**T-VER-TOOL-FOR/AGR-01**

**การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้**

**(Calculation for Carbon Sequestration)**

**(ฉบับที่ 4)**

**1. บทนำ**

 เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้ดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงานภายใต้กิจกรรมโครงการ อีกทั้งเครื่องมือฉบับนี้สามารถนำไปใช้กับโครงการที่ต้องการประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับด้านป่าไม้ และ/หรือโครงการที่ต้องการประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากต้นไม้ที่ปลูกหรือขึ้นตามธรรมชาติภายในพื้นที่โครงการ

**2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง**

 **เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (Diameter at Breath Height; DBH)**

 เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้วัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

 **ต้นไม้ (Tree)**

ต้นไม้ หรือ ไม้ยืนต้นที่มีเนื้อไม้ และอายุยืนยาวหลายปี มีความสูงเกิน 1.30 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ตั้งแต่ 4.50 เซนติเมตรขึ้นไป

 **ไม้หนุ่ม (Sapling)**

 ต้นไม้ที่เป็นไปตามคำจำกัดความของต้นไม้ ซึ่งมีความสูงเกิน 1.30 เมตร แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.50 เซนติเมตร

 **มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน** (Aboveground Biomass)

 น้ำหนักแห้งของทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล รวมทั้งไม้หนุ่ม (sapling) และไผ่

 **มวลชีวภาพใต้ดิน** (Belowground Biomass)

 น้ำหนักแห้งของส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน

 **สมการแอลโลเมตรี**

 สมการแอลโลเมตรี คือ สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ ซึ่งใช้คำนวณน้ำหนักแห้งของต้นไม้

**3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้**

 เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยจะรวมการคำนวณทั้งการกักเก็บเหนือพื้นดินและใต้ดิน ซึ่งอาจนำไปใช้ในการคำนวณในพื้นที่ที่มีการสำรวจทั้งพื้นที่ (100%) หรือ การสุ่มวางแปลงตัวอย่างก็ได้ รายละเอียดแนวทางการวางแปลงสำรวจและเก็บข้อมูล ดังภาคผนวกที่ 1

**4. การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน**

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน สามารถประเมินได้ 4 ทางเลือก ดังนี้

**ทางเลือกที่ 1**: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการนับจำนวนต้นไม้

ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีขนาดแปลงย่อยไม่เกิน 30 ไร่ (แปลงย่อย หมายถึง พื้นที่ที่มีเนื้อที่ติดกันและครอบครองโดยผู้ถือครองเดียวกัน) และรวมพื้นที่ทั้งโครงการไม่เกิน 1,000 ไร่ สามารถคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของโครงการ โดยกำหนดให้ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บของต้นไม้ในแต่ละปี มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง และมีอัตราการเพิ่มพูนปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเท่ากับ 9.5 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์/ต้น/ปี



ขอบเขตพื้นที่โครงการ**ไม่เกิน** 1,000 ไร่

ขอบเขตพื้นที่แปลงย่อย**ไม่เกิน**30 ไร่

โดยประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่ได้จากสมการ

เมื่อ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ
 (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= จำนวนต้นไม้ในพื้นที่โครงการทั้งหมด (ต้น)

 = ปีที่ดำเนินการติดตามผล (ปี)

= อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (kgCO2/ต้น/ปี)

 **ทางเลือกที่ 2**: การประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากการวัดขนาดต้นไม้

 เป็นการประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพของต้นไม้โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ซึ่งมวลชีวภาพของต้นไม้ ประกอบด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG) และมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG) โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

 **ส่วนที่ 1** การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG)

 ขั้นตอนที่ 1 วางแปลงตัวอย่างสำรวจให้เป็นไปตามที่ อบก. กำหนด และจดบันทึกชนิดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างของโครงการ

 ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยเลือกสมการแอลโลเมตรี (Allometric equation) ที่เหมาะสมกับพื้นที่โครงการ จากสมการที่ อบก. แนะนำ (รายละเอียดดังภาคผนวกที่ 2) หรือ สมการอื่นที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาสมการสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเอง โดยต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบและให้การยอมรับสำหรับการนำไปใช้

 ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการและปรับหน่วยให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

|  |  |
| --- | --- |
|  **เมื่อ** |  |
|  | *=* ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดของพื้นที่โครงการ(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) |
|  | = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของชั้นภูมิที่  (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) |
|  | = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
|  | = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,...n |
|  | = ชนิดไม้ 1, 2, 3,...n |
|  | = พื้นที่ทั้งหมดในชั้นภูมินั้นๆ (ไร่) |
|  | = พื้นที่แปลงตัวอย่างในชั้นภูมินั้นๆ (ไร่) |
|  | = สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ |

 **ส่วนที่ 2** การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG)

คำนวณปริมาณมวลชีวภาพของส่วนใต้พื้นดินของต้นไม้โดยใช้สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้แต่ละชนิด โดยสามารถใช้ค่าสัดส่วนที่ อบก. แนะนำ หรือค่าอื่นๆ ที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาค่าสัดส่วนต้นต่อรากสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเอง โดยจำเป็นต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบและให้การยอมรับสำหรับการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

 เมื่อ = ปริมาณกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของต้นไม้ทั้งหมดของพื้นที่โครงการ
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

 = ปริมาณกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของชั้นภูมิที่
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

 = ปริมาณกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของชั้นภูมิที่
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

 = สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้

 = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,... n

 **ส่วนที่ 3** การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมของการดำเนินโครงการ

เมื่อทำการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งเหนือพื้นดินและใต้ดินแล้ว นำมาหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่ได้จากสมการ

เมื่อ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ
 (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

= ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของต้นไม้

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

 **ทางเลือกที่ 3** : การประเมินโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote sensing)

 เป็นการนำเทคโนโลยีสำรวจระยะไกล ซึ่งเป็นระบบสำรวจบันทึกข้อมูลพื้นที่ป่าไม้หรือหมู่ไม้ ด้วยเครื่องรับรู้ (Sensors) โดยปราศจากการเข้าไปตรวจวัดจริงในพื้นที่ซึ่งเครื่องรับรู้อาจจะถูกติดไปกับยานอวกาศ เครื่องบิน อากาศยานไร้คนขับบอลลูน หรือ อื่นๆ ก็ได้ โดยเครื่องรับรู้จะตรวจจับคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagneticenergy) ที่สะท้อนจากวัตถุหรือหมู่ไม้จากคลื่นที่ส่งออกไป และจากนั้นจะมีการแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข โดยเทคโนโลยีสำรวจระยะไกลที่นำมาใช้ต้องเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับ มีความน่าเชื่อถือ อ้างอิงได้ในทางวิชาการ

 **ทางเลือกที่ 4** : อื่นๆ ตามที่ อบก. พิจารณาเห็นชอบ

**5. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง**

**พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | MAI |
| ค่า | 9.5 |
| หน่วย | กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อต้นต่อปี |
| ความหมาย | อัตราการเพิ่มพูนปริมาณการเก็บกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | การศึกษาลักษณะของพรรณไม้ ปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจก และขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้, 2553 |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | CF  |
| หน่วย | (ตันคาร์บอน/ตันน้ำหนักแห้ง) |
| ความหมาย | สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 ตารางที่ 4.3 หน้า 4.48 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 (Default 0.47)ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตรทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | R |
| หน่วย | (ตันน้ำหนักแห้งของราก/ตันน้ำหนักแห้งของต้น) |
| ความหมาย | สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 ตารางที่ 4.4 หน้า 4.49 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนา โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตรทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | 44/12 |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | มวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอนเพื่อแปลงหน่วยจากตันคาร์บอนเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ |
| แหล่งของข้อมูล |  - |
| หมายเหตุ | - |

