

الفصل 5

الأراضي الزراعية

المؤلفون

روديل دي. لاسكو (الفلبين)، ستيفن أوغل (الولايات المتحدة الأمريكية)، جون ريزون (أستراليا)، لويس فرشو (المركز الدولي لأبحاث الزراعة والحراة/الولايات المتحدة الأمريكية)، رينر واسمان (ألمانيا)، كازويوكي ياغي (اليابان)

سومانا باتاشاريا (الهند)، جون إس برينر (الولايات المتحدة الأمريكية)، جوليوس بارتسون دাকা (زامبيا)، سيرجيو بي غونزالس (شيلي)، ثيلما كروغ (البرازيل)، يو لي (الصين)، دانيل إل مارتينو (أوروغواي)، براين جي ماكونكي (كندا)، بيت سميت (المملكة المتحدة)، ستانلي سي تايلر (الولايات المتحدة الأمريكية)، واشنطن زاكاتا (زيمبابوي)

المؤلفون المشاركون

رونالد إل ساس (الولايات المتحدة الأمريكية) وشياويوان يان (الصين)

المحتويات

5-6	.....	1-5	مقدمة
5-7	.....	2-5	الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية
5-7	.....	1-2-5	الكتلة الحيوية
5-7	.....	1-1-2-5	اختيار الطرق
5-8	.....	2-1-2-5	اختيار معاملات الانبعاث
5-10	.....	3-1-2-5	اختيار بيانات الأنشطة
5-11	.....	4-1-2-5	خطوات الحساب في المستويين 1 و2
5-12	.....	5-1-2-5	تقدير عدم التيقن
5-12	.....	2-2-5	المادة العضوية الميتة
5-13	.....	1-2-2-5	اختيار الطريقة
5-13	.....	2-2-2-5	اختيار معاملات الانبعاث/الإزالة
5-14	.....	3-2-2-5	اختيار بيانات الأنشطة
5-14	.....	4-2-2-5	خطوات الحساب في المستويين 1 و2
5-15	.....	5-2-2-5	تقدير عدم التيقن
5-15	.....	3-2-5	كربون التربة
5-15	.....	1-3-2-5	اختيار الطريقة
5-16	.....	2-3-2-5	اختيار معاملات تغير المخزون والانبعاث
5-19	.....	3-3-2-5	اختيار بيانات الأنشطة
5-22	.....	4-3-2-5	خطوات الحساب في المستوى 1
5-23	.....	5-3-2-5	تقدير عدم التيقن
5-24	.....	4-2-5	انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية
5-24	.....	1-4-2-5	اختيار الطريقة
5-24	.....	2-4-2-5	اختيار معاملات الانبعاث
5-25	.....	3-4-2-5	اختيار بيانات الأنشطة
5-25	.....	4-4-2-5	تقدير عدم التيقن
5-25	.....	3-5	الأراضي المحولة إلى أراض زراعية
5-26	.....	1-3-5	الكتلة الحيوية
5-26	.....	1-1-3-5	اختيار الطريقة
5-28	.....	2-1-3-5	اختيار معاملات الانبعاث/الإزالة
5-29	.....	3-1-3-5	اختيار بيانات الأنشطة
5-30	.....	4-1-3-5	خطوات الحساب في المستويين 1 و2
5-30	.....	5-1-3-5	تقدير عدم التيقن
5-31	.....	2-3-5	المادة العضوية الميتة
5-31	.....	1-2-3-5	اختيار الطريقة

5-32	اختيار معاملات الانبعاث/الإزالة	2-2-3-5
5-33	اختيار بيانات الأنشطة	3-2-3-5
5-33	خطوات الحساب في المستويين 1 و2	4-2-3-5
5-34	تقدير عدم التيقن	5-2-3-5
5-35	كربون التربة	3-3-5
5-35	اختيار الطريقة	1-3-3-5
5-36	اختيار معاملات تغير المخزون والانبعاث	2-3-3-5
5-38	اختيار بيانات الأنشطة	3-3-3-5
5-38	خطوات الحساب في المستوى 1	4-3-3-5
5-39	تقدير عدم التيقن	5-3-3-5
5-39	انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية	4-3-5
5-40	اختيار الطريقة	1-4-3-5
5-40	اختيار معاملات الانبعاث	2-4-3-5
5-40	اختيار بيانات الأنشطة	3-4-3-5
5-41	تقدير عدم التيقن	4-4-3-5
5-41	الاستيفاء والمتسلسلات الزمنية وضمان/مراقبة الجودة والإبلاغ	4-5
5-41	الاستيفاء	1-4-5
5-42	إعداد متسلسلات زمنية متسقة	2-4-5
5-43	ضمان ومراقبة الجودة	3-4-5
5-43	الإبلاغ والتوثيق	4-4-5
5-44	انبعاثات غاز الميثان من زراعة الأرز	5-5
5-44	اختيار الطريقة	1-5-5
5-48	اختيار معاملات الانبعاث والقياس	2-5-5
5-51	اختيار بيانات الأنشطة	3-3-5
5-52	تقدير عدم التيقن	4-5-5
5-52	الاستيفاء والمتسلسلات الزمنية وضمان/مراقبة الجودة والإبلاغ	5-5-5
5-54	تقدير معاملات تغير المخزون الافتراضية لانبعاثات/عمليات إزالة الكربون في التربة المعدنية للأراضي الزراعية	الملحق 15 أ-1
5-55	المراجع	

المعادلات

5-45	انبعاثات غاز الميثان من زراعة الأرز	1-5
5-48	معامل الانبعاث اليومي المعدل	2-5
5-50	معاملات التوسيع المعدلة لانبعاثات غاز الميثان بالنسبة للمحسنات العضوية	3-5

الأشكال التوضيحية

- الشكل 1-5 مخطط تصنيف أنظمة الأراضي الزراعية. 5-21
- الشكل 2-5 شجرة قرار انبعاثات غاز الميثان من زراعة الأرز. 5-47

الجدول

- الجدول 1-5 المعاملات الافتراضية للكتلة الحيوية الخشبية فوق الأرض ودورات الحصاد في الأنظمة الزراعية التي تشمل على أنواع دائمة. 5-9
- الجدول 2-5 مخزون الكربون المحتمل للأنظمة الزراعية الحرجية في المناطق الإيكولوجية المختلفة في العالم. 5-9
- الجدول 3-5 قيم الكتلة الحيوية الافتراضية للأنواع المختلفة من الأراضي الزراعية الدائمة (بالأطنان لكل هكتار). 5-9
- الجدول 4-5 أمثلة للفئات الفرعية من الأراضي الزراعية الدائمة التي قد توجد بأحد البلدان. 5-10
- الجدول 5-5 معاملات تغير المخزون ذات الصلة (F_{LU} و F_{MG} و F_I) (خلال 20 عاماً) لأنشطة الإدارة المختلفة في الأراضي الزراعية. 5-17
- الجدول 7-5 نموذج لمصفوفة اضطراب بسيطة (المستوى 2) لتأثيرات أنشطة تحويل استخدام الأراضي على أحواض الكربون. 5-27
- الجدول 8-5 القيم الافتراضية لمخزون الكربون في الكتلة الحيوية المزالة نتيجة تحويل الأراضي إلى أراض زراعية. 5-28
- الجدول 9-5 القيم الافتراضية لمخزون الكربون في الكتلة الحيوية في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية في العام التالي للتحويل. 5-28
- الجدول 10-5 معاملات تغير مخزون الكربون (FLU , FMG , FI) لتحويلات استخدام الأراضي إلى أراض زراعية. 5-37
- الجدول 11-5 المعامل الافتراضي لانبعاث الميثان الأساسي بافتراض عدم الغمر قبل ما يقل عن 180 يوماً من زراعة الأرز، والغمر المتواصل أثناء زراعة الأرز بدون أية محسنات عضوية. 5-49
- الجدول 12-5 معاملات التوسيع الافتراضية لانبعاثات الميثان الخاصة بالأنظمة المائية أثناء فترة الزراعة فيما يتعلق بالحقول المغمورة باستمرار. 5-49
- الجدول 13-5 معاملات القياس الافتراضية لانبعاثات الميثان الخاصة بالأنظمة المائية قبل فترة الزراعة. 5-50
- الجدول 14-5 معامل التحويل الافتراضي لأنواع المحسنات العضوية المختلفة. 5-51

الإطارات

- الإطار 1-5 أحواض الكربون ذات الأهمية المتصلة بالأراضي الزراعية. 5-6
- الإطار 2-5 الظروف المؤثرة على انبعاثات غاز الميثان من زراعة الأرز. 5-46

5 الأراضي الزراعية

1-5 مقدمة

يقدم هذا القسم منهجية ذات مستويات لتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من الأراضي الزراعية والإبلاغ عنها. وتشمل الأراضي الزراعية الأراضي القابلة للزراعة والفلاحة، وحقول الأرز، والأنظمة الزراعية الحرجية التي يقل فيها تركيب الغطاء النباتي عن العتبات المستخدمة لتعريف فئة الأراضي الحرجية، كما لا يتوقع له أن يتجاوز هذه العتبات في وقت لاحق. وتضم الأراضي الزراعية كافة المحاصيل السنوية والدائمة إضافة إلى الأرض المراحة مؤقتاً (أي الأرض التي تترك بدون زراعة لعام أو عدة أعوام قبل زراعتها ثانية). وتتألف المحاصيل الزراعية السنوية من الحبوب، والذور الزيتية، والخضراوات، والمحاصيل الجذرية والأعلاف. فيما تتألف المحاصيل الدائمة من الأشجار والجنبا، إضافة إلى المحاصيل العشبية (على سبيل المثال، الزراعة الحرجية) أو البستانية والكروم والمغارس الزراعية مثل الكاكو، والبن، والشاي، ونخيل الزيت، وجوز الهند، وأشجار المطاط والموز، ما لم تتفق هذه الأراضي مع معايير التصنيف كأراض حرجية. وتندرج تحت فئة الأراضي الزراعية الأراضي القابلة للزراعة التي تستخدم في العادة لزراعة المحاصيل السنوية ولكنها تستخدم مؤقتاً لإنتاج محاصيل العلف الحيواني أو الرعي كجزء من نظام دوران المحاصيل-المراعي (الأنظمة المختلطة).

ويعتمد مقدار الكربون المخزن في الأراضي الزراعية الدائمة والمنبعث أو المزال منها على نوع المحصول وممارسات الإدارة ومتغيرات التربة والمناخ. فعلى سبيل المثال، تُحصَد المحاصيل السنوية (الحبوب والخضراوات) كل عام، وبالتالي لا يوجد مخزون طويل المدى من الكربون في الكتلة الحيوية. غير أن الغطاء الخشبي الدائم في البساتين ومزارع الكروم والأنظمة الزراعية الحرجية يمكنه تخزين مقدار كبير من الكربون في الكتلة الحيوية طويلة البقاء، ويعتمد هذا المقدار على نوع وصنف النبات وكثافة الزراعة ومعدلات النمو وممارسات الحصاد والتقليم. وقد يكون مقدار مخزون الكربون في أنواع التربة كبيراً كما قد تقع به تغيرات بالاقتران مع خصائص التربة وممارسات الإدارة، بما في ذلك دورة نوع المحصول والفلاحة والتصريف وإدارة المخلفات والمحسّنات العضوية. ويؤدي حرق مخلفات المحاصيل إلى انبعاث غازات احتباس حراري غير ثاني أكسيد الكربون بكميات كبيرة وقد تم إيراد الطرق المستخدمة في حساب هذه الانبعاثات.

وتوجد إرشادات منفصلة لكل من الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية (CC) والأراضي المحولة إلى أراض زراعية (LC) وذلك اعترافاً بالاختلاف في ديناميكيات الكربون بكل منها. ويؤدي تحويل استخدام الأراضي إلى أراض زراعية من الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية والأراضي الرطبة إلى فقد صافٍ من كربون الكتلة الحيوية وأنواع التربة وكذلك أكسيد النيتروز إلى الغلاف الجوي. ورغم ذلك، فإن الأراضي الزراعية المقامة على أراض كانت في السابق ذات غطاء نباتي متفرق أو ذات معدل مرتفع من الاضطرابات (على سبيل المثال أراضي المناجم) قد تفضي إلى اكتساب صافٍ في كل من الكتلة الحيوية وكربون التربة. وبعض التغيرات وبالأخص تلك التغيرات ذات الصلة بكربون التربة، قد تحدث على فترات زمنية أطول من عام واحد. وتغطي الإرشادات أحواض الكربون المبينة في الإطار 1-5.

يشير مصطلح تحويل استخدام الأراضي فقط إلى الأراضي التي تنتقل من أحد الاستخدامات إلى آخر. وتجدر الإشارة إلى أنه في حالة إعادة زراعة الأراضي الزراعية الدائمة الحالية بنفس المحاصيل أو محاصيل مختلفة، فإن الاستخدام يبقى أراضي زراعية، وبالتالي يجب تقدير التغيرات في مخزون الكربون باستخدام طرق الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية كما هي موضحة في القسم 5-2 فيما يلي.

الإطار 1-5	
أحواض الكربون ذات الأهمية المتصلة بالأراضي الزراعية	
	الكتلة الحيوية
-	الكتلة الحيوية فوق الأرض
-	الكتلة الحيوية تحت الأرض
	المادة العضوية الميتة
-	الخشب الميت
-	الفرش الحرجي
	أنواع التربة (المادة العضوية في التربة)

وتمثل الجوانب الجديدة التي تشمل عليها الخطوط التوجيهية للهيئة لعام 2006 مقارنة بالخطوط التوجيهية لعام 1996 فيما يلي:

- قسم الأراضي الزراعية بالكامل جديد
- تناول كربون الكتلة الحيوية وكربون التربة في نفس القسم
- تضمين انبعاثات الميثان من حقول الأرز في فئة الأراضي الزراعية
- تضمين انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية (الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية والأراضي المحولة إلى أراض زراعية) في فصل الأراضي الزراعية
- توفير القيم الافتراضية الخاصة بالكتلة الحيوية في الأراضي الزراعية والمساحات الزراعية الحرجية.

2-5 الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية

يقدم هذا القسم توجيهات تتعلق بحصر غازات الاحتباس الحراري في الأراضي الزراعية التي لم يتم تغيير استخدامها لفترة افتراضية هي 20 عاما على الأقل¹. فيما يقدم القسم 5-3 إرشادات حول الأراضي المحولة إلى أراضي زراعية أحدث من هذا. وتشمل الانبعاثات وعمليات الإزالة من الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية:

- تقدير التغير السنوي في مخزون الكربون من كافة أحواض ومصادر الكربون.
- تقدير الانبعاثات السنوي من غازات الاحتباس الحراري غير ثاني أكسيد الكربون من كافة الأحواض والمصادر.

وتقدر التغيرات في مخزون الكربون في الأراضي التي تظل أراضي زراعية باستخدام المعادلة 2-3.

1-2-5 الكتلة الحيوية

1-1-2-5 اختيار الطرق

قد يُخزن الكربون في الكتلة الحيوية بالأراضي الزراعية التي تحتوي على غطاء نباتي خشبي دائم يشمل، على سبيل المثال لا الحصر، الزراعات ذات المحصول الواحد مثل البن ونخيل الزيت وجوز الهند ومغارس المطاط، وبساتين الفاكهة والجوز، والزراعات ذات المحاصيل المتعددة مثل الأنظمة الزراعية الحرجية. وتجدر الإشارة إلى أنه تم تقديم المنهجية الافتراضية لتقدير التغيرات في مخزون الكربون بالكتلة الحيوية الخشبية في الفصل 2، القسم 2-1. فيما يشرح هذا القسم هذه المنهجية لكن فيما يخص تقدير التغيرات بمخزون الكربون في الكتلة الحيوية في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية.

ويقدر التغير في الكتلة الحيوية بالنسبة للمحاصيل الخشبية الدائمة فقط. وفيما يتعلق بالمحاصيل السنوية، فإنه يُفترض أن الزيادة في مخزون الكتلة الحيوية في عام واحد تساوي الفقد في الكتلة الحيوية نتيجة الحصاد والوفيات في نفس العام – وبالتالي لا توجد زيادة صافية في مخزون كربون الكتلة الحيوية.

ويمكن تقدير التغير في الكربون في الكتلة الحيوية بالأراضي الزراعية (ΔC_{CCB}) عن طريق: إما (أ) معدلات الاكتساب والفقد السنوية في الكتلة الحيوية (الفصل 2، المعادلة 2-7) أو (ب) مخزون الكربون عند نقطتين زمنيتين (الفصل 2، المعادلة 2-8). والمقرب الأول (طريقة الاكتساب-الفقد) هو الطريقة الافتراضية في المستوى 1 ويمكن استخدامه في المستوى 2 أو 3 مع بعض التعديلات يتم توضيحها فيما يلي. ويُستخدم المقرب الثاني (طريقة الفرق في المخزون) بالمستوى 2 أو 3، لكنه لا يستخدم في المستوى 1. ومن الممارسة السليمة أن يتم العمل على تحسين عمليات الحصر عن طريق استخدام المستوى الأكثر ملاءمة في ضوء الظروف الوطنية. وتتسالم الممارسة السليمة من البلدان استخدام طريقة من المستوى 2 أو 3 إذا كانت انبعاثات وعمليات إزالة الكربون في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية تمثل فئة رئيسية وكذلك إذا كانت الفئة الفرعية من الكتلة الحيوية ذات أهمية. ويعد الاسترشاد بشجرة القرار في الشكل 2-2، الفصل 2، لتحديد المستوى الملائم لتقدير التغيرات في مخزون الكربون بالكتلة الحيوية من الممارسة السليمة.

المستوى 1

تتمثل الطريقة الافتراضية لهذا المستوى في ضرب مساحة الأراضي الزراعية الخشبية الدائمة في قيمة تقدير صافي زيادة الكتلة الحيوية نتيجة النمو ثم طرح عمليات الفقد المقترنة بالحصاد أو التجميع أو الاضطراب (وفقا للمعادلة 2-7 بالفصل 2). وتقدر عمليات الفقد بضرب قيمة مخزون الكربون في مساحة الأراضي الزراعية التي تم حصاد المحاصيل الخشبية الدائمة منها.

ويعتمد المستوى 1 على اثنين من الافتراضات هما: كافة الكربون الموجود في الكتلة الحيوية الخشبية الدائمة المزلة (على سبيل المثال الكتلة الحيوية المقتلعة والمعاد زراعتها بمحصول جديد) ينبعث في عام الإزالة، وتقوم المحاصيل الخشبية الدائمة بتخزين الكربون لفترة زمنية تساوي دورة حصاد/نضج اسمية. ويتضمن الافتراض الأخير أن المحاصيل الخشبية الدائمة تقوم بتخزين الكتلة الحيوية لفترة محددة حتى تُزال عبر الحصاد أو تصل إلى حالة ثابتة حيث لا يكون هناك زيادة صافية للكربون في الكتلة الحيوية لتباطؤ معدلات النمو ويترتب على ذلك موازنة الزيادة الناتجة عن النمو بالفقد الناتج عن الوفيات الطبيعية والتقليم وغير ذلك. وعند استخدام المستوى 1، تطبق المعاملات الافتراضية الموضحة في الجدول 5-1 في التقديرات مساحات الأراضي المشتقة على المستوى الوطني.

المستوى 2

هناك طريقتان يمكن استخدامهما في المستوى 2 لتقدير التغيرات في الكتلة الحيوية. تتطلب الطريقة الأولى (تسمى كذلك طريقة الاكتساب-الفقد) طرح الفقد في كربون الكتلة الحيوية من الزيادة في كربون الكتلة الحيوية لعام الإبلاغ (الفصل 2، المعادلة 2-7). أما الطريقة الثانية (وتسمى كذلك طريقة الفرق في المخزون) فتتمثل في إيجاد الفرق بين قيم مخزون الكربون لمساحة معينة من الأراضي عند نقطتين زمنيتين (الفصل 2، المعادلة 2-8).

ويقوم التقدير باستخدام المستوى 2، في المقابل، بوضع تقديرات لأنواع المحاصيل الخشبية الرئيسية حسب المناطق المناخية باستخدام معدلات زيادة مخزون الكربون وقيم الفقد الخاصة بالبلد ما أمكن أو التقديرات الخاصة بالبلد لمخزون الكربون عند نقطتين زمنيتين. وفي المستوى 2، تُقدر التغيرات في مخزون الكربون في كل من الكتلة الحيوية فوق الأرض وتحت الأرض للنباتات الخشبية الدائمة. وتشتمل طرق المستوى 2 على تقديرات خاصة بالبلد أو المناطق لمخزون الكتلة الحيوية حسب الأنواع الرئيسية للأراضي الزراعية

¹ يمكن للبلدان التي تستخدم طرق ذات مستوى أعلى استخدام فترات زمنية مختلفة استنادا إلى الوقت المستغرق في وصول مخزون الكربون لحالة من التوازن بعد تغير الاستخدام.

المستوى 3

يستخدم تقدير المستوى 3 مقرب عالي التجزيء من المستوى 2 أو طريقة خاصة بالبلد المعني تتضمن نماذج عمليات و/أو قياسات مفصلة. وتجدر الإشارة إلى أن المستوى 3 يشتمل على أنظمة حصر تستخدم المعاينة القائمة على إحصائيات مخزون الكربون بمرور الوقت و/أو نماذج العمليات، وتُصنف هذه الأنظمة حسب المناخ ونوع الأراضي الزراعية ونظام الإدارة. على سبيل المثال، يمكن استخدام نماذج النمو المحققة الخاصة بالأنواع والتي تشتمل على تأثيرات الإدارة مثل الحصاد والتخصيب، إلى جانب البيانات المناظرة حول أنشطة الإدارة، لتقدير التغيرات الصافية في مخزون كربون الكتلة الحيوية في الأراضي الزراعية بمرور الوقت. ويمكن استخدام النماذج، والتي ربما تكون مصحوبة بقياسات مثل تلك القياسات المستخدمة في عمليات الحصر المعنية بالأحراج، لتقدير تغيرات المخزون إلى جانب التقدير الاستقرائي لمساحات الأراضي الزراعية الكلية، كما هو الحال في المستوى 2.

وتتمثل المعايير الرئيسية في اختيار النماذج الملائمة في قدرة النموذج على أن يمثل كافة ممارسات الإدارة التي تمثلها بيانات الأنشطة. ومن الأهمية أن يتم التحقق من النماذج باستخدام المشاهدات المستقلة من المواقع الميدانية التي تمثل أنظمة المناخ والتربة وإدارة الأراضي الزراعية الموجودة في البلد أو المنطقة.

2-1-2-5 اختيار معاملات الانبعاث

تشمل معاملات الانبعاث والإزالة المطلوبة لتقدير التغيرات في مخزون الكربون (أ) الزيادة السنوية في الكتلة الحيوية أو معدل النمو و(ب) معاملات فقد الكتلة الحيوية التي تتأثر بأنشطة الإزالة (الحصاد) وتجميع خشب الوقود والاضطراب.

معدل نمو الكتلة الحيوية الخشبية فوق الأرض

المستوى 1

تقدم الجداول من 1-5 إلى 3-5 القيم المقدرة لمخزون الكتلة الحيوية ومعدلات النمو والفقء في الكتلة الحيوية للمناطق المناخية الرئيسية والأنظمة الزراعية. ومع ذلك، ونظراً للتنوع الكبير في الأنظمة الزراعية والتي تشتمل على أشجار أو محاصيل شجرية، فإن الممارسة السليمة تقتضي الحصول على بيانات وطنية حول معدل نمو الكتلة الحيوية الخشبية فوق الأرض.

المستوى 2

قد تكون البيانات الخاصة بمعدل النمو السنوي للكتلة الحيوية الخشبية، عند مستوى أكثر تفصيلاً أو تجزئياً، مستمدة من المصادر الوطنية المعنية بالأنظمة الزراعية الحرجية والأنظمة الزراعية المختلفة. وينبغي تقدير معدلات التغير في النمو السنوي في الكتلة الحيوية الخشبية استجابة للتغيرات في أنشطة إدارة/استخدام معينة (على سبيل المثال التخصيب والحصاد والتقليم). كما ينبغي مقارنة نتائج الأبحاث الميدانية مع تقديرات نمو الكتلة الحيوية المستمدة من المصادر الأخرى من أجل التحقق من أنها تقع داخل النطاقات الموثقة. ومن الأهمية، عند اشتقاق تقديرات معدلات زيادة الكتلة الحيوية، مراعاة أن معدلات نمو الكتلة الحيوية تحدث بصفة أساسية خلال العشرين عاماً الأولى التي تعقب التغير في الإدارة، ثم تنجى المعدلات بعد ذلك نحو مستوى جديد من الاتزان مع تغير بسيط أو منعدم ما لم تقع تغيرات جديدة في ظروف الإدارة.

المستوى 3

يحتاج استخدام المستوى 3 إلى توافر معاملات عالية التجزيء فيما يخص زيادة الكتلة الحيوية. وقد يشمل ذلك تصنيف الأنواع بما يناسب نماذج النمو التي تشتمل على تأثيرات ممارسات الإدارة مثل الحصاد والتخصيب. ومن الضروري كذلك قياس الكتلة الحيوية فوق الأرض على نحو مماثل لما هو متبع في حصر الأحراج المشتمل على قياسات دورية للزيادة في الكتلة الحيوية فوق الأرض.

الجدول 1-5
المعاملات الافتراضية للكتلة الحيوية الخشبية فوق الأرض ودورات الحصاد في الأنظمة الزراعية التي تشمل على أنواع دائمة

المنطقة المناخية	مخزون الكربون في الكتلة الحيوية فوق الأرض عند الحصاد (بأطنان الكربون لكل هكتار)	دورة الحصاد/النضوج بالأعوام	معدل زيادة الكتلة الحيوية (G) (بأطنان الكربون لكل هكتار في العام)	الفقد في كربون الكتلة الحيوية (L) (بأطنان الكربون لكل هكتار في العام)	نطاق الخطأ ¹
المعتدلة (كافة الأنظمة الرطبة)	63	30	2.1	63	± 75%
الاستوائية الجافة	9	5	1.8	9	± 75%
الاستوائية الرطبة	21	8	2.6	21	± 75%
الاستوائية المطيرة	50	5	10.0	50	± 75%

ملاحظة: القيم الواردة مشتقة من المسوح والدراسات المنشورة بواسطة شرودر (1994).
¹ يمثل تقدير اسمي للخطأ، بما يعادل ضعفي الانحراف القياسي، كنسبة مئوية من المتوسط.

الجدول 2-5
مخزون الكربون المحتمل للأنظمة الزراعية الحرجية في المناطق الإيكولوجية المختلفة في العالم

المنطقة	المنطقة المناخية	النظام	الكتلة الحيوية فوق الأرض (بأطنان في الهكتار)	النطاق (بأطنان في الهكتار)
أفريقيا	الاستوائية الرطبة المرتفعة	التربوية الزراعية الحرجية	41.0	29 - 53
أمريكا الجنوبية	الاستوائية الرطبة المنخفضة	التربوية الزراعية الحرجية	70.5	39 - 102
أمريكا الجنوبية	الأراضي المنخفضة الجافة	التربوية الزراعية الحرجية	117.0	39 - 195
جنوب شرق آسيا	الاستوائية الرطبة	التربوية الزراعية الحرجية	120.0	12 - 228
جنوب شرق آسيا	الأراضي المنخفضة الجافة	التربوية الزراعية الحرجية	75.0	68 - 81
أستراليا	الاستوائية الجافة	الحرجية الرعوية	39.5	28 - 51
أمريكا الشمالية	الاستوائية الرطبة المرتفعة	الحرجية الرعوية	143.5	133 - 154
أمريكا الشمالية	الاستوائية الرطبة المنخفضة	الحرجية الرعوية	151.0	104 - 198
أمريكا الشمالية	الأراضي المنخفضة الجافة	الحرجية الرعوية	132.5	90 - 175
أمريكا الشمالية	الاستوائية الرطبة المنخفضة	الحرجية الرعوية	16.5	15 - 18

المصدر: Albrecht and Kandji, 2003

الجدول 3-5
قيم الكتلة الحيوية الافتراضية للأنواع المختلفة من الأراضي الزراعية الدائمة (بأطنان لكل هكتار)

نوع الأراضي الزراعية	المنطقة	الكتلة الحيوية فوق الأرض	النطاق	الخطأ	المراجع
نخيل الزيت	جنوب شرق آسيا	136.0	62 - 202	78	
المطاط الناضج	جنوب شرق آسيا	178.0		90	Palm <i>et al.</i> , 1999
المطاط الصغير	جنوب شرق آسيا	48.0	16 - 80		Wastrin <i>et al.</i> , 2000
القرفة الصغيرة (7 سنوات)	جنوب شرق آسيا	68.0		47	Siregar & Gintings, 2000
جوز الهند	جنوب شرق آسيا	196.0			Lasco <i>et al.</i> , 2002
الأراضي المراحة المحسنة					
الأراضي المراحة لمدة عامين	شرق أفريقيا	35.0	27 - 44	40	Albrecht and Kandji, 2003
الأراضي المراحة لمدة عام	شرق أفريقيا	12.0	7 - 21	89	Albrecht and Kandji, 2003
الأراضي المراحة لمدة 6 سنوات (المتوسط)	جنوب شرق آسيا	16.0	4 - 64		Lasco and Suson, 1999
الزراعة بالممرات	جنوب شرق آسيا	2.9	1.5 - 4.5	105	Lasco <i>et al.</i> , 2001
الزراعة متعددة الصفوف					
مطاط الغابة	جنوب شرق آسيا	304.0		17	Tomich <i>et al.</i> , 1998
كاكاو-إغميلينا	جنوب شرق آسيا	116.0		53	Lasco <i>et al.</i> , 2001

زيادة الكتلة الحيوية تحت الأرض

المستوى 1

يستند المستوى 1 إلى فرضية عدم وجود تغير في الكتلة الحيوية تحت الأرض للأشجار الدائمة في الأنظمة الزراعية. ولا تتوافر القيم الافتراضية فيما يخص الكتلة الحيوية تحت الأرض بالأنظمة الزراعية.

المستوى 2

يتضمن هذا المستوى استخدام بيانات الكتلة الحيوية تحت الأرض المستمدة من القياسات الفعلية للنباتات الخشبية الدائمة. ويوصى بتقدير الزيادة في الكتلة الحيوية تحت الأرض عند استخدام المستوى 2. وتشير نسب المجموع الجذري إلى الخضري إلى تباينات واسعة في القيم على مستوى كل من الأنواع الفردية (على سبيل المثال، Anderson *et al.*, 1972) والمجتمعات النباتية (على سبيل المثال، Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). وتجدد الإشارة هنا إلى محدودية البيانات المتاحة فيما يخص الكتلة الحيوية تحت الأرض، وبالتالي يجب ما أمكن استخدام نسب المجموع الجذري إلى الخضري التي يتم الحصول عليها تجريبياً والخاصة بالمنطقة أو نوع النبات.

المستوى 3

يتضمن هذا المستوى استخدام البيانات من الدراسات الميدانية مثلما عليه الحال في عمليات الحصر المعنية بالأحراج وبيانات النمذج، وذلك في حالة استخدام طريقة الفرق في المخزون.

عمليات فقد الكتلة الحيوية من الإزالة وتجميع خشب الوقود والاضطراب

المستوى 1

يستند المستوى 1 إلى فرضية أساسية هي أن كافة الكتلة الحيوية المفقودة تتبع في نفس العام. ولا تكون بيانات الفقد نتيجة إزالة الكتلة الحيوية وتجميع خشب الوقود والاضطراب من مصدر الأراضي الزراعية متاحة. وتوفر الفاو بيانات إجمالية حول استهلاك الخشب المستدير وخشب الوقود، لكن هذه البيانات لا تكون منفصلة حسب المصدر (على سبيل المثال الأراضي الزراعية والأراضي الحرجية ونحو ذلك). ومن المعروف أن الإحصائيات الخاصة بخشب الوقود قليلة للغاية وغير مؤكدة على مستوى العالم. وقد تشمل الإحصائيات الافتراضية لإزالة وتجميع خشب الوقود (تمت مناقشة ذلك في القسم 2-4، الفصل 4) الكتلة الحيوية التي مصدرها الأراضي الزراعية مثل حصاد خشب الوقود من حدائق المنازل. وبالتالي، فإن من الضروري العمل على ضمان عدم وقوع ازدواج في حساب عمليات الفقد. وفي حالة عدم توافر أية بيانات فيما يخص مصادر الخشب المستدير أو خشب الوقود من الأراضي الزراعية، فإن المقرب الافتراضي سيضم عمليات الفقد من الأراضي الحرجية (القسم 2-4) ويستبعد تلك العمليات من الأراضي الزراعية.

المستويان 2 و3

يمكن استخدام البيانات الوطنية المفصلة، استناداً إلى دراسات الحصر أو دراسات الإنتاج والاستهلاك وفقاً للمصادر المختلفة، بما في ذلك الأنظمة الزراعية، لتقدير الفقد في الكتلة الحيوية. وهو ما يمكن القيام به عبر مجموعة متنوعة من الطرق، بما في ذلك تقدير الكثافة (الغطاء التاجي) للنباتات الخشبية عن طريق الصور الجوية (أو صور الأقمار الاصطناعية عالية الاستبانة) والقياسات الأرضية. وقد يتباين تركيب الأنواع والكثافة ونسبة الكتلة الحيوية فوق الأرض إلى تحت الأرض بشكل كبير وفقاً لظروف وأنواع الأراضي الزراعية المختلفة وبالتالي فقد يكون التصنيف الفرعي لمجموعات الأراضي المستخدمة في المعاينة والمسوح حسب أنواع الأراضي الزراعية إجراءً أكثر فاعلية. ويشتمل الملحق 3-أ، من الفصل 3، على إرشادات عامة حول أساليب المعاينة والمسح المستخدمة في حصر الكتلة الحيوية.

3-1-2-5 اختيار بيانات الأنشطة

تشير بيانات الأنشطة في هذا القسم إلى تقديرات مساحة أراضي المخزون النامي والأراضي المحصودة ذات المحاصيل الخشبية الدائمة. وتُقدر بيانات المساحة باستخدام المقترحات الموضحة في الفصل 3. ويجب التعامل معها كطبقات ضمن مساحة الأراضي الزراعية الإجمالية (لحفاظ على اتساق بيانات استخدام الأراضي) ويجب تجزئتها وفقاً للمستوى المستخدم ومدى توافر معاملات النمو والفقد. ويعطي الجدول 4-5 أمثلة للفئات الفرعية من الأراضي الزراعية.

الجدول 4-5 أمثلة للفئات الفرعية من الأراضي الزراعية الدائمة التي قد توجد بأحد البلدان	
فئات فرعية محددة	فئات فرعية عريضة
المانجو، الليمون، التفاح	بساتين الفاكهة
المطاط، جوز الهند، نخيل الزيت، البن، الكاكاو	المحاصيل الزراعية
نباتات التسييج، (زراعات الممرات)، الأراضي المراحة المحسنة، الأنظمة متعددة الصفوف، الحدائق المنزلية، نباتات الحدود، مصدات الرياح	الأنظمة الحرجية الزراعية

المستوى 1

في هذا المستوى يتم الاعتماد على المسوح السنوية أو الدورية إلى جانب المقترحات المحددة في الفصل 3 لتقدير متوسط المساحة السنوية للمحاصيل الخشبية الدائمة القائمة وكذلك متوسط المساحة السنوية التي تم حصادها أو إزالتها من المحاصيل الخشبية الدائمة. وتُقسم تقديرات المساحة في فئات فرعية وفقاً للمناطق المناخية العامة أو أنواع التربة لتتوافق مع قيم الاكتساب والفقد الافتراضية للكتلة الحيوية. وفي حسابات المستوى 1، يمكن استخدام الإحصائيات الدولية مثل قواعد بيانات الفاو وكذلك المصادر الأخرى لتقدير مساحة الأراضي المزروعة بالمحاصيل الخشبية الدائمة.

المستوى 2

في المستوى 2، يتم استخدام المسوح المفصلة التي تجرى بصفة سنوية أو دورية لتقدير مساحات الأراضي في الفئات المختلفة لمحاصيل الكتلة الحيوية الخشبية الدائمة. وتُقسم المساحات إلى فئات فرعية ذات صلة وبالتالي يتم تمثيل كافة المجموعات الرئيسية المؤلفة من أنواع المحاصيل الخشبية الدائمة والمناطق المناخية مع تقدير كل مساحة. ويجب أن تطابق تقديرات المساحة هذه أية قيم زيادة أو فقد في كربون الكتلة الحيوية خاصة بالبلد وموضوعاً لطريقة المستوى 2. وفي حالة توافر بيانات ذات استبانة مفصلة خاصة بالبلد المعنى بشكل جزئي فقط، فإنه ينبغي للبلدان استخدام التقدير الاستقرائي في الحصول على قاعدة الأراضي الكلية المزروعة بالمحاصيل الخشبية الدائمة باستخدام الافتراضات السليمة من أفضل المعرفة المتاحة.

المستوى 3

يتطلب المستوى 3 بيانات أنشطة عالية الاستبانة مجزأة على المستوى دون الوطني إلى مقاييس شبكية دقيقة. ومثلما هو الحال في المستوى 2، تقسم مساحة الأراضي في أنواع معينة من المحاصيل الخشبية الدائمة حسب الفئات الرئيسية للمناخ والتربة والمتغيرات الإقليمية الأخرى ذات الأهمية (على سبيل المثال، الأنماط الإقليمية لممارسات الإدارة). علاوة على ذلك، تقتضي الممارسة السليمة ربط تقديرات المساحة الواضحة مكانياً بالتقديرات المحلية لزيادة الكتلة الحيوية ومعدلات الفقد وممارسات الإدارة من أجل تحسين دقة التقديرات.

4-1-2-5 خطوات الحساب في المستويين 1 و 2

موجز بالخطوات المتبعة لتقدير التغير في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية بالأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية (ΔC_B) باستخدام طرق المستويين 1 و 2

يُحسب التغير في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية باستخدام ورقات العمل المعنية بالأراضي الزراعية (راجع الملحق 1- أوراق العمل الخاصة بقطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأراضي الأخرى).

الخطوة 1: إدخال الفئات الفرعية للأراضي الزراعية لعام الإبلاغ

نموذجياً، توجد أنواع متعددة من الأراضي الزراعية ذات غطاء خشبي دائم يتضمن قيمة متباينة لمخزون الكتلة الحيوية والزيادة فيها. ومن هذه الأنواع: بسايتين الفاكهة (مثل المانجو والليمون)، ومغارس المحاصيل الزراعية (مثل جوز الهند والمطاط) والأنظمة الزراعية الحرجية.

الخطوة 2: فيما يتعلق بكل فئة فرعية، إدخال المساحة السنوية من الأراضي الزراعية ذات الكتلة الحيوية الخشبية الدائمة

يمكن الحصول على قيمة المساحة (A) بالهكتارات لكل فئة فرعية من الأراضي الزراعية من الهيئات الوطنية المعنية باستخدام الأراضي ووزارة الزراعة ووزارة الموارد الطبيعية. ومن المصادر المحتملة للبيانات: صور الأقمار الاصطناعية، والتصوير الجوي، والمسوح الأرضية وقاعدة البيانات الخاصة بالفار.

الخطوة 3: فيما يتعلق بكل فئة فرعية، إدخال المتوسط السنوي لمخزون الكربون في زيادة الكتلة الحيوية (بأطنان الكربون لكل هكتار في العام) للكتلة الحيوية الخشبية الدائمة

يتم إدخال معدلات النمو السنوية (ΔC_G) لكل فئة فرعية من الأراضي الزراعية من معدلات زيادة الكتلة الحيوية G في الجدول 5-1 في العمود المناسب من ورقات العمل.

الخطوة 4: فيما يتعلق بكل فئة فرعية، إدخال مخزون الكربون السنوي في عمليات فقد الكتلة الحيوية (بالأطنان لكل هكتار في العام)

في حالة وجود حصاد، يتم إدخال كمية مخزون الكربون من الكتلة الحيوية المحصودة (ΔC_L) في العمود المناسب. ويمكن تقدير ذلك عن طريق ضرب القيمة الافتراضية للكتلة الحيوية فوق الأرض لأنواع الأراضي الزراعية المختلفة الواردة بالجدول 5-3 في قيمة كثافة الكربون لافتراضية 0.5 طن كربون/طن كتلة حيوية.

الخطوة 5: حساب التغير السنوي لمخزون الكربون في الكتلة الحيوية لكل فئة فرعية

يحسب التغير السنوي في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية (ΔC_B) باستخدام المعادلة 2-7 في الفصل 2.

الخطوة 6: حساب إجمالي التغير في مخزون الكربون (ΔC_B) بجمع كافة قيم التقدير الخاصة بالفئات الفرعية.

