{chamber}$ ปริมาตรกล่องเก็บก๊าซ (ลิตร)

$M\_{CH4}$ มวลโมเลกุลของก๊าซมีเทน (16 กรัมต่อโมล)

$1 atm$ ความดันบรรยากาศ (กำหนดให้มีค่าคงที่ที่ 1 บรรยากาศ หรือมีอุปกรณ์ตรวจวัดติดตั้งภายในกล่อง)

$R$ ค่าคงที่ก๊าซ (กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.08206 ลิตรต่อเคลวินต่อโมล)

$T\_{t}$ อุณหภูมิที่เวลา t (เคลวิล)

$s$ ความชันของกราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของก๊าซและเวลา (ค่าจากการคำนวณ)

$RE\_{ch}$ อัตราการปล่อยก๊าซจากกล่องเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อความสูงต่อตารางเมตร)

$ch$ กล่องเก็บตัวอย่างที่1, 2, 3,.... ในแปลง

$A\_{chamber}$ พื้นที่หน้าตัดของกล่องเก็บตัวอย่าง (ตารางเมตร)

$RE\_{plot}$ ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยก๊าซของแปลง (มิลลิกรัมต่อความสูงต่อตารางเมตร)

$N\_{ch}$ จำนวนกล่องเก็บตัวอย่างในแปลง

* เมื่อได้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนต่อพื้นที่ปลูกข้าวแล้ว ทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าว โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่างคำนวณหาผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซตลอดฤดูปลูก และรายงานในหน่วยมิลลิกรัมต่อตารางเมตรหรือหน่วยกิโลกรัมต่อไร่

|  |
| --- |
| **บันทึกการแก้ไข** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ฉบับที่** | **แก้ไขครั้งที่** | **วันที่บังคับใช้** | **รายการแก้ไข** |
| 01 | - | 1 มีนาคม 2566 | ปรับแก้ไขจาก TVER-TOOL-01-13 |