 **พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | T |
| หน่วย | ต้น |
| ความหมาย | จำนวนต้นไม้ในพื้นที่โครงการทั้งหมด ที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร |
| แหล่งของข้อมูล | สำรวจในพื้นที่  |
| หมายเหตุ | กรณีเลือกใช้วิธีการที่ 1 ในการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอน จะต้องมีการติดตามจำนวนต้นไม้ทั้งหมดของพื้นที่โครงการ และติดแถบหมายเลขกำกับไว้ทุกต้นในตำแหน่งที่เห็นได้ชัดเจน |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | A |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่โครงการทั้งหมด |
| แหล่งของข้อมูล | - สำรวจในพื้นที่- ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | a |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่แปลงตัวอย่างที่ทำการสำรวจข้อมูลตัวอย่างเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอน |
| แหล่งของข้อมูล | - การกำหนดขนาดพื้นที่แปลงตัวอย่างของโครงการ- ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| หมายเหตุ | รายละเอียดเพิ่มเติมภาคผนวกที่ 1 |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | D |
| หน่วย | เซนติเมตร |
| ความหมาย | เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร |
| แหล่งของข้อมูล | ตรวจวัดในพื้นที่ |
| หมายเหตุ | ข้อมูลจากการวางแปลงตัวอย่าง |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | H |
| หน่วย | เมตร |
| ความหมาย | ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ตรวจวัดในพื้นที่ |
| หมายเหตุ | ข้อมูลจากการวางแปลงตัวอย่าง |

**6. เอกสารอ้างอิง**

**Clean Development Mechanism (CDM)**

1. Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities (AR-TOOL14 Version 04.2)
2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
3. คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้ครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้, 2554

**ภาคผนวกที่ 1**

**การวางแปลงสำรวจและเก็บข้อมูลสำหรับโครงการประเภทป่าไม้**

**ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดชั้นภูมิ (Stratification)**

แบ่งพื้นที่โครงการเป็นชั้นภูมิก่อน (Stratification) ตามสภาพที่ปรากฏ โดยในชั้นภูมิเดียวกันควรมีลักษณะความคล้ายคลึงกันมากที่สุด แต่มีความแตกต่างกันระหว่างชั้นภูมิมากที่สุด ลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกชั้นภูมิ เช่น ประเภทป่า ชนิดพืชพรรณ ระดับความสูงจากน้ำทะเลระดับความลาดชัน ความอุดมสมบูรณ์ ชั้นอายุของพืชพรรณ เป็นต้น แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 ชั้นภูมิ

การจำแนกชั้นภูมิสามารถจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายระยะไกล (เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจาก Google Earth)

กรณีที่เป็นสวนป่าเชิงเดี่ยว ที่มีการจัดการอย่างปราณีต รวมถึงมีลักษณะทางกายภาพที่มีความคล้ายคลึงกันจนไม่สามารถแบ่งชั้นภูมิได้ อาจไม่ต้องทำการแบ่งชั้นภูมิ

**ขั้นตอนที่ 2 ขนาดแปลงตัวอย่าง**

แปลงตัวอย่างอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือวงกลม ขนาดแปลงตัวอย่างที่ อบก. แนะนำ คือ แปลงสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 40 x 40 เมตร (ขนาด 1 ไร่) ในกรณีที่พื้นที่ดำเนินโครงการไม่เพียงพอที่จะวางแปลงตัวอย่างขนาด 40 x 40 เมตร ให้พิจารณาวางแปลงตัวอย่างในรูปแบบและขนาดอื่น ๆ ได้ตามความเหมาะสมของพื้นที่



รูปที่ 1 รูปแบบและขนาดแปลงตัวอย่าง

**ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดจำนวนแปลงตัวอย่าง**

จำนวนแปลงตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจขึ้นอยู่กับความแม่นยำและความถูกต้องที่ต้องการ การตัดสินใจใช้จำนวนตัวอย่างมากน้อยเพียงใดจึงขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำการศึกษาต้องตัดสินใจเลือกวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่นั้น ๆ ทั้งนี้ อบก. ได้กำหนดจำนวนแปลงตัวอย่างในการสำรวจ ให้ 3แนวทาง ดังนี้