المثال 1: في عام الحصر، تم زراعة 90.000 هكتار من المحاصيل الخشبية الدائمة في بيئة استوائية رطبة، فيما خضع 10.000 فدان للحصاد. وتقوم مساحة الأراضي الزراعية الخشبية الدائمة بتخزين الكربون بمعدل 2.6 طن من الكربون السطحي لكل هكتار في العام. وتفقد المساحة المحصودة كافة الكربون في مخزون الكتلة الحيوية في عام الإزالة. وتبلغ القيمة الافتراضية لعمليات فقد مخزون الكربون بالنسبة للأراضي الزراعية الخشبية الدائمة الموجودة في بيئة استوائية رطبة 21 طن كربون لكل هكتار في العام. ومن هذه القيم، يتضح أن ما يقدر بحوالي 234.000 طن كربون يتراكم في العام بينما تبلغ قيمة ما يفقد في العام 210.000 طن كربون. وباستخدام المعادلة 2-7 بالفصل 2، يبلغ التغير الصافي في مخزون الكربون (فوق الأرض) في البيئة الاستوائية الرطبة 24.000 طن كربون في العام.

5-1-2-5 تقدير عدم التيقن

تقدم المناقشة التالية إرشادات حول المقتربات المستخدمة لتقييم عدم التيقن المقترن بتقديرات كربون الكتلة الحيوية لكل طريقة من طرق المستويات.

المستوى 1

تتضمن مصادر عدم التيقن المقترنة باستخدام طريقة المستوى 1 درجة الدقة في تقديرات مساحة الأراضي (راجع الفصل 3) وفي معدلات الزيادة والفقد الافتراضية لكربون الكتلة الحيوية. ويُرجح أن يكون عدم التيقن منخفضاً (>10%) فيما يتعلق بتقديرات المساحة في الأنظمة الزراعية المختلفة وذلك لأن معظم البلدان تقوم بتقدير مساحة الأراضي الزراعية بصفة سنوية باستخدام طرق موثوقة. وقد تم الاعتماد على مجموعة من الدراسات البحثية المنشورة حول مخزون الكربون في الأنظمة الزراعية الحرجية لاشتقاق البيانات الافتراضية الواردة في الجدول 5-1 (Schroeder, 1994). ورغم أن القيم الافتراضية مشتقة من دراسات متعددة، فإن هذه الدراسات لم تتضمن نطاقات عدم التيقن المقترنة بالقيم. ولذلك تم تعيين مستوى عدم تيقن افتراضي يبلغ $\pm 75\%$ من قيمة البارامتر استناداً إلى حكم الخبراء. ويمكن استخدام هذه القيمة، إلى جانب قياس لعدم التيقن المقترن بتقديرات المساحة من الفصل 3 من هذا التقرير، لتقدير عدم التيقن في تقديرات انبعاثات وعمليات إزالة الكربون في الكتلة الحيوية للأراضي الزراعية باستخدام منهجية المستوى 1. ويشمل الفصل 3 من المجلد 1 على إرشادات حول كيفية تحليل عدم التيقن.

المستوى 2

يؤدي استخدام طريقة المستوى 2 إلى الحد من عدم التيقن الكلي لأن معدلات معاملات الانبعاث والإزالة الخاصة بالبلد توفر تقديرات أكثر دقة للزيادة والفقد في الكربون بالنسبة للأنظمة الزراعية والمناطق المناخية داخل الحدود الوطنية. ومن الممارسة السليمة أن يتم حساب تقديرات الخطأ (الانحرافات المعيارية أو الخطأ المعياري أو النطاقات) فيما يخص معدلات زيادة الكربون الخاصة بالبلد وأن يتم استخدام هذه المتغيرات في عمل تقدير أساسي لعدم التيقن. وتقتضي الممارسة السليمة كذلك من البلدان تقييم نطاقات الخطأ في المعاملات الخاصة بالبلد المعني ومقارنتها بالمعاملات الافتراضية لزيادة الكربون. وإذا ما كانت المعدلات الخاصة بالبلد ذات نطاق خطأ يتساوى مع المعاملات الافتراضية أو يزيد عنها، فعندئذ يكون من الممارسة السليمة استخدام مقترن من المستوى 1 وتدقيق المعدلات الخاصة بالبلد باستخدام المزيد من القياسات الميدانية.

ويمكن أن تستخدم مقتربات المستوى 2 بيانات أنشطة ذات استبانة أكبر مثل تقديرات المساحة المصنفة حسب المناطق الإقليمية أو المعنية بأنظمة زراعية محددة داخل الحدود الوطنية. وهذه البيانات من شأنها أن تسهم في الحد من مستويات عدم التيقن المقترنة بمعاملات زيادة كربون الكتلة الحيوية المحددة لقواعد الأراضي ذات القياسات الأصغر (على سبيل المثال، عندما يتم مضاعفة مساحة مزارع البن باستخدام معامل مزارع البن، بدلاً من معامل افتراضي عام للأنظمة الزراعية الحرجية).

المستوى 3

توفر مقتربات المستوى 3 أعلى درجات التيقن مقارنة بالمقتربات من المستويين 1 و2. ومن الممارسة السليمة أن يتم حساب الانحرافات المعيارية أو الأخطاء المعيارية أو النطاقات لكافة معدلات الفقد والزيادة في الكتلة الحيوية والخاصة بالبلد المعني. كذلك فإن الممارسة السليمة تقتضي من البلدان وضع دوال لكثافة الاحتمالية لبارامترات النماذج للاستخدام في طريقة مونت كارلو. ويرجح أن يكون عدم التيقن، وبالأخص فيما يتصل بتقديرات المساحة، ضئيلاً أو غير موجود بالنسبة للأنظمة الزراعية.

2-2-5 المادة العضوية الميتة

يشتمل هذا القسم على طرق تقدير التغيرات في مخزون الكربون بأحواض المادة العضوية الميتة في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية. ويشتمل القسم على طرق لنوعين من أحواض المادة العضوية الميتة: (1) الخشب الميت و(2) الفرش الحرجي. ويقدم الفصل 1 من هذا التقرير تعاريف مفصلة لهذه الأحواض.

ويعد حوض الخشب الميت حوضاً متنوعاً ينطوي على العديد من المشكلات العملية فيما يتعلق بالقياس الميداني، وأوجه عدم التيقن المقترنة بمعدلات التحويل إلى فرش حرجي أو تربة أو الانبعاثات إلى الغلاف الجوي. ويتسم الكربون في الخشب الميت بالتنوع الشديد بين المجموعات الحرجية عبر المنظر الطبيعي. وتعتمد كميات الخشب الميت على توقيت الاضطراب الأخير ومقدار المدخلات (الوفيات) في وقت الاضطراب ومعدلات الوفيات الطبيعية ومعدلات التحلل والإدارة.

ويعتبر تراكم الفرش الحرجي دالة للمقدار السنوي من السقوط الحرجي، والذي يشمل الأوراق، والأغصان، والفروع الصغيرة، والقش، والثمار، والأزهار واللحاء، مطروحاً منه المعدل السنوي للتحلل. وتتأثر كمية الفرش الحرجي كذلك بالوقت المنقضي منذ آخر اضطراب ونوع هذا الاضطراب. وتؤدي ممارسات الإدارة مثل حصاد الخشب، والعشب، والحرق والرعي إلى تغيير خصائص الفرش الحرجي على نحو شديد، غير أن الدراسات التي توثق على نحو واضح تأثيرات الإدارة على كربون الفرش الحرجي تعد قليلة.

وبصفة عامة، تشتمل الأراضي الزراعية على القليل من الخشب الميت أو مخلفات المحاصيل أو الفرش الحرجي وقد لا تشتمل على الإطلاق، يستثنى من ذلك الأنظمة الزراعية الحرجية، والتي يمكن إدراجها إما تحت الأراضي الزراعية، أو تحت الأراضي الحرجية وذلك وفقاً لتعاريف التي يبنها البلد المعني لأغراض الإبلاغ.

1-2-2-5 اختيار الطريقة

تقدم شجرة القرار في الشكل 2-3 بالفصل 2 إرشادات للمساعدة في اختيار المستوى المناسب لتطبيق إجراءات التقدير. ويتطلب تقدير التغيرات في مخزون الكربون في المادة العضوية الميتة تقدير التغيرات في حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي (راجع المعادلة 2-17 في الفصل 2).

ويتم تناول كل من حوضي المادة العضوية الميتة (الخشب الميت والفرش الحرجي) على نحو منفصل، غير أن الطريقة المستخدمة في تقديرات التغيرات بكل منهما واحدة.

المستوى 1

تفترض طريقة المستوى 1 عدم وجود حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي في الأراضي الزراعية أو أنها في حالة توازن كما في الأنظمة الزراعية الحرجية والبساتين، وبالتالي فليس ثمة حاجة لتقدير التغيرات في مخزون الكربون بهذين الحوضين.

المستويان 2 و 3

يسمح كل من المستويين 2 و 3 بحساب التغيرات في كربون الخشب الميت والفرش الحرجي نتيجة ممارسات الإدارة. وهناك طريقتان يمكن استخدامها لتقدير التغير في مخزون الكربون بالمادة العضوية الميتة.

الطريقة الأولى (تسمى كذلك طريقة الاكتساب الفقد، المعادلة 2.18 الفصل 2): تتضمن الطريقة الأولى تقدير مساحة فئات إدارة الأراضي الزراعية والمتوسط السنوي للتحويل إلى ومن مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي. وهو ما يتطلب تقدير مساحة فئة الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية وفقاً لكل من: (1) أنواع المناخ أو الأراضي الزراعية المختلفة (2) نظام الإدارة أو المعاملات الأخرى التي تؤثر بشكل ملموس على حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي و(3) كمية الكتلة الحيوية المحولة إلى حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي، وكذلك الكمية المحولة من حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي لكل هكتار وفقاً لأنواع الأراضي الزراعية المختلفة.

الطريقة الثانية (وتسمى كذلك طريقة الفرق في المخزون، المعادلة 2-19 الفصل 2): تتضمن الطريقة الثانية تقدير مساحة الأراضي الزراعية ومخزون حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي عند نقطتين زمنيتين هما t_1 و t_2 ويتم الحصول على التغير في مخزون كربون حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي لعام الحصر عن طريق قسمة التغير في المخزون على الفترة الفاصلة بين القياسين (بالسنوات). وتلائم الطريقة الثانية البلدان التي تقوم بعمليات حصر دورية. وهي أكثر ملاءمة للبلدان التي تتبنى طرق من المستوى 3. وتستخدم طرق المستوى 3 عندما يتوافر لدى البلدان معاملات انبعاث وبيانات وطنية خاصة بالبلد المعني. وقد تكون المنهجية الخاصة بالبلد قائمة على عمليات الحصر المفصلة لمجموعات الأراضي الدائمة المستخدمة كعينة للأراضي الزراعية و/أو النماذج.

2-2-2-5 اختيار معاملات الانبعاث/الإزالة

جزء الكربون: يعتبر جزء الكربون من الخشب الميت والفرش الحرجي متغيراً ويعتمد على مرحلة التحلل. ويعتبر الخشب أقل تغيراً من الفرش الحرجي ويمكن استخدام قيمة 0.50 طن كربون (طن مادة جافة) لجزء الكربون.

المستوى 1

يفترض المستوى 1 أن مخزون الكربون في المادة العضوية الميتة في كافة الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية غير مؤثر أو لا يتغير على الإطلاق، وبالتالي فليس ثمة حاجة إلى أية معاملات انبعاث/إزالة أو بيانات أنشطة. وينبغي على البلدان التي تشهد تغيرات كبيرة في إدارة الأراضي الزراعية أو اضطرابات يُحتمل أن تؤثر على أحواض المادة العضوية الميتة، أن تضع بيانات وطنية من أجل التحديد الكمي لهذا التأثير وأن تبلغ عنها باستخدام منهجيات من المستوى 2 أو 3.

المستوى 2

تستلزم الممارسة السليمة استخدام بيانات على مستوى البلدان فيما يخص المادة العضوية الميتة لفئات الأراضي الزراعية المختلفة إضافة إلى القيم الافتراضية، وذلك إذا كانت البيانات الخاصة بالبلد المعني أو المناطق الإقليمية غير متوافرة لبعض فئات الأراضي الزراعية. وتُشتق القيم الوطنية المتعلقة بتحويل الكربون من الأشجار الحية التي يتم حصادها إلى مخلفات حصاد ومعدلات تحلل (مع الطريقة الأولى) أو بالتغير الصافي في أحواض المادة العضوية الميتة (مع الطريقة الثانية) من البيانات الخاصة بالبلد المعني مع مراعاة نوع الأراضي الزراعية، ومعدل استغلال الكتلة الحيوية، وممارسات الحصاد والغطاء النباتي الذي يتعرض للتدمير أثناء عمليات الحصاد.

المستوى 3

فيما يتعلق بالمستوى 3، يجب على البلدان وضع المنهجيات والبارامترات الخاصة بها لتقدير التغيرات في أحواض المادة العضوية الميتة. وقد تكون هذه المنهجيات مشتقة من الطريقة الأولى أو الثانية الموضحتين سابقاً أو تكون قائمة على المقترحات الأخرى. وينبغي توثيق الطريقة التي يتم استخدامها على نحو واضح.

ويجب تحديد تقديرات الكربون في أحواض المادة العضوية الميتة المجزأة على المستوى الوطني كجزء من الحصر الوطني للأراضي الزراعية، أو النماذج المعدة على المستوى الوطني، أو من برنامج مخصص لحصر غازات الاحتباس الحراري، إلى جانب عمليات معاينة دورية وفقاً للمبادئ المحددة في الملحق 3-3 بالفصل 3. ويمكن أن تقتصر بيانات الحصر بدراسات النماذج من أجل تسجيل ديناميكيات كافة أحواض الكربون في الأراضي الزراعية.

3-2-2-5 اختيار بيانات الأنشطة

تتألف بيانات الأنشطة من مساحات الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية ويتم تلخيصها وفقاً لأنواع الأراضي الزراعية وممارسات الإدارة الرئيسية. ويجب أن تكون المساحات الإجمالية للأراضي الزراعية متنسقة مع المساحات المبلغ عنها في الأقسام الأخرى بهذا الفصل، وبالأخص في قسم الكتلة الحيوية من الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية. ويساعد ربط هذه البيانات بأنواع التربة الوطنية والمناخ والغطاء النباتي والبيانات الجيوفيزيائية الأخرى في تقدير التغيرات في أحواض المادة العضوية الميته.

4-2-2-5 خطوات الحساب في المستويين 1 و 2

تلخص المناقشة التالية الخطوات المتبعة لتقدير التغير في مخزون الكربون بأحواض المادة العضوية الميته

المستوى 1

ليست ثمة حاجة إلى بيانات أنشطة نظراً لأن هذا المستوى يفترض أن حوض المادة العضوية الميته يظل ثابتاً.

المستوى 2 (طريقة الاكتساب-الفقد) – المعادلة 2-18 في الفصل 2

يتم تناول كل من حوضي المادة العضوية الميته (الخشب الميت والفرش الحرجي) على نحو منفصل، غير أن الطريقة المستخدمة في تقدير التغيرات بكل منهما تعد واحدة.

الخطوة 1: تحديد الفئات أو أنواع الأراضي الزراعية وأنظمة الإدارة التي سيتم استخدامها في هذا التقدير والمساحة التمثيلية. ويجب الحصول على بيانات المساحة باستخدام الطرق الموضحة في الفصل 3.

الخطوة 2: تحديد التغير الصافي في مخزون المادة العضوية الميته لكل فئة. ويتم ذلك بتحديد قيم متوسط مدخلات ومخرجات حوض الخشب الميت أو الفرش الحرجي لكل فئة من عمليات الحصر أو الدراسات العملية. وينبغي على البلدان استخدام البيانات المتاحة على المستوى المحلي للحصول على قيم المدخلات والمخرجات في هذين الحوضين، وحساب التغير الصافي أحواض المادة العضوية الميته عن طريق طرح قيمة المخرجات من قيمة المدخلات، حيث تشير القيم السالبة إلى انخفاض صاف في المخزون.

الخطوة 3: تحديد التغير الصافي في مخزون الكربون بحوض المادة العضوية الميته لكل فئة استناداً إلى الخطوة 2، ثم ضرب التغير في مخزون المادة العضوية الميته في جزء الكربون لكل من الخشب الميت والفرش الحرجي لتحديد التغير الصافي في مخزون الكربون بالخشب الميت. والقيمة الافتراضية هي 0.50 طن كربون (طن مادة جافة) للخشب الميت و0.40 طن كربون (طن مادة جافة) للفرش الحرجي.

الخطوة 4: تحديد التغير الكلي في أحواض كربون المادة العضوية الميته لكل فئة عن طريق المساحة التمثيلية لكل فئة في التغير الصافي في مخزون الكربون بالمادة العضوية الميته لكل فئة.

الخطوة 5: تحديد التغير الإجمالي في مخزون الكربون في المادة العضوية الميته عن طريق جمع التغيرات الإجمالية في المادة العضوية الميته عبر كافة الفئات.

المستوى 2 (طريقة الفرق في المخزون) – المعادلة 2-19، الفصل 2

يجب تناول كل حوض من حوضي المادة العضوية الميته على نحو منفصل غير أن الطريقة المستخدمة مع كل منهما تعتبر واحدة.

الخطوة 1: تحديد الفئات التي سيتم استخدامها في هذا التقييم وكذلك المساحة التمثيلية على النحو الموضح مع الطريقة الأولى.

الخطوة 2: تحديد التغير الصافي في مخزون المادة العضوية الميته لكل فئة. ومن بيانات الحصر، حدد الفاصل الزمني للحصر، ومتوسط مخزون المادة العضوية الميته عند الحصر الأولي (t_1) ومتوسط مخزون المادة العضوية الميته عند الحصر النهائي (t_2)، واستخدام هذه القيم في حساب التغير السنوي الصافي في مخزون المادة العضوية الميته وذلك بطرح قيمة المخزون المقاسة عند النقطة t_1 من القيمة المقاسة عند النقطة t_2 وقسمة الفرق على الفترة الزمنية الفاصلة بين القياسين بالأعوام. وتشير القيمة السالبة إلى انخفاض في مخزون المادة العضوية الميته.

الخطوة 3: تحديد التغير الصافي في مخزون كربون المادة العضوية الميته لكل فئة. تحديد التغير الصافي في مخزون الكربون في المادة العضوية الميته عن طريق ضرب التغير الصافي لمخزون المادة العضوية الميته لكل فئة في جزء الكربون للمادة العضوية الميته. والقيمة الافتراضية هي 0.50 طن كربون (طن مادة جافة) للخشب الميت و0.40 طن كربون (طن مادة جافة) للفرش الحرجي. ويتطلب استخدام مقترَب من المستوى 3 إلى معاملات توسيع خاصة بالبلد أو النظام الحيوي. فيما يمكن أن يعتمد مقترَب من المستوى 2 على معاملات التوسيع الافتراضية على مستوى البلدان.

الخطوة 4: تحديد التغير الإجمالي في حوض كربون المادة العضوية الميته لكل فئة نشاطاً عن طريق ضرب المساحة التمثيلية لكل فئة نشاطاً في التغير الصافي في مخزون الكربون بالمادة العضوية الميته لهذه الفئة.

الخطوة 5: تحديد التغير الإجمالي في مخزون الكربون في المادة العضوية الميته عن طريق جمع التغيرات الإجمالية في المادة العضوية الميته عبر كافة فئات الأنشطة.

5-2-2-5 تقدير عدم التيقن

لا توجد حاجة لتقدير عدم التيقن عند استخدام المستوى 1 للافتراض بأن مخزون المادة العضوية المبتة يظل في حالة ثابتة. أما فيما يتعلق بالمستويين 2 و 3، فيجب الحصول على بيانات المساحة وتقديرات عدم التيقن باستخدام الطرق الموضحة في الفصل 3. ويجب تقدير معاملات زيادة وفقد الكربون على المستوى المحلي.

3-2-5 كربون التربة

تؤدي ممارسات إدارة الأراضي الزراعية إلى تغيير مخزون كربون التربة بدرجات متفاوتة وفقاً لتأثير ممارسات محددة على مدخلات ومخرجات الكربون من نظام التربة (Paustian *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999; Ogle *et al.*, 2005). وتتمثل الممارسات الرئيسية التي تؤثر على مخزون كربون التربة بالأراضي الزراعية في نوع الإدارة المتبعة فيما يخص المخلفات والفلاحة والمخصبات (كل من المخصبات المعدنية والمحسّنات العضوية) وفي اختيار المحصول وكثافة الإدارة الزراعية (على سبيل المثال الزراعة المستمرة في مقابل الدورات الزراعية التي تتضمن فترات لإراحة الأراضي) وإدارة الري والأنظمة المختلطة التي تشتمل محاصيل زراعية أو مراعي أو قش في دورات متتابعة. إضافة إلى ذلك، تقضي عمليات التصريف والزراعة في أنواع التربة العضوية إلى خفض مخزون الكربون في التربة (Armentano and Menges, 1986).

يمكن الحصول على المعلومات والإرشادات العامة المتعلقة بتقدير التغيرات في مخزون كربون التربة بالقسم 2-3-3 من الفصل 2 (بما في ذلك المعادلات). ويجب قراءة هذا القسم قبل البدء في الإرشادات الخاصة التي تتعامل مع مخزون الكربون في الأراضي الزراعية. ويقدر التغير الإجمالي في مخزون كربون الكتلة الحيوية بالنسبة للأراضي الزراعية باستخدام المعادلة 2-24 (الفصل 2) والتي تجمع التغير في مخزون كربون التربة العضوي بالنسبة لأنواع التربة المعدنية مع التغير في الكربون بأنواع التربة العضوية وكذلك التغير في أحواض الكربون غير العضوي في التربة (المستوى 3 فقط). ويقدم هذا القسم إرشادات محددة لتقدير التغيرات في مخزون الكربون العضوي بالتربة. فيما يغطي القسم 2-3-3-1 الكربون غير العضوي بشكل كامل.

لحساب تغيرات مخزون كربون التربة المقترنة بالأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية ينبغي على البلدان أن توفر، على الأقل، تقديرات مساحة الأراضي الزراعية في بداية فترة الحصر وفي نهايتها. وإذا كانت بيانات استخدام الأراضي والإدارة محدودة، فيمكن استخدام البيانات الإجمالية مثل إحصائيات الفاو المعنية بالأراضي الزراعية كنقطة انطلاق، مع الاستعانة بمعرفة الخبراء بالتوزيع التقريبي لأنظمة إدارة الأراضي (على سبيل المثال، أنظمة الزراعة ذات المدخلات العالية والمنخفضة والمتوسطة ونحو ذلك). ويجب التقسيم الفرعي لفئات إدارة الأراضي الزراعية وفقاً للمناطق المناخية وأنواع التربة الرئيسية، وقد يقوم ذلك على التصنيفات الافتراضية أو الخاصة بالبلد المعني. كذلك يمكن التقسيم باستخدام تراكبات استخدام الأراضي على خرائط المناخ والتربة المناسبة.

1-3-2-5 اختيار الطريقة

يمكن وضع عمليات الحصر باستخدام مقترن من المستوى 1 أو 2 أو 3، مع مراعاة أن كل مستوى تالي يتطلب تفاصيل وموارد أكثر من المستوى السابق. كما أن بإمكان البلدان أن تستخدم مستويات مختلفة لإعداد تقديرات كربون التربة للفئات الفرعية المنفصلة (على سبيل المثال، تغيرات مخزون كربون التربة العضوي بأنواع التربة المعدنية والتربة العضوية، وتغيرات المخزون المقترنة بأحواض الكربون غير العضوي بالتربة). ويمكن الاسترشاد بشجرات القرار الخاصة بأنواع التربة المعدنية (الشكل 2.4) وأنواع التربة العضوية (الشكل 5-2) في القسم 3-3-2-1 (الفصل 2) في اختيار المستوى المناسب لعملية حصر كربون التربة.

أنواع التربة المعدنية

المستوى 1

فيما يتعلق بأنواع التربة المعدنية، تقوم طريقة التقدير على التغيرات في مخزون الكربون العضوي بالتربة خلال فترة محددة في أعقاب التغيرات التي تحدث في الإدارة والتي من شأنها أن تؤثر على كربون التربة العضوي. وتستخدم المعادلة 2-25 (الفصل 2) لتقدير التغير في مخزون كربون التربة العضوي في أنواع التربة المعدنية عن طريق طرح مخزون الكربون في العام الأخير من فترة الحصر (SOC_0) من مخزون الكربون في بداية فترة الحصر ($SOC_{(0-T)}$) ثم قسمة الناتج على التبعية الزمنية لمعاملات تغير المخزون (D). وعملياً، يجب الحصول على بيانات استخدام الأراضي والإدارة وتصنيفها فرعياً في أنظمة إدارة ملائمة (على سبيل المثال أنظمة زراعية ذات مدخلات عالية ومتوسطة ومنخفضة)، بما في ذلك إدارة الفلاحة، ثم تقسيمها حسب تصنيف المناطق المناخية وأنواع التربة المتبع من قبل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. ويقدر مخزون التربة العضوي (SOC) في العام الأول والأخير من فترة الحصر باستخدام القيم المرجعية الافتراضية لمخزون الكربون (SOC_{ref}) ومعاملات تغير المخزون الافتراضية (F_{LU} , F_{MG} , F_1).

المستوى 2

بالنسبة للمستوى 2، تُستخدم نفس المعادلات الأساسية المستخدمة في المستوى 1 (المعادلة 2-25)، غير أنه يتم دمج المعلومات الخاصة بالبلد من أجل التحديد الأفضل لمعاملات تغير المخزون والقيم المرجعية لمخزون الكربون والمناطق المناخية وأنواع التربة و/أو نظام تصنيف إدارة الأراضي.

المستوى 3

يمكن لمقتربات المستوى 3 أن تستخدم النماذج الديناميكية و/أو قياسات حصر كربون التربة كأساس لتقدير التغيرات السنوية في المخزون. وتحسب التقديرات من النماذج باستخدام المعادلات المزدوجة التي تقدر التغير الصافي في المخزون. وهناك العديد من النماذج المستخدمة (على سبيل المثال، انظر مراجعات كل من McGill *et al.*, 1996; and Smith *et al.*, 1997). وهناك معايير رئيسية يجب مراعاتها عند اختيار النموذج المناسب منها قدرة النموذج على تمثيل كافة ممارسات/أنظمة الإدارة ذات الأهمية بالنسبة

ويمكن كذلك وضع مقترب من المستوى 3 يعتمد على القياس من خلال شبكة رصد لأخذ العينات بصفة دورية لتقدير التغيرات في مخزون الكربون العضوي بالتربة. ومن المرجح أن تكون هناك حاجة لكثافة من المواقع المعيارية أعلى كثيراً مقارنة بالنماذج من أجل التمثيل الكافي لاتحاد أنظمة استخدام الأراضي والإدارة والمناخ وأنواع التربة. ويمكن الحصول على إرشادات إضافية في القسم 2-3-1 من الفصل 2.

أنواع التربة العضوية

المستوى 1

تستخدم المعادلة 2-26 (الفصل 2) لتقدير التغير في مخزون الكربون بأنواع التربة العضوية (على سبيل المثال المشتقة من الخث، هيبستوسولز). وتتمثل المنهجية الأساسية في تقسيم أنواع التربة العضوية المزروعة حسب المنطقة المناخية وتعيين معدل فقد سنوي للكربون قائم على أساس المناخ. ويتم مضاعفة مساحات الأراضي باستخدام معامل الانبعاث ثم إجمال الناتج لتقدير الانبعاثات السنوية للكربون.

المستوى 2

بالنسبة للمستوى 2، تُستخدم نفس المعادلة الأساسية المستخدمة في المستوى 1 (المعادلة 2-26)، غير أنه يتم دمج المعلومات الخاصة بالبلد من أجل التحديد الأفضل لمعاملات الانبعاث والمناطق المناخية و/أو نظام تصنيف إدارة الأراضي.

المستوى 3

تُستخدم المقتربات من المستوى 3 لأنواع التربة العضوية نماذج ديناميكية و/أو شبكات قياس، على النحو الموضح أعلاه بالنسبة لأنواع التربة المعدنية.

2-3-2-5 اختيار معاملات تغير المخزون والانبعاث

أنواع التربة المعدنية

المستوى 1

يقدم الجدول 5.5 المعاملات الافتراضية لتغير المخزون والتي يتم استخدامها في مقترب من المستوى 1 لاستخدام الأراضي (FLU) والمدخلات (F_I) والإدارة (F_{MG}). ويشتمل الملحق 1-5 وكذلك المراجع على الطريقة والدراسات المستخدمة لاشتقاق معاملات تغير المخزون الافتراضية. وتتمثل الفترة الافتراضية لتغير المخزون (D) في 20 عاماً، ويفترض أن ممارسات الإدارة تؤثر على المخزون إلى عمق 30 سم وهو ما يعد كذلك عمق القيم المرجعية لمخزون الكربون في الجدول 2-3 (الفصل 2).

المستوى 2

يتطلب مقترب المستوى 2 تقدير معاملات خاصة بالبلد المعني لتغير المخزون. ويتم اشتقاق معاملات المدخلات (F_I) والإدارة (F_{MG}) استناداً إلى المقارنات مع المدخلات المتوسطة والفلحة المكثفة على التوالي، نظراً لأنها تعتبر الممارسات الاسمية في تصنيف الإدارة الافتراضي الخاص بالهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (راجع اختيار بيانات الأنشطة). ومن الممارسة السليمة أن يتم اشتقاق القيم من تصنيف يتسم باستبانة أعلى للإدارة والمناخ وأنواع التربة في حالة وجود اختلافات مؤثرة في معاملات تغير المخزون بين الفئات الأكثر تجزئاً استناداً إلى التحليل التجريبي. ويمكن كذلك اشتقاق مخزونات الكربون المرجعية من البيانات الخاصة بالبلد في مقترب من المستوى 3. للحصول على إرشادات إضافية، يرجى الرجوع إلى القسم 2-3-3-1 من الفصل 2.

المستوى 3

يعد احتمال تقدير معاملات ثابتة لمعدل تغير المخزون في حد ذاتها احتمال أقل مقارنة بالمعدلات المتغيرة التي توفر تسجيلاً أكثر دقة لتأثيرات استخدام الأراضي وإدارتها. راجع الفصل 2، القسم 2-3-3-1 لمزيد من المناقشة.

أنواع التربة العضوية

المستوى 1

يشتمل الجدول 5-6 على معاملات الانبعاث الافتراضية لأنواع التربة العضوية المزروعة. ويمكن أن يستند تعيين معاملات الانبعاث لأنظمة الأشجار الدائمة مثل أشجار الفاكهة والتي يتم تصنيفها كأراض زراعية إلى المعاملات الخاصة بأنواع التربة العضوية المزروعة في الجدول 5-6 أو إدارة الأحراج في أنواع التربة العضوية (راجع الفصل 4). ويؤدي التصريف السطحي إلى انبعاثات تماثل بشكل أكبر إدارة الأحراج، بينما يؤدي التصريف الأعماق لأنظمة الأشجار الدائمة إلى حدوث انبعاثات تماثل بشكل أكبر الأنظمة الزراعية السنوية.

المستوى 2

تشتق معاملات الانبعاث في مقتربات المستوى 2 من البيانات التجريبية الخاصة بالبلد المعني. ومن الممارسة السليمة فيما يتعلق بمعاملات الانبعاث أن تشتق لفئات إدارة معينة من الأراضي الزراعية في أنواع التربة العضوية و/أو نظام تصنيف أكثر تفصيلاً للمناطق المناخية بافتراض أن الفئات الجديدة تنطوي على اختلافات مؤثرة في معدلات فقد الكربون. ويمكن الحصول على إرشادات إضافية في القسم 2-3-3-1 من الفصل 2.

المستوى 3

يعد احتمال تقدير معاملات ثابتة لمعدل تغير المخزون في حد ذاتها احتمال أقل مقارنة بالمعدلات المتغيرة التي توفر تسجيلاً أكثر دقة لتأثيرات استخدام الأراضي وإدارتها.

الجدول 5-5 معاملات تغير المخزون ذات الصلة (F _I و F _{MG} و F _{LU}) (خلال 20 عاماً) لأنشطة الإدارة المختلفة في الأراضي الزراعية						
نوع قيمة المعامل	المستوى	النظام المعتدل	النظام الرطب ¹	القيم الافتراضية للهيئة	الخطأ ^{2,3}	الوصف
استخدام (F _{LU})	مزرعة	معتدل/ رطب	جاف	0.80	± 9%	المساحة التي ظلت مدارة بصفة مستمرة لفترة < 20 عاماً،
			رطب	0.69	± 12%	
	استوائي	جاف	0.58	± 61%		
		رطب/مطير	0.48	± 46%		
	استوائي	NA	0.64	± 50%		
استخدام (F _{LU})	الأرز غير	الكل	جاف مطير	1.10	± 50%	الزراعة السنوية طويلة المدى (< 20 عاماً) في أراضي
استخدام (F _{LU})	محصول	الكل	جاف مطير	1.00	± 50%	المحاصيل الشجرية الدائمة طويلة المدى مثل الفاكهة وأشجار
استخدام (F _{LU})	مستراحة (>)	معتدل/ شمالي وجاف	جاف	0.93	± 11%	الأراضي المراحة مؤقتاً من الاستخدام السنوي كأراض
			رطب/مطير	0.82	± 17%	
		استوائي	NA	0.88	± 50%	
الفلاحة (F _{MG})	كامل	الكل	جاف ورطب/مطير	1.00	NA	الاضطراب الملموس في التربة الذي يتضمن عمليات عكس كاملة و/أو فلاحه متكررة (خلال العام). وفي وقت الزراعة، تكون مساحة السطح المغطاة بالمخلفات قليلة (على سبيل المثال، >30%).
الفلاحة (F _{MG})	مخفض	معتدل/ شمالي	جاف	1.02	± 6%	الفلاحة الرئيسية و/أو الثانوية ولكن في وجود اضطراب منخفض في التربة (عادة ضحل ودون عمليات عكس كاملة للتربة). تكون مساحة السطح المغطاة بالمخلفات < 30% وقت الزراعة.
			رطب	1.08	± 5%	
		استوائي	جاف	1.09	± 9%	
			رطب/مطير	1.15	± 8%	
		استوائي جبلي ⁴	NA	1.09	± 50%	
الفلاحة (F _{MG})	بلا فلاحه	معتدل/ شمالي	جاف	1.10	± 5%	البذار المباشر دون فلاحه أساسية، في وجود مستوى اضطراب متدن فقط للتربة في منطقة البذار. وتستخدم عادة مبيدات الأعشاب في مكافحة الأعشاب الضارة.
			رطب	1.15	± 4%	
		استوائي	جاف	1.17	± 8%	
			رطب/مطير	1.22	± 7%	
		استوائي جبلي ⁴	NA	1.16	± 50%	

الجدول 5-5 (تابع) معاملات تغير المخزون ذات الصلة (F _I و F _{MG} و F _{LU}) (خلال 20 عاماً) لأنشطة الإدارة المختلفة في الأراضي الزراعية						
نوع قيمة المعامل	المستوي	النظام المعتدل	النظام الرطب ¹	القيمة الافتراضية للهيئة	الخطأ ^{2,3}	الوصف
المدخلات (F _I)	مرتفعة	معتدل/ شمالى	جاف	0.95	± 13%	عائد مخلفات منخفض، في حالة وجوده، نتيجة للإزالة (عن طريق
			رطب	0.92	± 14%	
		استوائي	جاف	0.95	± 13%	
			رطب/ مطير	0.92	± 14%	
		استوائي	NA	0.94	± 50%	
المدخلات (F _I)	متوسطة	الكل	جاف ورطب/ مطير	1.00	NA	الزراعة السنوية بالحبوب حيث تعاد كافة المخلفات الزراعية إلى الحقل. وفي حالة إزالة المخلفات يتم إضافة مادة عضوية تكميلية (كالسماط الطبيعي على سبيل المثال). كذلك يكون هناك تخصيص معدني أو محاصيل مثبتة للتروجين في الدورة الزراعية.
المدخلات (F _I)	مرتفعة بدون سماط طبيعي	معتدل/ شمالى واستوائي	جاف	1.04	± 13%	مدخلات أكبر من مخلفات المحاصيل في الأنظمة الزراعية ذات المدخلات المتوسطة من الكربون نتيجة الممارسات الإضافية مثل إنتاج المحاصيل التي ينتج عنها نسبة عالية من المخلفات واستخدام السماط الأخضر ومحاصيل الغطاء والأراضي المراحة التي تم تخصيبها وتحسينها والري والاستخدام المتكرر للأعشاب الدائمة في دورات المحاصيل السنوية، ولكن دون إضافة السماط الطبيعي (أنظر الصف التالي).
			رطب/ مطير	1.11	± 10%	
		استوائي ⁴ جبلى	NA	1.08	± 50%	
المدخلات (F _I)	مرتفعة - في وجود سماط طبيعي	معتدل/ شمالى واستوائي	جاف	1.37	± 12%	مدخلات كربون مرتفعة بصورة ملموسة في أنظمة الزراعة ذات المدخلات المتوسطة من الكربون نتيجة الممارسات الإضافية التي تلجأ إلى إضافة السماط الطبيعي بصفة منتظمة.
			رطب/ مطير	1.44	± 13%	
		استوائي ⁴ جبلى	NA	1.41	± 50%	

¹ في حالة توافر البيانات، يتم تحديد قيمة منفصلة للأنظمة المعتدلة والاستوائية وأنظمة الرطوبة الجافة والرطوبة والمطيرة. تتوافق المناطق المعتدلة والاستوائية مع تلك المحددة في الفصل 3، وتتوافق الأنظمة الرطبة المطيرة مع المناطق المؤلفة من الأنظمة الرطبة والمطيرة في الأقاليم الاستوائية والمنطقة الرطبة في الأقاليم المعتدلة

² ± اثنين من الانحرافات المعيارية، ويعبر عنه كنسبة مئوية من المتوسط، وفي حالة عدم توافر الدراسات الكافية للتحليل الإحصائي من أجل اشتقاق معامل افتراضي، يقدر عدم التيقن افتراضياً بحوالي ± 50% استناداً إلى رأي الخبراء. تعني NA إلى "غير مطبق"، سواء كانت قيم المعامل تمثل قيم مرجعية محددة، وتنعكس حالات عدم التيقن في القيم المرجعية لمخزون الكربون ومعاملات تغير المخزون لاستخدام الأراضي.

³ نطاق الخطأ هذا لا يتضمن الخطأ المنتظم المحتمل نتيجة أحجام العينات الصغيرة التي قد لا تمثل التأثير الفعلي لكافة المناطق حول العالم.

⁴ لا توجد دراسات كافية لتقدير معاملات التغير في مخزون الكربون بالنسبة لأنواع التربة المعدنية في مناطق المناخ الاستوائي الجبلى. وكعملية تقريبية، تم استخدام متوسط التغير في المخزون بين المناطق المعتدلة والاستوائية لتقريب التغير في المخزون للنظام المناخي الاستوائي الجبلى.

ملاحظة: راجع الملحق 1.15 لتقدير معاملات تغير المخزون الافتراضية لانبعثات/عمليات إزالة كربون التربة المعدنية في فئة الأراضي الزراعية.

الجدول 5-6 معاملات الانبعاث السنوية (EF) لأنواع التربة العضوية الزراعية		
نظام الحرارة المناخي ¹	القيمة الافتراضية للهيئة (بأطنان الكربون لكل هكتار في العام)	الخطأ ²
المعتدل الشمالي/البارد	5.0	± 90%
المعتدل الدافئ	10.0	± 90%
الاستوائي/شبه الاستوائي	20.0	± 90%

¹ تم تقديم التصنيف المناخي في الفصل 3.

² يمثل تقدير اسمي للخطأ، يساوي ضعف الانحراف المعياري، كنسبة مئوية من المتوسط. التقديرات مستقاة من دراسات Glenn *et al.*, 1993; Kasimir-Klemetsson *et al.*, 1997; Freibauer and Kaltschmitt, 2001; Leifeld *et al.*, 2005; Augustin *et al.*, 1996; Nykänen *et al.*, 1995; Maljanen *et al.*, 2001, 2004; Lohila *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2003; Armentano and Menges, 1986.

3-3-2-5 اختيار بيانات الأنشطة

أنواع التربة المعدنية

المستوى 1

تصنف أنظمة الأراضي الزراعية حسب الممارسات التي تؤثر على مخزون الكربون في التربة. ويشتمل الشكل 1-5 على نظام التصنيف الافتراضي لممارسات الإدارة. ويجب على القائمين بالحصر استخدام هذا التصنيف لتقسيم أنظمة الإدارة في فئات فرعية على نحو يتفق مع المعاملات الافتراضية لتغير المخزون في المستوى 1. ويمكن تطوير تصنيف لمقتربات المستويين 2 و 3. وبصفة عامة، تكون الممارسات المعروفة بأنها تؤدي إلى زيادة مخزون الكربون، مثل الري والتخصيب المعدني والمحسنتات العضوية، ومحاصيل التغطية والمحاصيل التي تنتج عنها مخلفات كثيرة، ذات مدخلات أعلى، فيما تكون الممارسات التي تؤدي إلى خفض مخزون الكربون مثل حرق/إزالة المخلفات، وإراحة الأراضي وأنواع المحاصيل التي تنتج عنها مخلفات قليلة، ذات مدخلات منخفضة. وتستخدم هذه الممارسات لتصنيف أنظمة الإدارة ثم تقدير التغير في مخزون الكربون العضوي بالتربة. ولا يجب مراعاة الممارسات المستخدمة في أقل من 3/1 من تتابع محصولي معين (أي دوران المحصول) والذي يتفق مع تصنيف البيانات التجريبية المستخدمة في تقدير معاملات تغير المخزون الافتراضية. ويعتبر إنتاج الأرز والأراضي الزراعية الدائمة والأراضي المراحة (أي الأراضي الموقوفة عن الإنتاج) أنظمة إدارة فريدة (راجع فيما يلي).

وتقسم الأنظمة الزراعية السنوية (الأنظمة ذات المدخلات المنخفضة، المدخلات المتوسطة، المدخلات المرتفعة، المدخلات المرتفعة مع/محسنتات عضوية) وفقاً لنوع إدارة الفلاحة. كما يتم التقسيم حسب ممارسات الفلاحة إلى أنظمة بلا فلاحة (البذار المباشر بدون فلاحة أساسية مع وجود اضطراب محدود للتربة في منطقة البذار، واستخدام مبيدات الأعشاب للسيطرة على الأعشاب الضارة)، والفلاحة المنخفضة (الفلاحة الأساسية و/أو الثانوية والتي تتسم باضطراب منخفض للتربة يكون في أغلب الحالات سطحياً ولا يتضمن قلب كلي للتربة، مع نسبة تغطية بالمخلفات < 30% من السطح وقت الزراعة) والفلاحة الكاملة (اضطراب تربة مؤثر يتضمن قلب كلي للتربة و/أو عمليات فلاحة متكررة في العام الواحد، مع نسبة تغطية للسطح بالمخلفات < 30% وقت الزراعة). ومن الممارسة السليمة أن يتم حساب الأراضي ذات الفلاحة المنخفضة والأراضي بلا فلاحة في حالة الاستخدام بصورة مستمرة فقط (كل عام) لأنه حتى الاستخدام المؤقت للفلاحة الكاملة سيؤدي بصورة ملموسة إلى خفض مخزون الكربون العضوي في التربة المتوقع في أنظمة الفلاحة المنخفضة أو الأنظمة بلا فلاحة (Pierce *et al.*, 1994; Smith *et al.*, 1998). ويتطلب تقدير تأثير أنظمة الفلاحة الدورية (أي ممارسات الفلاحة التي تجمع بين الفلاحة المنخفضة وبلا فلاحة و/أو الفلاحة الكاملة) على مخزون كربون التربة استخدام طريقة من المستوى 2.

وتتمثل الأنواع الرئيسية لبيانات أنشطة الاستخدام فيما يلي: (1) الإحصائيات الإجمالية (المقرب الأول) أو (2) البيانات التي تشتمل على معلومات واضحة حول عمليات تحويل استخدام الأراضي لكنها لا تشتمل على بيانات مرجعية جغرافية محددة (المقرب الثاني) أو (3) البيانات التي تشتمل على معلومات واضحة حول تحويلات استخدام الأراضي ومراجع جغرافية (المقرب الثالث)، مثل عمليات حصر استخدام الأراضي والإدارة عن طريق عينة قائمة على الإحصاء من مساحة البلد (راجع الفصل 3 للاطلاع على المناقشة المعنية بالمقتربات). وكحد أدنى، توفر الإحصائيات المتاحة عالمياً حول استخدام الأراضي وإنتاج المحاصيل، مثل قواعد بيانات الفاو (<http://faostat.fao.org/>)، بيانات جمعة للمساحة الإجمالية حسب أنواع الاستخدام الرئيسية، وبيانات إدارة محددة (على سبيل المثال الأراضي الزراعية المروية مقابل الأراضي الزراعية غير المروية)، وبيانات مساحة الأراضي المزروعة بالمحاصيل "الدائمة" (على سبيل المثال بسنتين الكروم، والمحاصيل العشبية الدائمة والمحاصيل الشجرية مثل المحاصيل البستانية) والمحاصيل السنوية (مثل القمح والأرز والذرة والسرغوم وغيرها). وتعتبر قواعد بيانات الفاو مثلاً للبيانات الإجمالية (المقرب 1).

وتعمل بيانات أنشطة الإدارة على تكميل بيانات الاستخدام بما يوفر معلومات لتصنيف أنظمة الإدارة مثل أنواع المحاصيل والدورات وممارسات الإدارة والري وإضافة السماد الطبيعي وإدارة المخلفات ونحو ذلك. ويمكن لهذه البيانات أن تكون في صورة إحصائيات إجمالية (المقرب 1) أو معلومات حول التغيرات الواضحة في الإدارة (المقربين 2 و 3). ومن الممارسة السليمة أن يتم، ما أمكن، تحديد ممارسات الإدارة لمساحات الأراضي المرتبطة بالأنظمة الزراعية (على سبيل المثال، ممارسات الدورات والفلاحة) بدلاً من المساحة حسب المحصول فقط. وتعتبر البيانات المستمدة بالاستشعار عن بعد مصدراً قيماً لبيانات أنشطة الإدارة والاستخدام، كذلك فإن

تمثل عمليات حصر الاستخدام والموارد، استناداً إلى المسوح المتكررة لنفس المواقع، بيانات الأنشطة المجمع باستخدام المقرب 2 أو 3، وتتسم ببعض المزايا مقارنة بالبيانات الإجمالية فيما يخص الاستخدام والإدارة في الأراضي الزراعية (المقرب الأول). ويمكن أن تكون بيانات المتسلسلات الزمنية مرتبطة فعلياً بنظام زراعي معين (أي مجموعة مؤلفة من نوع المحصول والإدارة عبر متسلسلات من الأعوام) ويمكن تحديد نوع التربة عن طريق المعاينة أو بالإشارة إلى الموقع على خريطة تربة مناسبة. وتمكن نقاط الحصر التي يتم اختيارها استناداً إلى تصميم إحصائي مناسب من تقدير التغييرية المقترنة ببيانات الأنشطة والتي يمكن استخدامها كجزء من إجراء تحليل عدم التيقن. ويعد حصر الموارد الوطنية في الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً واحداً على عملية مسح باستخدام المقرب الثالث (Nusser and Goebel, 1997).

وتتطلب بيانات الأنشطة معلومات إضافية داخل البلد لكي يتسنى تقسيم المساحات في فئات فرعية حسب المناخ وأنواع التربة. وإذا كانت هذه المعلومات لم يتم جمعها بعد، فيمكن استخدام مقرب أولى يعتمد على تراكم خرائط الغطاء النباتي/استخدام الأراضي المتاحة (الوطنية أو من قواعد البيانات العالمية مثل IGBP_DIS) مع خرائط التربة والمناخ ذات الأصل الوطني أو المصادر العالمية مثل الخريطة العالمية لأنواع التربة الصادرة عن الفاو وبيانات المناخ المستمدة من البرنامج البيئي للأمم المتحدة. ويشتمل الملحق 3.5 من الفصل 3 على وصف مفصل للخطة الافتراضية لتصنيف المناخ والتربة. ويستند تصنيف التربة إلى الوصف التصنيفي وبيانات قوام التربة، فيما تقوم المناطق المناخية على المتوسط السنوي لدرجات الحرارة والتهطل والارتفاع وحدث الثلج والتبخّر المحتمل من النتج.

المستوى 2

يرجح أن تشتمل مقربات المستوى 2 على تقسيم أكثر تفصيلاً لأنظمة الإدارة مقارنة بالمستوى 1 (راجع الشكل 5-1) وذلك في حالة توافر بيانات كافية. وقد تشتمل على مزيد من التقسيم الفرعي لفئات المدخلات السنوية للأنظمة الزراعية (أي إلى منخفضة ومتوسطة ومرتفعة ومرتفعة مع المحسنات العضوية)، وزراعة الأرز، والأنظمة الزراعية الدائمة، والأراضي المراحة. ومن الممارسة السليمة أن يتم تقسيم الفئات الافتراضية استناداً إلى البيانات التجريبية التي تيرهن على وجود اختلافات مؤثرة في قيم مخزون الكربون العضوي بالتربة بين الفئات المقترحة. علاوة على ذلك، يمكن أن تشتمل مقربات المستوى 2 على تصنيف أكثر تفصيلاً للمناطق المناخية وأنواع التربة.

المستوى 3

لتطبيق النماذج الديناميكية و/أو الحصر المباشر القائم على القياس في المستوى 3، يلزم توافر بيانات مماثلة أو أكثر تفصيلاً حول مجموعات بيانات المناخ والتربة والطبوغرافيا والإدارة مقارنة بالبيانات المستخدمة في المستويين 1 و2، غير أن المتطلبات الدقيقة تعتمد على تصميم النموذج أو القياس.

أنواع التربة العضوية

المستوى 1

على عكس طريقة التربة المعدنية، لا تُصنف الأراضي الزراعية بأنواع التربة العضوية في أنظمة إدارة نظراً للافتراض بأن التصريف المقترن بكافة أنواع الإدارة يؤدي إلى أكسدة المادة العضوية الميتة التي تراكمت في السابق في وجود بيئة تعاني من نقص شديد في الأكسجين. ورغم ذلك، فلكي يتم تطبيق الطريقة الموضحة في القسم 2-3-3-1 (الفصل 2)، يلزم تصنيف الأراضي الزراعية حسب المنطقة المناخية ونوع التربة (راجع الفصل 3، الملحق 3-5 للحصول على إرشادات حول تصنيف التربة والمناخ).

ويمكن استخدام قواعد بيانات ومقربات مماثلة لتلك الواردة فيما يتعلق بأنواع التربة المعدنية في المناقشة الخاصة بالمستوى 1 للحصول على تقديرات المساحة. كذلك فإن بالإمكان تحديد مساحة التربة العضوية المدارة كأراض زراعية باستخدام تراكم لخريطة استخدام على خرائط للمناخ وأنواع التربة. ويمكن استخدام بيانات البلد المعني فيما يتعلق بمشروعات الصرف إلى جانب مسح استخدام الأراضي في الحصول على تقدير أكثر دقة للمساحات المعنية.

المستوى 2

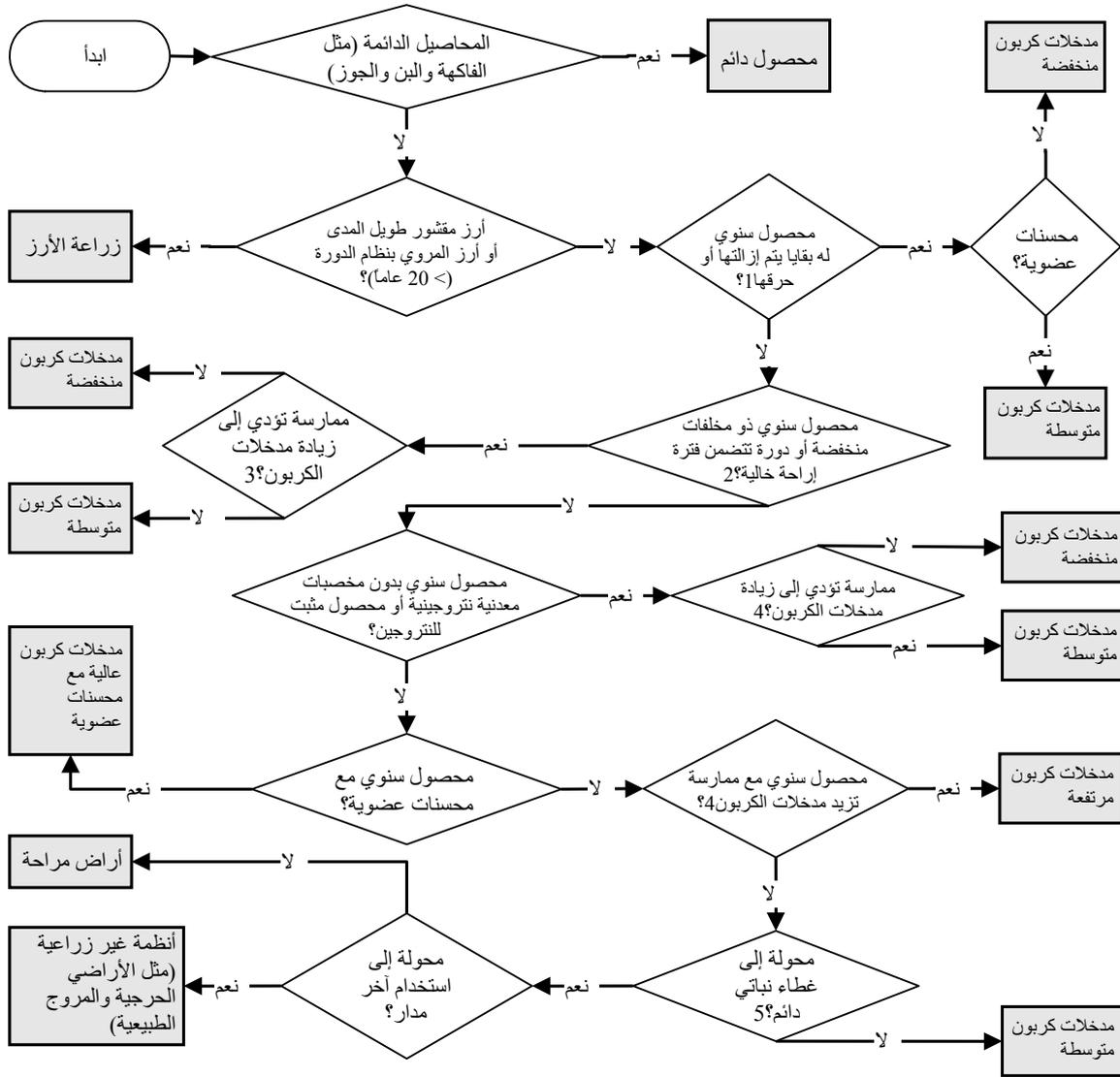
قد تتضمن مقربات المستوى 2 تصنيف أنظمة الإدارة في حالة توافر بيانات كافية. وقد يشمل ذلك التقسيم الفرعي للأنظمة الزراعية السنوية حسب فئة الصرف أو نوع المحصول (Freibauer, 2003) أو اضطراب الفلاحة. علاوة على ذلك، قد تشتمل مقربات المستوى 2 على تصنيف مفصل للمناطق المناخية.

المستوى 3

يرجح أن تشتمل مقربات المستوى 3 لأنواع التربة العضوية على بيانات أكثر تفصيلاً حول المناخ والتربة والطبوغرافيا وبيانات الإدارة، مقارنة بطرق المستويين 1 و2، غير أن المتطلبات الدقيقة تعتمد على تصميم النموذج أو القياس.

الشكل 5-1

مخطط تصنيف أنظمة الأراضي الزراعية. لتصنيف أنظمة إدارة الأراضي الزراعية، يجب على القائم بالحصر البدء من أعلى والمواصله عبر الرسم التوضيحي مجيبا على الأسئلة (التحرك عبر الفروع إذا كانت الإجابة بنعم) حتى يصل إلى نقطة نهاية على الرسم. يتفق مخطط التصنيف مع معاملات تغير المخزون الافتراضية الواردة في الجدول 5-5. تُقسم فئات مدخلات الكربون (أي منخفضة ومتوسطة ومرتفعة ومرتفعة مع محسنات عضوية) حسب ممارسة الفلاحة.



ملاحظات:

- 1: لا تشمل نمودجيا الرعي على المخلفات في الحقل.
 - 2: مثل القطن والخضراوات والتبغ
 - 3: الممارسات التي تؤدي إلى زيادة مدخلات الكربون عن القيمة التي تصدر تنتج في العادة عن الأصناف ذات المخلفات القليلة مثل استخدام المحسنات العضوية ومحاصيل تغطية/السماد الأخضر، وأنظمة المحصول/العشب المختلطة.
 - 4: الممارسات التي تفضي إلى زيادة مدخلات الكربون عن طريق زيادة إنتاج المخلفات مثل استخدام الري محاصيل التغطية/السماد الأخضر، والأراضي المراحة، والمحاصيل التي تنتج نسبة مخلفات عالية وأنظمة المحاصيل/العشب المختلطة.
 - 5: غطاء دائم بدون حصاد متكرر.
- ملاحظة: مراعاة الممارسات فقط مثل الري وحرق/إزالة المخلفات أو المخصبات المعدنية أو المحاصيل التي تثبت النتروجين في التربة أو المحسنات العضوية أو محاصيل التغطية/السماد الأخضر أو المحاصيل ذات المخلفات القليلة أو الأراضي المراحة، في حالة الاستخدام في 3/1 تتابع الدوران الزراعي.

4-3-2-5 خطوات الحساب في المستوى 1

أنواع التربة المعدنية

تتمثل الخطوات المطلوبة لتقدير قيمة كل من SOC_0 و $SOC_{(0-T)}$ وكذا التغيير الصافي في مخزون كربون التربة للهكتار بالنسبة للأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية في أنواع التربة المعدنية فيما يلي:

الخطوة 1: تنظيم البيانات في فترات زمنية للحصر على أساس الأعوام التي تم فيها جمع بيانات الأنشطة (على سبيل المثال، 1990 إلى 1995، 1995-2000 وهكذا).

الخطوة 2: تحديد مقدار الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية حسب أنواع التربة المعدنية والمناطق المناخية في البلد في بداية فترة الحصر الأولى. يعتمد العام الأول لفترة الحصر على الخطوة الزمنية لبيانات الأنشطة ($T-0$)، على سبيل المثال، منذ 5 أو 10 أو 20 عاماً).

الخطوة 3: تصنيف كل فئة من الأراضي الزراعية في نظام الإدارة المناسب باستخدام الشكل 5-1.

الخطوة 4: تعيين قيم مرجعية أصلية لمخزون الكربون (SOC_{REF}) من الجدول 2-3 وفقاً للمناخ ونوع التربة.

الخطوة 5: تعيين معامل استخدام (F_{LU}) ومعامل إدارة (F_{MG}) ومستوى مدخلات الكربون (F_I) لكل أراض زراعية وفقاً للإدارة (الخطوة 2). يمكن الحصول على قيم المعاملات F_{LU} و F_{MG} و F_I من الجدول 5-5.

الخطوة 6: ضرب قيم المعاملات (F_{LU} ، F_{MG} ، F_I) في قيمة مخزون كربون التربة المرجعي لتقدير مخزون الكربون العضوي "الأولي" ($SOC_{(0-T)}$) في التربة لفترة الحصر.

الخطوة 7: تقدير مخزون الكربون العضوي النهائي بالتربة (SOC_0) بتكرار الخطوات من 1 إلى 5 باستخدام نفس قيم المخزون المرجعية الأصلية (SOC_{REF}) ولكن مع معاملات الاستخدام والإدارة والمدخلات التي تمثل الظروف الخاصة بكل أراض زراعية في العام الأخير من الحصر (العام 0).

الخطوة 8: تقدير متوسط التغيير السنوي في مخزون الكربون العضوي بالتربة بالنسبة للأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية ($\Delta C_{Mineral}$) عن طريق طرح مخزون الكربون العضوي "الأولي" في التربة ($SOC_{(0-T)}$) من المخزون النهائي (SOC_0) ثم قسمة الناتج على التبعية الزمنية لمعاملات تغيير المخزون (20 عاماً عند استخدام المعاملات الافتراضية). وإذا كانت الفترة الزمنية للحصر أكبر من 20 عاماً، فإنه يتم القسمة على الفرق بين العام الأول والأخير في الفترة الزمنية.

الخطوة 9: تكرار الخطوات من 2 إلى 8 في حالة وجود فترات حصر إضافية (على سبيل المثال، من 1990 إلى 2000، ومن 2001 إلى 2010 وهكذا).

وفيما يلي مثال رقمي لكيفية الحساب في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية في أنواع التربة المعدنية، باستخدام المعادلة 2-25 والقيم المرجعية لمخزون الكربون (الجدول 3-2) ومعاملات تغيير المخزون (الجدول 5-5).

مثال: يوضح المثال التالي حسابات المساحات الإجمالية فيما يتعلق بتغير مخزون كربون التربة بالأراضي الزراعية. يوجد 1 مليون هكتار من الأراضي الزراعية السنوية الدائمة في مناخ معتدل دافئ مطير على تربة من نوع موليوسولز. وتقدر القيمة المرجعية الأصلية لمخزون الكربون (SOC_{REF}) في هذه المنطقة بحوالي 88 طن كربون لكل هكتار. في بداية فترة حساب الحصر (في هذا المثال عشر سنوات من أوائل 1990)، بلغ توزيع أنظمة الأراضي الزراعية 400.000 هكتار من الأراضي الزراعية السنوية ذات مدخلات كربون منخفضة بنظام فلاحة كاملة و600.000 هكتار من الأراضي الزراعية السنوية ذات مدخلات متوسطة من الكربون ونظام فلاحة كاملة. وبالتالي، كانت قيم مخزون الكربون الأولية في التربة لهذه المساحة: 400.000 هكتار \times (88 طن كربون للهكتار \times 0.69 \times 1) + 600.000 هكتار \times (88 طن كربون للهكتار \times 0.69 \times 1) = 58.78 مليون طن كربون. وفي العام الأخير من فترة الحصر (في هذا المثال 2000)، كان هناك: 200.000 هكتار من نظام الزراعة السنوية ذات الفلاحة الكاملة ومدخلات الكربون المنخفضة، و700.000 هكتار من الزراعة السنوية ذات الفلاحة المنخفضة ومدخلات الكربون المتوسطة، و100.000 هكتار من الزراعة السنوية بدون فلاحة وذات مدخلات كربون متوسطة. وبالتالي، فإن قيم مخزون كربون التربة الإجمالية في العام الأخير هي: 200.000 هكتار \times (88 طن للهكتار \times 0.69 \times 1) + 700.000 هكتار \times (88 طن كربون للهكتار \times 0.69 \times 1) + 100.000 هكتار \times (88 طن كربون للهكتار \times 1.15 \times 0.69) = 64.06 مليون طن كربون. ومن هنا يكون متوسط التغيير السنوي خلال هذه الفترة للمساحة الإجمالية هو: 58.78 - 64.06 = 5.28 مليون طن/عام = 264.000 طن كربون في العام زيادة في المخزون (ملاحظة: 20 عاماً هي فترة التبعية الزمنية لمعامل تغيير المخزون، أي أن المعامل يمثل المعدل السنوي للتغير بامتداد 20 عاماً).

أنواع التربة العضوية

تتمثل خطوات تقدير فقد كربون التربة من أنواع التربة العضوية المصروفة فيما يلي:

الخطوة 1: تنظيم البيانات في فترات زمنية للحصر على أساس السنوات التي تم فيها جمع بيانات الأنشطة (على سبيل المثال، 1990 إلى 1995، 1995-2000 وهكذا).

الخطوة 2: تحديد مقدار الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية بأنواع التربة العضوية للعام الأخير في كل فترة من فترات الحصر.

الخطوة 3: اختيار معامل الانبعاث الملائم (EF) لعمليات فقد السنوية من ثاني أكسيد الكربون على استنادا إلى نوع المناخ (من الجدول 5-6).

الخطوة 4: تقدير الانبعاثات الإجمالية عن طريق جمع حاصل المساحة (A) مضروبا في معامل الانبعاث (EF) لكافة المناطق المناخية.

الخطوة 5: تكرار الخطوات مع فترات الحصر الإضافية.

وفيما يلي مثال رقمي لكيفية الحساب في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية في أنواع التربة العضوية المصرفة، باستخدام المعادلة 2-6 ومعاملات الانبعاث الافتراض (الجدول 5-6).

مثال: يوضح المثال التالي الحسابات للمساحات الإجمالية لتغير مخزون كربون التربة با 0.4 مليون هكتار من الأراضي الزراعية السنوية الدائمة في تربة عضوية مصرفة في مطير وتربة من النوع هيسوسولز. وقد قدر معامل الانبعاث لهذا المناخ بحوالي 10.0 طن كربون للهكتار في العام. بالتالي، يكون التغير السنوي في مخزون الكربون بالتربة لأنواع التربة العضوية أثناء فترة الحصر هو: 400.000 هكتار × 10.0 طن 4.0 مليون طن كربون في ا	عينة يوجد معتدل دافئ
--	-------------------------

5-3-2-5 تقدير عدم التيقن

توجد ثلاثة مصادر عريضة للإدارة والبيانات البيئية؛ و(2) أ (أنواع التربة المعدنية فقط)؛ و(3) أوجه عدم التيقن المقترنة بمعاملات الانبعاث/تغير المخزون بالنسبة لمقتربات المستوى 1 أو 2، والخطأ في تركيب النموذج/البارامترات بالنسبة لمقتربات المستوى 3 القائمة على النماذج أو خطأ القياس/تغيرية المعاينة فيما يتصل بعمليات الحصر القائمة على القياسات بالمستوى 3. وبصفة عامة، تزداد دقة الحصر ويكون مدى الثقة أصغر مع إجراء المزيد من عمليات المعاينة لتقدير القيم للفئات الثلاثة العريضة، فيما يُرجح أن يتم الحد من التحيز (أي زيادة الدقة) من خلال تطوير حصر باستخدام مستوى أعلى يعمل على دمج المعلومات الخاصة بالبلد المعني.

فيما يتعلق بالمستوى 1، تم تقديم أوجه عدم التيقن المقترنة بالقيم المرجعية ومعاملات تغير المخزون في الجدول 5-5، ومعاملات الانبعاث لأنواع التربة العضوية الحصر التعامل مع أوجه عدم التيقن في بيانات الاستخدام والإدارة، والتي يتم بعد ذلك إضافتها إلى أوجه عدم التيقن المقترنة بالمعاملات الافتراضية والقيم المرجعية للمخزون (بالنسبة لأنواع التربة المعدنية فقط) باستخدام الطريقة المناسبة مثل المعادلات البسيطة لتوليد الخطأ. وفي حالة استخدام الإحصائيات الإجمالية لمساحة استخدام الأراضي بالنسبة لبيانات الأنشطة (بيانات الفار، على سبيل المثال)، فقد يكون على الهيئة القائمة بالحصر استخدام مستوى افتراضي من عدم التيقن فيما يخص تقديرات مساحة الأراضي (± 50%). ورغم ذلك، فإن الممارسة السليمة تستلزم من القائم بالحصر اشتقاق أوجه عدم التيقن من بيانات الأنشطة الخاصة بالبلد المعني بدلا من استخدام مستوى افتراضي.

وقد تنطوي القيم المرجعية للمخزون ومعاملات تغير المخزون الافتراضية بالنسبة لأنواع التربة المعدنية وكذا معاملات الانبعاث بالنسبة لأنواع التربة العضوية على مستويات عالية متصلة من عدم التيقن، وبالأخص التحيز، وذلك عند تطبيقها على بلدان معينة. وتمثل المستويات الافتراضية قيم متوسطة على المستوى العالمي لتأثيرات استخدام وإدارة الأراضي أو القيم المرجعية لمخزون الكربون وقد تختلف عن القيم الخاصة بالمنطقة (Powers et al., 2004; Ogle et al., 2006). ويمكن الحد من التحيز باشتقاق معاملات خاصة بالبلد المعني باستخدام طريقة المستوى 2 أو بوضع نظام تقدير من المستوى 3 خاص بالبلد المعني. وتستخدم مقتربات المستوى الأعلى على الأبحاث التي تجرى في البلد أو الأقاليم المجاورة حول أثر استخدام الأراضي والإدارة على كربون التربة. إضافة إلى ذلك، تستلزم الممارسة السليمة الحد من التحيز عن طريق حساب الاختلافات الملموسة داخل البلد في تأثيرات استخدام وإدارة الأراضي، مثل التباين بين المناطق المناخية و/أو أنواع التربة، حتى لو كان ذلك على حساب الدقة في تقديرات المعامل (Ogle et al., 2006). ويمثل التحيز مشكلة أكبر عند الإبلاغ عن تغيرات المخزون نظرا لأنه لا يتم تسجيله بالضرورة في نطاق عدم التيقن (أي أن التغير الصحيح في المخزون قد يكون خارج نطاق عدم التيقن الذي يتم الإبلاغ عنه في حالة وجود نسبة تحيز ملموسة في المعاملات).

ويمكن تحسين أوجه عدم التيقن في إحصائيات أنشطة استخدام الأراضي من خلال نظام وطني أفضل، مثل وضع أو توسيع مسح أرضي يتضمن مواقع معاينة إضافية و/أو الاستعانة بأنظمة الاستشعار عن بعد لتوفير تغطية إضافية. ويعتبر تصميم نظام تصنيف يستوعب غالبية أنشطة استخدام وإدارة الأراضي مع حجم عينة كاف للحد من عدم التيقن على المستوى الوطني من الممارسة السليمة.

أما فيما يتعلق بالمستوى 2، فيتم الاستعانة بالمعلومات الخاصة بالبلد في تحليل الحصر لأغراض الحد من التحيز. على سبيل المثال، استخدم أوغل وآخرون (2003) البيانات الخاصة بالبلد في بناء دوال توزيع الاحتمالية للمعاملات وبيانات الأنشطة والقيم المرجعية لمخزون الكربون الخاصة بالولايات المتحدة الأمريكية فيما يخص أنواع التربة الزراعية. ومن الممارسة السليمة أن يتم تقييم حالات التبعية بين المعاملات، والقيم المرجعية لمخزون الكربون، وبيانات أنشطة استخدام وإدارة الأراضي. وعلى وجه التحديد، تكون حالات التبعية القوية سمة عامة في بيانات أنشطة استخدام وإدارة الأراضي نظراً لأن ممارسات الإدارة تميل للتربط في الزمن والمكان.

ويمكن جمع أوجه عدم التيقن في معاملات تغير المخزون/الانبعاث والقيم المرجعية للمخزون وبيانات الأنشطة باستخدام طرق مثل معادلات توليد الخطأ البسيطة أو إجراءات مونت كارلو من أجل تقدير المتوسطات والانحرافات المعيارية للتغير في مخزون كربون التربة (Ogle et al., 2003; Vanden Bygaert et al., 2004).

وتعد نماذج المستوى 3 أكثر تعقيداً وقد لا تكون معادلات توليد الخطأ البسيطة فعالة في التحديد الكمي لعدم التيقن في التقديرات الناتجة. ويمكن استخدام تحليلات مونت كارلو (Smith and Heath, 2001)، غير أنه قد يصعب تطبيقها إذا كان للنموذج معاملات كثيرة (بعض النماذج قد يكون بها عدة مئات من البارامترات) نظراً لأن دوال توزيع الاحتمالية المشتركة يجب بناؤها بما يعمل على التحديد الكمي للتباين وكذلك التباين المشترك بين المعاملات. وهناك طرق أخرى متاحة مثل المقتربات القائمة على التجريب (Monte et al., 1996) والتي تعتمد على القياسات من شبكة رصد من أجل التقييم الإحصائي للعلاقة بين النتائج المحصلة من القياسات وتلك المحصلة من النماذج (Falloon and Smith, 2003). وعلى النقيض من وضع النماذج، يمكن تحديد أوجه عدم التيقن في عمليات الحصر القائمة على القياسات بالمستوى 3 من متغيرة المعاينة وخطأ القياس ومصادر عدم التيقن الأخرى ذات الصلة.

4-2-5 انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية

تقترب انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية (وبالأخص الميثان والكربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد النتروز) عادة بحرق المخلفات الزراعية والتي تختلف حسب البلد والمحصول ونظام الإدارة. ولا يستلزم الأمر الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية للافتراض بأن الكربون المنبعث أثناء عملية الاحتراق يعاد امتصاصه عن طريق النباتات في موسم النمو التالي.

ويجب تقدير النسبة المئوية لمخلفات المحاصيل الزراعية التي تُحرق بالموقع، وهي كتلة الوقود المتاح للاحتراق، مع الأخذ في الاعتبار الأجزاء المزالة قبل الحرق في الاستهلاك الحيواني والتحلل في الحقل والاستخدام في القطاعات الأخرى (على سبيل المثال الوقود الحيوي وتغذية الحيوانات المنزلية ومواد البناء ونحو ذلك) لتفادي احتمال ازدواجية الحساب. وتقوم المنهجية المستخدمة لتقدير انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية على الصيغة العامة في المعادلة 2-27، الفصل 2. وتجدر الإشارة إلى أنه ينبغي أن تكون التقديرات قائمة على البيانات السنوية.

1-4-2-5 اختيار الطريقة

تقدم شجرة القرار في الشكل 6-2، الفصل 2، إرشادات عامة حول اختيار المستوى المناسب. وتقدر انبعاثات غاز الاحتباس الحراري من حرق الكتلة الحيوية باستخدام المعادلة 2-27 (الفصل 2). وفي حالة استخدام مقرب من المستوى 1، تكون بيانات الأنشطة إجمالية بشكل كبير، وتتمثل معاملات الاحتراق والانبعاث في القيم الافتراضية المقدمة في الفصل 2. أما مع المستوى 2، فيتم وضع تقديرات لأنواع المحاصيل الأساسية حسب المنطقة المناخية، باستخدام معدلات تراكم المخلفات وتقديرات الاحتراق والانبعاث الخاصة بالبلد. فيما يعتبر المستوى 3 طريقة شديدة الاعتماد على البيانات الخاصة بالبلد وهو يتضمن نماذج للعملية و/أو قياسات مفصلة ويجب على جميع البلدان أن تبذل أقصى ما في وسعها لتحسين مقتربات الحصر والإبلاغ باستخدام أعلى المستويات الممكنة في ضوء الظروف الوطنية. وإذا كان الحرق في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية يمثل فئة أساسية، فإن على البلدان استخدام طريقة إما من المستوى 2 أو 3.

2-4-2-5 اختيار معاملات الانبعاث

المستوى 1

يجب على البلدان التي تطبق طريقة من المستوى 1 استبدال كميتي M_B و C_F في المعادلة 2-27 في الفصل 2 بالقيمة الافتراضية المناسبة لاستهلاك الوقود ($M_B \times C_F$) في الجدول 4-2. ويشتمل الجدول 5-2 على معاملات الانبعاث الافتراضية التي سيتم استخدامها بالنسبة لكل غاز ذي صلة من غازات الاحتباس الحراري.

المستوى 2

تعمل هذه الطريقة على توسيع المستوى 1 بما يمكن من استخدام معاملات الوقود والاحتراق والانبعاث المتاحة الخاصة بالبلد المعني. ويمكن للبلدان تقدير كمية الوقود المتاح من إحصائيات إنتاج المحاصيل ومن نسبة إنتاجية المحصول والمخلفات الناتجة. وتكون هناك حاجة إلى الدراسات الميدانية لتقدير أجزاء مخلفات المحصول المزالة من الحقل (في صورة وقود أو علف) والمتروكة كمخلفات للحرق في أنظمة المحاصيل المختلفة. ويجب على البلدان أن تركز على المحاصيل الأكثر اقتراناً بعمليات الاحتراق أو الأنظمة التي تتسم بنسبة عالية من الكتلة الحيوية للهكتار ومن معدلات الانبعاث لوحدة الأراضي (على سبيل المثال قصب السكر والقطن).

المستوى 3

يعتمد المستوى 3 على النماذج القائمة على البارامترات الخاصة بالبلد المعني ويستخدم بيانات الحصر الوطنية لضمان عدم إسقاط أي حرق لمخلفات المحاصيل. ويستند هذا المستوى إلى القياسات الميدانية لكمية المخلفات المحترقة بالموقع لأنظمة الزراعة المتعددة في المناطق المناخية وأنظمة الإدارة المختلفة وذلك على أساس طرق المعاينة الموضحة في الفصل 3 (الملحق 3-أ3). ويجب على البلدان أن تحدد الأولويات فيما يتعلق بوضع معاملات احتراق وانبعثات خاصة بالبلد وذلك بالتركيز على مخلفات المحاصيل الأكثر تعرضاً للاحتراق.

3-4-2-5 اختيار بيانات الأنشطة

المستوى 1

تشمل بيانات الأنشطة تقديرات مساحات الأراضي المزروعة بأنواع المحاصيل التي يتم في الغالب حرق مخلفاتها. ويمكن الحصول على هذه التقديرات من خلال التشاور مع القطاعات الحكومية الوطنية المعنية بالزراعة، في حالة انعدام البيانات الموضوعية من التصوير باستخدام الأقمار الصناعية، على سبيل المثال. هذا ويمكن للبلدان تقدير مساحة المزروعة بالمحصول من خلال الإنتاج المحصولي السنوي وتقدير متوسط الإنتاجية للهكتار. وفي حالة عدم توافر التقديرات الوطنية، يمكن استخدام إحصائيات الفاو. ومن الممارسة السليمة أن يتم تدقيق بيانات الفاو عن طريق المقارنة مع المصادر الوطنية.

المستوى 2

تتطلب طريقة المستوى 2 من البلدان استخدام تقديرات مساحة أكثر تجزئاً (على سبيل المثال أنواع المحاصيل الأساسية حسب المنطقة المناخية) مع معدلات لتراكم المخلفات محددة وفقاً لنظام إدارة المحصول في البلد المعني. ويمكن تحقيق ذلك عبر استخدام مسح سنوية أو دورية أكثر تفصيلاً لتقدير مساحات الأراضي تحت فئات المحاصيل المختلفة. ويجب إجراء مزيد من التقسيم للمساحات في فئات ذات أهمية بما يعمل على تمثيل كافة المجموعات الأساسية المولفة من أنواع المحاصيل والمناطق المناخية مع توفير تقديرات المساحات الفردية.

المستوى 3

يتطلب المستوى 3 بيانات أنشطة عالية الاستبانة يتم تجزئتها على المستوى دون الوطني من أجل زيادة دقة مقاييس الشبكة. ومثلما هو الحال في المستوى 2، تُصنف مساحة الأراضي إلى أنواع معينة من المحاصيل حسب فئات المناخ والتربة الرئيسية وكذلك المتغيرات الإقليمية الأخرى التي تمثل أهمية محتملة (على سبيل المثال الأنماط الإقليمية لممارسات الإدارة) من أجل الاستخدام في النماذج. ويجب على البلدان أن تبذل أقصى ما في وسعها للحصول على تقديرات مساحة واضحة مكانياً من أجل تسهيل الحصول على تغطية كاملة للأراضي الزراعية وكذلك لضمان عدم التحيز في تقديرات المساحات بالزيادة أو النقص. وعلاوة على ذلك، يمكن ربط تقديرات المساحة الواضحة مكانياً بمعدلات الانبعثات وتأثيرات المساحة ذات الأهمية على المستوى المحلي بما يعمل على تحسين دقة التقديرات. ويجب أن تتسق بيانات المساحة لأنظمة الزراعة المختلفة المستخدمة مع المساحة المستخدمة في أقسام سابقة (الكتلة الحيوية والمادة العضوية الميتة)، وذلك رغم أن المخلفات قد يتم حرقها على جزء فقط من المساحة الإجمالية.

4-4-2-5 تقدير عدم التيقن

قد تتسم تقديرات المساحة المزروعة بأنواع المحاصيل المختلفة التي يتم حرق مخلفاتها في العادة بمستوى عالٍ من عدم التيقن. وقد تكون الإحصائيات العالمية فيما يخص إنتاج المحصول، وذلك عند استخدام طريقة غير مباشرة لتقدير المساحة المزروعة، ذات مستوى مرتفع للغاية من عدم التيقن إذا لم يتم تحديثها بصفة سنوية. وربما تعتبر قيمة المخلفات الزراعية التي تحرق في الحقل المتغير الذي يتسم بأعلى مستوى من عدم التيقن. وتُعد تقديرات المستوى 2 أكثر دقة لكونها قائمة على البارامترات الخاصة بالبلد المعني. ومن الممارسة السليمة أن يتم توفير تقديرات للخطأ (أي، الانحراف المعياري، الخطأ المعياري، النطاقات) لمعاملات الاحتراق والانبعثات وكذلك قيم المساحات المحترقة الخاصة بالبلد المعني.