**ทางเลือกที่ 1** การวางแปลงตัวอย่างให้กระจายในแต่ละชั้นภูมิอย่างเหมาะสม (Random Sampling) โดยรวมพื้นที่ของแปลงตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของพื้นที่ดำเนินโครงการทั้งหมด หากพื้นที่โครงการน้อยกว่า 300 ไร่ ให้วางแปลงตัวอย่างที่ชั้นภูมิกลาง วิธีนี้เหมาะกับพื้นที่ดำเนินโครงการที่มีขนาดเล็ก

**ทางเลือกที่ 2** การวางแปลงตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) มีขั้นตอนดังนี้

1) ภายหลังจากทำการแบ่งชั้นภูมิเรียบร้อยแล้ว ให้วางแปลงตัวอย่างในกลุ่มชั้นภูมิสุดท้าย จำนวนไม่น้อยกว่า 3 แปลง โดยให้วางแปลงตัวอย่างกระจายในแต่ละกลุ่มชั้นภูมิสุดท้าย เพื่อสำรวจเก็บข้อมูลและประเมินค่ามวลชีวภาพ ดังรูปที่ 2

2) นำค่ามวลชีวภาพในแต่ละกลุ่มชั้นภูมิสุดท้าย มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficientof variation: CV) โดยค่า CV ที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ให้ถือว่าจำนวนแปลงตัวอย่างดังกล่าวเป็นตัวแทนที่เหมาะสม

3) กรณีค่า CV ของกลุ่มชั้นภูมิสุดท้ายใด ๆ เกินร้อยละ 25 จำเป็นต้องทำการวางแปลงตัวอย่างเพิ่มเติมในชั้นภูมินั้น เพื่อให้ค่า CV อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

**การคำนวณค่า CV**

เมื่อ

 ***CV*** = ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation)

 ***SD***= ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

 = ค่าเฉลี่ย



รูปที่ 2 การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling)

 **ทางเลือกที่ 3** การหาจำนวนแปลงตัวอย่างตาม A/R Methodology Tool “Calculation of the number of sample plots for measurements within A/R CDM project activities”

 เมื่อ

 = จำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสม

 = ค่าวิกฤตการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบที

 = สัดส่วนของพื้นที่ในชั้นภูมิที่ ต่อพื้นที่ทั้งหมด

 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นภูมิที่

 = ระดับความเชื่อมั่น

**ขั้นตอนที่ 4การเก็บข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง**

เมื่อวางแปลงตัวอย่างแล้วเสร็จ ให้ทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ ได้แก่ ชนิด ขนาดความโตที่ระดับความสูงเพียงอก และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Tree) เพื่อนำไปประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้โดยใช้สมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสมต่อไป

**ภาคผนวกที่ 2**

**สมการแอลโลเมตรี**

**ตารางที่ 1** สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามกลุ่มชนิดของไม้

| **กลุ่มชนิดไม้** | **สมการ** | **อ้างอิง** |
| --- | --- | --- |
| กลุ่มพรรณไม้ทั่วไป |  WS = 0.0396 (D2H)0.933WB = 0.00349 (D2H)1.030WL=(28/(WS+ WB+0.025))-1 WT = WS + WB + WL | Ogawa et al. (1965) |
| กลุ่มพรรณไม้ป่าชายเลน |  WS = 0.05466 (D2H)0.945WB = 0.01579 (D2H)0.9124 WL = 0.0678 (D2H)0.5806 WT = WS + WB + WL | Komiyama et al. (1987) |
| กลุ่มปาล์ม | WT = 0.666 + 12.82 (H) 0.5(ln H) | Peason et al. (2005) |
| กลุ่มไผ่ | ไผ่บงป่า WT = 0.1466(D)0.7187ไผ่บงดำ WT = 0.49522 (D2)0.8726ไผ่ข้าวหลาม WT = 0.17446 (D2)1.0437ไผ่ไร่และไผ่ผาก WT =0.2425(D2)1.0751 | อิทธิพงศ์ (2557)Kutintara(1995)Kutintara(1995)Kutintara(1995) |
| กลุ่มเถาวัลย์ | WT= 0.8622 (D)2.0210 | ชิงชัยและคณะ (2554) |