3-5 الأراضي المحولة إلى أراض زراعية

عالمياً، تم تحويل ما يقرب من 50% من المساحة الإجمالية لسطح الأرض عن طريق التدخل البشري المباشر، وتحويل 20% من الأنظمة الحيوية بالأرض إلى أراض زراعية دائمة، وإزالة حوالي 25% من الأحرار العالمية للاستخدامات المتعددة مثل زراعة المحاصيل والمراعي. (Moore, 2002). وقد تزايدت مساحة الأراضي الزراعية في بعض الأجزاء من العالم من أجل تلبية الاحتياجات المتزايدة من الطعام والمنسوجات. وكان النصيب الأكبر من هذه التوسع في الأراضي الزراعية خلال العقدين الأخيرين في جنوب شرق آسيا ومناطق من جنوب آسيا ومنطقة البحيرات الكبرى في شرق أفريقيا وحوض الأمازون (Millennium Ecosystems Assessment, 2005). وخلال نفس الفترة، وصل متوسط تدمير الأحرار في الغابات الاستوائية إلى 12 مليون هكتار في العام وفقاً للمجموعة المحدودة للشؤون البيئية (<http://www.environmental.com.au/>). وكان متوسط معدل إزالة الأحرار قد بلغ خلال التسعينيات 6-14 مليون هكتار في العام. ويعتبر التحويل إلى أراض زراعية أكثر أنواع تحويل الاستخدام انتشاراً بعد إزالة الأحرار الاستوائية. ويرجع أن تمثل انبعثات وعمليات إزالة غازات الاحتباس الحراري من الأراضي المحولة إلى أراض زراعية مصدر رئيسي للكثير من البلدان.

ويشتمل تقدير الانبعثات وعمليات الإزالة السنوية لغاز الاحتباس الحراري من الأراضي المحولة إلى أراض زراعية على ما يلي:

- تقدير التغير السنوي في مخزون الكربون من كافة أحواض ومصادر الكربون:
 - الكتلة الحيوية (فوق الأرض وتحت الأرض)؛
 - المادة العضوية الميتة (الخشب الميت والفرش الحرجي)؛

- أنواع التربة (المادة العضوية في التربة).
- تقديرات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون (الميثان والكربون وأكسيد النيتروز وأكاسيد النيتروجين) من حرق الكتلة الحيوية فوق الأرض والمادة العضوية الميتة.

1-3-5 الكتلة الحيوية

1-1-3-5 اختيار الطريقة

يقدم هذا القسم إرشادات حول الطرق اللازمة لحساب التغير في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية نتيجة تحويل الأراضي من الحالات الطبيعية والاستخدامات الأخرى إلى أراض زراعية، بما في ذلك إزالة الغابات وتحويل المروج وأراضي الرعي إلى أراض زراعية. وتتطلب الطرق تقديرات الكربون في مخزونات الكتلة الحيوية قبل التحويل وبعده استناداً إلى تقدير مساحة الأراضي المحولة خلال الفترة الفاصلة بين مرات مسح استخدام الأراضي. وكنتيجة للتحويل إلى أراض زراعية، فإنه يُفترض (في المستوى 1) أن الغطاء النباتي السائد يتم إزالته بشكل كامل مؤدياً إلى انبعاثات وبقاء كميات كربون قريبة من الصفر بالكتلة الحيوية. وتزرع بعض أنواع أنظمة الزراعة بعد ذلك بوقت قصير مؤدية إلى زيادة كمية الكربون المخزنة في الكتلة الحيوية. ويستخدم الفارق بين أحواض الكربون الأولية والنهائية في الكتلة الحيوية في حساب تغير المخزون نتيجة تحويل استخدام الأراضي، وفي الأعوام التالية يتم حساب عمليات الزيادة والفقد في الكتلة الحيوية الخشبية الدائمة بالأراضي الزراعية باستخدام الطرق الموضحة في القسم 1-2-5 (الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية).

ومن الممارسة السليمة أن يتم مراعاة كافة أحواض الكربون (أي الكتلة الحيوية فوق الأرض وتحت الأرض والمادة العضوية الميتة وأنواع التربة) عند تقدير التغيرات في مخزون الكربون في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية. وفي الوقت الحالي، فإن المعلومات المتوافرة تعتبر غير كافية لتقديم مقرب افتراضي له معلمات افتراضية للاستخدام في تقدير التغير في مخزون الكربون بأحواض المادة العضوية الميتة². ويرجح ألا تمثل المادة العضوية الميتة حوضاً ذا أهمية باستثناء في عام التحويل. ويفترض عدم وجود مادة عضوية ميتة بالأراضي الزراعية. علاوة على ذلك، فإن المنهجية المقدمه فيما يلي تتناول فقط التغير في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية فوق الأرض نظراً لمحدودية المعلومات المتاحة فيما يخص مخزون الكربون في الكتلة الحيوية تحت الأرض في الأراضي الزراعية الدائمة.

وتصف الخطوط التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بدائل تتسم بالتعقيد مع الارتفاع في المستوى وتتضمن تفاصيل أكثر حول مساحات الأراضي المحولة ومخزون الكربون بالأراضي وقدر الكربون الناتج عن تحويلات الأراضي. ومن الممارسة السليمة أن يتم تبني المستوى المناسب اعتماداً على تحليل المصدر الرئيسي ومدى توافر البيانات والظروف الوطنية. ويجب على كافة البلدان أن تسعى جاهدة لتحسين مقتربات الحصر والإبلاغ من خلال الانتقال إلى استخدام أعلى المستويات الممكنة في ضوء الظروف الوطنية. وتستلزم الممارسة السليمة من البلدان استخدام مقرب من المستوى 2 أو المستوى 3 إذا كانت الانبعاثات وعمليات الإزالة من الأراضي المحولة إلى أراض زراعية تمثل فئة رئيسية وكذلك إذا كانت الفئة الفرعية من الكتلة الحيوية تعتبر ذات أهمية استناداً إلى المبادئ المحددة في الفصل 4 من المجلد 1. وينبغي على البلدان الاسترشاد بشجرة القرار في الشكل 1-3 للمساعدة في اختيار الطريقة. ويُرَجَّح أن تمثل الأراضي المحولة إلى أراض زراعية فئة رئيسية للكثير من البلدان وأن تمثل الكتلة الحيوية الإضافية مصدراً رئيسياً.

المستوى 1

تتبع طريقة المستوى 1 المقرب الموضح بالفصل 4 (الأراضي الحرجية) حيث تُقدر كمية الكتلة الحيوية المزالة عند التحويل إلى أراض زراعية بضرب المساحة المحولة لعام واحد في متوسط مخزون الكربون بالكتلة الحيوية للأراضي الحرجية أو المروج الطبيعية قبل التحويل. ومن الممارسة السليمة أن يتم حساب كافة تحويلات الأراضي إلى أراض زراعية بشكل كامل. ومن هنا فإن هذا القسم يوسع الطريقة بما يمكنها من تضمين الاستخدامات الأولية المختلفة، والتي تشمل الأجراس لكن لا تقتصر عليها.

وتلخص المعادلة 2-15 في الفصل 2 العناصر الرئيسية الخاصة بالتقدير الأولي للتغير في مخزون الكربون نتيجة تحويل الاستخدام إلى أراض زراعية. ويتم تقدير متوسط التغير في مخزون الكربون على أساس الهكتار لكل نوع من أنواع التحويلات. ويكون متوسط التغير في مخزون الكربون مساوياً للتغير في مخزون الكربون نتيجة إزالة الكتلة الحيوية من الاستخدام الأولي (أي الكربون في الكتلة الحيوية بعد التحويل مباشرة مطروحاً منه الكربون في الكتلة الحيوية قبل التحويل)، مضافاً إليه مخزون الكربون الناتج عن عام واحد من النمو في الأراضي الزراعية بعد التحويل. ومن الضروري أن يتم حساب فقط أية غطاء نباتي خشبي يحل محل الغطاء النباتي المزال أثناء عملية تحويل الاستخدام. وتقوم إرشادات الممارسات السليمة المتصلة باستخدام الأراضي وتغير استخدام الأراضي والحراثة بضم قيمة الكربون في الكتلة الحيوية بعد التحويل إلى قيمة الكربون في الكتلة الحيوية التي تنمو على الأراضي بعد التحويل في عنصر واحد. لكن يتم في هذه الطريقة فصلهما في عنصرين اثنين، B_{AFTER} و ΔC_G لتحقيق المزيد من الشفافية.

وعند استخدام المستوى 1، يُفترض أن مخزون الكربون في الكتلة الحيوية بعد التحويل مباشرة (B_{AFTER}) يساوي الصفر، نظراً لأنه يتم إزالة الغطاء النباتي بشكل كامل قبل زراعة المحاصيل. ويتم ضرب متوسط التغير في مخزون الكربون للهكتار لنوع معين من تحويل الاستخدام في المساحة المقدره للأراضي التي تخضع لهذا التحويل في عام معين. وفي الأعوام التالية، يفترض أن التغير في الكتلة الحيوية الخاصة بالمحاصيل السنوية يساوي الصفر نظراً لأن عمليات اكتساب الكربون التي تحدث في الكتلة الحيوية نتيجة النمو السنوي يتم موازنتها بعمليات الفقد الناجمة عن الحصاد. وتحسب التغيرات في الكتلة الحيوية للمحاصيل الخشبية الدائمة باتباع المنهجية الموضحة في القسم 1-1-3-2 (التغير في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية في الأراضي التي تظل في فئة استخدام).

² يجب افتراض أكسدة أية أحواض فرش حرجي أو خشب ميت (يتم تقديرها باستخدام الطرق الموضحة في الفصل 2، القسم 2-3-2) بعد تحويل الاستخدام.

المستوى 2

تعتبر حسابات المستوى 2 مماثلة من الناحية التركيبية للمستوى 1، مع الفروق التالية. أولاً، تعتمد حسابات المستوى 2 بصفة كبيرة على التقديرات الخاصة بالبلد لمخزون الكربون في الاستخدامات الأولية والنهائية للأراضي وليس البيانات الافتراضية. ويتم تجزيء تقديرات المساحة للأراضي المحولة إلى أراضي زراعية وفقاً للغطاء النباتي الأصلي (على سبيل المثال، من أراضي حرجية أو مروج طبيعية) على مستويات مكانية أصغر لتسجيل الاختلافات الإقليمية والاختلافات المتعلقة بأنظمة المحاصيل في قيم مخزون الكربون الخاصة بالبلد.

ثانياً، قد يعمل المستوى 2 على تعديل الافتراض بأن قيمة مخزون الكربون تكون صفرًا بعد التحويل مباشرة. وهو ما يتيح للبلدان أن تأخذ بعين الاعتبار عمليات التحويل التي يتم فيها إزالة بعض، لكن ليس كل، الغطاء النباتي من الاستخدام الأصلي.

ثالثاً، عند استخدام المستوى 2، تستلزم الممارسة السليمة تحديد عمليات الفقد في الكربون بالنسبة لعمليتي الحرق والتحلل ما أمكن. وتحدث عمليات الانبعاث ثاني أكسيد الكربون نتيجة لعمليتي الحرق والتحلل أثناء تحويلات استخدام الأراضي. علاوة على ذلك، تقع انبعاثات من الغازات غير ثاني أكسيد الكربون نتيجة عملية الحرق. وعن طريق تحديد نسبة عمليات الفقد إلى التحلل، يمكن للبلدان أن تقوم كذلك بحساب الانبعاثات من الغازات غير ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الحرق (القسم 5-3-4).

ويمكن تلخيص التأثيرات المباشرة لأنشطة تحويل الأراضي على مخزون الكربون في الأحواض الخمسة باستخدام مصفوفة اضطراب تصف عمليات الاستبقاء والتحويل والإطلاق للكربون في الأحواض بالنظام الحيوي الأصلي عقب التحويل إلى أراضي زراعية. وتحدد مصفوفة الاضطراب لكل حوض النسبة التي تبقى في هذا الحوض والنسبة التي تحول إلى الأحواض الأخرى. وهناك عدد قليل من أشكال التحويل الممكنة وهي موضحة في مصفوفة الاضطراب بالجدول 5-7. وتضمن مصفوفة الاضطراب تحقيق الاتساق في حساب كافة أحواض الكربون.

ويمكن تقدير عمليات تحويل الكتلة الحيوية إلى الخشب الميت والفرش الحرجي باستخدام المعادلة 2-20.

المستوى 3

تمثل طريقة المستوى 3 طريقة المستوى 2 مع وجود الفروق التالية: (1) بدلاً من الاعتماد على متوسط معدلات التحويل السنوية، يمكن للبلدان استخدام التقديرات المباشرة للمساحات المجرأة مكانياً التي يتم تحويلها سنوياً لكل نوع استخدام أولي ونهائي، (2) تعتمد قيم كثافة الكربون والتغير في مخزون كربون التربة على المعلومات المحددة محلياً، والتي تجعل بالإمكان إيجاد رابط ديناميكي بين الكتلة الحيوية والتربة، (3) تُبنى أحجام الكتلة الحيوية على عمليات الحصر الفعلية. ويمكن تقدير انتقال الكتلة الحيوية إلى خشب ميت وفرش حرجي في أعقاب تحويل الاستخدام عن طريق المعادلة 2-20.

الجدول 5-7 نموذج لمصفوفة اضطراب بسيطة (المستوى 2) لتأثيرات أنشطة تحويل استخدام الأراضي على أحواض الكربون								
إلى / من	الكتلة الحيوية فوق الأرض	الكتلة الحيوية تحت الأرض	الخشب الميت	الفرش الحرجي	المادة العضوية الميتة	منتجات الخشب المحصود	الغلاف الجوي	مجموع الصف (يجب أن يساوي 1)
الكتلة الحيوية فوق الأرض	■							
الكتلة الحيوية تحت الأرض		■						
الخشب الميت			■					
الفرش الحرجي				■				
المادة العضوية بالتربة					■			

أدخل النسبة الخاصة بكل حوض بالجانب الأيمن من المصفوفة أي التحويل إلى الحوض في أعلى كل عمود. كافة الأحواض الموجودة بالجانب الأيمن من المصفوفة يجب ملؤها على أن يكون حاصل جمع الصف هو 1
حالات التحويل غير الممكنة تم تظليلها تماماً باللون الأسود.

2-1-3-5 اختيار معاملات الانبعاث/الإزالة

تتمثل معاملات الانبعاث/الإزالة المطلوبة عند استخدام الطريقة الافتراضية في: مخزون الكربون قبل التحويل في الاستخدام الأولي وبعد التحويل إلى أراض زراعية؛ وقيمة زيادة مخزون كربون الكتلة الحيوية بعد عام من نمو الأراضي الزراعية.

المستوى 1

يشتمل الجدول 8-5 على القيم الافتراضية لمخزون الكربون في الكتلة الحيوية بالنسبة لفئات الاستخدام الأولي للأراضي (B_{BEFORE}) وبالأخص الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية. ويجب الحصول على قيم مخزون الكربون في الاستخدام الأولي لفئات الأراضي الحرجية أو المروج الطبيعية المختلفة وفقاً لنوع المجال الحيوي والمناخ وأنظمة إدارة التربة وغير ذلك. ويُفترض أن كافة الكتلة الحيوية يتم إزالتها عند إعداد الموقع للاستخدام كأراض زراعية وبالتالي تكون القيمة الافتراضية للمعامل B_{AFTER} هي صفر طن كربون للهكتار.

وإضافة لذلك، ينبغي توفير قيمة مخزون الكربون بعد عام واحد من نمو المحاصيل المزروعة بعد التحويل (ΔC_G). ويقدم الجدول 9-5 قيم ΔC_G الافتراضية. مع الإشارة إلى أنه تم تقديم قيم افتراضية منفصلة للمحاصيل غير الخشبية السنوية والمحاصيل الخشبية السنوية. وفيما يتعلق بالأراضي التي تُزرع بالمحاصيل السنوية، تكون القيمة الافتراضية للمعامل ΔC_G هي 5 أطنان من الكربون للهكتار، وذلك استناداً إلى القيمة الأصلية الموصى بها في الخطوط التوجيهية لهيئة والتي تبلغ 10 أطنان من الكتلة الحيوية الجافة للهكتار (تم تحويل الكتلة الحيوية الجافة إلى أطنان من الكربون في الجدول 9-5). ومن المتوقع أن يتجاوز التراكم الإجمالي لكربون الكتلة الحيوية الخشبية الدائمة، بمرور الوقت، قيمة مخزون الكربون الافتراضية للأراضي الزراعية السنوية. ورغم ذلك، فإن القيم الواردة في هذه القسم تُعنى بعام واحد من النمو، هو ذلك العام الذي يعقب التحويل مباشرة، وهو ما يعطي عادة مخزونات كربون أقل بالنسبة للمحاصيل الخشبية الدائمة مقارنة بالمحاصيل السنوية.

الجدول 8-5 القيم الافتراضية لمخزون الكربون في الكتلة الحيوية المزالة نتيجة تحويل الأراضي إلى أراض زراعية		
نطاق الخطا#	مخزون الكربون في الكتلة الحيوية قبل التحويل (B_{Before}) (طن كربون هكتار ⁻¹)	فئة استخدام الأراضي
راج القسم 4.3 (الأراضي المحولة إلى أراض حرجية)	راجع الجداول من 4-7 إلى 4-12 بالفصل 4 والمعنية بقيم مخزون الكربون في عدد من أنواع الأحراج المصنفة حسب المنطقة المناخية مع الإشارة إلى أن قيم المخزون معبر عنها بالمادة الجافة. يتم ضرب القيم باستخدام معامل افتراضي يبلغ 0.5 لحجز الكربون (CF) من أجل تحويل المادة الجافة إلى كربون	الأراضي الحرجية
±75%	راجع الفصل 6 للحصول على قيم مخزون الكربون لأنواع المروج الطبيعية المصنفة حسب المناطق المناخية	المروج الطبيعية
# يمثل تقدير اسمي للخطأ، يعادل ضعفي الانحراف المعياري، كنسبة مئوية من المتوسط.		

الجدول 9-5 القيم الافتراضية لمخزون الكربون في الكتلة الحيوية في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية في العام التالي للتحويل		
نطاق الخطا#	مخزون الكربون في الكتلة الحيوية بعد عام واحد (ΔC_G) (طن كربون هكتار)	نوع المحصول حسب المنطقة المناخية
±75%	5.0	الأراضي الزراعية السنوية
		الأراضي الزراعية الدائمة
±75%	2.1	المعتدلة (كافة الأنظمة الرطبة)
±75%	1.8	الاستوائية، الجافة
±75%	2.6	الاستوائية، الرطبة
±75%	10.0	الاستوائية المطيرة
# يمثل تقدير اسمي للخطأ، يعادل ضعفي الانحراف المعياري، كنسبة مئوية من المتوسط.		

المستوى 2

يجب أن تشتمل طرق المستوى 2 على بعض التقديرات الخاصة بالبلد لمخزون الكتلة الحيوية وعمليات الإزالة الناجمة عن تحويل الاستخدام، كما يجب أن تشتمل على تقديرات عن عمليات الفقد في الموقع وخارجه نتيجة عمليتي الحرق والتحلل التي تعقب تحويل الاستخدام إلى أراض زراعية. وهذه التحسينات يمكن أن تتم في شكل دراسات منتظمة لمحتوى الكربون والانبعاثات وعمليات الإزالة

المقترنة باستخدامات الأراضي وعمليات تحويل الاستخدام داخل البلد، وكذلك إعادة تدقيق القيم الافتراضية في ضوء الظروف الخاصة بالبلد.

وقد تم تقديم البارامترات الافتراضية للانبعثات المترتبة على الحرق والتحلل. ورغم ذلك، فيجدر بالبلدان أن تعمل على تطوير معاملات خاصة بها لتحسين دقة التقديرات. وتستخدم الخطوط التوجيهية لهيئة معامل افتراضي عام يبلغ 0.5 لتحديد نسبة الكتلة الحيوية المحترقة في الموقع عند تحويل كل من الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية. وتقتصر الدراسات البحثية أن جزء الكربون متغير بشكل كبير وقد يتدنى إلى 0.2 (Fearnside, 2000; Barbosa and Fearnside, 1996; and Fearnside, 1990). وقد تم تقديم النسب الافتراضية المحدثة للكتلة الحيوية المحترقة بالموقع في الفصل 4 (الأراضي الحرجية) لمجموعة من فئات الغطاء الحرجي. ويجب استخدام هذه القيم الافتراضية لعمليات التحويل من الأراضي الحرجية إلى أراض زراعية. وبالنسبة لأنواع الاستخدام الأولية غير الحرجية، فإن النسبة الافتراضية للكتلة الحيوية المتروكة بالموقع والتي يتم حرقها تقدر افتراضياً بحوالي 0.35. وتراعي هذه القيمة الافتراضية الدراسات البحثية والتي تقترح أن يقع الجزء فيما بين 0.2 و0.5 (على سبيل المثال، Fearnside, 2000; Barbosa and Fearnside, 1996; and Fearnside, 1990). ويعد استخدام القيمة 0.35 أو قيمة أخرى تقع ضمن النطاق السابق من الممارسة السليمة، شريطة أن يتم توثيق الأساس المنطقي لهذا الاختيار. ولا توجد قيمة افتراضية لمقدار الكتلة الحيوية الذي يتم نقله وحرقه بعيداً عن الموقع، ويكون على البلدان أن تضع هذه القيمة استناداً إلى مصادر البيانات الوطنية. وفي الفصل 4 (الأراضي الحرجية) كانت النسبة الافتراضية للكتلة الحيوية التي تتعرض للأكسدة نتيجة الاحتراق هي 0.9 كما هي محددة في إرشادات الممارسات السليمة المتصلة باستخدام الأراضي وتغير استخدام الأراضي والحرجة.

وتفترض طريقة تقدير الانبعثات الناجمة عن عملية التحلل أن كافة الكتلة الحيوية تتحلل خلال فترة 10 أعوام. وهناك خياران أمام البلدان للإبلاغ: (1) الإبلاغ عن الانبعثات الناجمة عن التحلل في عام واحد مع الاعتراف بأنها في الواقع تحدث خلال فترة 10 أعوام و(2) الإبلاغ عن كافة الانبعثات من التحلل على أساس سنوي، مع تقدير المعدل باعتباره عُشر القيمة الإجمالية. وفي حالة استخدام الخيار الثاني، فيجب إضافة معامل مضاعفة يقدر بـ 0.10 إلى المعادلة.

المستوى 3

عند استخدام المستوى 3، يجب أن تكون كافة البارامترات محددة على أساس البلد باستخدام القياسات ونتائج الرصد من أجل الحصول على قيم أكثر دقة من القيم الافتراضية. ويمكن كذلك في هذا المستوى استخدام النماذج القائمة على العملية ودوال التحلل.

3-1-3-5 اختيار بيانات الأنشطة

تتطلب كافة المستويات تقديرات لمساحات الأراضي المحولة إلى أراض زراعية. ويجب استخدام تقديرات المساحة نفسها لكل من حسابات الكتلة الحيوية وكربون التربة في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية. وتحتاج المستويات الأعلى لمزيد من التقسيم للمساحات. وكحد أدنى، يجب تحديد مساحة الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية المحولة إلى أراض زراعية على نحو منفصل لكافة المستويات. وهو ما يحتاج للمعرفة على الأقل باستخدامات الأراضي قبل التحويل. كما قد يتطلب ذلك حكم الخبراء في حالة استخدام المقرب 1 بالفصل 3 من هذه الخطوط التوجيهية لتحديد مساحات الأراضي.

المستوى 1

تكون هناك حاجة إلى تقديرات منفصلة للمساحات المحولة إلى أراض زراعية من الاستخدامات الأولية (على سبيل المثال الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية وأراضي الاستيطان وغيرها) إلى نوع استخدام زراعي نهائي (أي سنوي أو دائم) (ATO_OTHERS). على سبيل المثال، يجب على البلدان أن تقدر بشكل منفصل مساحة الأحرار الاستوائية الرطبة المحولة إلى أراض زراعية سنوية ومساحة الأحرار الاستوائية الرطبة المحولة إلى أراض زراعية دائمة ومساحة المروج الطبيعية الاستوائية الرطبة المحولة إلى أراض زراعية دائمة، ونحو ذلك. وبالرغم من أنه يجب أن تظل مساحات الأراضي في فئة التحويل لمدة 20 عاماً (أو أي مدة أخرى يتم تحديدها في ضوء الظروف الوطنية) بعد التحويل وذلك من أجل وصول الأحواض إلى حالة من الاتزان وضمان الاتساق مع تقدير المساحة الإجمالية. وتفترض المنهجية أن تقديرات المساحة تستند إلى إطار زمني مكون من عام واحد، وهو ما يحتمل أن يتطلب التقدير على أساس معدلات متوسطة لتحويل الاستخدام، يتم تحديدها عبر تقديرات القياسات التي يتم القيام بها على فترات زمنية طويلة. وفي حالة عدم توافر مثل هذه البيانات مع البلدان، فقد يتم استقراء العينات الجزئية للحصول على قاعدة الأراضي الكلية أو يتم استقراء التقديرات التاريخية لعمليات التحويل بمرور الوقت وذلك استناداً إلى حكم الخبراء بالبلد. وفي المستوى 1، يمكن استخدام الإحصائيات العالمية مثل قواعد بيانات الفاو وتقارير إرشادات الممارسات السليمة الخاصة بالهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والتي يتم تكميلها بالافتراضات السليمة من أجل تقدير مساحة الأراضي المحولة إلى أراض زراعية من كل نوع استخدام أولي. وبالنسبة لحسابات المستويات الأعلى، فإن مصادر البيانات الخاصة بالبلدان تستخدم لتقدير كافة التحويلات المحتملة من الاستخدام الأولي حتى نوع المحصول النهائي.

المستوى 2

تقتضي الممارسة السليمة من البلدان استخدام تقديرات المساحة الفعلية لكافة عمليات التحويل الممكنة من الاستخدام الأولي إلى نوع المحصول النهائي. ويمكن تحقيق التغطية الكاملة لمساحات الأراضي سواء عن طريق تحليل الصور المستشعرة عن بعد على فترات دورية لأنماط استخدام الأراضي والغطاء الأرضي أو عبر عمليات المعاينة الأرضية الدورية لأنماط استخدام الأراضي أو أنظمة الحصر المختلطة. وفي حالة توافر بيانات خاصة بالبلد ذات استبانة أدق على نحو جزئي، فإنه يجدر بالبلدان استخدام افتراضات سليمة مستمدة من أفضل المعرفة المتاحة لاستقراء قاعدة الأراضي الكلية. كما يمكن كذلك استقراء التقديرات التاريخية للتحويلات بمرور الوقت استناداً إلى حكم الخبراء في البلد.

المستوى 3

يجب أن توفر بيانات الأنشطة المستخدمة في حسابات المستوى 3 تقديرات كاملة لكافة عمليات تحويل الاستخدام إلى أراض زراعية وأن يتم تجزئتها هذه البيانات من أجل استيعاب الظروف المختلفة داخل البلد. كذلك فإن بالإمكان تجزئتها البيانات وفقاً للبارامترات السياسية (البلد، الإقليم، ونحو ذلك) أو المجال الحيوي أو المناخ أو مزيج من هذه البارامترات. وفي كثير من الحالات، قد يكون لدى البلدان معلومات حول الاتجاهات متعددة الأعوام في تحويل استخدام الأراضي (من عمليات الحصر الدورية القائمة على العينة أو

الاستشعار عن بعد لأنماط الاستخدام والغطاء الأرضي). ويجب وضع مصفوفة لتغير الاستخدام بشكل دوري بما يوفر مساحات الاستخدام الأولي والنهائي على مستوى مفصل بالاستعانة بالبيانات المستمدة من الاستشعار عن بعد أو المسوح الميدانية.

4-1-3-5 خطوات الحساب في المستويين 1 و 2

تلخص الفقرات التالية الخطوات اللازمة لتقدير التغير في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية (ΔC_B) باستخدام الطرق الافتراضية

باستخدام ورقة العمل المقدمة حول الأراضي المحولة إلى أراض زراعية (راجع الملحق 1، وورقات عمل الزراعة والحراة واستعمالات الأرض الأخرى)، احسب التغير في مخزون الكربون بالكتلة الحيوية في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية على النحو التالي:

الخطوة 1: إدخال الفئات الفرعية من الأراضي الزراعية لعام الإبلاغ. ويمكن استخدام فئات الأراضي الزراعية الفرعية المستخدمة في القسم 2-5 لملاء العمود المناسب في ورقة العمل.

الخطوة 2: فيما يتعلق بكل فئة فرعية، إدخال المساحة السنوية المحولة إلى أراض زراعية (A_{TO_OTHERS}). ويمكن الحصول على بيانات المساحة السنوية من مصادر متعددة مثل الوزارة المعنية بالحراة، أو وزارة الزراعة، أو وزارة التخطيط أو هيئة رسم الخرائط داخل البلد.

الخطوة 3: فيما يتعلق بكل فئة فرعية، إدخال قيمة مخزون الكربون في الكتلة الحيوية مباشرة بعد التحويل إلى أراض زراعية (B_{AFTER})، بالأطنان لكل هكتار. وقد تكون بيانات الكتلة الحيوية والكربون قيم افتراضية أو قيم خاصة بالبلد المعني.

الخطوة 4: فيما يتعلق بكل فئة فرعية، إدخال قيمة مخزون الكربون في الكتلة الحيوية مباشرة قبل التحويل إلى أراض زراعية (B_{BEFORE})، بالأطنان لكل هكتار. وقد تمثل بيانات الكتلة الحيوية والكربون قيم افتراضية أو قيم خاصة بالبلد المعني.

الخطوة 5: حساب التغير في مخزون الكربون للمساحة ($C_{CONVERSION}$) لكل نوع تحويل عند التحويل إلى أراض زراعية (المعادلة 16-2).

الخطوة 6: الحصول على قيم التغير في مخزون الكربون والمترتبة على عام واحد من نمو الأراضي الزراعية (ΔC_G) وكذا الانخفاض في كربون الكتلة الحيوية نتيجة عمليات الفقد (ΔC_L) باستخدام الجدول 1-5، ثم إدخال المعلومات في العمود الملائم.

الخطوة 7: حساب التغير السنوي في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية (ΔC_B) باستخدام المعادلة 15-2.

الخطوة 8: تجميع كافة التغيرات السنوية في مخزون الكربون في الكتلة الحيوية.

5-1-3-5 تقدير عدم التيقن

المستوى 1

تأتي مصادر عدم التيقن المقترنة بطريقة المستوى 1 في استخدام المعدلات المتوسطة العالمية أو الوطنية للتحويل كما تأتي من تقديرات المساحة المحولة إلى أراض زراعية. إضافة إلى ذلك، يفرض الاعتماد على البارامترات الافتراضية لمخزون الكربون في الحالات الأولية والنهائية في وجود درجات عالية نسبياً من عدم التيقن. وتنطوي القيم الافتراضية في هذه الطريقة على نطاقات خطأ، وقد تم الاعتماد على مجموعة من الدراسات البحثية المنشورة حول مخزون الكربون في الأنظمة الزراعية الحراجية لاشتقاق البيانات الافتراضية الواردة في الجدول 2-5 (Schroeder, 1994). ورغم أن القيم الافتراضية تُشتق من دراسات متعددة، فإن نطاقات عدم التيقن المقترنة بهذه القيم لم يتم تضمينها في هذه الدراسات. وبالتالي تم اقتراح مستوى عدم تيقن افتراضي يبلغ $\pm 75\%$ من مخزون الكربون استناداً إلى حكم الخبراء. ويرجح أن تُمثل الأراضي المحولة إلى أراض زراعية فئة مصدر رئيسية للعديد من البلدان ومن هنا ينبغي بذل كافة الجهود للحد من عدم التيقن.

المستوى 2

تُستخدم طريقة المستوى 2 بعض القيم الافتراضية الخاصة بالبلد على الأقل، وهو ما من شأنه أن يحسن من مستوى دقة التقديرات لأن هذه القيم تمثل بشكل أفضل الظروف المتعلقة بالبلد. ويجب أن يتضمن استخدام القيم الخاصة بالبلد أحجام عينات كافية و/أو استخدام حكم الخبراء من أجل تقييم حالات عدم التيقن. كما ينبغي استخدام هذه القيم إلى جانب تقديرات عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة المستمدة باستخدام المشورة المقدمة في الفصل 3 في المقتربات المعنية بتحليل عدم التيقن على النحو الموضح في الفصل 3 من المجلد 1 في هذا التقرير.

المستوى 3

يجب أن توفر بيانات الأنشطة المستمدة من نظام حصر متعلق باستخدام وإدارة الأراضي أساساً لتعيين تقديرات عدم التيقن فيما يخص المساحات المقترنة بتغيير استخدام الأراضي. ويمكن الجمع بين بيانات الانبعاث والأنشطة وأوجه عدم التيقن المقترنة بهما باستخدام إجراءات مونت كارلو التي تعمل على تقدير متوسطات وفترات ثقة للحصر العام. ويُرجح أن يكون عدم التيقن في هذا المستوى أقل مقارنة بالمستويات الأخرى نظراً لأن تقديرات التغير في مخزون الكربون بهذا المستوى تكون مبنية على عدد أكبر من القياسات ونماذج أكثر دقة.

2-3-5 المادة العضوية الميتة

قد تمثل الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية وأراضي الاستيطان وفنات استخدام الأراضي الأخرى أنواعاً محتملة للتحويل إلى أراضٍ زراعية وينتج عن ذلك بصفة عامة كميات قليلة من الخشب الميت أو الفرش الحرجي وقد لا ينتج عنه أية كميات، باستثناء الأنظمة الزراعية الحرجية. ويشتمل هذا القسم على طرق لنوعين من أحواض المادة العضوية الميتة: (1) الخشب الميت و(2) الفرش الحرجي. ويمكن الحصول على التعريف المفصل لكل حوض منهما من الفصل 1.

يُعد حوض الخشب الميت حوضاً متنوعاً يصعب قياسه، ويقترن بأوجه عدم تيقن تتصل بمعدلات التحويل إلى فرش حرجي أو تربة أو انبعاثات إلى الغلاف الجوي.

ويعتمد تراكم الفرش الحرجي على السقوط الحرجي والذي يشمل الأوراق، والأغصان، والفروع الصغيرة، والثمار، والأزهار واللحاء مطروحاً منه معدل التحلل. وتتأثر كمية الفرش الحرجي كذلك بالوقت المنقضي منذ آخر اضطراب ونوع هذا الاضطراب. وتجدر الإشارة إلى أن الفرش الحرجي يتزايد بسرعة خلال المراحل الأولى لتنمية الأراضي الزراعية: تؤدي ممارسات الإدارة مثل حصاد الغطاء النباتي والحرق إلى تغيير مخزون الفرش الحرجي بمعدل كبير، غير أنه لا توجد سوى دراسات قليلة للغاية توثق بوضوح تأثيرات الإدارة على كربون الفرش الحرجي.

وبصفة عامة، قد تشتمل الأراضي الزراعية على كمية قليلة من الخشب الميت أو الفرش الحرجي أو لا تشتمل على الإطلاق، وبالتالي يمكن في أغلب الحالات افتراض أن هذين الحوضين يساويان الصفر على وجه التقريب بعد التحويل، يستثنى من هذا الافتراض الأنظمة الزراعية الحرجية والتي يمكن حسابها إما تحت فئة الأراضي الزراعية أو الأراضي الحرجية وفقاً للتعريفات التي يتم تبنيها بواسطة البلدان في عملية الإبلاغ. ومن المرجح أن يكون نفس الأمر صحيحاً بالنسبة للكثير من استخدامات الأراضي قبل التحويل، ومن هنا يُفترض أن أحواض الكربون المناظرة قبل التحويل تساوي الصفر. وتتمثل الاستثناءات في الأجراس والأراضي الزراعية الحرجية والأراضي الرطبة المحولة إلى أراضٍ زراعية، والتي يمكن أن تشتمل على كمية ملموسة من الكربون في أحواض المادة العضوية الميتة وكذلك المساحات الحرجية المحيطة بأراضي الاستيطان والتي ربما يتم تعريفها كأراضٍ استيطان استناداً إلى الاستخدام القريب وليس الغطاء الأرضي.

ويتطلب تقدير التغيير في مخزون الكربون بالمادة العضوية الميتة بالنسبة للأراضي المحولة إلى أراضٍ زراعية عند استخدام المستويات الأعلى مقتربا من مرحلتين. ففي المرحلة الأولى، يكون هناك في الغالب تغيير مفاجئ في المادة العضوية الميتة مصاحباً للتغيير في الاستخدام، وبالأخص عندما يكون التغيير مقصوداً ومقترنا بعمليات إعداد الأرض (مثل الإزالة والحرق). أما المرحلة الثانية فتعني بعمليات التحلل والزيادة أثناء فترة انتقالية إلى نظام ذي حالة ثابتة. وعند نقطة زمنية معينة، يجب أن يصل النظام الحيوي في الأراضي الزراعية إلى حالة توازن وفي هذه الأثناء يمكن اعتباره ضمن الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية وتناوله تحت هذه الفئة. ويُقترح أن تكون الفترة الانتقالية 20 عاماً، غير أنه يمكن لبعض البلدان تحديد الفترة الانتقالية الملائمة على نحو أكثر دقة عند استخدام مستويات أعلى.

ولتضمين الفترة الافتراضية في الحسابات، يجب تناول الأراضي المحولة إلى أراضٍ زراعية كمجموعات سنوية. بمعنى أن الأراضي المحولة في عام معين يجب حسابها باستخدام طرق المرحلة الأولى في عام التحويل وباستخدام طرق المرحلة الثانية للأعوام التسعة عشر التالية. وفي نهاية فترة العشرين (20) عاماً، يتم إضافة مساحة الأراضي لهذا العام المحدد إلى مساحة الأراضي التي يتم حسابها تحت فئة الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية.

1-2-3-5 اختيار الطريقة

تقدم شجرة القرار في الشكل 2-3 بالفصل 2 إرشادات للمساعدة فيما يتعلق باختيار المستوى المناسب لتطبيق إجراءات التقدير. ويحتاج تقدير التغيير في مخزون الكربون بالمادة العضوية الميتة إلى تقدير التغييرات في المخزون بحوضي الخشب الميت والفرش الحرجي (راجع المعادلة 17-2 في الفصل 2).

وتجدر الإشارة إلى أنه يتم تناول حوضي المادة العضوية الميتة (الخشب الميت والفرش الحرجي) كل على حدة، غير أنه يتم استخدام طريقة واحدة في تقدير التغييرات بكل منهما.

المستوى 1

يتضمن مقترح المستوى 1 تقدير مساحة كل نوع من التحويل في فنات التحويل الكبرى فقط (على سبيل المثال، الأراضي الحرجية إلى أراضٍ زراعية). ويقدر التغيير المباشر والمفاجئ في مخزون الكربون (المرحلة الأولى) بكل من الخشب الميت والفرش الحرجي نتيجة تحويل الأراضي الأخرى إلى أراضٍ زراعية في المستوى 1 باستخدام المعادلة 2-23 في الفصل 2. ويرجح أن تساوي قيمة C_0 في هذه المعادلة الصفر وألا يكون هناك حاجة لتقسيم T_{on} . ويفترض المستوى 1 إزالة كافة الخشب الميت والفرش الحرجي أثناء التحويل وعدم بقاء أو تراكم الخشب الميت أو الفرش الحرجي في الأراضي المحولة إلى أراضٍ زراعية. وبالنسبة للبلدان التي يكون بها هذا الافتراض صالحاً (على سبيل المثال عندما تمارس زراعة القطع والحرق على نطاق واسع) فإنه يجدر بها استخدام مستوى أعلى عند حساب الأراضي المحولة إلى أراضٍ زراعية. وعلاوة على ما سبق، يفترض أن الأراضي الزراعية تصل إلى الكتلة الحيوية المستقرة بها أثناء العام الأول بعد التحويل. وبالتالي، فإنه بالنسبة للمستوى 1، المرحلة الثانية لا توجد مرحلة انتقالية وتُنقل الأراضي المحولة إلى أراضٍ زراعية إلى الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية في العام الثاني بعد التحويل.

وتجدر الإشارة إلى أنه لا توجد قيم افتراضية متاحة للخشب الميت أو الفرش الحرجي في معظم الأنظمة. وبالنسبة للأراضي الحرجية، لا توجد قيم افتراضية عالمية للخشب الميت، لكن توجد قيم للفرش الحرجي (الجدول 2-2، الفصل 2). وهذه القيم معبر عنها بأطنان الكربون لكل هكتار، وليست في صورة مخزون فرش حرجي. ويجب على البلدان أن تسعى لعمل أفضل التقديرات واستخدام البيانات المحلية من معاهد الأبحاث الزراعية والمعنية بالأحراج من أجل توفير أفضل التقديرات للخشب الميت والفرش الحرجي في النظام الأولي قبل التحويل.

مقتربات المستوى 2 مستوى أكبر من التجزيء مما هو مستخدم في المستوى 1. وينبغي الإبلاغ عن بيانات الأنشطة وفقاً لأنظمة الإدارة. كما يعمل المستوى 2 على توظيف المقرب ثنائي المرحلة الموضح أعلاه.

وكما هو موصى به في قسم الكتلة الحيوية أعلاه، يمكن استخدام مصفوفة اضطراب لتلخيص التأثيرات الفورية لأنشطة تحويل الأراضي على مخزون الأحواض الخمسة. وتوضح مصفوفة الاضطراب عمليات استبقاء وتحويل وإطلاق الكربون في الأحواض في الأنظمة الحيوية الأصلية بعد التحويل إلى أراض زراعية، كما تعمل على تحديد نسبة مخزون الكربون التي تظل في الحوض والنسبة التي تنقل إلى أحواض أخرى. وهناك عدد قليل من أنواع التحويل الممكنة وهي موضحة في مصفوفة الاضطراب بالجدول 5-7. ويضمن استخدام مصفوفة الاضطراب الاتساق في حساب كافة أحواض الكربون.

يُقدر التغير المباشر والمفاجئ في مخزون الكربون في الخشب الميت نتيجة تحويل الأراضي الأخرى إلى أراض زراعية في المستويين 2 و3 باستخدام المعادلة 2-23 في الفصل 2 كما هو مقترح في المستوى 1. وخلال الفترة الانتقالية، تكون الأحواض التي تكتسب أو تفقد الكربون ذات منحنى اكتساب أو فقد غير خطي في الغالب وهو ما يمكن تمثيله عن طريق مصفوفات التحويل المتتالية. وفيما يتعلق بالمستوى 2، يمكن افتراض دالة تغير خطي، وينبغي لمقرب المستوى 3 القائم على هذه الطريقة استخدام الأشكال الصحيحة من المنحنيات. ويجب تطبيق هذه المنحنيات على كل مجموعة تخضع للتحويل خلال عام الإبلاغ لتقدير التغير السنوي في حوضي كربون الخشب الميت والفرش الحرجي.

وهناك طريقتان مقترحتان لحساب التغيرات في كربون الخشب الميت والفرش الحرجي خلال المرحلة الانتقالية:

الطريقة الأولى (وتسمى كذلك طريقة الاكتساب-الفقد، المعادلة 2-18 في الفصل 2): تتضمن هذه الطريقة تقدير مساحة كل نوع من أنواع التحويل والمتوسط السنوي للتحويل إلى ومن مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي، وهو ما يحتاج إلى تقدير المساحة المندرجة تحت فئة الأراضي المحولة إلى أراض زراعية وفقاً لأنواع المناخ أو الأراضي الزراعية المختلفة أو نظام الإدارة أو العوامل الأخرى التي تؤثر بشكل ملموس على حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي وكمية الكتلة الحيوية المحولة إلى مخزونات خشب ميت وفرش حرجي وكذلك كمية الكتلة الحيوية المزالة من هذين الحوضين لكل هكتار وفقاً لأنواع الأراضي الزراعية المختلفة.

الطريقة الثانية (وتسمى كذلك طريقة الفرق في المخزون، المعادلة 2-19 في الفصل 2): تتضمن الطريقة الثانية تقدير مساحة الأراضي المحولة إلى أراض زراعية ثم تقدير مخزون حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي عند نقطتين زمنييتين هما t_1 و t_2 . ويتم الحصول على قيمة التغير في مخزون كربون حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي لعام الحصر عن طريق قسمة التغير في المخزون على الفترة (بالأعوام) الفاصلة بين القياسين. وتناسب طريقة الفرق في المخزون البلدان التي تقوم بإجراء عمليات حصر دورية. وهي أكثر ملاءمة للبلدان التي تتبنى طرق من المستوى 3. وتستخدم طرق المستوى 3 عندما يتوافر لدى البلدان معاملات انبعاث خاصة بالبلد وبيانات وطنية ملموسة. وقد تكون المنهجية الخاصة بالبلد قائمة على عمليات الحصر المفصلة لمجموعات الأراضي الدائمة المستخدمة كعينة للأراضي الزراعية و/أو النماذج.

المستوى 3

فيما يتعلق بالمستوى 3، يجب على البلدان وضع المنهجيات والبارامترات الخاصة بها لتقدير التغيرات في أحواض المادة العضوية الميتة. وقد تكون هذه المنهجيات مشتقة من كلتا الطريقتين الموضحتين أعلاه أو تكون قائمة على المقتربات الأخرى. وينبغي توثيق الطريقة المستخدمة على نحو واضح.

وقد تناسب طريقة المستوى 2 البلدان التي تتبنى طرق من المستوى 3. وتستخدم طرق المستوى 3 عندما يتوافر لدى البلدان معاملات انبعاث خاصة بالبلد وبيانات وطنية ملموسة. وقد تكون المنهجية الخاصة بالبلد قائمة على عمليات الحصر المفصلة لمجموعات الأراضي الدائمة المستخدمة كعينة لأراضي المروج الطبيعية و/أو النماذج.

2-2-3-5 اختيار معاملات الانبعاث/الإزالة

جزء الكربون: يتسم جزء الكربون من الخشب الميت والفرش الحرجي بأنه متغير وتعتمد قيمته على مرحلة التحلل. وتجدر الإشارة إلى أن الخشب يعد أقل تغيراً من الفرش الحرجي ويمكن استخدام قيمة 0.50 طن كربون (طن مادة جافة) كقيمة افتراضية لجزء الكربون.

المستوى 1

يفترض في المستوى 1 أن مخزون الكربون في حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية يُفقد كله أثناء التحويل وأنه لا يوجد تراكم من المادة العضوية الميتة في الأراضي الزراعية بعد التحويل. ويُجدر بالبلدان التي تشهد تحويلات كبيرة من الأنظمة الحيوية الأخرى إلى الأراضي الزراعية التي تحتوي على مكون كبير من الخشب الميت والفرش الحرجي (على سبيل المثال أنظمة القطع والحرق لإعداد الأراضي، والأنظمة الزراعية الحرجية، ونحو ذلك) أن تضع بيانات وطنية لتحديد هذا التأثير والإبلاغ عنه تحت منهجيات المستوى 2 و3.

المستوى 2

من الممارسة السليمة أن يتم استخدام بيانات على مستوى البلدان فيما يخص الخشب الميت والفرش الحرجي لفئات الأراضي الزراعية المختلفة إلى جانب القيم الافتراضية، وذلك إذا كانت البيانات الخاصة بالبلد المعني أو المناطق الإقليمية غير متوافرة لبعض فئات التحويل. وبالنسبة للقيم الخاصة بالبلد المعني فيما يتعلق بتحويل الكربون من الأشجار الحية والمحاصيل الأخرى التي يتم حصادها إلى بقايا حصاد ومعدلات تحلل، في حالة استخدام الطريقة الأولى (طريقة الاكتساب-الفقد)، أو إلى تغير صاف في أحواض المادة العضوية الميتة، مع الطريقة الثانية (طريقة الفرق في المخزون)، فيمكن اشتقاقها من معاملات التوسيع الوطنية مع مراعاة نوع الأراضي الزراعية ومعدل استغلال الكتلة الحيوية وممارسات الحصاد والغطاء النباتي الذي يتعرض للتدمير أثناء عمليات الحصاد. وينبغي اشتقاق القيم الخاصة بالبلد لأنظمة الاضطراب من الدراسات العلمية.

ني لاستخدام

الأراضي أو النماذج المعدة على المستوى الوطني أو من برنامج مخصص لحصر غازات الاحتباس الحراري، إلى جانب عمليات معاينة دورية وفقاً للمبادئ المحددة في الملحق 3-3. ويمكن أن تقتصر بيانات الحصر بدراسات النماذج من أجل تسجيل ديناميكيات كافة أحواض الكربون في الأراضي الزراعية.

توفر طرق المستوى 3 تقديرات ذات مستوى أكبر من التيقن مقارنة بالمستويات الأدنى، كما توفر إمكانية أكبر للربط بأحواض الكربون الفردية. وتجدر الإشارة إلى أن بعض البلدان وضعت مصفوفات اضطراب تقدم نمطاً لإعادة توزيع الكربون بين الأحواض المختلفة لكل نوع من الاضطراب. وتمثل معدلات التحلل إحدى البارامترات الهامة الأخرى في حساب كربون المادة العضوية باستخدام النماذج، وقد تتباين وفقاً لنوع الخشب وظروف المناطق المناخية الصغرى وإجراءات إعداد الموقع (على سبيل المثال، الحرق الخاضع للسيطرة أو حرق أكوام القش).

3-2-3-5 اختيار بيانات الأنشطة

يجب أن تتفق بيانات الأنشطة هنا مع بيانات الأنشطة المستخدمة لتقدير التغيرات في الكتلة الحيوية بالأراضي المحولة إلى أراض زراعية، ويمكن الحصول على هذه البيانات، بما يتفق مع المبادئ العامة المحددة في الفصل 3 كما هو موضح سابقاً عبر الإحصائيات الوطنية، من الخدمات المعنية بالأحراج وهيئات صون الموارد الطبيعية والبلديات وهيئات المسح ورسم الخرائط. ويجب إجراء عمليات التدقيق المقارن لضمان التمثيل الوافي والمتسق للأراضي المحولة سنوياً بما يضمن تفادي أي حالات ممكنة للإسقاط أو ازدواجية الحساب. ويجب تجزئة البيانات وفقاً للفئات المناخية العامة وأنواع الأراضي الزراعية. وتتطلب عمليات الحصر بالمستوى 3 معلومات أكثر شمولاً حول إنشاء الأراضي الزراعية الجديدة تتضمن طبقات تربة ومناخ واستبانة زمنية ومكانية أكثر دقة. كما ينبغي تضمين كافة التغيرات التي تقع خلال الأعوام المحددة كفترة انتقالية في فترات أقدم من الفترة الانتقالية (الفترة الافتراضية 20 عاماً) ويتم الإبلاغ عنها كقسم فرعي من الأراضي الزراعية التي تظل أراض زراعية.

وتجدر الإشارة إلى أن كافة المستويات تتطلب تقديرات مساحات الأراضي المحولة إلى أراض زراعية. ويجب استخدام بيانات المساحة نفسها لحساب الكتلة الحيوية وتقديرات المادة العضوية الميتة وكربون التربة. ويمكن، إذا لزم الأمر، تجزئة بيانات المساحة المستخدمة في تحليل التربة بما يسمح بالتطابق مع المستوى المكاني المطلوب للتقديرات ذات الترتيب الأقل للكتلة الحيوية، غير أنه في المستويات الأعلى، يجب أن يراعى التصنيف أنواع التربة الرئيسية. وينبغي الحصول على بيانات المساحة باستخدام الطرق الموضحة في الفصل 3. وتتطلب المستويات الأعلى تفاصيل أكبر غير أن المتطلب الأدنى الذي يضمن اتساق عمليات الحصر مع الخطوط التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ هو تحديد مساحات تحويل الأحراج على نحو منفصل، وذلك لأن الأحراج تكون عادة ذات كثافة كربونية أعلى قبل التحويل. وهو ما يعني الحاجة لمعرفة جزئية على الأقل بمصفوفة تغير الاستخدام، وبالتالي، عند استخدام المقترين 1 و 2 من الفصل 3 لتقدير مساحة الأراضي، إجراء مسح تكاملية لتحديد مساحة الأراضي التي يجري تحويلها من أراض حرجية إلى أراض زراعية. ومن هنا وكما هو موضح في الفصل 3، عند إجراء المسوح، يكون تقدير المساحات التي تخضع للتحويل على نحو مباشر إجراءً أكثر دقة من تقديرها عن طريق الفرق بين الإجمالي ومساحات الأراضي في استخدامات معينة عند فترات زمنية مختلفة.

4-2-3-5 خطوات الحساب في المستويين 1 و 2

المستوى 1

الخطوة 1: تحديد فئات تحويل الأراضي التي سيتم استخدامها في التقدير والمساحة التمثيلية للتحويل حسب العام (A_{0n}). وينبغي الحصول على بيانات المساحة باستخدام الطرق الموضحة في الفصل 3. وتتطلب المستويات الأعلى تفاصيل أكثر غير أن المتطلب الأدنى الذي يضمن اتساق عمليات الحصر مع الخطوط التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عند استخدام المستوى 1 هو تحديد مساحات تحويل الأحراج إلى أراض زراعية على نحو منفصل.

الخطوة 2: بالنسبة لكل فئة نشاط، تحديد قيمة مخزون كل من الخشب الميت والفرش الحرجي (كل على حدة) للهكتار قبل التحويل (ΔC_0).

الخطوة 3: بالنسبة لكل فئة نشاط، تحديد قيمة مخزون كل من الخشب الميت والفرش الحرجي (كل على حدة) للهكتار للنوع المعني من الأراضي الزراعية بعد التحويل (ΔC_n). فيما يتعلق بالمستوى 1، يفترض أن قيمة كل من الخشب الميت والفرش الحرجي بعد التحويل تساوي الصفر.

الخطوة 4: حساب التغير الصافي في مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي لكل هكتار لكل نوع من أنواع التحويل عن طريق طرح قيم المخزون الأولية من قيم المخزون النهائية. وتشير القيمة السالبة إلى انخفاض في المخزون.

الخطوة 5: تحويل التغير الصافي في قيم المخزون الفردية إلى وحدات من أطنان الكربون للهكتار عن طريق ضرب التغير الصافي في المخزون في جزء الكربون لهذا الكربون (0.40 طن كربون (طن مادة جافة) بالنسبة للفرش الحرجي، و0.05 طن كربون (طن مادة جافة) للخشب الميت).

الخطوة 6: ضرب التغير الصافي في كل مخزون في المساحة المحولة خلال عام الإبلاغ للحصول على التغير السنوي في مخزون الكربون في حوضي الخشب الميت والفرش الحرجي (ΔC_{DOM}).

المستوى 2

الخطوة 1: تحديد فئات تحويل الأراضي التي سيتم استخدامها في هذا التقدير والمساحة التمثيلية للتحويل حسب العام. عند الحساب بالنسبة للأراضي في المرحلة الانتقالية، ويلزم توافر بيانات المساحات التمثيلية لكل فئة في مراحل التحويل المختلفة.

الخطوة 2: التغيرات المفاجئة

- تحديد فئات الأنشطة التي سيتم استخدامها في التقدير والمساحات التمثيلية. وتتكون الفئة من تعريفات لنوع التحويل وطبيعة الإدارة في الغطاء الأراضي السابق وإدارة الأراضي الزراعية، إذا أمكن، على سبيل المثال: "تحويل الحرج الاستوائي الموسمي المقطوع إلى محاصيل حبوب".
- بالنسبة لكل فئة نشاط، تحديد قيمة مخزون كل من الخشب الميت والفرش الحرجي (كل على حدة) للهكتار قبل التحويل.
- لكل فئة نشاط، تحديد قيمة مخزون كل من الخشب الميت والفرش الحرجي (كل على حدة) للهكتار بعد عام واحد من التحويل إلى أراض زراعية.
- حساب التغير الصافي في مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي لكل هكتار لكل نوع من أنواع التحويل عن طريق طرح قيم المخزون الأولية من قيم المخزون النهائية. وتشير القيمة السالبة إلى انخفاض في المخزون.
- تحويل التغير الصافي في المخزون الفردي إلى وحدات من أطنان الكربون للهكتار على النحو الموضح في المستوى 1.
- ضرب التغير الصافي لكل مخزون كربون في المساحة المحولة أثناء عام الإبلاغ.

الخطوة 3: التغيرات الانتقالية

- تحديد فئات الأنشطة والمجموعات التي سيتم استخدامها في التقدير والمساحات التمثيلية. تتكون الفئة من تعريفات لنوع التحويل وطبيعة الإدارة في الغطاء الأرضي السابق وإدارة الأراضي الزراعية، إذا أمكن، على سبيل المثال: "تحويل الحرج الاستوائي الموسمي المقطوع إلى مراعي ماشية باستخدام الأعشاب المجلوبة".
- تحديد معدل التغير السنوي لمخزون الخشب الميت والفرش الحرجي (كل على حدة) حسب نوع النشاط باستخدام الطريقة الأولى (طريقة الاكتساب-الفقد) أو الطريقة الثانية (طريقة الفرق في المخزون) (انظر فيما يلي) لكل مجموعة أراضي تمر حالياً بالمرحلة الانتقالية بين التحويل والوصول إلى نظام زراعي مستقر.
- تحديد قيم مخزون كل من الخشب الميت والفرش الحرجي في المجموعة خلال العام السابق (تؤخذ عادة من الحصر السابق).
- حساب التغير في قيم مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي لكل مجموعة بإضافة معدل التغير السابق إلى قيم المخزون في العام السابق.
- تحويل التغير الصافي في المخزون الفردي إلى وحدات من أطنان الكربون للهكتار على النحو الموضح في المستوى 1.
- ضرب التغير الصافي لكل مخزون كربون في مساحة كل مجموعة أثناء عام الإبلاغ.

الطريقة الأولى (طريقة الاكتساب-الفقد؛ انظر المعادلة 2-18 في الفصل 2)

- تحديد متوسط المدخلات السنوية للخشب الميت والفرش الحرجي (كل على حدة).
- تحديد متوسط المخرجات السنوية للخشب الميت والفرش الحرجي (كل على حدة).
- تحديد معدل التغير الصافي في الخشب الميت والفرش الحرجي بطرح المخرجات من المدخلات.
- مع المستوى 2، استخدام معاملات تغير مخزون خاصة بالبلد وبنظام الزراعة وكذلك أفضل البيانات المحلية المتاحة (وتوثيقها).

الطريقة الثانية (طريقة الفرق في المخزون، راجع المعادلة 2-19 في الفصل 2)

- تحديد الفترة الزمنية الفاصلة بين عمليات الحصر، ومتوسط قيم مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي في الحصر الأولي وكذلك متوسط قيم مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي في الحصر النهائي.
- استخدام هذه الأرقام لحساب التغير الصافي في مخزون الخشب الميت والفرش الحرجي عن طريق طرح المخزون الأولي من المخزون النهائي، وقسمة الفرق على عدد السنوات الفاصلة بين الحصرين. تشير القيمة السالبة إلى انخفاض في المخزون.
- مع مقرب من المستوى 2، استخدام معاملات تغير مخزون خاصة بالبلد وبنظام الزراعة وكذلك أفضل البيانات المحلية المتاحة (وتوثيقها).

5-2-3-5 تقدير عدم التيقن

يناقش هذا القسم أوجه عدم التيقن الخاصة بالمصدر فيما يتصل بتقديرات الأراضي المحولة إلى أراض زراعية. وتشمل مصادر عدم التيقن درجة الدقة في تقديرات مساحة الأراضي والزيادة والفقد في الكربون ومخزون الكربون ومساحة الأراضي المحترقة ومعامل التوسيع. ويجب حساب تقديرات الخطأ (أي الانحرافات المعيارية أو الخطأ المعياري أو نطاقات الخطأ) لكل معامل خاص بالبلد يتم استخدامه في تقدير أساسي لعدم التيقن.

أوجه عدم التيقن في معامل الانبعاثات

تمثل أوجه عدم التيقن هنا تلك الأوجه المرتبطة بتقدير مخزون الفرش الحرجي والخشب الميت لكل وحدة مساحة في استخدام الأراضي السابق. ولا تكون هناك حاجة لتقدير أوجه عدم التيقن عند افتراض أن كثافة الكربون في أحواض الفرش الحرجي والمادة العضوية الميتة تساوي الصفر في الأراضي الزراعية. وفي غير ذلك، يجب تقدير أوجه عدم التيقن عن طريق تحليل البيانات المحلية ويجب أن يتجاوز كلاهما معامل يبلغ حوالي 2.

أوجه عدم التيقن في بيانات الأنشطة

يجب الحصول على بيانات المساحة وتقديرات عدم التيقن باستخدام الطرق الواردة في الفصل 3. كذلك فإن بالإمكان أن تستخدم المقتربات من المستويين 2 و3 بيانات أنشطة ذات دقة أعلى، مثل تقديرات المساحة حسب المناطق المناخية المختلفة أو أنظمة إدارة الأراضي الزراعية داخل الحدود الوطنية. ومن شأن ذلك أن يعمل على الحد من مستويات عدم التيقن المقترنة بمعاملات زيادة الكربون المحددة عند نفس المستوى من الاستبانة.

3-3-5 كربون التربة

تحول الأراضي في العادة إلى أراض زراعية من الأراضي البكر والأحراج المدارة والمروج الطبيعية، وفي بعض الأحيان من الأراضي الرطبة، ونادراً من أراضي الاستيطان. وبصرف النظر عن نوع التربة (سواء كانت تربة معدنية أو عضوية)، فإن تحويل الأراضي إلى أراض زراعية، يُفضي في أغلب الأحوال إلى فقد كربون التربة لعدة أعوام بعد التحويل (Mann, 1986; Armentano and Menges, 1986; Davidson and Ackerman, 1993). وتمثل الاستثناءات الممكنة في ري الأراضي الجافة سابقاً وتحويل الأراضي المتدهورة إلى أراض زراعية.

يمكن الحصول على معلومات وإرشادات عامة فيما يخص تقدير التغيرات في مخزون كربون التربة بالقسم 2-3-3 من الفصل 2 (بما في ذلك المعادلات)، وينبغي قراءة هذا القسم قبل البدء في الخطوط التوجيهية المحددة المعنية بمخزون كربون التربة في الأراضي الزراعية. يقدر التغير الإجمالي في مخزون كربون التربة في الأراضي المحولة إلى أراض زراعية باستخدام المعادلة 2-24 (الفصل 2) والتي تقوم بجمع قيم التغير في مخزون كربون التربة العضوي لأنواع التربة المعدنية والتربة العضوية مع التغيرات المقترنة بأحواض الكربون غير العضوي في التربة (المستوى 3 فقط). ويقدم هذا القسم إرشادات محددة لتقدير التغيرات في مخزون الكربون العضوي بالتربة، راجع القسم 1-3-3-2 للحصول على مناقشة حول الكربون غير العضوي بالتربة (لا تُقدم توجيهات إضافية في قسم الأراضي الزراعية الوارد فيما يلي).

يجب لحساب تغيرات مخزون كربون التربة المقترنة بالأراضي المحولة إلى أراض زراعية أن يتوافر لدى البلدان، على الأقل، تقديرات لمساحات الأراضي المحولة إلى أراض زراعية أثناء فترة الحصر. وإذا كانت البيانات المتاحة فيما يخص الإدارة واستخدام الأراضي محدودة، فيمكن استخدام البيانات الإجمالية مثل إحصائيات الفاو كنقطة بداية، هذا إلى جانب معرفة الخبراء في البلد بالتوزيع التقريبي لأنواع استخدام الأراضي التي يتم تحويلها والإدارة المقترنة بكل منها. وفي حالة عدم معرفة الاستخدامات والتحويلات السابقة للأراضي، لا يزال بالإمكان حساب التغيرات في مخزون الكربون العضوي بالتربة باستخدام الطرق المقدمة في قسم الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية، غير أن مساحة قاعدة الأراضي يرجح أن تكون مختلفة للأراضي الزراعية في العام الحالي مقارنة بالعام الأولي للحصر. ورغم ذلك فإن من الأهمية أن تكون مساحة الأراضي الإجمالية عبر كافة قطاعات استخدام الأراضي متساوية بامتداد فترة الحصر (على سبيل المثال، في حالة تحويل 7 مليون هكتار من الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية إلى أراض زراعية أثناء فترة الحصر، فإن الأراضي الزراعية تزيد بمقدار 7 مليون هكتار في العام الأخير من الحصر، بينما تفقد المروج الطبيعية والأراضي الحرجية نفس المساحة في العام الأخير). وتقسم مساحة الأراضي المحولة إلى أراض زراعية وفقاً للمناطق المناخية وأنواع التربة الرئيسية، وهو ما قد يقوم على التصنيفات الافتراضية أو الخاصة بالبلد المعني. ويمكن تحقيق ذلك بمجموعات خرائط المناخ والتربة، إلى جانب بيانات محددة مكانية في مواقع تحويل استخدام الأراضي.

1-3-3-5 اختيار الطريقة

يمكن تطوير عمليات حصر باستخدام مقترَب من المستوى 1 أو 2 أو 3، حيث يتطلب كل مستوى تال تفاصيل وموارد أكثر من السابق. كذلك فإن بإمكان البلدان أن تستخدم مستويات مختلفة لإعداد تقديرات للفئات الفرعية المنفصلة من كربون التربة (على سبيل المثال، تغيرات مخزون كربون التربة العضوي بأنواع التربة المعدنية والعضوية، وتغيرات المخزون المقترنة بأحواض الكربون غير العضوي بالتربة). ويمكن للقائمين بالحصر الاستعانة بشجرات القرار الخاصة بأنواع التربة المعدنية (الشكل 2-4) وأنواع التربة العضوية (الشكل 2-5) في القسم 1-3-3-2 (الفصل 2) في اختيار المستوى المناسب لعملية حصر كربون التربة التي يقومون بها.

أنواع التربة المعدنية

المستوى 1

يمكن تقدير التغيرات في مخزون الكربون العضوي في أنواع التربة المعدنية نتيجة تحويل استخدام الأراضي إلى أراض زراعية باستخدام المعادلة 2-25 في الفصل 2. وبالنسبة للمستوى 1، فإنه يتم حساب مخزون الكربون العضوي الأولي (قبل التحويل) $(SOC_{(0-T)})$ ومخزون الكربون في العام الأخير من فترة الحصر (SOC_0) باستخدام القيم المرجعية لمخزون الكربون العضوي بالتربة (SOC_{REF}) ومعاملات تغير المخزون الافتراضية (F_I, F_{MG}, F_{LU}) . وتحسب المعدلات السنوية لتغير المخزون كفرق في المخزون (بمرور الوقت) مقسوماً على التبعية الزمنية (D) لمعاملات تغير المخزون في الأراضي الزراعية (الفترة الافتراضية هي 20 عاماً).

المستوى 2

تعتمد طريقة المستوى 2 لأنواع التربة المعدنية على المعادلة 2-25، الفصل 2، غير أنها تتضمن قيم مرجعية لمخزون الكربون و/أو معاملات تغير في المخزون خاصة بالبلد وربما بيانات بيئية وبيانات أنشطة استخدام أكثر تجزئاً.

المستوى 3

تشتمل طرق المستوى 3 على نماذج أكثر تفصيلاً خاصة بالبلد المعني و/أو مقتربات قائمة على القياسات إلى جانب بيانات عالية التجزئة حول الإدارة واستخدام الأراضي. وتستخدم مقتربات المستوى 3 في تقدير التغير في كربون التربة نتيجة تحويل استخدام الأراضي إلى أراض زراعية عن طريق النماذج ومجموعات البيانات و/أو شبكات الرصد. ويوصى، ما أمكن، بأن يتم إكمال طرق المستوى 3 بتقديرات إزالة الكتلة الحيوية ومعالجة مخلفات النباتات بعد إزالتها (يشمل ذلك البقايا الخشبية والفرش الحرجي)، نظراً لأن الاختلاف في طريقة إزالة المخلفات ومعالجتها (على سبيل المثال، الحرق وإعداد الموقع) من شأنه أن يؤثر على مدخلات الكربون في تكوين المادة العضوية الميتة بالتربة وكذلك على عمليات فقد الكربون عبر التحلل والاحتراق. ومن الأهمية أن يتم تقييم النماذج باستخدام المشاهدات المستقلة التي يتم الحصول عليها من مواقع ميدانية بالبلد أو المنطقة تمثل تفاعلات المناخ والتربة وإدارة الأراضي الزراعية في التغير بعد التحويل بمخزون كربون التربة.

أنواع التربة العضوية

المستويان 1 و 2

تعامل الأراضي المحولة إلى أراض زراعية في أنواع التربة العضوية أثناء فترة الحصر مثلما تعامل أنواع التربة العضوية المزروعة على المدى البعيد. وتحسب عمليات الفقد في الكربون باستخدام المعادلة 2-26 (الفصل 2). ويمكن الحصول على إرشادات إضافية حول مقتربات المستويين 1 و 2 من قسم الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية (القسم 5-2-3).

المستوى 3

يتضمن مقرب المستوى 3 نماذج أكثر تفصيلاً خاصة بالبلد المعني و/أو مقتربات قائمة على القياسات إلى جانب بيانات ذات مستوى عالٍ من التجزئة تتعلق بالإدارة واستخدام الأراضي (راجع أنواع التربة المعدنية أعلاه لمزيد من المناقشة).

2-3-3-5 اختيار معاملات تغير المخزون والانبعثات

أنواع التربة المعدنية

المستوى 1

يفترض أن مخزون كربون التربة في كل من الأراضي البكر غير المدارة والأراضي الحرجية المدارة وأراضي الاستيطان والمروج الطبيعية المدارة اسمياً والتي تتسم بأنظمة اضطراب منخفضة يساوي القيم المرجعية (أي أن معاملات استخدام الأراضي والاضطرابات (بالنسبة للأحراج فقط) والإدارة والمداخلات تساوي 1)، غير أنه سيكون من الضروري تطبيق معاملات تغير المخزون الملائمة لتمثيل أنظمة استخدام الأراضي الأخرى التي لا تعتبر حالة مرجعية، مثل المروج الطبيعية المحسنة والمتدهورة. كذلك سيكون من الضروري تطبيق معامل ملائم لتغير المخزون من أجل تمثيل تأثير المداخلات والإدارة على مخزون كربون التربة في نظام الأراضي الزراعية الجديدة. يمكن الحصول على القيم المرجعية لمخزون الكربون من الجدول 2-3 (الفصل 2). راجع فصل الاستخدام المعني للحصول على المعاملات الافتراضية المطلوبة لتغير المخزون.

وتجدر الإشارة إلى أنه في حالة تحويلات استخدام الأراضي المؤقتة إلى أراض زراعية، فإنه يتم الحصول على معاملات تغير المخزون الافتراضية من الجدول 5-10، واعتماداً على فترة دورة الإراحة (استرداد الغطاء النباتي) في أنظمة الزراعة المتنقلة، يتم تمثيل متوسط مخزون كربون التربة بامتداد دورة المحصول-الإراحة. وتشير الأراضي المراحة الناضجة إلى الحالة التي يعود فيها الغطاء النباتي غير الزراعي (الأحراج على سبيل المثال) إلى حالة ناضجة أو شبه ناضجة قبل أن يعاد تهيئتها مجدداً للاستخدام كأراض زراعية، بينما في الأراضي المراحة لفترة قصيرة، لا يتم استعادة الغطاء النباتي قبل إعادة التهيئة. وفي حالة تحويل الأراضي التي تخضع بالفعل للزراعة المتنقلة إلى أراض زراعية دائمة (أو استخدامات الأراضي الأخرى)، فإن معاملات تغير المخزون التي تمثل الزراعة المتنقلة يتم استخدامها كقيم "أولية" لمخزون الكربون $(SOC_{(0-T)})$ في الحسابات التي تجرى باستخدام المعادلة 2-25 (الفصل 2).

الجدول 5-10 معاملات تغير مخزون الكربون (FLU, FMG, FI) لتحويلات استخدام الأراضي إلى أراض زراعية					
نوع قيمة المعامل	المستوي	النظام المناخي	القيمة الافتراضية للهيئة	الخطا#	التعريف
استخدام الأراضي	أحراج أو مروج طبيعية (غير متدهورة)	الكل	1	NA	أحراج ومروج طبيعية بكر أو طويلة المدى لم تتعرض للتدهور وتدار على نحو مستدام.
		استوائي	1	NA	
استخدام الأراضي	زراعة متنتقلة - أراضي مراحة لفترة قصيرة	استوائي	0.64	$\pm 50\%$	زراعة متنتقلة دائمة، حيث يتم إزالة الأحراج أو الأشجار الاستوائية لزراعة المحاصيل السنوية لفترة قصيرة (على سبيل المثال، 3.5 أعوام) ثم إهمالها لتعاود النمو
		استوائي	0.8	$\pm 50\%$	
استخدام الأراضي والإدارة والمداخلات	حرج مدار	(القيمة الافتراضية هي 1)			
استخدام الأراضي والإدارة والمداخلات	مروج طبيعية مدارة	(راجع القيم الافتراضية في الجدول 6.2)			
استخدام الأراضي والإدارة والمداخلات	أراض زراعية	(راجع القيم الافتراضية في الجدول 5.5)			
# يمثل تقدير اسمي للخطأ، يساوي ضعفي الانحراف المعياري، كنسبة مئوية من المتوسط. تشير NA إلى "غير مطبق" حيث تمثل قيم المعامل قيم مرجعية محددة.					

المستوى 2

ربما يعتبر تقدير معاملات تغير المخزون الخاصة بالبلد المعني أكثر خطوات التطوير المقترنة بمقرب من المستوى 2 أهمية. ويتم في هذا المستوى حساب الفرق بين قيم مخزون الكربون العضوي في التربة مقارنة بحالة مرجعية، باستخدام معاملات الاستخدام (FLU)، ثم بعد ذلك يتم استخدام معاملات المدخلات (FI) ومعاملات الإدارة (FMG) من أجل مزيد من التحديد لمخزون الكربون بنظام الأراضي الزراعية الجديدة. ويمكن الحصول على إرشادات إضافية حول كيفية اشتقاق معاملات تغير المخزون هذه من قسم الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية، القسم 2-3-5. راجع الفصل المناسب للحصول على معلومات محددة فيما يخص اشتقاق معاملات تغير المخزون لفئات استخدام الأراضي الأخرى (الأراضي الحرجية في القسم 2-4-3، والمروج الطبيعية في القسم 2-6-2-3، وأراضي الاستيطان في القسم 2-8-3-2، والأراضي الأخرى في القسم 2-9-3-2).

كذلك فإن بالإمكان اشتقاق القيم المرجعية لمخزون الكربون من البيانات الخاصة بالبلد في مقرب من المستوى 2. ورغم ذلك، يجب أن تتسم القيم المرجعية بالاتساق عبر كافة فئات استخدام الأراضي (على سبيل المثال، الأراضي الحرجية والأراضي الزراعية والمروج الطبيعية وأراضي الاستيطان والأراضي الأخرى)، وهو ما يتطلب التنسيق بين الفرق المختلفة التي تقوم بعمليات حصر كربون التربة في قطاع الزراعة والحرجة واستعمالات الأرض الأخرى.

المستوى 3

تعتبر معاملات معدلات الانبعاث الثابتة في حد ذاتها ذات احتمال أقل في أن يتم تقديرها على حساب المعدلات المتغيرة التي توفر تسجيلاً أكثر دقة لتأثيرات استخدام الأراضي وإدارتها. راجع الفصل 2، القسم 2-3-3-1 لمزيد من المناقشة.

أنواع التربة العضوية

المستويان 1 و 2

تعامل الأراضي المحولة إلى أراض زراعية في أنواع التربة العضوية أثناء فترة الحصر مثلما تعامل أنواع التربة العضوية المزروعة على المدى البعيد. يشتمل الجدول 5-6 على معاملات الانبعاث المستخدمة في طرق المستوى 1، بينما يتم اشتقاق معاملات الانبعاث المستخدمة في المستوى 2 من البيانات الخاصة بالبلد أو المنطقة الإقليمية.

المستوى 3

تعتبر معاملات معدلات الانبعاث الثابتة في حد ذاتها ذات احتمال أقل في أن يتم تقديرها على حساب المعدلات المتغيرة التي توفر تسجيلاً أكثر دقة لتأثيرات استخدام الأراضي وإدارتها. راجع الفصل 2، القسم 2-3-3-1 لمزيد من المناقشة.

3-3-3-5 اختيار بيانات الأنشطة

أنواع التربة المعدنية

المستويان 1 و 2

لأغراض تقدير التغير في مخزون كربون التربة، يجب تقسيم تقديرات المساحة للأراضي المحولة إلى أراضي زراعية وفقاً للمناطق المناخية وأنواع التربة الرئيسية. ويمكن تحقيق ذلك بمجموعات من خرائط المناخ والتربة المناسبة إلى جانب بيانات محددة مكانية في مواقع تحويل استخدام الأراضي. ويمكن الحصول على وصف مفصل لأنظمة تصنيف التربة والمناخ الافتراضية من الفصل 3، الملحق 13-5. فيما يمكن الحصول على معلومات محددة حول معالجة بيانات أنشطة استخدام الأراضي/الإدارة من الفصول المعنية بكل استخدام من استخدامات الأراضي (الأراضي الحرجية في القسم 4-3-2-3، والأراضي الزراعية في القسم 5-2-3-3، والمرج الطبيعية في القسم 6-2-3-3، وأراضي الاستيطان في القسم 8-2-3-3، والأراضي الأخرى في القسم 9-3-3-3).

ويعتبر نوع بيانات أنشطة استخدام الأراضي والإدارة إحدى القضايا الهامة في تقدير تأثير الأراضي المحولة إلى أراضي زراعية على مخزون الكربون العضوي في التربة. وتوفر بيانات الأنشطة المجمعة باستخدام المقرب 2 أو 3 (راجع الفصل 3 للحصول على مناقشة حول المقتربات) الأساس لتحديد الاستخدام السابق للأراضي المحولة إلى أراضي زراعية. وعلى الجانب الآخر، توفر البيانات الإجمالية (المقرب 1، الفصل 3) المساحة الإجمالية فقط في كل نوع من الأراضي في بداية فترة الحصر ونهايتها (على سبيل المثال، 1985 و2005). ولا تعد بيانات المقرب 1 كافية لمعرفة أشكال التحويل المحددة. وفي هذه الحالة يتم الإبلاغ عن كافة الأراضي الزراعية في فئة الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية وتصبح التحويلات الجارية تغييرات تدريجية عبر المنظر الطبيعي. وهو ما يجعل تحقيق التنسيق بين كافة القطاعات أمراً ذا أهمية خاصة من أجل ضمان ثبات قاعدة الأراضي الإجمالية بمرور الوقت، على اعتبار أن مقدار المساحة يتم فقده واكتسابه داخل القطاعات الفردية خلال كل عام حصر نتيجة التغير في الاستخدام.

المستوى 3

لتطبيق النماذج الديناميكية و/أو الحصر القائم على القياسات المباشرة في المستوى 3، يلزم توافر بيانات مماثلة أو أكثر تفصيلاً مقارنة بالمستوى 1 و2 فيما يخص مجموعات بيانات المناخ والتربة والطبوغرافيا والإدارة، غير أن المتطلبات الدقيقة تتوقف على تصميم النموذج أو القياس.

أنواع التربة العضوية

المستويان 1 و 2

تعامل الأراضي المحولة إلى أراضي زراعية في أنواع التربة العضوية خلال فترة الحصر مثلما تعامل أنواع التربة العضوية المزروعة على المدى الطويل، وقد تم مناقشة الإرشادات المتعلقة ببيانات الأنشطة في القسم 5-2-3-3.

المستوى 3

مثلما عليه الحال بالنسبة لأنواع التربة المعدنية، يُرجح أن تتطلب مقتربات المستوى 3 بيانات أكثر تفصيلاً من حول المناخ والتربة والطبوغرافيا والإدارة. ومقارنة بطرق المستويين 1 و2، فإن المتطلبات الفعلية تعتمد على تصميم النموذج أو القياس.

4-3-3-5 خطوات الحساب في المستوى 1

أنواع التربة المعدنية

يمكن تلخيص الخطوات المطلوبة لتقدير قيمة كل من SOC_0 و $SOC_{(0-T)}$ والتغير الصافي في مخزون كربون التربة لكل هكتار للأراضي المحولة إلى أراضي زراعية في أنواع التربة المعدنية على النحو التالي:

الخطوة 1: تنظيم البيانات في فترات زمنية للحصر على أساس السنوات التي تم فيها جمع بيانات الأنشطة (على سبيل المثال، 1990 إلى 1995، 1995-2000 وهكذا).

الخطوة 2: تحدد مقدار الأراضي المحولة إلى أراضي زراعية، حسب أنواع التربة المعدنية والمناطق المناخية في البلد في بداية فترة الحصر الأولي. يعتمد العام الأول لفترة الحصر على الخطوة الزمنية لبيانات الأنشطة ($T-0$)، على سبيل المثال، منذ 5 أو 10 أو 20 عاماً).

الخطوة 3: فيما يتعلق بالمرج الطبيعية المحولة إلى أراضي زراعية، تصنيف المروج الطبيعية السابقة في نظام الإدارة المناسب بالاستعانة بالشكل 6-1. وتجدر الإشارة إلى أنه لا توجد حاجة لتصنيف استخدامات الأراضي الأخرى عند استخدام المستوى 1.

الخطوة 4: تعيين قيم مرجعية أصلية لمخزون الكربون (SOC_{REF}) من الجدول 2-3 استناداً إلى المناخ ونوع التربة.

الخطوة 5: تعيين معامل استخدام (F_{LU}) ومعامل إدارة (F_{MG}) ومستويات مدخلات الكربون (F_I) لكل مرج طبيعي استناداً إلى تصنيف الإدارة (الخطوة 2). تم إيراد قيم المعاملات F_{LU} و F_{MG} و F_I في الجدول 6-2 للمروج الطبيعية. ويفترض أن القيم تساوي 1 لكافة استخدامات الأراضي الأخرى.