**หมายเหตุ** WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)
WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)
WT = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)
D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร
H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

**ตารางที่ 2** สมการแอลโลเมตรีประเมินมวลชีวภาพจำแนกตามชนิดป่าของประเทศไทย

| **ชนิดป่า** | **สมการ** | **อ้างอิง** |
| --- | --- | --- |
| ป่าดิบแล้งป่าดิบเขา | WS = 0.0509 (D2H)0.919WB = 0.00893 (D2H)0.977WL = 0.0140 (D2H)0.669WT = WS + WB + WL | Tsutsumi et.al. (1983) |
| ป่าดิบชื้น | WS = 0.0396 (D2H)0.9326WB = 0.006003 (D2H)1.027WL = (28/ (WS+WB+0.025))-1WT = WS + WB + WL | Ogawa et.al.(1965) |
| ป่าเต็งรัง และ ป่าเบญจพรรณ | WS = 0.0396 (D2H)0.933WB = 0.00349 (D2H)1.030WL = (28/ (WS+WB+0.025))-1WT = WS + WB + WL | Ogawa et.al.(1965) |
| ป่าสนเขา (สนสองใบ) | WS = 0.2141 (D2H)0.9814 WB = 0.00002 (D2H)1.4561 WL = 0.00072 (D2H)1.0138WT = WS + WB + WL | สุนันทา (2531) |
| ป่าสนเขา (สนสามใบ) | WS = 0.02698 (D2H)0.946WB = 0.00018 (D2H)1.455WL = 0.00072 (D2H)1.094WT = WS + WB + WL | พงษ์ศักดิ์ (2524) |
| ไม้โกงกาง(Rhizophoraspp.) | WS = 0.05466 (D2H)0.945WB = 0.01579 (D2H)0.9124WL = 0.0678 (D2H)0.5806WT = WS + WB + WL | Komiyama et al. (1987) |
| พรรณไม้ในป่า ชายเลนชนิดอื่นๆ | WS = 0.0449 (D2H)0.9549WB = 0.02412 (D2H)0.8649WL = 0.09422 (D2H)0.5439WT = WS + WB + WL | Komiyama et al. (1987) |

**หมายเหตุ** WS = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กก.)
WB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กก.)
WL = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กก.)
WT =มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กก.)
D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (ซม.)
H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

**ภาคผนวกที่ 3**

**ตัวอย่างการประเมินโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote sensing)**



|  |
| --- |
| **บันทึกการแก้ไข T-VER-TOOL-FOR/AGR-01** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ฉบับที่** | **แก้ไขครั้งที่** | **วันที่บังคับใช้** | **รายการแก้ไข** |
| 04 | 3 | 28 มกราคม 2564  | เพิ่มทางเลือกในการประเมินการกักเก็บคาร์บอน ได้แก่ ทางเลือกที่ 3 การประเมินโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) |
| 03 | 2 | 2 เมษายน 2562 | - เพิ่มเติมวิธีการในการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน- เพิ่มเติมพารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล และพารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล- เพิ่มเติมภาคผนวก: แนวทางการวางแปลงสำรวจและเก็บข้อมูลสำหรับโครงการประเภทป่าไม้- เพิ่มเติมภาคผนวก: สมการแอลโลเมตรีในการหาค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ |
| 02 | 1 | 28 กันยายน 2559 | - แก้ไขสมการ การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการให้- แก้ไขสมการการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพใต้ดิน - ปรับปรุงและเพิ่มเติมรายละเอียดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง |
| 01 | - | 27 มิถุนายน 2557 |  |