الخطوة 6: ضرب قيم المعاملات (F_I ، F_{MG} ، F_{LU}) في القيمة المرجعية لمخزون كربون التربة لتقدير مخزون الكربون العضوي "الأولي" ($SOC_{(0-T)}$) لفترة الحصر.

الخطوة 7: تقدير مخزون الكربون العضوي النهائي بالتربة (SOC_0) بتكرار الخطوات من 1 إلى 5 باستخدام نفس قيم المخزون المرجعية الأصلية (SOC_{REF}) ولكن مع معاملات الاستخدام والإدارة والمدخلات التي تمثل الظروف الخاصة بالأراضي الزراعية في العام الأخير من الحصر (العام 0).

الخطوة 8: تقدير متوسط التغير السنوي في مخزون الكربون العضوي بالتربة للأراضي المحولة إلى أراض زراعية ($\Delta C_{Mineral}$) عن طريق طرح مخزون الكربون العضوي "الأولي" في التربة ($SOC_{(0-T)}$) من المخزون النهائي (SOC_0) ثم قسمة الناتج على التبعية الزمنية لمعاملات تغير المخزون (20 عاما عند استخدام المعاملات الافتراضية). ملاحظة: إذا كانت الفترة الزمنية للحصر أكبر من 20 عاما، فإنه يتم القسمة على الفرق بين العام الأول والأخير في الفترة الزمنية.

الخطوة 9: تكرار الخطوات من 2 إلى 8 في حالة وجود فترات حصر إضافية (على سبيل المثال، من 1990 إلى 2000، ومن 2001 إلى 2010 وهكذا). لاحظ أن الأراضي المحولة إلى أراض زراعية تحتفظ بهذا الوصف لفترة 20 عاما. وبالتالي فإن فترات الحصر التي تقل عن 20 عاما قد تحتاج للرجوع إلى فترة الحصر السابقة لتقييم ما إذا كانت قطعة الأرض تندرج ضمن الأراضي المحولة إلى أراض زراعية أو الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية.

وفيما يلي مثال رقمي لحساب الأراضي الحرجية المحولة إلى أراض زراعية في أنواع التربة المعدنية باستخدام المعادلة 2-25 والقيم المرجعية لمخزون الكربون (الجدول 2-3) ومعاملات تغير المخزون (الجدول 5-5).

مثال: فيما يتعلق بحرج في تربة بركانية تقع ضمن البيئة الاستوائية الرطبة: $SOC_{Ref} = 70$ طن كربون للهكتار. وتساوي القيم الافتراضية لمعاملات تغير المخزون (F_I, F_{MG}, F_{LU}) جميعها 1 بالنسبة لكافة أنواع التربة الحرجية (والمروج الطبيعية البكر)، وبالتالي فإن قيمة $SOC_{(0-T)}$ تساوي 70 طن كربون للهكتار. وفي حالة تحويل الأراضي إلى أراض زراعية سنوية ذات فلاحه مكثفة ومدخلات كربون منخفضة فإن قيمة $SOC_0 = 70$ طن كربون للهكتار لهذه المساحة أثناء فترة الحصر على النحو التالي: $30.9 = 0.92 \times 1 \times 0.48 \times 70$ طن كربون للهكتار. وبذلك يُحسب متوسط التغير السنوي في مخزون كربون التربة $2.0 = 70 - 30.9$ طن كربون للهكتار / 20 عام.

أنواع التربة العضوية

خطوات الحساب والمثال مثل تلك الواردة في القسم 5-3-2-4 أعلاه.

5-3-3-5 تقدير عدم التيقن

تعتبر تحليلات عدم التيقن فيما يخص الأراضي المحولة إلى أراض زراعية مماثلة على نحو جوهري للتحليلات الخاصة بالأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية. وهناك ثلاثة مصادر عريضة لعدم التيقن: (1) أوجه عدم التيقن في بيانات أنشطة الاستخدام والإدارة والبيانات البيئية؛ و(2) أوجه عدم التيقن في القيم المرجعية لمخزون الكربون حال استخدام مقترَب من المستوى 1 أو 2 (أنواع التربة المعدنية فقط)؛ و(3) أوجه عدم التيقن في معاملات الانبعاث/تغير المخزون بالنسبة لمقترَبات المستوى 1 أو 2، والخطأ في تركيب النموذج/البارامترات بالنسبة لمقترَبات المستوى 3 القائمة على النماذج أو خطأ القياس/متغيرية المعاينة فيما يتصل بعمليات الحصر القائمة على القياسات بالمستوى 3. راجع قسم عدم التيقن في الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية للحصول على مناقشة إضافية (القسم 5-3-2-5).

4-3-5 انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية

يرجح أن تمثل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من تحويل الأراضي غير الزراعية، وبالأخص الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية، إلى أراض زراعية فئة مصدر أساسية في العديد من البلدان. وتحدث انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من الأراضي المحولة إلى أراض زراعية نتيجة عملية الاحتراق غير الكاملة للكتلة الحيوية والمادة العضوية الميتة (DOM) في فئة الاستخدام الأولية قبل التحويل. ويتم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في فئة الاستخدام الجديدة (الأراضي المحولة إلى أراض زراعية). وتحدث أهم انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون في هذا القسم من تحويل الأراضي الحرجية إلى أراض زراعية، غير أنها قد تحدث كذلك نتيجة للتحويل من مروج طبيعية إلى أراض زراعية. ولا يرجح إلى حد بعيد أن يحدث تحويل إلى الأراضي الزراعية من فئات الاستخدام الأخرى (أراضي الاستيطان والأراضي الرطبة أو الأراضي الأخرى).

وفي الأحراج الاستوائية، يعد حرق مخلفات الأحراج إحدى الممارسات الشائعة المتكررة، حتى يتم إزالة معظم (أو كافة) المخلفات والمادة العضوية الميتة، حتى يمكن إقامة نظام زراعي. وفي بعض الأماكن يجب تكرار عملية الحرق إلى ثلاث أو أربع مرات. وقد يتم تحويل جزء من الكتلة الحيوية الحرجية فوق الأرض والتي يتم إزالتها أثناء عملية تحويل الأراضي الحرجية إلى أراض زراعية إلى منتجات خشب محصود، ويمكن إزالة مقدار من الموقع لاستخدامه كخشب وقود (وبالتالي يُحرق خارج الموقع). وأية مخلفات تبقى، يتم حرقها عادة في الموقع.

ويمكن الحصول على الطرق المعنية بتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الحرائق فيما يخص الأراضي المحولة إلى أراض زراعية من القسم 4-2 في الفصل 2.

ويجب الإبلاغ عن انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون الناشئة عن حرق الكتلة الحيوية في الأراضي الحرجية غير المدارة، إذا أعقب ذلك تحويل في الاستخدام، نظراً لأن الأراضي المحولة تعتبر أراضي مدارة.

ويكون المقرب المستخدم في تقدير انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية في الأراضي المحولة إلى *أراض زراعية* مماثلاً بالضرورة لذلك المقرب المستخدم مع *الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية*.

1-4-3-5 اختيار الطريقة

تقدم شجرة القرار في الشكل 2-6 بالفصل 2 إرشادات حول اختيار المستوى الذي يتم تطبيقه بواسطة البلدان عند الإبلاغ عن انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من الأراضي المحولة إلى *أراض زراعية*. ويجب أن تسعى الدول التي تشهد عمليات تحويل على نطاق كبير من الأراضي غير الزراعية، وبالأخص من الأراضي الحرجية، إلى *أراض زراعية* جاهدة لتبني طرق من المستوى 2 أو 3.

ويرتبط اختيار الطريقة على نحو مباشر بمدى توافر البيانات الوطنية حول المساحة المحترقة التي تم تحويلها وكتلة الوقود المتاح ومعاملات الاحتراق والانبعاث. وعند استخدام مستويات أعلى، تستخدم البيانات الخاصة بالبلد حول كتلة الوقود المتاح لتمثيل كمية الكتلة الحيوية المزالة للتحويل والمحولة إلى منتجات خشب محصود (إذا كان ذلك مطبقاً)، والمزالة للاستخدام كوقود ويتم حرقها خارج الموقع.

ويجب على البلدان أن تبذل قصارى جهدها للإبلاغ باستخدام إحدى طرق المستوى 2 أو 3 إذا كانت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من حرق الكتلة الحيوية في *الأراضي المحولة إلى أراضي زراعية* تمثل فئة رئيسية. وفي حالة وضع النماذج واعتمادها، يجب على البلدان استخدام طريقة من المستوى 3 حتى في الحالات التي لا تمثل فيها *الأراضي المحولة إلى أراضي زراعية* فئة رئيسية.

2-4-3-5 اختيار معاملات الانبعاث

المستوى 1

من الأهمية معرفة كتلة الوقود المحترقة لتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ويمكن الحصول على البيانات الافتراضية لدعم تقديرات الانبعاثات عند استخدام مقرب من المستوى 1 في الجداول من 2-4 إلى 2-6 بالفصل 2. وتحتاج البلدان لتقدير كيفية توافق أنواع الغطاء النباتي بها مع الفئات العريضة للغطاء النباتي الواردة في الجداول الافتراضية. وفيما يتعلق بالمستوى 1، ينبغي افتراض أن كافة الكربون في الكتلة الحيوية فوق الأرض والمادة العضوية الميتة في فئة الأراضي السابقة يفقد بعد التحويل مباشرة. ويمكن الحصول على القيم الافتراضية للكتلة الحيوية قبل التحويل في الفصل المخصص لنوع الاستخدام المعني (على سبيل المثال، يمكن الحصول على المعاملات الافتراضية للأراضي الحرجية في الفصل الذي يتناول الكتلة الحيوية في الأراضي الحرجية). ولحساب، انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون، يجب استخدام تقديرات كمية الوقود المحترقة فعلياً (الجدول 2-4).

المستوى 2

في طريقة من المستوى 2، يجب استخدام التقديرات الخاصة بالبلد لكتلة الوقود المتاح. كما يجب تجزيء البيانات وفقاً لأنواع الأبحاث، في حالة الأراضي الحرجية المحولة إلى *أراض زراعية*. كذلك ينبغي وضع معاملات احتراق وانبعاث تعكس الظروف الوطنية على نحو أفضل (المنطقة المناخية والمجال الحيوي وظروف الحرق) وتوفير نطاقات لعدم التيقن. علاوة على ذلك، وعلى نحو مختلف عن المستوى 1 والذي يُفترض فيه فقد كافة الكربون في الكتلة الحيوية فوق الأرض والمادة العضوية الميتة على الفور بعد التحويل، يجب في المستوى 2 تقدير عمليات تحويل الكتلة الحيوية إلى منتجات خشب محصود وخشب وقود (يحرق خارج الموقع) من أجل توفير تقدير أكثر موثوقية لكتلة الوقود المتاح للاحتراق.

المستوى 3

في المستوى 3، يجب وضع كافة البارامترات اللازمة لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات غير ثاني أكسيد الكربون على المستوى الوطني لأنواع الأراضي المختلفة التي تخضع للتحويل إلى *أراض زراعية*.

3-4-3-5 اختيار بيانات الأنشطة

تتعلق بيانات الأنشطة المطلوبة لتقدير انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من احتراق الكتلة الحيوية بالمساحة المتأثرة بهذا النشاط. وينبغي على البلدان التقسيم الفرعي للمساحة المحولة إلى *أراض زراعية* في الأراضي الحرجية المحولة والمروج الطبيعية المحولة نظراً لأن كمية الوقود المتاحة للاحتراق قد تختلف اختلافاً كبيراً من فئة إلى أخرى. والتحويل الأهم بين الأنواع المختلفة هو من الأراضي الحرجية إلى الأراضي الزراعية وذلك نظراً لكبر حجم الكتلة الحيوية المحولة في الهكتار. وتستلزم *الممارسة السليمة* ضمان اتساق بيانات المساحة المستخدمة في تقدير انبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون مع تلك المستخدمة في أقسام الكتلة الحيوية والمادة العضوية الميتة.

المستوى 1

يجب على البلدان التي تطبق طريقة من المستوى 1 تقدير المساحات المحولة إلى *أراض زراعية* من استخدامات الأراضي الأولية (الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية وغيرها). كما أن على البلدان التي تستخدم المقرب 1 من الفصل 3 أن تسعى جاهدة من أجل التقسيم الفرعي للأراضي المحولة إلى *أراض زراعية* من فئات استخدام الأراضي المختلفة. ويجب تقدير التحويل على أساس سنوي. ويمكن اشتقاق التقديرات بتطبيق معدل تحويل إلى *أراض زراعية* بالنسبة للمساحة الإجمالية المزروعة سنوياً. ويمكن تقدير هذا المعدل عن طريق المعرفة التاريخية وحكم الخبراء في البلد و/أو عينات المساحات المحولة إلى وتقدير الاستخدام النهائي للأرض. وعلى نحو

بديل، يمكن اشتقاق التقديرات باستخدام البيانات من المصادر العالمية، مثل الفاو، لتقدير مساحة الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية المحولة سنوياً، واستخدام حكم الخبراء لتقدير النسبة المحولة من هذه المساحة إلى أراض زراعية.

المستوى 2

يجب على البلدان، ما أمكن، استخدام تقديرات المساحة الفعلية لكافة عمليات التحويل الممكنة إلى أراض زراعية. وينبغي أن توفر البيانات متعددة الفترات المستشعرة عن بعد باستبانة كافية تقديرات أفضل لتحويل استخدام الأراضي من المقتربات المستخدمة في المستوى 1. وقد يكون التحليل قائماً على التغطية الكاملة للمنطقة أو على مساحات مختارة كعينات تمثيلية يتم الاستناد إليها في الحصول على تقديرات للمساحة المحولة إلى أراض زراعية في المنطقة ككل.

المستوى 3

يجب أن تقوم بيانات الأنشطة في المستوى 3 على طريقة المقرب الثالث المقدمة في الفصل 3 حيث يتم تقدير المساحة السنوية الإجمالية المحولة إلى أراض زراعية (من الأراضي الحرجية والمروج الطبيعية وفئات الاستخدام الأخرى). ومن الممارسة السليمة أن يتم وضع مصفوفة لتغير الاستخدام كما هو موضح في الفصل 3 بأسلوب واضح مكانياً. ويجب تجزئة البيانات وفقاً لنوع المجال الحيوي، أو المناخ، أو أنواع التربة، أو الحدود السياسية، أو مجموعة مؤلفة من هذه البارامترات.

4-4-3-5 تقدير عدم التيقن

المستوى 1

تنشأ مصادر عدم التيقن من: (1) استخدام معدلات متوسط التحويل العالمية أو الوطنية أو التقديرات السيئة لمساحة الأراضي المحولة إلى أراض زراعية، و(2) تقدير المساحة المحولة التي تم حرقها، و(3) كتلة الوقود المتاح، و(4) معاملات الاحتراق والانبعثات. وقد تم تقديم أوجه عدم التيقن المرتبطة بمعاملات الانبعثات والاحتراق، فيما تعتمد أوجه عدم التيقن المرتبطة بالعنصرين (1) و(2) بشكل كبير على الطريقة المستخدمة في التقدير.

وكتيجة لأوجه عدم التيقن هذه فمن غير المرجح أن يكون تقدير المساحة معروفاً بنسبة تزيد عن 20% وأن تكون الانبعثات بالنسبة لوحدة المساحة في حدود معامل 2 باستخدام طرق المستوى 1.

المستوى 2

من شأن استخدام تقديرات المساحة المستمدة من مصادر موثوقة (البيانات المستشعرة عن بعد، المقرب القائم على العينة) أن يؤدي إلى تحسين الدقة مقارنة بالمستوى 1 والمقرب 1 بالفصل 3. علاوة على ذلك فإن هذه المصادر من شأنها أن توفر تقديرات أفضل للمساحات المحولة والمحترقة. ويعمل مراعاة الكتلة المحولة إلى منتجات خشب محصود أو المزالة من الموقع في صورة خشب وقود والكتلة الحيوية المتروكة في الموقع لتتحلل، يعمل على إزالة أحد أوجه التحيز (التقدير المرتفع) في التقديرات. وإذا كانت تقديرات معاملات الانبعثات والاحتراق واصحوبة بنطاقات للخطأ (في صورة انحراف معياري)، فإن ذلك يسمح بتقدير عدم التيقن المقترن بالأراضي المحولة إلى أراض زراعية.

المستوى 3

يكون عدم التيقن أقل ويعتمد على دقة الاستشعار عن بعد والمسوح الميدانية، وكذلك على دقة مقرب وضع النماذج المستخدمة ومدخلات البيانات المقترنة به.

4-5 الاستيفاء والمتسلسلات الزمنية وضمان/مراقبة الجودة والإبلاغ

المادة المقدمة هنا تعتبر تكميلية للإرشادات العامة المقدمة في المجلد 1 حول هذه القضايا.

1-4-5 الاستيفاء

المستوى 1

يشتمل الحصر الوافي للأراضي الزراعية في المستوى 1 على ثلاثة عناصر: (1) تقدير تغيرات مخزون الكربون وانبعاثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون (مثل الميثان والكربون وأكسيد النيتروز وأكاسيد النيتروجين) من حرق الكتلة الحيوية بالنسبة لكافة الأراضي المحولة إلى أراض زراعية والأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية أثناء فترة الحصر. و(2) تناول تحليل الحصر لتأثير كافة ممارسات الإدارة الموضحة في طرق المستوى 1، و(3) مراعاة التحليل لاختلاف المناخ والتربة الذي يؤثر على الانبعثات وعمليات الإزالة (كما هو موضح في المستوى 1).

ويتطلب العنصران الأخيران توزيع أنظمة الإدارة على مساحات الأراضي الزراعية والتقسيم الفرعي حسب المناطق المناخية وأنواع التربة. ومن الممارسة السليمة بالنسبة للبلدان أن تحرص على استخدام نفس تصنيفات المساحة لأحواض الكتلة الحيوية والتربة إضافة إلى حرق الكتلة الحيوية (إلى الحد الذي تكون فيه التصنيفات مطلوبة لفئات المصدر هذه). ومن شأن ذلك أن يضمن الاتساق والشفافية وأن يسمح بالاستخدام الفعال لمسوح الأراضي وأدوات جمع البيانات الأخرى، وأن يتيح الربط الصريح بين انبعثات وعمليات إزالة ثاني أكسيد الكربون في أحواض الكتلة الحيوية والتربة وكذلك انبعثات الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية.

وفيما يتعلق بتقديرات الكتلة الحيوية ومخزون الكربون، فيجب على حصر الأراضي الزراعية أن يتناول تأثير تغير استخدام الأراضي (الأراضي المحولة إلى أراض زراعية) والإدارة. ورغم ذلك، قد لا تكون بيانات الأنشطة أو معرفة الخبراء كافية، في بعض الحالات، لتقدير تأثيرات الزراعة الحرجية وممارسات دوران المحصول وممارسات الفلاحة والري وإضافة السماد الطبيعي وإدارة المخلفات ونحو ذلك. وفي هذه الحالات فقد تلجأ البلدان لاستخدام حصر يتناول استخدام الأراضي فقط، غير أن النتائج ستكون غير كاملة ويجب

تحديد إسقاط ممارسات الإدارة على نحو في وثائق الإبلاغ تحقيقاً للشفافية. وعند وجود حالات إسقاط، فإن الممارسة السليمة تستلزم جمع بيانات أنشطة إضافية لعمليات الحصر المستقبلية، وبالأخص إذا كانت الكتلة الحيوية أو كربون يمثل فئة مصدر رئيسية.

ويمكن ألا يتم حساب التغيرات في مخزون الكربون لبعض مساحات الأراضي الزراعية إذا كان يعتقد أن انبعاثات وعمليات إزالة غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن هذه المساحات غير مؤثرة أو ثابتة بمرور الوقت، مثل الأراضي غير الخشبية التي لا تقع بها تغيرات في الإدارة أو الاستخدام. وفي هذه الحالة، فإن الممارسة السليمة تستلزم من البلدان توثيق وتعليل حالات الإسقاط.

وفيما يتعلق بحرق الكتلة الحيوية، يجب تقدير غازات الاحتباس الحراري غير ثاني أكسيد الكربون لكافة الفئات الرئيسية لمخلفات المحاصيل، مع الحرص على حساب إزالة المخلفات من الحقل لأغراض أخرى مثل إنتاج الطاقة، وحساب عمليات الفقد للبقايا نتيجة الرعي والتحلل خلال الفترة بين عمليات الحصاد والحرق. وفي حالة التحويل من أراض حرجية إلى أراض زراعية، يجب تضمين الانبعاثات الناجمة عن حرق المادة العضوية الميتة وكتلة الأشجار المزالة.

المستوى 2

يشتمل الحصر الكامل من المستوى 2 على عناصر مماثلة للمستوى 1 غير أنه يتضمن بيانات خاصة بالبلد: لتقدير معاملات تغير مخزون الكربون والقيم المرجعية لمخزون كربون التربة وتقديرات المخلفات (حمل الوقود) ومعاملات الاحتراق والانبعاث لحرق الكتلة الحيوية، ولوضع أوصاف المناخ وفئات التربة إضافة إلى تحسين تصنيفات أنظمة الإدارة. علاوة على ذلك، فإن من إجراءات الممارسة السليمة في حصر من المستوى 2 أن يتم إدماج البيانات الخاصة بالبلد لكل مكون. ولا يزال بالإمكان وصف عمليات الحصر بأنها وافية، إذا أمكن لها أن تجمع بين البيانات الخاصة بالبلد والقيم الافتراضية للمستوى 1.

المستوى 3

إضافة إلى الاعتبارات المتعلقة بالمستويين 1 و2، يعتمد تحقيق عمليات الحصر من المستوى 3 لمتطلب الاستيفاء على مكونات نظام التقييم الخاص بالبلد. ومن الناحية العملية، فإنه يرجح أن تقوم عمليات الحصر من المستوى 3 بحساب الانبعاثات وعمليات الإزالة من الأراضي الزراعية على نحو كامل باستخدام بيانات أوفر وأكثر تحديداً حول المناخ وأنواع التربة وحرق الكتلة الحيوية وأنظمة الإدارة. وتقتضي الممارسة السليمة من القائمين بالحصر وصف وتوثيق عناصر النظام الخاص بالبلد بما يثبت استيفاء المقتررب ومصادر البيانات. وفي حالة تحديد فجوات، فإن الممارسة السليمة تستلزم تجميع بيانات إضافية والعمل على مزيد من التطوير للنظام الخاص بالبلد.

2-4-5 إعداد متسلسلات زمنية متسقة

المستوى 1

تعتبر المتسلسلات الزمنية المتسقة مطلباً ضرورياً لتقييم الاتجاهات في الانبعاثات وعمليات الإزالة. وحفاظاً على الاتساق، يجب على القائمين بالحصر استخدام نفس التصنيفات والمعاملات خلال الفترة الزمنية للحصر بأكملها، يشمل ذلك المناخ وأنواع التربة، وتصنيفات أنظمة الإدارة، ومعاملات تغير مخزون الكربون، والقيم المرجعية لمخزون الكربون، وتقديرات المخلفات (حمل الوقود) ومعاملات الاحتراق ومعاملات انبعاث الغازات غير ثاني أكسيد الكربون. وهناك قيم افتراضية متوافرة لكافة هذه الخصائص ومن ثم فإن الاتساق يجب ألا يمثل قضية ذات شأن. إضافة إلى ذلك، يجب أن تظل قاعدة الأراضي متسقة بمرور الوقت، باستثناء الأراضي المحولة إلى أراض زراعية أو الأراضي الزراعية المحولة إلى استخدامات الأراضي الأخرى.

ويُنصح للبلدان أن تستخدم مصادر متسقة لبيانات الأنشطة فيما يخص استخدام الأراضي والإدارة وحرق الكتلة الحيوية طوال الحصر. وفيما يتعلق بالمقتربات القائمة على المعايير، حال استخدامها، فيجب استخدامها طوال فترة استمرار الحصر بما يضمن مقتربا متسقاً. ويجب على البلدان حال إنشاء فئات فرعية الاحتفاظ بسجلات تتسم بالشفافية عن كيفية تحديدها وتطبيقها على نحو متسق طوال فترة الحصر.

وفي بعض الحالات، قد تتغير مصادر بيانات الأنشطة أو التعريفات أو الطرق بمرور الوقت مع توافر معلومات جديدة. ويكون على القائمين بالحصر في هذه الحالة تحديد تأثير تغير البيانات أو الطرق على الاتجاهات، وإذا تبين أنه مؤثر، فإنه يجب إعادة حساب الانبعاثات وعمليات الإزالة للمتسلسلات الزمنية باستخدام الطرق المقدمة في الفصل 5 من المجلد 1.

وفيما يتعلق بالتغيرات في مخزون الكربون، فثمة عنصر أساسي في إنتاج متسلسلات زمنية متسقة هو ضمان الاتساق بين قيم مخزون الكربون بالنسبة للأراضي المحولة إلى أراض زراعية التي تم الإبلاغ عنها في فترات الإبلاغ السابقة وحالة هذه القيم بالنسبة لهذه الأراضي التي تظل أراضي زراعية في فترة الإبلاغ الحالية. على سبيل المثال، في حالة تحويل 50 طن من الكتلة الحيوية الحية فوق الأرض إلى حوض المادة العضوية الميتة في الأراضي المحولة من أراض حرجية إلى أراض زراعية في فترة الإبلاغ السابقة، فإن الإبلاغ في الفترة الحالية فيما يخص المخزون بهذه الأراضي يجب أن يفترض أن القيم الأولية لمخزون الكربون في حوض المادة العضوية الميتة 50 طن.

المستوى 2

علاوة على القضايا التي تم مناقشتها في المستوى 1، ثمة بعض الاعتبارات الإضافية المقترنة بدمج المعلومات الخاصة بالبلد في عملية الحصر. وعلى وجه أكثر تحديداً، تستلزم الممارسة السليمة استخدام قيم أو تصنيفات جديدة مستمدة من المعلومات الخاصة بالبلد عبر الفترة الكاملة للحصر وإعادة حساب المتسلسلات الزمنية. وبغير ذلك، قد تكون الاتجاهات الإيجابية أو السلبية في مخزونات الكربون أو حرق الكتلة الحيوية في جزء منها نتاج للتغيرات المقترنة بطرق الحصر عند نقطة معينة في المتسلسلات الزمنية وليست تعبيراً عن اتجاهات فعلية.

ومن الممكن ألا تتاح معلومات جديدة خاصة بالبلد طوال المتسلسلات الزمنية. وفي هذه الحالات، فإن من الممارسة السليمة أن يتم إثبات تأثير التغيرات في مستويات الأنشطة مقارنة بالبيانات أو الطرق المحدثة الخاصة بالبلد. ويمكن الحصول على الإرشادات المعنية بإعادة الحساب في هذه الحالات من الفصل 5 من المجلد 1.

المستوى 3

على نحو مماثل للمستويين 1 و2، تقتضي الممارسة السليمة تطبيق نظام التقدير الخاص بالبلد بامتداد كافة المتسلسلات الزمنية. ويجب على هيئات الحصر استخدام نفس بروتوكولات القياس (استراتيجية المعاينة والطريقة ونحو ذلك) و/أو النظام القائم على النموذج طوال فترة الحصر كلها.

3-4-5 ضمان ومراقبة الجودة

المستوى 1

من الممارسة السليمة في هذا المستوى أن يتم تطبيق آليات تُعنى بضمان/مراقبة الجودة مع المراجعة الداخلية والخارجية لبيانات حصر الأراضي الزراعية. ويجب أن يتم القيام بعمليات المراجعة الداخلية بواسطة الهيئة المسؤولة عن الحصر، بينما تجرى المراجعة الخارجية على يد هيئات، أو خبراء أو مجموعات أخرى لا يشاركون بصورة مباشرة في جمع بيانات الحصر.

وينبغي أن تركز المراجعة الداخلية على عملية تطبيق الحصر من أجل ضمان: (1) التقسيم الفرعي لبيانات الأنشطة على نحو ملائم حسب المناطق المناخية وأنواع التربة، و(2) تطبيق طرق تصنيف/وصف ممارسات الإدارة على نحو ملائم، و(3) نقل بيانات الأنشطة إلى ورقات العمل أو برامج حساب الحصر على نحو ملائم، و(4) تعيين معاملات تغير مخزون الكربون والقيم الافتراضية لمخزون الكربون وتقديرات المخلفات (حمل الوقود) ومعاملات حرق الكتلة الحيوية والاحتراق والانبعث بطريقة مناسبة. وقد تتضمن إجراءات ضمان/مراقبة الجودة الفحص البصري وكذلك دوال البرامج المضمنة لتدقيق إدخال البيانات والنتائج. وقد تكون الإحصائيات الموجزة ذات فائدة هي الأخرى، مثل تليخيص المساحات حسب الطبقة في ورقات عمل من أجل معرفة ما إذا كانت متسقة مع إحصائيات استخدام الأراضي. ويجب أن تظل المساحات الإجمالية ثابتة طوال فترة الحصر، بينما تختلف المساحات حسب الطبقة فقط حسب تصنيف استخدام الأراضي أو الإدارة (يجب أن ظل مساحات المناطق المناخية وأنواع التربة ثابتة).

وفيما يتعلق بالمراجعة الخارجية، فإنها ينبغي أن تتناول مدى صحة المقترَب المستخدم في الحصر وشمولية وثائق الحصر وتفسير الطرق والشفافية الكلية. ومن الأهمية أن يتم تقييم ما إذا كانت المساحة الإجمالية للأراضي الزراعية تعبر عن المساحة الفعلية، وعلى المراجعين القيام بتدقيق مقارن لتقديرات المساحة عبر فئات الاستخدام المختلفة (أي الأراضي الحرجية والأراضي الزراعية والمروج الطبيعية وغيرها) لضمان أن مجموع قاعدة الأراضي الكلية للبلد متساو عبر كل عام من الأعوام في فترة الحصر.

المستوى 2

إضافة إلى إجراءات ضمان/مراقبة الجودة التي ينبغي تطبيقها في المستوى 1، ينبغي على الهيئة القائمة بالحصر مراجعة المناطق المناخية، وأنواع التربة، وتصنيفات أنظمة الإدارة، ومعاملات التغير في مخزون الكربون والقيم المرجعية لمخزون الكربون وتقديرات المخلفات (حمل الوقود) ومعاملات الاحتراق و/أو معاملات انبعاث الغازات غير ثاني أكسيد الكربون من حرق الكتلة الحيوية. وفي حالة استخدام المعاملات استناداً إلى قياسات مباشرة، يجب على الهيئة مراجعة القياسات لضمان أنها تمثل النطاق الفعلي للظروف البيئية وظروف الإدارة وأنه تم تطويرها وفقاً للمعايير المتعارف عليها (IAEA, 1992). وتقتضي الممارسة السليمة، ما أمكن، مقارنة المعاملات الخاصة بالبلد مع معاملات تغير المخزون والانبعاث بالمستوى 2 التي يجري استخدامها بواسطة بلدان أخرى ذات ظروف مشابهة، وكذا بالمعاملات الافتراضية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.

ونظراً للتعقيد الذي تتسم به اتجاهات الانبعاث والإزالة، فيجب إشراك أحد المتخصصين في عملية المراجعة الخارجية للحكم على تقديرات حمل الوقود المرتبط بالمخلفات ومعاملات تغير المخزون ومعاملات الاحتراق والانبعاث وكذا المناطق المناخية الخاصة بالبلد وأنواع التربة و/أو توصيفات أنظمة الإدارة.

المستوى 3

يرجع أن تتطلب أنظمة الحصر الخاصة بالبلد إجراءات ضمان/مراقبة جودة إضافية، غير أن ذلك يتوقف على الأنظمة المستخدمة. ومن الممارسة السليمة أن يتم العمل على وضع بروتوكول لضمان/مراقبة الجودة يناسب نظام الحصر المتقدم الخاص بالبلد وأرشفة التقارير وتضمين نتائج موجزة في وثائق الإبلاغ.

4-4-5 الإبلاغ والتوثيق

المستوى 1

بوجه عام، تقتضي الممارسة السليمة القيام بأرشفة وتوثيق كافة البيانات والمعلومات اللازمة لإنتاج تقديرات الحصر الوطنية. بالنسبة للمستوى 1، يتعين على القائمين بالحصر توثيق اتجاهات بيانات الأنشطة إلى جانب أوجه عدم التيقن المتعلقة بالأراضي الزراعية. وتشتمل الأنشطة الرئيسية على كل من التغير في استخدام الأراضي واستخدام المخصبات المعدنية وممارسات الزراعة الحرجية والمحسنتات العضوية وإدارة الفلاحة والدورات الزراعية وإدارة النفايات (بما في ذلك الحرق) إلى جانب ممارسات الري ونطاق الأنظمة الزراعية المختلطة وإدارة المياه في أنظمة زراعة الأرز والتغير في استخدام الأراضي.

وعلاوة على ما سبق، فإن الممارسة السليمة تستلزم كذلك القيام بأرشفة قواعد البيانات الفعلية، مثل بيانات الإحصاءات الزراعية والإجراءات المتبعة في معالجة البيانات (كالبرامج الإحصائية) والتعريفات المستخدمة في تصنيف أو تجميع بيانات الأنشطة فضلاً عن الإجراءات المتبعة في تصنيف بيانات الأنشطة في فئات فرعية حسب المناطق المناخية وأنواع التربة (للمستويين 1 و2). ولا بد من توثيق أوراق العمل وبرامج الحصر مع ملفات المدخلات/المخرجات التي تم إنشاؤها بهدف تقديم النتائج.

وإذا لم تكن بيانات الأنشطة متاحة بشكل مباشر من خلال قواعد البيانات أو إذا تم تجميع مجموعات البيانات المتعددة فلا بد من إعطاء وصف للمعلومات والافتراضات والإجراءات التي تم اتباعها من أجل اشتقاق بيانات الأنشطة مع العلم بأن هذا التوثيق لا بد أن ينطوي على مرات تكرار جمع وتقييم البيانات فضلاً عن حالة عدم التيقن. ولا بد أيضاً من توثيق معرفة الخبراء وأرشفة المراسلات.

ط المباشر بين التغييرات في الكتلة

الحيوية باستخدام الأراضي أو التغييرات في ممارسات الزراعة الحرجية، مع مراعاة أن اتجاهات مخزون كربون التربة قد تُعزى إلى استخدام الأراضي أو إلى التغييرات في أنشطة الإدارة الرئيسية، كما تم توضيحه سابقاً. وسوف تعتمد انبعاثات حرق الكتلة الحيوية من المخلفات على مدى الاستعانة بعملية الحرق كإحدى الطرق المستخدمة في تجهيز الحقول وإعدادها للزراعة. وهنا تجدر الإشارة إلى أن التذبذبات ذات الأهمية في الانبعاثات بين السنوات يجب أن يتم تناولها بالشرح والتوضيح.

ومما يذكر أن هناك حاجة ماسة إلى أن تقوم الدول بإجراء التوثيق لدى انتهائها من عمليات الحصر الخاصة بها والقضايا المتعلقة باتساق المتسلسلة الزمنية أو عدم اتساقها، هذا إلى جانب وضع ملخص بمقاييس ونتائج ضمان/مراقبة الجودة.

المستوى 2

بالإضافة إلى الاعتبارات التي يجب مراعاتها في المستوى 1، يتعين على القائمين بالحصر توثيق الأساس الذي تقوم عليه معاملات التغير في مخزون الكربون الخاصة بالبلد المعني والمخلفات المقدرة (أوزان الوقود) ومخزون الكربون المرجعي ومعاملات الوقود والاحتراق الخاصة بحرق الكتلة الحيوية، إلى جانب نظام تصنيف الإدارة والمناطق المناخية وأنواع التربة. وعلاوة على ذلك، فإن من الممارسة السليمة المتبعة في هذا الصدد القيام بأرشفة البيانات الوصفية ومصادر البيانات بالنسبة للمعلومات التي يتم الاستعانة بها في الحكم على القيم الخاصة بالبلد المعني.

ولا بد أن يشتمل توثيق الإبلاغ على المعاملات الخاصة بالبلد المعني (كوسائل وأوجه عدم التيقن). ومن الممارسة السليمة في هذا الصدد تضمين مناقشة في تقرير الحصر حول أوجه الاختلاف بين المعاملات الخاصة بالبلد المعني والقيم الافتراضية للمستوى 1 إلى جانب معاملات المستوى 2 من المناطق التي تنطوي على ظروف مشابهة للدولة القائمة بالإبلاغ. وفي حالة استخدام معاملات الانبعاث والمعلومات والوسائل للأغراض المختلفة، فلا بد من شرح أسباب تلك الاختلافات وتوثيقها. وإلى جانب ذلك، يجب على الهيئات المعنية بالحصر إعطاء وصف لتصنيفات الإدارة والمناخ أو أنواع التربة الخاصة بالبلد. كما يُوصى بتوثيق التحسينات التي تطرأ على طرق الحصر ارتكازاً إلى التصنيفات الجديدة. فعلى سبيل المثال، يمكن تقسيم ممارسات إدارة الفلاحة إلى فئات فرعية إضافية لا تندرج ضمن فئات المستوى 1 (كفئة الفلاحة المخفضة والكاملة وفئة بلا فلاحة). غير أن الأقسام الفرعية الأخرى ستعمل فقط على تحسين تقديرات الحصر في حالة ما إذا طرأت على تغير المخزون أو معاملات الانبعاث اختلافات واضحة بين الفئات الجديدة.

وعند القيام بمناقشة الاتجاهات في الانبعاثات وعمليات الإزالة، فلا بد من التفريق بين التغييرات في مستويات الأنشطة والتغييرات في الأساليب من عام لآخر، مع توثيق الأسباب الداعية إلى هذه التغييرات.

المستوى 3

تحتاج عملية الحصر الخاصة بالمستوى 3 إلى توثيق مماثل حول بيانات الأنشطة واتجاهات الانبعاثات وعمليات الإزالة مثل مقتربات المستويات الأدنى، إلا أنه لا بد من تضمين التوثيق الإضافي لشرح الأساس والإطار اللذين يقوم عليهما نظام التقدير الخاص بالبلد المعني. ومع عمليات الحصر القائمة على القياس، تقتضي الممارسة السليمة القيام بتوثيق تصميم المعاينة والإجراءات العملية إلى جانب تقنيات تحليل البيانات. ولا بد من أرشفة بيانات القياس والنتائج التي أفرزتها تحليلات البيانات. وبالنسبة لمقتربات المستوى 3 التي تستخدم النماذج، فإن الممارسة السليمة تقتضي القيام بتوثيق نسخة النموذج وتقديم وصف للنموذج إلى جانب الأرشفة الدائمة لنسخ من كافة ملفات مدخلات النماذج وكود المصدر والبرامج القابلة للتنفيذ.

5-5 انبعاثات غاز الميثان من زراعة الأرز

يؤدي تحلل المواد العضوية بحقول الأرز المغمورة في ظروف غياب الأكسجين إلى إنتاج غاز الميثان الذي ينطلق إلى الغلاف الجوي بصورة رئيسية من خلال الانتقال عبر نبات الأرز (Takai, 1970; Cicerone and Shetter, 1981; Conrad, 1989; Nouchi et al., 1990). ويعتمد المقدار السنوي لغاز الميثان المنبعث من منطقة معينة لزراعة الأرز على كمية المحاصيل المزروعة ومدتها، إلى جانب أنظمة المياه المستخدمة قبل وأثناء فترة الزراعة والتعديلات العضوية وغير العضوية بالتربة (Neue and Sass, 1994; Minami, 1995). علاوة على ذلك، فإن لنوع التربة ودرجة الحرارة وبنية الأرز تأثيراً أيضاً على انبعاثات غاز الميثان. وتشتمل الخطوط التوجيهية الجديدة المتعلقة بحساب انبعاثات غاز الميثان على العديد من التغييرات إذا ما أُورنت بالخطوط التوجيهية لعام 1996 ودليل الممارسات السليمة لعام 2000، وتتمثل هذه التغييرات في (1) مراجعة معاملات الانبعاثات والقياس المأخوذة من التحليلات المُحدثة للبيانات المتاحة، (2) استخدام معاملات الانبعاثات اليومية - بدلاً من الموسمية - من أجل إتاحة درجة مرونة أكبر في عملية الفصل بين المواسم الزراعية وفترات إراحة الأرض، (3) معاملات القياس الجديدة الخاصة بنظام المياه قبل فترة الزراعة وأوقات دمج القش بالتربة، (4) إدراج المقترَب الخاص بالمستوى 3 بما يتماشى مع المبادئ العامة الخاصة بمراجعة المبادئ التوجيهية لعام 2006. هذا فضلاً عن أن المبادئ التوجيهية المُراجعة تحتفظ هي الأخرى بالحسابات المنفصلة لانبعاثات أكسيد النيتروز الصادرة عن زراعة الأرز (كأحد أشكال التربة المُدارة)، وقد تم تناول هذه المسألة في الفصل 11.

1-5-5 اختيار الطريقة

تعتبر المعادلة 1-5 المعادلة الأساسية لتقدير انبعاثات الميثان من زراعة الأرز، والتي تتم من خلال ضرب معاملات الانبعاثات اليومية في فترة زراعة الأرز³ ومساحات الأراضي المحصودة سنوياً⁴. وهذه المعادلة يتم تنفيذها في أبسط صورها من خلال استخدام بيانات الأنشطة الوطنية (مثل المعدل الداخلي لفترة زراعة الأرز ومساحات الأراضي المحصودة) إلى جانب معامل انبعاث واحد. ومع ذلك

³ في حالة محصول الخلفة، يجب مد "فترة الزراعة" بإضافة عدد الأيام ذات الصلة.

⁴ في حالة تعدد زراعة المحاصيل في نفس العام، تكون "المساحة المحصودة" مساوية لمجموع المساحة المحصودة لمرات زراعة المحصول.

ساحات

محسودة في ظل أنظمة المياه المختلفة). علماً بأن مساحات الأراضي المحسودة لكل وحدة فرعية يتم ضربها في فترة الزراعة ذات الصلة ومعامل الانبعاثات الذي يمثل الظروف التي تحدد الوحدة الفرعية (Sass, 2002). ومن خلال هذا المقترَب التجزيئي، تكون الانبعاثات السنوية مساوية لمجموع الانبعاثات الصادرة من كل وحدة من الوحدات الفرعية لمساحات الأراضي المحسودة.

$$\text{المعادلة 1-5}$$

$$\text{انبعاثات غاز الميثان من زراعة الأرز}$$

$$CH_4 \text{ Rice} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

حيث:

$CH_4 \text{ Rice}$ = الانبعاثات السنوية لغاز الميثان من زراعة الأرز، Gg ميثان عام

EF_{ijk} = معامل انبعاث يومي لكل من I و J و k ، كجم ميثان لكل هكتار في اليوم

t_{ijk} = فترة زراعة الأرز لكل من I و J و k ، يوم

A_{ijk} = مساحة الأزر السنوية المحسودة لكل من I و J و k ، هكتار في العام

I و J و k = الأنظمة الحيوية المختلفة والأنظمة المائية ونوع ومقدار المحسنات العضوية إلى جانب بعض الظروف الأخرى التي قد تختلف انبعاثات الميثان الصادرة عن زراعة الأرز تبعاً لها.

وتشمل الظروف المختلفة التي ينبغي مراعاتها على نوع النظام الحيوي الخاص بالأرز ونمط الغمر قبل وأثناء فترة الزراعة إلى جانب نوع ومقدار المحسنات العضوية. وإضافة إلى ما سبق، هناك بعض الظروف الأخرى، مثل نوع التربة وصنف الأرز، التي يمكن مراعاتها في عملية التجزيء إذا ما توافرت المعلومات الخاصة بالبلد المعني حول العلاقة بين هذه الظروف وانبعاثات غاز الميثان. هذا ويحتوي الجدول 5-12 على أنواع النظام الحيوي للأرز والأنظمة المائية أثناء فترات الزراعة. وإذا كان من الممكن تقسيم الإنتاج الوطني من الأرز فرعياً إلى مناطق مناخية مع أنظمة الإنتاج المختلفة (كنماذج الغمر)، فيجب استخدام المعادلة 5-1 مع كل منطقة على حدة. وينطبق الأمر ذاته إذا ما توافرت إحصائيات الأرز أو أحكام الخبراء من أجل تمييز ممارسات الإدارة أو المعاملات الأخرى بما يتماشى مع الوحدات الإدارية (المناطق أو الأقاليم). وعلاوة على ذلك، إذا تم حصاد أكثر من محصول واحد في سنة معينة، فلا بد من تقدير الانبعاثات بالنسبة لكل موسم زراعة مع الأخذ في الاعتبار الاختلافات المحتملة في الممارسات الزراعية (كاستخدام التعديلات العضوية ونمط الفيضان قبل وأثناء فترة الزراعة).

هذا وتعد شجرة القرار الواردة بالشكل 5-2 بمثابة خطوط إرشادية ينبغي للهيئات المعنية بالحصر الاستعانة بها في تطبيق مقترَب الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والمتعلق بالممارسة السليمة، حيث اشتملت هذه الشجرة ضمناً على تسلسل هرمي لعملية التجزيء في تنفيذ الطريقة الخاصة بالهيئة. وفي هذا التسلسل الهرمي، سيعتمد مستوى التفصيل المستخدم من قبل الهيئة المعنية بالحصر على مدى توافر بيانات الأنشطة وبيانات معامل الانبعاث، كما سيعتمد أيضاً على الأهمية التي يمثلها الأرز باعتباره عاملاً يساهم في الانبعاثات الوطنية لغازات الاحتباس الحراري. وقد تمت مناقشة الخطوات والمتغيرات المحددة في هذه الشجرة، والأساس المنطقي لها، في النص التالي لشجرة القرار.

المستوى 1

ينطبق المستوى 1 على البلدان التي لا تمثل انبعاثات الميثان الصادرة عن زراعة الأرز بها فئة رئيسية أو لا توجد بها معاملات انبعاث خاصة بالبلد المعني. ولا بد من القيام بعملية فصل مساحة أراضي حصاد الأرز السنوية لثلاثة أنظمة مائية رئيسية على الأقل بما فيها المروية والمطرية والأراضي المرتفعة. كما يُوصى بدمج العديد من الظروف (مثل I و J و k) التي لها تأثير على انبعاثات الميثان (المُلخّصة في الإطار 5-2) متى أمكن ذلك. ومما يذكر أن الانبعاثات الصادرة عن كل وحدة فرعية يتم تعديلها من خلال ضرب معامل انبعاث افتراضي (لحقل بدون فيضانات سابقة للموسم بأقل من 180 يوماً قبل زراعة الأرز والأراضي المغمورة باستمرار دون محسنات عضوية، EF_c) في معاملات قياس عديدة كما هو موضح بالمعادلة 5-2. هذا وتم الحسابات الخاصة بكل نظام مائي وتعديل عضوي بشكل منفصل كما هو موضح بالمعادلة 5-1.

الإطار 2-5

الظروف المؤثرة على انبعاثات غاز الميثان من زراعة الأرز

يجب مراعاة الخصائص التالية الخاصة بزراعة الأرز عند القيام بحساب انبعاثات غاز الميثان وكذا عند القيام بتطوير معاملات الانبعاث:

الاختلافات الإقليمية في ممارسات زراعة الأرز: إذا كانت الدولة بها مساحات شاسعة وامتدادية وأقاليم زراعية متميزة تتمتع بمناخ مختلف و/أو أنظمة إنتاج (كنماذج الغمر)، فلا بد من القيام بمجموعة منفصلة من الحسابات لكل منطقة على حدة.

المحاصيل المتعددة: في حالة حصاد أكثر من محصول واحد في مساحة أرض معينة أثناء فترات العام، مع اختلاف ظروف الزراعة بين المواسم، فلا بد من إجراء الحسابات لكل موسم على حدة.

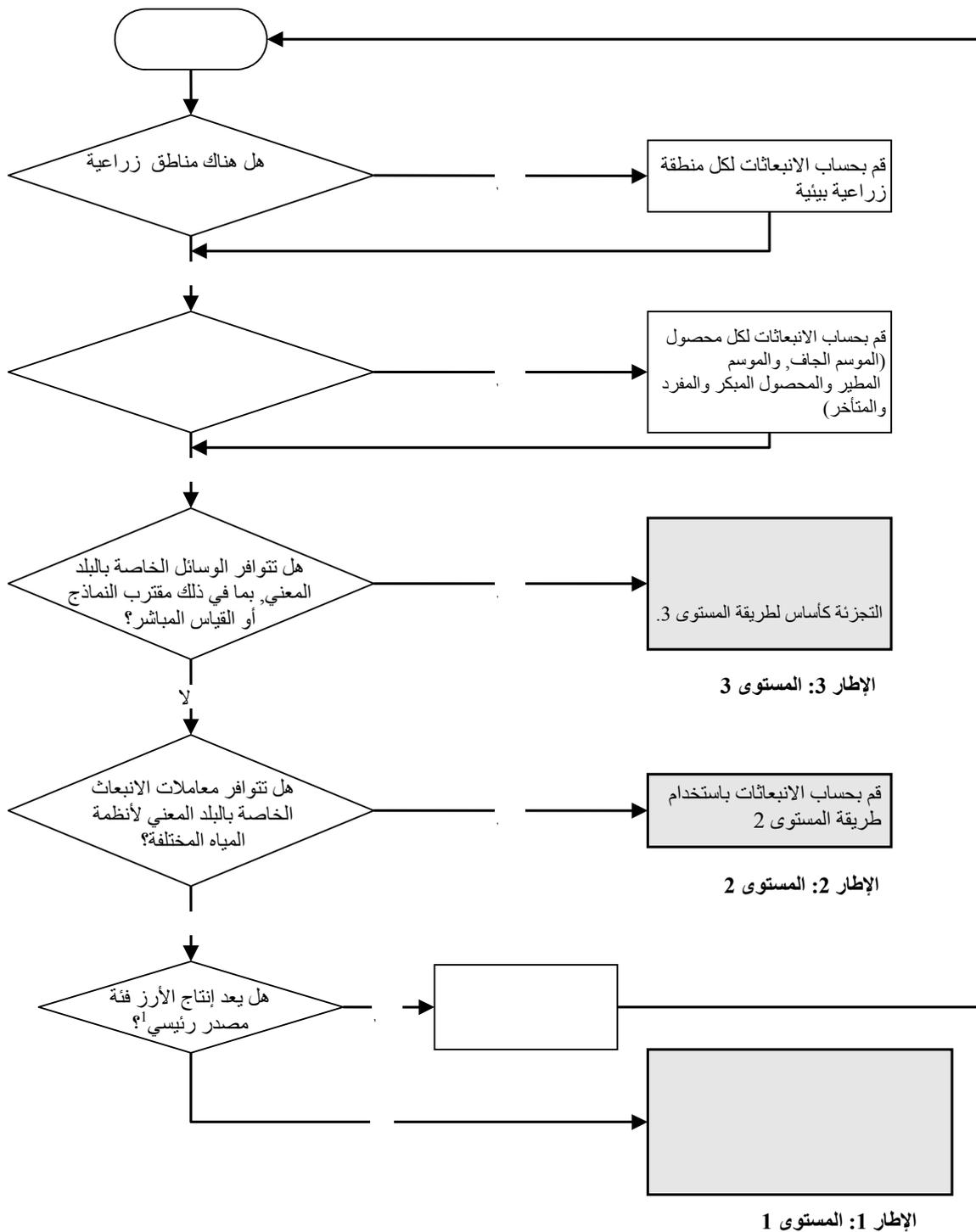
النظام المائي: يُعرف النظام المائي، في سياق هذا الفصل، على أنه مجموعة مؤلفة من (1) نوع النظام الحيوي و(2) نمط الغمر.

نوع النظام الحيوي: يجب إجراء الحسابات المنفصلة، بحد أدنى، لكل نظام حيوي للأرز (كالمروي والقائم على الأمطار وإنتاج الأرز المعتمد على المياه العميقة).

نمط الغمر: يؤثر نمط الغمر الخاص بحقول الأرز بشدة على انبعاثات غاز الميثان (Yagi et al., 1992; Sass et al., 2000; Wassmann et al., 1996; al.). ويمكن تصنيف الأنظمة الحيوية للأرز إلى أنظمة يتم غمرها على نحو مستمر ومتقطع (الأرز المروي) وأنظمة تعتمد بشكل منتظم على مياه الأمطار وأخرى معرضة للجفاف وأنظمة المياه العميقة، وذلك وفقاً لأنماط الغمر أثناء فترة الزراعة. ولا بد أيضاً من مراعاة أنماط الغمر قبل فترة الزراعة وأخذها في الاعتبار (Yagi et al., 1998; Cai et al., 2000; 2003a; Fitzgerald et al., 2000).

المحسنات العضوية للتربة: تعمل المواد العضوية التي يتم تزويد تربة محصول الأرز بها على زيادة انبعاثات غاز الميثان (Sass et al., 1991; Schütz et al., 1989; Yagi and Minami, 1990). ويعتمد تأثير المحسنات العضوية على انبعاثات غاز الميثان على نوع ومقدار المواد المستخدمة التي يمكن تحديدها وفقاً لمنحنى الاستجابة للجرعة (Denier van der Gon and Neue, 1995; Yan et al., 2005). وقد تكون المواد العضوية التي يتم استخدامها في التربة من مصادر داخلية (مثل القش والأسمدة الخضراء ونحوها) أو خارجية (مثل خلائط التسميد والأسمدة الحيوانية ونحوها). وفي هذا الصدد، لا بد أن تراعى حسابات الانبعاثات تأثير المحسنات العضوية وتأخذها في الاعتبار.

ظروف أخرى: من المعروف أن هناك عوامل أخرى، مثل نوع التربة (Sass et al., 1994; Wassmann et al., 2002; Huang et al., 1998) وصنف الأرز (Watanabe and Kimura, 1998; Wassmann and Aulakh, 2000) والمحسنات الكبريتية (Lindau et al., 1993; Denier van der Gon and Neue, 2002) وبعض العوامل الأخرى يمكنها التأثير على انبعاثات غاز الميثان. لذا، يجب على جميع الهيئات المعنية بالبحر بدل كافة الجهود الممكنة لمراعاة هذه الظروف إذا ما توافرت المعلومات الخاصة بالبلد المعني حول العلاقة بين تلك الظروف وانبعاثات غاز الميثان.



ملاحظة:

1: راجع الفصل 4 من المجلد الأول "اختيار المنهجيات وتحديد الفئات الرئيسية" (مع ملاحظة القسم 4-1 - 2 الخاص بالموارد المحدودة), لمناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجرات القرارات.



حيث:

$$\begin{aligned}
 EF_i &= \text{معامل الانبعاث اليومي المعدل لمساحة محصودة معينة} \\
 EF_e &= \text{معامل الانبعاث الرئيسي للحقول المغمورة باستمرار بدون أية تعديلات عضوية} \\
 SF_w &= \text{معامل توسيع لحساب الاختلافات في نظام المياه أثناء فترة الزراعة (من الجدول 5-12)} \\
 SF_p &= \text{معامل توسيع لحساب الاختلافات في نظام المياه في الفترة السابقة للموسم قبل فترة الزراعة (من الجدول 5-13)} \\
 SF_0 &= \text{ينبغي أن يتغير معامل التوسيع بالنسبة لكل من نوع ومقدار المحسن العضوي المستخدم (من المعادلة 5-2 والجدول 5-14)} \\
 SF_{s,r} &= \text{معامل التوسيع لنوع التربة وصنف الأرز ونحوه. حال توافره}
 \end{aligned}$$

المستوى 2

يطبق المستوى 2 نفس المقترح المنهجي الخاص بالمستوى 1 غير أنه لا بد من استخدام معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد المعني و/أو معاملات القياس. ولا بد من الاستعانة بمعاملات الانبعاث الخاصة بالبلد المعني من أجل إظهار التأثير المحلي للظروف I و J و k وغيرها) التي تؤثر على انبعاثات غاز الميثان، والتي يفضل أن يتم تطويرها عن طريق جمع البيانات الميدانية. ومثلما هو الحال مع المستوى 1، يوصى بتنفيذ الطريقة عند أكثر المستويات تجزئياً مع دمج أكبر كم ممكن من الظروف I و J و k وغيرها) التي لها تأثير على انبعاثات غاز الميثان.

المستوى 3

يشتمل المستوى 3 على نماذج وشبكات رصد يتم تصميمها خصيصاً للتوافق مع الظروف الوطنية، وتكرارها بمرور الوقت، وإجراؤها باستخدام بيانات أنشطة عالية الدقة، وتجزئتها على المستوى دون الوطني. ومن الممكن أن تكون هذه النماذج تجريبية أو ميكانيكية غير أنه يجب في كلتا الحالتين التحقق منها باستخدام المشاهدات المستقلة التي يتم الحصول عليها من الدراسات التي تتم داخل البلد أو المنطقة والتي تغطي نطاق خصائص زراعة الأرز (Cai *et al.*, 2003b; Li *et al.*, 2004; Huang *et al.*, 2004). ومن هنا فإن عملية التوثيق الملائمة لصلاحية واستيفاء البيانات والافتراضات والمعادلات والنماذج المستخدمة تمثل أهمية بالغة. ومما يُذكر أن المنهجيات الخاصة بالمستوى 3 قد تراعي هي الأخرى التغييرات التي تحدث بين السنوات نتيجة للأضرار الناجمة عن الأعاصير المدارية وضغوط الجفاف ونحو ذلك. ومن هنا فإن التقييم النموذجي في هذه الحالة ينبغي أن يكون مرتكزاً على أحدث بيانات للأقمار الصناعية.

5-5-2 اختيار معاملات الانبعاث والقياس

المستوى 1

يُستخدم معامل الانبعاث الرئيسي للحقول التي لا تُغمر قبل ما يقل عن 180 يوماً من زراعة الأرز والحقول التي تُغمر بصفة مستمرة أثناء فترة زراعة الأرز دون تعديلات عضوية (EF_0)، كنقطة بدء- وتصل قيمة EF_0 الافتراضية إلى 1-30 كجم ميثان هكتار عام (بنطاق خطأ يصل إلى 0.80-2.20، الجدول 5.11). وقد تم تقدير هذه القيمة من خلال تحليل إحصائي لبيانات القياس الميدانية المتاحة (Yan *et al.*, 2005)، مجموعة البيانات المستخدمة في هذا التحليل متاحة على أحد مواقع الويب⁵).

تجدر الإشارة إلى أن معاملات التوسيع تستخدم لضبط EF_0 من أجل حساب الظروف المختلفة التي تمت مناقشتها في الإطار 5-2، للحصول على معاملات انبعاث يومية مُعدّلة (EF_i) لوحدة فرعية معينة من المساحة المحصودة المُجزئة وذلك وفقاً للمعادلة 5-2. وقد تمثيل معاملات التوسيع الأكثر أهمية، وهي النظام المائي أثناء وبعد فترة الزراعة والمحسّنات العضوية. في الجدولين 5-12 و 5-13 على التوالي من خلال القيم الافتراضية. ولا بد من الاستعانة بمعاملات التوسيع الخاصة بالبلد المعني إذا كانت معتمدة على بيانات قياس صحيحة وموثقة. كما يُوصى بدراسة نوع التربة وصنف الأرز إلى جانب بعض العوامل الأخرى متى توافرت.

⁵ <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/>

الجدول 5-11		المعامل الافتراضي لانبعاث الميثان الأ
والغمر المتواصل أثناء زراعة الأرز		
معامل الانبعاث		انبعاثات الميثان (كجم ميثان لكل هكتار في اليوم)
المصدر: Yan et al., 2005		

النظام المائي أثناء فترة الزراعة (SF_w): يقدم الجدول 5-12 معاملات التوسيع الافتراضية ونطاقات الخطأ التي تقوم بتوضيح الأنظمة المائية المختلفة. وتشير الحالة الإجمالية إلى المواقف التي تكون فيها بيانات الأنشطة متاحة لأنواع الأنظمة الحيوية للأرز فقط، وليس لأنماط الغمر (راجع الإطار 5-2). وفي الحالة المُجزئة، يمكن تمييز أنماط الغمر في صورة فئات فرعية كما هو موضح بالجدول 5-12. وتقتضي أن الممارسة السليمة جمع المزيد من بيانات الأنشطة المُجزئة وتطبيق الحالة المُجزئة SF_w متى كان ذلك ممكناً.

الجدول 5-12			
النظام المائي		معامل التوسيع	
طاق الخطأ			
الأراضي الم			
1.26 - 0.			
0.80 - 0.46	0.60		بصورة متقطعة - تهوية فردية
0.66 - 0.4			مغمورة بصورة متقطعة - تهوية متعددة
0.37 - 0.			
0.36 - 0.			
ND			
<p>ND: غير محدد</p> <p>^أ لا تُغمر الحقول إطلاقاً في فترة زمنية معينة.</p> <p>^ب تُغمر الحقول لفترة زمنية محددة ويتم التحكم في النظام المائي بشكل كامل.</p> <ul style="list-style-type: none"> • مغمورة باستمرار: تظل المياه قائمة بالحقول طوال موسم زراعة الأرز وقد تجف فقط لأغراض الحصاد (التصريف في نهاية الموسم). • مغمورة بصورة متقطعة: يتم تهوية الحقول مرة واحدة لفترة تزيد على ثلاثة أيام أثناء موسم الزراعة. - التهوية المفردة: يتم تهوية الحقول مرة واحدة أثناء موسم الزراعة في أية مرحلة من مراحل النمو (عدا عند التصريف في نهاية الموسم). - التهوية المتعددة: يتم تهوية الحقول أكثر من مرة أثناء موسم الزراعة (عدا عند التصريف في نهاية الموسم). <p>^ج تُغمر الحقول لفترة زمنية محددة ويعتمد النظام المائي على التهطل فقط.</p> <p>معتمدة على مياه الأمطار المنتظمة: قد يرتفع مستوى المياه ليصل إلى 50 سم أثناء فترة الزراعة.</p> <p>معرضة للجفاف: يحدث الجفاف على فترات في كل موسم من مواسم الزراعة.</p> <p>الأرز المعتمد على المياه العميقة: ترتفع مياه الفيضان إلى ما يزيد عن 50 سم في فترة زمنية معينة أثناء موسم الزراعة.</p> <p>ملاحظة: يمكن تمييز فئات النظام الحيوي الأخرى للأرز، كالمستنقعات والأراضي الرطبة الداخلية أو الملحية أو المدية، داخل كل فئة فرعية.</p> <p style="text-align: right;">المصدر: Yan et al., 2005</p>			

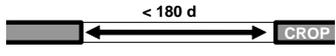
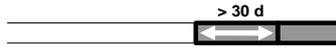
النظام المائي قبل فترة الزراعة (SF_p): يقدم الجدول 5-13 معاملات القياس الافتراضية للنظام المائي قبل فترة الزراعة والتي يمكن استخدامها عندما تكون البيانات الخاصة بالبلد غير متاحة. ويفرق هذا الجدول بين ثلاثة أنظمة مائية مختلفة قبل زراعة الأرز، وهي:

عدم الغمر قبل الموسم > 180 يوماً، وغالباً ما يحدث في حالة الزراعة المزدوجة للأرز.

عدم الغمر قبل الموسم < 180 يوماً، كزراعة محصول الأرز مرة واحدة في أعقاب فترة إراحة الأرض.

الغمر قبل الموسم والذي يتم من خلاله تحديد الحد الأدنى لفترات الغمر عند 30 يوماً، كفترات الغمر القصيرة (عادة ما تتم بهدف إعداد التربة للحراثة) التي لا يتم إدراجها ضمن هذه الفئة.

وفي حالة عدم توافر بيانات الأنشطة الخاصة بحالة المياه قبل الموسم، يمكن استخدام معاملات الحالة الإجمالية، علماً بأن الممارسة السليمة تقتضي جمع المزيد من بيانات الأنشطة المجزئة وتطبيق الحالة المجزئة SF_p . جدير بالذكر أن معاملات التوسيع الخاصة بالأنظمة المائية الإضافية يمكن تطبيقها إذا ما توافرت البيانات الخاصة بالبلد المعني.

الجدول 5-13 معاملات القياس الافتراضية لانبعاثات الميثان الخاصة بالأنظمة المائية قبل فترة الزراعة				
الحالة المُجزئة		الحالة الإجمالية		النظام المائي قبل زراعة محصول الأرز (عرض تخطيطي يوضح فترات الغمر كما هو مظلّل)
ق الخطأ	(SF_p)	نطاق الخطأ	معامل القياس (SF_p)	
1.14 - 0.88	1	1.40 - 1.07	1.22	عدم الغمر قبل الموسم > 180 يوماً 
0.80 - 0.58	0.68			عدم الغمر قبل الموسم < 180 يوماً 
2.18 - 1.65	1.90			الغمر قبل الموسم (<30 يوماً) 

^أ لا يتم مراعاة فترات الغمر القصيرة قبل الموسم لما يقل عن 30 يوماً عند اختيار SF_p

^ب لحساب الانبعاثات الصادرة قبل الموسم، انظر أدناه (القسم المتعلق بالاستيفاء)

المصدر: Yan et al., 2005

المحسنات العضوية (SF_o): تقتضي الممارسة السليمة تطوير معاملات التوسيع التي تقوم بدمج المعلومات المتعلقة بنوع ومقدار المحسن العضوي المستخدم (خلاط التسميد والأسمدة الحيوانية والأسمدة الخضراء وقش الأرز). وعلى أساس كتلي متساوٍ، تنبعث كميات أكبر من غاز الميثان نتيجة للمحسنات المحتوية على كميات أعلى من الكربون القابل للتحلل بسهولة، كما تتزايد الانبعاثات أيضاً مع استخدام المزيد من كل تعديل عضوي. وفي هذا السياق، تقدم المعادلة 3-5 والجدول 5-14 مقترناً لتغيير معامل القياس وفقاً لمقدار الأنواع المختلفة من التعديل المستخدم. وفي بعض الأحيان، يتم خلط قش الأرز بالتربة بعد الانتهاء من الحصاد. وفي حالة إراحة الأرض لفترة طويلة بعد خلط قش الأرز بها، فإن الموسم التالي لنمو الأرز سيكون أقل من الحالة التي يتم فيها دمج القش بالأرض قبل زراعة الأرز مباشرة (Fitzgerald et al., 2000). وبناءً على ذلك، فقد تم تمييز توقيت إضافة قش الأرز. ويمكن استخدام عدم تيقن يتراوح بين 0.54 و0.64 وللأس 0.59 في المعادلة 3-5.

المعادلة 3-5
معاملات التوسيع المعدلة لانبعاثات غاز الميثان بالنسبة للمحسنات العضوية

$$SF_o = \left(1 + \sum_i ROA_i \cdot CFOA_i \right)^{0.59}$$

حيث:

SF_o = معامل التوسيع لكل من نوع ومقدار المحسن العضوي المستخدم

ROA_i = معدل إضافة المحسن العضوي I_i بالوزن الجاف للقش والوزن الطازج لما سواه، طن هكتار⁻¹

رة قليلة)

الجدول 5-14		
معامل	وية المختلفة	
المحسن العضوي	معامل التحويل (CFOA)	نطاق الخطأ
القش المخلوط بالتربة قبل الزراعة بفترة قصيرة (>30 يوماً) ^أ	1	1.04 - 0.97
القش المخلوط بالتربة قبل الزراعة بفترة طويلة (<30 يوماً) ^أ		0.40 - 0.20
خلائط التسميد	0.05	0.08 - 0.01
الأسمدة الحيوانية	0.14	0.20 - 0.07
الأسمدة الخضراء		

^أ يُقصد بإضافة القش دمجه بالتربة، ولا يشمل ذلك وضع القش على سطح التربة أو حرق القش داخل الحقول.
المصدر: Yan et al., 2005

نوع التربة (SF_s) و صنف الأرز (SF_r): في بعض البلدان، تتوافر البيانات الخاصة بالانبعاثات لأنواع التربة المختلفة و صنف الأرز. ويمكن استخدامها من أجل اشتقاق SF_r و SF_s على التوالي. وعلى الرغم من أن التجارب والمعرفة الميكانيكية يؤكدان على الأهمية التي تمثلها هذه المعاملات، إلا أن الاختلافات الكبيرة والتباين الواضح في البيانات المتاحة لا تسمح لأحد بتحديد أية قيم افتراضية دقيقة على نحو معقول. وتشير التوقعات إلى أن نماذج المحاكاة ستمكن في المستقبل القريب من خلق معاملات قياس محددة لكل من SF_r و SF_s .

المستوى 2

يمكن للبيانات المعنية بالحصص الاستعانة بمعاملات الانبعاث الخاصة بالبلد المعني والمستمدة من القياسات الميدانية التي تعمل على تغطية الظروف الخاصة بزراعة الأرز في البلد ذات الصلة. ومن الممارسة السليمة في هذا الصدد القيام بجمع أسس البيانات المتعلقة بالقياسات الميدانية المتاحة التي تكمل قاعدة بيانات معامل الانبعاث⁶ عن طريق برامج قياس أخرى (كالمبرمج الوطنية) لم يتم إدراجها بعد ضمن قاعدة البيانات هذه. ومع ذلك، هناك بعض متطلبات ضمان/مراقبة الجودة التي يتم تطبيقها على تلك القياسات الميدانية (انظر القسم 5-5-5).

في المستوى 2، يمكن للبيانات المعنية بالحصص تحديد إدارة الخط الأساسي وفقاً للظروف السائدة في البلد، كما يمكنها تحديد معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد المعني لهذا الخط. وعلى غرار ذلك، يمكن لهذه الهيئات تحديد معاملات التوسيع الخاصة بالبلد المعني لممارسات الإدارة فيما عدا الخط الأساسي. وفي حالة عدم توافر معاملات توسيع خاصة بالبلد، يمكن استخدام معاملات التوسيع الافتراضية. ومع ذلك، قد يتطلب ذلك إعادة حساب معاملات التوسيع الموضحة في الجداول من 5-12 إلى 5-14 وذلك في حالة ما إذا كانت الظروف مختلفة عن الخط الأساسي.

المستوى 3

لا تتطلب مقتربات المستوى 3 اختيار معاملات الانبعاث، ولكنها تعتمد على الفهم الشامل للمحفزات والبارامترات (راجع أعلاه).

3-3-5 اختيار بيانات الأنشطة

إضافة إلى بيانات الأنشطة الضرورية المطلوبة أعلاه، فإن من الممارسة السليمة أن يتم مطابقة البيانات حول المحسنات العضوية وأنواع التربة مع نفس مستوى تجزيء بيانات الأنشطة. وقد يكون من الضروري استيفاء مسح من ممارسات الزراعة للحصول على بيانات حول نوع وكمية المحسنات العضوية المطبقة.

وتقوم بيانات الأنشطة بصفة رئيسية على إحصائيات المساحة المحصودة، والتي يجب أن يتم الحصول عليها من هيئة إحصاء وطنية وكذلك معلومات تكميلية حول فترة الزراعة والممارسات الزراعية. ويجب تصنيف بيانات الأنشطة حسب الاختلافات الإقليمية في ممارسات زراعة الأرز أو النظام المائي (راجع الإطار 2-5). ويمكن الحصول على تقديرات المساحة التي تتوافق مع الظروف المختلفة على أساس يشمل البلد كلها من خلال طرق الإبلاغ المقبولة. ويكون استخدام المساحات المحققة محلياً ذو أهمية بالغة وذلك عند ترابطها مع البيانات المتاحة فيما يخص عوامل الانبعاث تحت الظروف المختلفة مثل المناخ والممارسات الزراعية وخصائص التربة. وفي حالة عدم توافر هذه البيانات في البلد، فيمكن الحصول عليها من مصادر البيانات الدولية: مثل المعهد الدولي لأبحاث الأرز (1995) وإحصائيات الأرز العالمية من على موقع الويب الخاص بالمعهد⁷، والتي تشمل على مساحة حصاد الأرز حسب نوع النظام الحيوي بالنسبة للبلدان الرئيسية المنتجة للأرز، وتقويم لمحصول الأرز لكل بلد، وكذلك المعلومات الأخرى الهامة، هذه إضافة إلى قاعدة بيانات FAOSTAT على موقع الفاو⁸. ويكون استخدام المساحات المحققة محلياً ذو أهمية بالغة وذلك عند ترابطها مع البيانات المتاحة فيما يخص عوامل الانبعاث تحت الظروف المختلفة مثل المناخ والممارسات الزراعية وخصائص التربة. وقد يكون من الضروري استشارة الخبراء المحليين عند مسح الممارسات الزراعية ذات الصلة بانبعثات الميثان (المحسنات العضوية، الإدارة المائية، ونحو ذلك).

⁶ <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/>

⁷ <http://www.irri.org/science/ricestat/>

⁸ <http://faostat.fao.org/>

وفي الغالب، تكون بيانات الأنشطة أكثر موثوقية بالنظر إلى دقة معاملات الانبعاث. ورغم ذلك، فقد تكون إحصائيات المساحة متحيزة لأسباب عديدة وينبغي على البلدان التحقق من إحصائيات المساحة المحصورة فيما يخص (أجزاء من) البلد باستخدام البيانات المستشعرة عن بعد.

وإضافة إلى البيانات الضرورية المطلوبة أعلاه، فإنه من الممارسة السليمة، وبالأخص في المقتربات من المستويين 2 و3، أن يتم مطابقة البيانات الخاصة بالمحسنات العضوية والظروف الأخرى، مثل أنواع التربة، بنفس المستوى من التفصيل كبيانات الأنشطة.

4-5-5 تقدير عدم التيقن

تم توضيح المبادئ العامة لتقدير عدم التيقن فيما يتصل بعمليات الحصر الوطنية في الفصل 3 من المجلد 1. وقد يتأثر عدم التيقن المقترن بمعاملات الانبعاث والتوسيع بالمتغيرة الطبيعية مثل المتغيرة السنوية في المناخ والمتغيرة داخل الوحدات التي يفترض تجانسها، مثل المتغيرة المكانية في وحدة الحقل أو التربة. وبالنسبة لفئة المصدر هذه، فإن الممارسة السليمة ينبغي أن تسمح بتحديد أوجه عدم التيقن باستخدام الطرق الإحصائية القياسية وذلك عند توافر بيانات تجريبية كافية. والدراسات التي تعمل على التحديد الكمي لهذا الوجه من عدم التيقن نادرة لكنها متاحة (على سبيل المثال، للمتغيرة الناتجة عن نوع التربة). ويفترض أن المتغيرة الموجودة بهذه الدراسات صالحة بصفة عامة. لمزيد من التفاصيل يرجى الرجوع إلى ساس (2002).

وقد لا تتوافر بيانات الأنشطة الهامة الضرورية لتعيين معاملات الانبعاث (على سبيل المثال، بيانات الممارسات الثقافية والمحسنات الطبيعية) في قواعد البيانات/الإحصائيات الحالية. ومن هنا يجب أن تقوم التقديرات المعنية بجزء المزارعين الذي يستخدمون ممارسة أو تعديل معين على حكم الخبراء، ويجب كذلك أن يكون نطاق عدم التيقن في الجزء المقدر قائماً على حكم الخبراء. وكقيمة افتراضية لعدم التيقن في تقدير الجزء باعتباره $0.2 \pm$ (على سبيل المثال، جزء المزارعين الذين يستخدمون المحسنات العضوية يقدر بحوالي 0.4، ونطاق عدم التيقن 0.2 - 0.6)، ويقدم الفصل 3 من المجلد 1 المشورة فيما يتعلق بالتحديد الكمي لأوجه عدم التيقن في الممارسة بما في ذلك الجمع بين أحكام الخبراء والبيانات التجريبية في تقديرات كلية لعدم التيقن.

وفي حالة انبعاثات الميثان من زراعة الأرز، فإن نطاقات عدم التيقن لقيم المستوى 1 (معاملات الانبعاث والتوسيع) يمكن تبنيها مباشرة من الجداول من 5-11 إلى 5-14. ويتم تحديد النطاقات باعتبارها الانحراف المعياري حول المتوسط، بما يشير إلى عدم التيقن المقترن بقيمة افتراضية لهذه الفئة المصدر. ويشتمل الأس في المعادلة 3-5 على نطاق عدم تيقن يبلغ 0.54 - 0.64. ويعتمد تقدير عدم التيقن لمقتربات كل من المستويين 2 و3 على قاعدة البيانات المعنية والنموذج المستخدم. وبالتالي، فإن الممارسة السليمة تستلزم تطبيق المبادئ العامة للتحليل الإحصائي كما هي محددة في الفصل 3 من المجلد 1 وكذلك مقتربات النماذج كما هي محددة في القسم 3.5 بالفصل 3، المجلد 4.

5-5-5 الاستيفاء والمتسلسلات الزمنية وضمان مراقبة الجودة والإبلاغ

الاستيفاء

تتطلب التغطية الوافية لهذه الفئة المصدر تقدير الانبعاثات من الأنشطة التالية، حال وجودها:

- إذا كان عمر التربة غير مقصور على الموسم الفعلي لزراعة الأرز، فيجب تضمين الانبعاثات خارج موسم زراعة الأرز (على سبيل المثال، الانبعاثات من فترة إراحة مغمورة). لمزيد من المعلومات، راجع ياجي وآخرين، 1998، كاي وآخرين، 2000، وكاي وآخرين، 2003؛
- قد يتم تمييز فئات الأنظمة الحيوية الأخرى لزراعة الأرز، مثل المستنقعات وحقول الأرز في الأراضي المحلية أو أراضي المد والجزر، داخل كل فئة فرعية وفقاً لقياسات الانبعاث المحلية؛
- وفي حالة زراعة أكثر من محصول أرز سنوياً، فإن هذه المحاصيل يجب الإبلاغ عنها على نحو مستقل وفقاً للتعريف المحلي (على سبيل المثال، الأرز المبكر، الأرز المتأخر، أرز الموسم المطير، أرز الموسم الجاف). وقد تندرج محاصيل الأرز تحت فئات مختلفة مع استخدام معامل انبعاث مختلف مدمج موسمياً ومعاملات تصحيح مختلفة بالنسبة للمحسنات الأخرى مثل المحسنات الطبيعية.

إعدادات متسلسلات زمنية متسقة

فيما يخص فئات المصادر الأخرى، فيجب تطبيق طرق تقدير انبعاثات الميثان من حقول الأرز على نحو متسق لكل عام في المتسلسلات الزمنية وعلى نفس المستوى من التجزيء. وفي حالة عدم توافر بيانات أنشطة للأعوام المبكرة، فيجب إعادة حساب الانبعاثات لهذه الأعوام وفقاً للإرشادات المقدمة في الفصل 5 من المجلد 1. وعند حدوث تغيرات هامة في الممارسات الزراعية من شأنها أن تؤثر على انبعاثات الميثان خلال المتسلسلات الزمنية، فيجب تطبيق طريقة التقدير عند مستوى من التجزيء كاف يوضح تأثيرات هذه التغيرات. على سبيل المثال، قد تفضي الاتجاهات المتنوعة في زراعة الأرز (الأسوي)، مثل تبني أنواع جديدة من الأرز، وزيادة استخدام المخضبات غير العضوية، والإدارة المائية المحسنة، وتغيير استخدام المحسنات الطبيعية، والبذار المباشر إلى زيادة أو نقص الانبعاثات الكلية. ولتقدير تأثير هذه التغيرات قد يكون من الضروري استخدام دراسات النماذج.

الإبلاغ والتوثيق

من الممارسة السليمة أن يتم توثيق وأرشفة كافة المعلومات المطلوبة لإنتاج تقديرات حصر الانبعاثات الوطنية كما هو محدد في الفصل 8 من المجلد 1. علاوة على ذلك فإن الممارسة السليمة تستلزم توثيق تقدير الانبعاث عن طريق إبلاغ المعلومات المطلوبة لملء ورقة عمل الأرز في المبادئ التوجيهية. وعلى هيئات الحصر التي لا تستخدم ورفات العمل تقديم معلومات قابلة للمقارنة. وفي حالة تجزيء تقدير الانبعاث حسب المنطقة، فيجب الإبلاغ عن المعلومات الخاصة بكل منطقة.

وضمنًا للشفافية، يجب الإبلاغ عن المعلومات الإضافية التالية، حال توافرها:

- ممارسات الإدارة المائية؛
- أنواع وكميات المحسنات العضوية المستخدمة. (يجب اعتبار دمج قش الأرز أو بقايا المحصول السابق (غير الأرز) محسن طبيعي، على الرغم من أنها قد تكون ممارسة إنتاج طبيعية ولا تهدف إلى زيادة مستويات المواد المغذية بالتربة مثلما عليه الحال مع إضافات السماد الطبيعي)؛
- أنواع التربة المستخدمة في زراعة الأرز؛
- عدد محاصيل الأرز التي تزرع بدويًا؛
- أهم أصناف الأرز المزروعة.

وينبغي على هيئات الحصر التي تستخدم معاملات انبعاث خاصة بالبلد توفير معلومات حول أصل وأساس كل معامل، ومقارنة هذه المعاملات مع معاملات الانبعاث الأخرى المنشورة، وشرح أية اختلافات مؤثرة، والعمل على وضع حدود لأوجه عدم التيقن.

ضمان/مراقبة جودة الحصر

يعد تطبيق عمليات التحقق الهادفة إلى مراقبة الجودة كما هي محددة في الفصل 6 من المجلد 1، إضافة إلى مراجعات تقديرات الانبعاث على يد الخبراء. ويمكن كذلك تطبيق عمليات تدقيق إضافية لمراقبة الجودة على النحو المحدد في إجراءات المستوى 2 بالفصل 6 من المجلد 1 وكذلك إجراءات ضمان الجودة، وبالأخص في حالة استخدام طرق مستوى أعلى لتقدير الانبعاثات من هذا المصدر.

ويقدم ساس (2002) معالجة مفصلة لعملية ضمان/مراقبة الجودة فيما يخص القياسات الميدانية. وفيما يلي يتم تركيز الضوء على بعض القضايا الهامة وتلخيصها.

قياسات انبعاثات الميثان القياسية: تُحدد إجراءات مراقبة جودة الحصر المستخدمة على مستوى حقول الأرز إلى حد بعيد بواسطة الخبراء المحليين. غير أن هناك بعض الإجراءات المحددة على المستوى العالمي لاشتقاق "معاملات الانبعاث القياسية" والتي يجب أن تكون مشتركة بالنسبة لكافة برامج المراقبة. ويمكن الحصول على التعليمات المتعلقة باشتقاق معاملات الانبعاث القياسية لدى كل من **IAEA** (1992) و **IGAC** (1994). ويفضل أن يسعى كل معمل في كل بلد إبلاغ للحصول على معامل الانبعاث القياسي لضمان المقارنة والمعايرة البيئية لمجموعات البيانات الممتدة المستخدمة لوضع معاملات انبعاث خاصة بالبلد.

تجميع الانبعاثات الوطنية: قبل قبول بيانات الانبعاثات، يجب أن تقوم هيئة الحصر بعمل تقييم لجودة البيانات وإجراءات المعاينة. ويتطلب هذا النوع من المراجعة تعاون وثيق مع المعامل الوطنية من أجل الحصول على معلومات كافية للتحقق من الانبعاثات المبلغ عنها. ويجب أن يشمل التقييم على إعادة حساب العينات وتقييم موثوقية البيانات الزراعية وبيانات المناخ وتحديد التحيز المحتمل في المنهجية وتوصيات للتحسين.

وفي الوقت الحالي، لا يمكن عمل تدقيق مقارن لتقديرات الانبعاث من فئة المصدر هذه عبر القياسات الخارجية. ورغم ذلك، يجب أن تضمن الهيئة المعنية بالحصر خضوع تقديرات الانبعاثات لعملية مراقبة الجودة عن طريق:

- تدقيق إحصائيات الإنتاج المحصولي الإجمالي والمساحة الحقلية عن طريق المقارنة مع القيم الإجمالية الوطنية أو المصادر الأخرى لبيانات الإنتاج المحصولي/المساحة؛
- الحساب العكسي لمعاملات الانبعاث الوطنية من الانبعاثات الإجمالية والبيانات الأخرى؛
- مقارنة القيم الإجمالية الوطنية مع القيم الافتراضية والبيانات الخاصة ببلدان أخرى.

الملحق 15-1 تقدير معاملات تغير المخزون الافتراضية لانبعاثات/عمليات إزالة الكربون في التربة المعدنية للأراضي الزراعية

يشتمل الجدول 5-5 على معاملات تغير المخزون الافتراضية والتي تم حسابها باستخدام مجموعة بيانات عالمية من النتائج التجريبية للفلاحة والمدخلات والأراضي المراحة واستخدام الأراضي. ويمثل معامل استخدام الأراضي الفقد في الكربون الذي يحدث بعد 20 عاما من الزراعة المستمرة. فيما يمثل معاملا الفلاحة والمدخلات التأثير على مخزون الكربون بعد 20 عاما من التغير في الإدارة. ويمثل عامل الإراحة تأثير الإيقاف المؤقت للأراضي الزراعية عن الإنتاج وإدخالها في الغطاء الدائم لفترة من الوقت قد تمتد إلى 20 عاماً.

وقد تم تحليل البيانات التجريبية (الاستشهادات موجودة في قائمة المراجع) في نماذج التأثيرات المختلطة الخطية، وحساب كل من التأثيرات الثابتة والعشوائية. وقد شملت التأثيرات الثابتة العمق وعدد السنوات منذ تغير الإدارة ونوع تغير الإدارة (على سبيل المثال الفلاحة المخفضة مقابل عدم الفلاحة). وفيما يتعلق بالعمق، فلم يتم إجمال البيانات لكنها تضمنت مخزونات الكربون المقاسة لكل زيادة في العمق (على سبيل المثال 0.5 سم، 5.10 سم، 1—30 سم) كنقطة منفصلة في قاعدة البيانات. وعلى نحو مماثل، لم يتم إجمال بيانات المتسلسلات الزمنية، وذلك على الرغم من إجراء القياسات على قطع الأراضي نفسها. وبالتالي، تم استخدام التأثيرات العشوائية لحساب حالات الاعتمادية في بيانات المتسلسلات الزمنية وبين نقاط البيانات التي تمثل أعماق مختلفة من نفس الدراسة. وفي حالة الأهمية، يتم استخدام تأثير عشوائي على مستوى البلد لتقدير عدم التيقن الإضافي المقترن بتطبيق قيمة الافتراضي العالمي على بلد معين (مضمن في أوجه عدم التيقن الافتراضية). وقد نقلت البيانات باستخدام تحويل السجل الطبيعي في حالة عدم تلبية افتراضات النموذج بسبب تعادل وتجانس التفاوت (تشتمل الجداول على القيم المحولة عكسياً). وتمثل المعاملات تأثير ممارسة الإدارة في 20 عاماً عبر 30 سم عليا من التربة، باستثناء معامل الاستخدام، والذي يمثل متوسط فقد الكربون في 20 عاماً أو فترة أطول بعد الزراعة. ويمكن لمستخدمي طريقة المستوى 1 تقريب التغير السنوي في مخزون الكربون عن طريقة قسمة تقدير الحصر على 20 عاماً. ويتم حساب التباين لكل قيمة من قيم المعامل، ويمكن استخدامه مع طريقة توليد الخطأ البسيطة أو لبناء دوال توزيع الاحتمالية باستخدام كثافة طبيعية.

المراجع

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.

الكتلة الحيوية

- Albrecht, A. and Kandji, S.T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99: 15-27.
- Hairiah, K. and Sitompul, S.M. (2000). Assessment and simulation of above-ground and below-ground carbon dynamics. Report to Asia Pacific Network (APN). Brawijaya University, Faculty of Agriculture, Malang, Indonesia..
- Lasco, R.D. and Suson, P.D. (1999). A *Leucaena Leucocephala* -based indigenous fallow system in central Philippines: the Naalad system. *Intl Tree Crops Journal* 10: 161-174.
- Lasco, R.D., Lales, J.S., Arnuevo, M.T., Guillermo, I.Q., de Jesus, A.C., Medrano, R., Bajar, O.F. and Mendoza, C.V. (2002). Carbon dioxide (CO₂) storage and sequestration of land cover in the Leyte Geothermal Reservation. *Renewable Energy* 25: 307-315.
- Lasco, R.D., Sales, R.F., Estrella, R., Saplaco, S.R., Castillo, A.S.A., Cruz, R.V.O. and Pulhin, F.B. (2001). Carbon stocks assessment of two agroforestry systems in the Makiling Forest Reserve, Philippines. *Philippine Agricultural Scientist* 84: 401-407.
- Millennium Ecosystems Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-being: A Synthesis. Island Press, Washington DC. 137pp.
- Moore III, B. (2002). Chapter 2 Challenges of a changing earth. In, Challenges of a Changing Earth (W. Steffen, J. Jaeger, D.J. Carson, and C. Bradshaw, eds). Berlin: Springer-Verlag. Pp. 7-17.
- Palm, C.A., Woomeer, P.L., Alegre, J., Arevalo, L., Castilla, C., Cordeiro, D.G., Feigl, B., Hairiah, K., Kotto-Same, J., Mendes, A., Maukam, A., Murdiyarso, D., Njomgang, R., Parton, W.J., Ricse, A., Rodrigues, V., Sitompus, S.M. and van Noordwijk, M. (1999). Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land-uses in the Humid Tropics. ACB Climate Change Working Group. Final Report Phase II, Nairobi, Kenya.
- Siregar, C.A. and Gintings, Ng. (2000). Research activities related to ground biomass measurement at Forestry Research Development Agency. Paper presented at the Workshop on LUCC and Greenhouse Gas Emissions Biophysical Data. Institut Pertanian Bogor. Indonesia, 16 December 2000.
- Tjitrosemito, S. and Mawardi, I. (2000). 'Terrestrial carbon stock in oil palm plantation', Paper presented at the Science Policy Workshop on Terrestrial Carbon Assessment for Possible Trading under CDM Projects, Bogor, Indonesia 28-29 February 2000.
- Tomich, T.P., van Noordwijk, M., Budidarsono, S., Gillison, A., Kusumanto, T., Murdiyarso, D., Stolle, T. and Fagi, A.M. (1998). Alternative to slash and burn in Indonesia. Summary Report and Synthesis of Phase II. ASB-Indonesia, Report No. 8, ICRAF, Bogor, Indonesia.
- Wasrin, U.R., Rohiani, A, Putera, A.E. and Hidayat, A. (2000). Assessment of above-ground C-stock using remote sensing and GIS technique. Final Report, Seameo Biotrop, Bogor, 28p.

أنواع التربة

- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* 74: 755-774.
- Augustin, J., Merbach, W., Schmidt, W. and Reining, E. (1996). Effect of changing temperature and water table on trace gas emission from minerotrophic mires. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* 70, 45-51.
- Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Janzen, H., Lal, R. and Paustian, K. (1999). Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation* 54:382-389.
- Davidson, E.A. and Ackerman, I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, 20:161-164.
- Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management*, 19, 265-269.
- Freibauer, A. (2003). Biogenic Emissions of Greenhouse Gases from European Agriculture. *European Journal of Agronomy* 19(2): 135-160.
- Freibauer, A. and Kaltschmitt, M. (eds). (2001). Biogenic greenhouse gas emissions from agriculture in Europe. European Summary Report of the EU concerted action FAIR3-CT96-1877, Biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture, 220 p.
- Glenn, S.M., Hayes, A. and Moore, T.R. (1993). Methane and carbon dioxide fluxes from drained peatland soils, southern Quebec. *Global Biogeochemical Cycles* 7:247-257
- Kasimir-Klemedtsson, A., Klemedtsson, L., Berglund, K., Martikainen, P., Silvola, J. and Oenema, O. (1997). Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management* 13:245-250.
- Leifeld, J., Bassin, S. and Fuhrer, J. (2005). Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agriculture Ecosystems & Environment* 105, 255-266.
- Lohila, A., Aurela, M., Tuovinen, J.P. and Laurila, T. (2004). Annual CO₂ exchange of a peat field growing spring barley or perennial forage grass. *Journal of Geophysical Research* 109, D18116
- Maljanen, M., Martikainen, P.J., Walden, J. and Silvola, J. (2001). CO₂ exchange in an organic field growing barley or grass in eastern Finland. *Global Change Biology* 7, 679-692.
- Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytonen, J., Martikainen, P. and Laine, J. (2004). Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 1801-1808.
- Mann, L.K. (1986). Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science* 142:279-288.
- McGill, W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg: pp. 111-132.
- Monte, L., Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J. and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. *Ecological Modelling* 91:139-152.
- Nusser, S.M. and Goebel, J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* 4:181-204.
- Nykänen, H., Alm, J., Lang, K., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1995). Emissions of CH₄, N₂O and CO₂ from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography* 22, 351-357.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land-use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* 9:1521-1542.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2005). Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry* 72:87-121.

- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2006). Bias and variance in model results associated with spatial scaling of measurements for parameterization in regional assessments. *Global Change Biology* 12:516-523.
- Paustian, K., Andren, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., van, Noordwijk, M. and Woome, P.L. (1997). Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use and Management* 13:230-244.
- Pierce, F. J., Fortin, M.-C. and Staton, M.J. (1994). Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Science Society of America Journal* 58:1782-1787.
- Powers, J. S., Read, J. M., Denslow, J. S. and Guzman, S. M. (2004). Estimating soil carbon fluxes following land-cover change: a test of some critical assumptions for a region in Costa Rica. *Global Change Biology* 10:170-181.
- Smith, J.E. and Heath, L.S. (2001). Identifying influences on model uncertainty: an application using a forest carbon budget model. *Environmental Management* 27:253-267.
- Smith, P., Powlson, D.S., Smith, J.U. and Elliott, E.T. (eds) (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* 81:1-225.
- Smith, P., Powlson, D.S., Glendining, M.J. and Smith, J.U. (1998) Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology* 4: 679-685.
- VandenBygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., *et al.* (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stock change in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* 10:983-994.
- تقدير معاملات تغير المخزون الافتراضية لانبعاثات/عمليات إزالة الكربون في التربة المعدنية للأراضي الزراعية. الملحق 1-أ5
- Agbenin, J.O. and Goladi, J.T. (1997). Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics under continuous cultivation as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizers in the savanna of northern Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 63:17-24.
- Ahl, C., Joergensen, R.G., Kandeler, E., Meyer, B. and Woehler, V. (1998). Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. *Soil and Tillage Research* 49:93-104.
- Alvarez, R., Russo, M.E., Prystupa, P., Scheiner, J.D. and Blotta, L. (1998). Soil carbon pools under conventional and no-tillage systems in the Argentine Rolling Pampa. *Agronomy Journal* 90:138-143.
- Angers, D.A., Bolinder, M.A., Carter, M.R., Gregorich, E.G., Drury, C.F., Liang, B.C., Voroney, R.P., Simard, R.R., Donald, R.G., Beyaert, R.P. and Martel, J. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. *Soil and Tillage Research* 41:191-201.
- Angers, D.A., Voroney, R.P. and Cote, D. (1995). Dynamics of soil organic matter and corn residues affected by tillage practices. *Soil Science Society of America Journal* 59:1311-1315.
- Anken, T., Weiskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J. and Perhacova, K. (2004). Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil and Tillage Research* 78:171-183.
- Baer, S.G., Rice, C.W. and Blair, J.M. (2000). Assessment of soil quality in fields with short and long term enrollment in the CRP. *Journal of Soil and Water Conservation* 55:142-146.
- Balesdent, J., Mariotti, A. and Boisgontier, D. (1990). Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ¹³C abundance in maize fields. *Journal of Soil Science* 41:587-596.
- Barber, R.G., Orellana, M., Navarro, F., Diaz, O. and Soruco, M.A. (1996). Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia. *Soil and Tillage Research* 38:133-152.

- Bauer, A. and Black, A.L. (1981). Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. *Soil Science Society of America Journal* 45:166-1170.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Martin-Neto, L. and Ernani, P.R. (2002). Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil* 238:133-140.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Amado, T.J.C., Martin-Neto, L. and Fernández, S.V. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* 54:101-109.
- Beare, M.H., Hendrix, P.F. and Coleman, D.C. (1994). Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal* 58: 777-786.
- Beyer, L. (1994). Effect of cultivation on physico-chemical, humus-chemical and biotic properties and fertility of two forest soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 48:179-188.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. Pages 335-342 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Blanco-Canqui, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. and Alberts, E.E. (2004). Tillage and crop influences on physical properties for an Epiaqualf. *Soil Science Society of America Journal* 68:567-576.
- Bordovsky, D.G., Choudhary, M. and Gerard, C.J. (1999). Effect of tillage, cropping, and residue management on soil properties in the Texas rolling plains. *Soil Science* 164:331-340.
- Borin, M., Menini, C. and Sartori, L. (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil and Tillage Research* 40:209-226.
- Borresen, T. and Njos, A. (1993). Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. 1. Soil properties. *Soil and Tillage Research* 28:97-108.
- Bowman, R.A. and Anderson, R.L. (2002). Conservation Reserve Program: Effects on soil organic carbon and preservation when converting back to cropland in northeastern Colorado. *Journal of Soil and Water Conservation* 57:121-126.
- Bremer, E., Janzen, H.H. and Johnston, A.M. (1994). Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. *Canadian Journal of Soil Science* 74:131-138.
- Burke, I.C., Lauenroth, W.K. and Coffin, D.P. (1995). Soil organic matter recovery in semiarid grasslands: implications for the Conservation Reserve Program. *Ecological Applications* 5:793-801.
- Buschiazzo, D.E., Panigatti, J.L. and Unger, P.W. (1998). Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil and Tillage Research* 49:105-116.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1998). Carbon cycling in cultivated land and its global significance. *Global Change Biology* 4:131-141
- Buyanovsky, G.A., Kucera, C.L. and Wagner, G.H. (1987). Comparative analysis of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology* 68:2023-2031.
- Cambardella, C.A. and Elliott, E.T. (1992). Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal* 56:777-783.
- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the semi-arid northern Great Plains of Canada. Pages 317-334 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Campbell, C.A., McConkey, B.G., Zentner, R.P., Selles, F. and Curtin, D. (1996). Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* 76:395-401.
- Campbell, C.A., Lafond, G.P., Moulin, A.P., Townley-Smith, L. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the sub-humid northern Great Plains of Canada. Pages 297-315 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Campbell, C.A., Bowren, K.E., Schnitzer, M., Zentner, R.P. and Townley-Smith, L. (1991). Effect of crop rotations and fertilization on soil organic matter and some biochemical properties of a thick black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* 71: 377-387.
- Campbell, C.A., Zentner, R.P., Selles, F., Biederbeck, V.O., McConkey, B.G., Blomert, B. and Jefferson, P.G. (2000). Quantifying short-term effects of crop rotations on soil organic carbon in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* 80:193-202.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., McConkey, B.G., Curtin, D. and Zentner, R.P. (1999). Soil quality - effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in southwestern Saskatchewan. *Soil Biology and Biochemistry* 31:1-7.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Wen, G., Zentner, R.P., Schoenau, J. and Hahn, D. (1999). Seasonal trends in selected soil biochemical attributes: Effects of crop rotation in the semiarid prairie. *Canadian Journal of Soil Science* 79:73-84.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Zentner, R.P. and Lafond, G.P. (1991). Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* 71: 363-376.
- Carter, M.R., Johnston, H.W. and Kimpinski, J. (1988). Direct drilling and soil loosening for spring cereals on a fine sandy loam in Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research* 12:365-384.
- Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ivany, J.A. and White, R.P. (2002). Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada, *Soil & Tillage Research*, 67:85-98.
- Carter, M.R. (1991). Evaluation of shallow tillage for spring cereals on a fine sandy loam. 2. Soil physical, chemical and biological properties. *Soil and Tillage Research* 21:37-52.
- Chan, K.Y., Roberts, W.P. and Heenan, D.P. (1992). Organic carbon and associated soil properties of a red Earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* 30: 71-83.
- Chan, K.Y. and Mead, J.A. (1988). Surface physical properties of a sandy loam soil under different tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* 26:549-559.
- Chaney, B.K., Hodson, D.R. and Braim, M.A. (1985). The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long-term experiment on spring barley. *J. Agric. Sci., Camb.* 104:125-133.
- Clapp, C.E., Allmaras, R.R., Layese, M.F., Linden, D.R. and Dowdy, R.H. (2000). Soil organic carbon and ¹³C abundance as related to tillage, crop residue, and nitrogen fertilization under continuous corn management in Minnesota. *Soil and Tillage Research* 55:127-142.
- Collins, H.P., Blevins, R.L., Bundy, L.G., Christenson, D.R., Dick, W.A., Huggins, D.R. and Paul, E.A. (1999). Soil carbon dynamics in corn-based agroecosystems: results from carbon-13 natural abundance. *Soil Science Society of America Journal* 63:584-591.
- Corazza, E.J. *et al.* (1999). Behavior of different management systems as a source or sink of C-CO₂ in relation to cerrado type vegetation. *R.Bras Ci.Solo* 23:425-432.
- Costantini, A., Cosentino, D. and Segat, A. (1996). Influence of tillage systems on biological properties of a Typic Argiudoll soil under continuous maize in central Argentina. *Soil and Tillage Research* 38:265-271.
- Dalal, R.C. (1989). Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a Vertisol. *Soil Science Society of America Journal* 53:1511-1515.

- Dalal, R.C. and Mayer, R.J. (1986). Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. *Australian Journal of Soil Research* 24:265-279.
- Dalal R.C., Henderson P.A. and Glasby J.M. (1991). Organic matter and microbial biomass in a vertisol after 20 yr of zero tillage. *Soil Biology and Biochemistry* 23:435-441.
- Dick, W.A. and Durkalski, J.T. (1997). No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a Typic Fragiudalf soil of Northeastern Ohio. Pages 59-71 in Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press Inc. Boca Raton, FL.
- Dick, W.A., Edwards, W.M. and McCoy, E.L. (1997). Continuous application of no-tillage to Ohio soils: Changes in crop yields and organic matter-related soil properties. Pages 171-182 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Doran, J.W., Elliott, E.T. and Paustian, K. (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil and Tillage Research* 49:3-18.
- Duiker, S.W. and Lal, R. (1999). Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a luvisol in central Ohio. *Soil and Tillage Research* 52:73-81.
- Edwards, J.H., Wood, C.W., Thurlow, D.L. and Ruf, M.E. (1992). Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal* 56:1577-1582.
- Eghball, B., Mielke, L.N., McCallister, D.L. and Doran, J.W. (1994). Distribution of organic carbon and inorganic nitrogen in a soil under various tillage and crop sequences. *Journal of Soil and Water Conservation* 49: 201-205.
- Fabrizzi, K.P., Moron, A. and Garcia, F.O. (2003). Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. *Soil Science Society of America Journal* 67:1831-1841.
- Fitzsimmons, M.J., Pennock, D.J. and Thorpe, J. (2004). Effects of deforestation on ecosystem carbon densities in central Saskatchewan, Canada. *Forest Ecology and Management* 188: 349-361.
- Fleige, H. and Baeumer, K. (1974). Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. *Agro-Ecosystems* 1:19-29.
- Follett, R.F. and Peterson, G.A. (1988). Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal* 52:141-147.
- Follett, R.F., Paul, E.A., Leavitt, S.W., Halvorson, A.D., Lyon, D. and Peterson, G.A. (1997). Carbon isotope ratios of Great Plains soils and in wheat-fallow systems. *Soil Science Society of America Journal* 61:1068-1077.
- Follett, R.F., Pruessner, E.G., Samson-Liebig, S.E., Kimble, J.M. and Waltman, S.W. (2001). Carbon sequestration under the Conservation Reserve Program in the historic grassland soils of the United States of America. Pages 1-14 in Lal, R., and K. McSweeney, editors. *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. SSSA Special Publication. Madison, WI.
- Franzluebbers, A.J. and Arshad, M.A. (1996). Water-stable aggregation and organic matter in four soils under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science* 76:387-393.
- Franzluebbers, A.J., Hons, F.M. and Zuberer, D.A. (1995). Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Science Society of America* 59:460-466.

- Franzluebbers, A.J., Langdale, G.W. and Schomberg, H.H. (1999). Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage. *Soil Science Society of America Journal* 63:349-355.
- Freitas, P.L., Blancaneaux, P., Gavinelly, E., Larre-Larrouy, M.-C. and Feller, C. (2000). Nivel e natureza do estoque organico de latossols sob diferentes sistemas de uso e manejo, Pesq.agropec.bras. *Brasilia* 35: 157-170.
- Freixo, A.A., Machado, P., dos Santos, H.P., Silva, C.A. and Fadigas, F. (2002). Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* 64:221-230.
- Frye, W.W. and Blevins, R.L. (1997). Soil organic matter under long-term no-tillage and conventional tillage corn production in Kentucky. Pages 227-234 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Garcia-Prechac, F., Ernst, O., Siri-Prieto, G. and Terra, J.A. (2004). Intergrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. *Soil and Tillage Research* 77:1-13.
- Gebhart, D.L., Johnson, H.B., Mayeux, H.S. and Polley, H.W. (1994). The CRP increases soil organic carbon. *Journal of Soil and Water Conservation* 49:488-492.
- Ghuman, B.S. and Sur, H.S. (2001). Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. *Soil and Tillage Research* 58:1-10.
- Girma, T. (1998). Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 29:587-598.
- Graham, M.H., Haynes, R.J. and Meyer, J.H. (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry* 34:93-102.
- Grandy, A.S., Porter, G.A. and Erich, M.S. (2002). Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 66:1311-1319.
- Gregorich, E.G., Ellert, B.H., Drury, C.F. and Liang, B.C. (1996). Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. *Soil Science Society of America Journal* 60:472-476.
- Grunzweig, J.M., Sparrow, S.D., Yakir, D. and Chapin III, F.S. (2004). Impact of agricultural land-use change on carbon storage in boreal Alaska. *Global Change Biology* 10:452-472.
- Hadas, A., Agassi, M., Zhevelev, H., Kautsky, L., Levy, G.J., Fizik, E. and Gotessman, M. (2004). Mulching with composted municipal solid wastes in the Central Negev, Israel II. Effect on available nitrogen and phosphorus and on organic matter in soil. *Soil and Tillage Research* 78:115-128.
- Halvorson, A.D., Wienhold, B.J. and Black, A.L. (2002). Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal* 66:906-912.
- Halvorson, A.D., Reule, C.A. and Follett, R.F. (1999). Nitrogen fertilization effects on soil carbon and nitrogen in a dryland cropping system. *Soil Science Society of America Journal* 63:912-917.
- Halvorson, A.D., Vigil, M.F., Peterson, G.A. and Elliott, E.T. (1997). Long-term tillage and crop residue management study at Akron, Colorado. Pages 361-370 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hansmeyer, T.L., Linden, D.R., Allan, D.L. and Huggins, D.R. (1998). Determining carbon dynamics under no-till, ridge-till, chisel, and moldboard tillage systems within a corn and soybean cropping sequence. Pages 93-97 in Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press. Boca Raton, FL.

- Hao, X., Chang, C. and Lindwall, C.W. (2001). Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. *Soil and Tillage Research* 62:167-169.
- Harden, J.W., Sharpe, J.M., Parton, W.J., Ojima, D.S., Fries, T.L., Huntington, T.G. and Dabney, S.M. (1999). Dynamic replacement and loss of soil carbon on eroding cropland. *Global Biogeochemical Cycles* 14:885-901.
- Havlin, J.L. and Kissel, D.E. (1997). Management effects on soil organic carbon and nitrogen in the East-Central Great Plains of Kansas. Pages 381-386 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Hendrix, P.F. (1997). Long-term patterns of plant production and soil carbon dynamics in a Georgia piedmont agroecosystem. Pages 235-245 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hernanz, J.L., Lopez, R., Navarrete, L. and Sanchez-Giron, V. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil and Tillage Research* 66:129-141.
- Hulugalle, N.R. (2000). Carbon sequestration in irrigated vertisols under cotton-based farming systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31:645-654.
- Hussain, I., Olson, K.R., Wander, M.M. and Karlen, D.L. (1999). Adaption of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil and Tillage Research* 50:237-249.
- Ihori, T., Burke, I.C., Lauenroth, W.K. and Coffin, D.P. (1995). Effects of cultivation and abandonment on soil organic matter in Northeastern Colorado. *Soil Science Society of America Journal* 59:1112-1119.
- Jackson, L.E., Ramirez, I., Yokota, R., Fennimore, S.A., Koike, S.T., Henderson, D.M., Chaney, W.E., Calderon, F.J. and Klonsky, K. (2004). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103:443-463.
- Janzen, H.H. (1987). Soil organic matter characteristics after long-term cropping to various spring wheat rotations. *Canadian Journal of Soil Science* 67:845-856.
- Jastrow, J.D., Miller, R.M. and Lussenhop, J. (1998). Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biology and Biochemistry* 30:905-916.
- Karlen, D.L., Kumar, A., Kanwar, R.S., Cambardella, C.A. and Colvin, T.S. (1998). Tillage system effects on 15-year carbon-based and simulated N budgets in a tile-drained Iowa field. *Soil and Tillage Research* 48:155-165.
- Karlen, D.L., Rosek, M.J., Gardner, J.C., Allan, D.L., Alms, M.J., Bezdicek, D.F., Flock, M., Huggins, D.R., Miller, B.S. and Staben, M.L. (1999). Conservation Reserve Program effects on soil quality indicators. *Journal of Soil and Water Conservation* 54:439-444.
- Karlen, D.L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., Eash, N.S. and Jordahl, J.L. (1994). Long-term tillage effects on soil quality. *Soil and Tillage Research* 32:313-327.
- Knowles, T.A. and Singh, B. (2003). Carbon storage in cotton soils of northern New South Wales. *Australian Journal of Soil Research* 41:889-903.
- Kushwaha, C.P., Tripathi, S.K. and Singh, K.P. (2000). Variations in soil microbial biomass and N availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem. *Soil and Tillage Research* 56:153-166.
- Lal, R. (1998). Soil quality changes under continuous cropping for seventeen seasons of an alfisol in western Nigeria. *Land Degradation and Development* 9:259-274.
- Lal, R., Mahboubi, A.A. and Fausey, N.R. (1994). Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal* 58:517-522.

- Larney, F.J., Bremer, E., Janzen, H.H., Johnston, A.M. and Lindwall, C.W. (1997). Changes in total, mineralizable and light fraction soil organic matter with cropping and tillage intensities in semiarid southern Alberta, Canada. *Soil and Tillage Research* 42:229-240.
- Lilienfein, J., Wilcke, W., Vilela, L., do Carmo Lima, S., Thomas, R. and Zech, W. (2000). Effect of no-tillage and conventional tillage systems on the chemical composition of soil solid phase and soil solution of Brazilian savanna. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163: 411-419.
- Ludwig, B., John, B., Ellerbrock, R., Kaiser, M. and Flessa, H. (2003). Stabilization of carbon from maize in a sandy soil in a long-term experiment. *European Journal of Soil Science* 54:117-126.
- McCarty, G.W., Lysenko, N.N. and Starr, J.L. (1998). Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal* 62:1564-1571.
- Mielke, L.N., Doran, J.W. and Richards, K.A. (1986). Physical environment near the surface of plowed and no-tilled soils. *Soil and Tillage Research* 7:355-366.
- Mikhailova, E.A., Bryant, R.B., Vassenev, I.I., Schwager, S.J. and Post, C.J. (2000). Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chernozem. *Soil Science Society of America Journal* 64:738-745.
- Mrabet, R., Saber, N., El-brahli, A., Lahlou, S. and Bessam, F. (2001). Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil & Tillage Research* 57: 225-235.
- Nyborg, M., Solberg, E.D., Malhi, S.S. and Izaurre, R.C. (1995). Fertilizer N, crop residue, and tillage alter soil C and N content in a decade. Pages 93-99 in Lal, R., J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Soil Management and Greenhouse effect*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Parfitt, R.L., Theng, B.K.G., Whitton, J.S. and Shepherd, T.G. (1997). Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. *Geoderma* 75:1-12.
- Patwardhan, A.S., Chinnaswamy, R.V., Donigian Jr., A.S., Metherell, A.K., Blevins, R.L., Frye, W.W., and Paustian, K. (1995). Application of the Century soil organic matter model to a field site in Lexington, KY. Pages 385-394 in Lal, R., J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Soils and Global Change*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Paustian, K. and Elliott, E.T. Unpublished data. Field sampling of long-term experiments in U.S. and Canada for EPA carbon sequestration project.
- Pennock, D.J. and van Kessel, C. (1997). Effect of agriculture and of clear-cut forest harvest on landscape-scale soil organic carbon storage in Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* 77:211-218.
- Pierce, F.J. and Fortin, M.-C. (1997). Long-term tillage and periodic plowing of a no-tilled soil in Michigan: Impacts, yield, and soil organic matter. Pages 141-149 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Potter, K.N., Torbert, H.A., Johnson, H.B. and Tischler, C.R. (1999). Carbon storage after long-term grass establishment on degraded soils. *Soil Science* 164:718-723.
- Potter, K.N., Torbert, H.A., Jones, O.R., Matocha, J.E., Morrison Jr., J.E., and Unger, P.W. (1998). Distribution and amount of soil organic C in long-term management systems in Texas. *Soil and Tillage Research* 47:309-321.
- Potter, K.N., Jones, O.R., Torbert, H.A. and Unger, P.W. (1997). Crop rotation and tillage effects on organic carbon sequestration in the semiarid southern Great Plains. *Soil Science* 162:140-147.
- Powlson, D.S. and Jenkinson, D.S. (1982). A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct-drilled soils, *J. Agric. Sci. Camb.* 97:713-721.
- Rasmussen, P.E. and Albrecht, S.L. (1998). Crop management effects on organic carbon in semi-arid Pacific Northwest soils. Pages 209-219 in Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and

- B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Reeder, J.D., Schuman, G.E. and Bowman, R.A. (1998). Soil C and N changes on Conservation Reserve Program lands in the Central Great Plains. *Soil and Tillage Research* 47:339-349.
- Rhoton, F.E., Bruce, R.R., Buehring, N.W., Elkins, G.B., Langdale, C.W. and Tyler, D.D. (1993). Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil and Tillage Research* 28: 51-61.
- Robles, M.D. and Burke, I.C. (1997). Legume, grass, and conservation reserve program effects on soil organic matter recovery. *Ecological Applications* 7:345-357.
- Ross, C.W. and Hughes, K.A. (1985). Maize/oats forage rotation under 3 cultivation systems, 1978-83 2. Soil properties. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 28:209-219.
- Sa, J.C.M., Cerri, C.C., Dick, W.A., Lal, R., Filho, S.P.V., Piccolo, M.C. and Feigl, B.E. (2001). Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal* 65:1486-1499.
- Saffigna, P.G., Powelson, D.S., Brookes, P.C. and Thomas, G.A. (1989). Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian vertisol. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 759-765.
- Saggar, S., Yeates, G.W. and Shepherd, T.G. (2001). Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand. *Soil and Tillage Research* 58:55-68.
- Sainju, U.M., Singh, B.P. and Whitehead, W.F. (2002). Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. *Soil and Tillage Research* 63:167-179.
- Salinas-Garcia, J.R., Hons, F.M. and Matocha, J.E. (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 61:152-159.
- Schiffman, P.M., and Johnson, W.C. (1989). Phytomass and detrital carbon storage during forest regrowth in the southeastern United States Piedmont. *Canadian Journal of Forest Research* 19:69-78.
- Sherrod, L.A., Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Ahuja, L.R. (2006). Cropping intensification enhances soil organic carbon and nitrogen in a no-till agroecosystem. *Soil Science Society of America Journal*. (in press).
- Sidhu, A.S. and Sur, H.S. (1993). Effect of incorporation of legume straw on soil properties and crop yield in a maize-wheat sequence. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 70:226-229.
- Six, J., Elliot, E.T., Paustian, K. and Doran, J.W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* 62:1367-1377.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, E.T. and Combrink, C. (2000). Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society of America Journal* 64:681-689
- Slobodian, N., van Rees, K., and Pennock, D. (2002). Cultivation-induced effects on below-ground biomass and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal* 66:924-930.
- Solomon, D., Fritzsche, F., Lehmann, J., Tekalign, M. and Zech, W. (2002). Soil organic matter dynamics in the subhumid agroecosystems of the Ethiopian Highlands: evidence from natural ¹³C abundance and particle-size fractionation. *Soil Science Society of America Journal* 66: 969-978.
- Sparling, G.P., Schipper, L.A., Hewitt, A.E. and Degens, B.P. (2000). Resistance to cropping pressure of two New Zealand soils with contrasting mineralogy. *Australian Journal of Soil Research* 38:85-100.

- Stenberg, M., Stenberg, B. and Rydberg, T. (2000). Effects of reduced tillage and liming on microbial activity and soil properties in a weakly-structured soil. *Applied Soil Ecology* 14:135-145.
- Tabeada, M.A., Micucci, F.G., Cosentino, D.J. and Lavado, R.S. (1998). Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil and Tillage Research* 49:57-63.
- Tiessen, H., Stewart, J.W.B. and Bettany, J.R. (1982). Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. *Agronomy Journal* 74:831-835.
- Unger, P.W. (2001). Total carbon, aggregation, bulk density, and penetration resistance of cropland and nearby grassland soils. Pages 77-92 in: R. Lal (ed.). Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. SSSA Special Publication No. 57, Madison, WI.
- Vanotti, M.B., Bundy, L.G. and Peterson, A.E. (1997). Nitrogen fertilizer and legume-cereal rotation effects on soil productivity and organic matter dynamics in Wisconsin. Pages 105-119 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Varvel, G.E. (1994). Rotation and nitrogen fertilization effects on changes in soil carbon and nitrogen. *Agronomy Journal* 86:319-325.
- Voroney, R.P., van Veen, J.A. and Paul, E.A. (1981). Organic C dynamics in grassland soils. 2. Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian Journal of Soil Science* 61:211-224.
- Wander, M.M., Bidart, M.G. and Aref, S. (1998). Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three Illinois soils. *Soil Science Society of America Journal* 62:1704-1711.
- Wanniarachchi, S.D., Voroney, R.P., Vyn, T.J., Beyaert, R.P. and MacKenzie, A.F. (1999). Tillage effects on the dynamics of total and corn-residue-derived soil organic matter in two southern Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science* 79: 473-480.
- Westerhof, R., Vilela, L., Azarza, M. and Zech, W. (1998). Land-use effects on labile N extracted with permanganate and the nitrogen management index in the Cerrado region of Brazil. *Biology and Fertility of Soils* 27:353-357.
- Wu, T., Schoenau, J.J., Li, F., Qian, P., Malhi, S.S., Shi, Y. and Xu, F. (2004). Influence of cultivation and fertilization on total organic carbon and carbon fractions in soils from the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research* 77:59-68.
- Yang, X.M. and Kay, B.D. (2001). Impacts of tillage practices on total, loose- and occluded-particulate, and humified organic carbon fractions in soils within a field in southern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science* 81: 149-156.
- Yang, X.M. and Wander, M.M. (1999). Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois. *Soil and Tillage Research* 52:1-9.
- Zelege, T.B., Grevers, M.C.J., Si, B.C., Mermut, A.R. and Beyene, S. (2004). Effect of residue incorporation on physical properties of the surface soil in the South Central Rift Valley of Ethiopia. *Soil and Tillage Research* 77:35-46.
- Zhang, H., Thompson, M.L. and Sandor, J.A. (1988). Compositional differences in organic matter among cultivated and uncultivated Argiudolls and Hapludalfs derived from loess. *Soil Science Society of America Journal* 52:216-222.

زراعة الأرز

- Cai, Z.C., Tsuruta, H. and Minami, K. (2000). Methane emission from rice fields in China: measurements and influencing factors. *Journal of Geophysical Research* 105(D13): 17231-17242.
- Cai, Z.C., Tsuruta, H., Gao, M., Xu, H. and Wei, C.F. (2003a). Options for mitigating methane emission from a permanently flooded rice field. *Global Change Biology* 9: 37-45.

- Cai, Z.C., Sawamoto, T., Li, C.S., Kang, G.D., Boonjawat, J., Mosier, A. and Wassmann, R. (2003b). Field validation of the DNDC model for greenhouse gas emissions in East Asian cropping systems, *Global Biogeochemical Cycles* 17(4): 1107 doi:10.1029/2003GB002046,2003.
- Cicerone, R.J. and Shetter, J.D. (1981). Sources of atmospheric methane: Measurements in rice paddies and a discussion. *Journal of Geophysical Research* 86: 7203-7209.
- Conrad, R. (1989). "Control of methane production in terrestrial ecosystems". In: Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere, M.O. Andreae and D.S. Schimel(eds.), 39-58.
- Denier van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U. (1995). Influence of organic matter incorporation on the methane emission from a wetland rice field. *Global Biogeochemical Cycles* 9: 11-22.
- Denier van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U. (2002). Impact of gypsum application on the methane emission from a wetland rice field. *Global Biogeochemical Cycles* 8: 127-134.
- Fitzgerald, G.J., Scow, K.M. and Hill, J.E. (2000). Fallow season straw and water management effects on methane emissions in California rice. *Global Biogeochem. Cycles*, 14: 767-775.
- Huang, Y., Jiao, Y., Zong, L.G., Zheng, X.H., Sass, R.L. and Fisher, F.M. (2002). Quantitative dependence of methane emission on soil properties, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64(1-2): 157-167.
- Huang, Y., Zhang, W., Zheng, X.H., Li, J. and Yu, Y.Q. (2004). Modeling methane emission from rice paddies with various agricultural practices. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 109 (D8): Art. No. D08113 APR 29 2004.
- IAEA (1992). Manual on measurement of methane and nitrous oxide emissions from agriculture. IAEA-TECDOC-674, pp. 91.
- IGAC (1994). Global measurements standards of methane emissions for irrigated rice cultivation. Sass, R.L. and H.-U. Neue (eds.) IGAC Core Project Office, Cambridge, Mass., USA, 10 pp.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Workbook (Volume 2). Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Cambridge University Press, Cambridge.
- IRRI (1995). World rice statistics 1993-94, International Rice Research Institute, Los Banos, pp. 260.
- Li, C.S., Mosier, A., Wassmann, R., Cai, Z.C., Zheng, X.H., Huang, Y., Tsuruta, H., Boonjawat, J. and Lantin, R. (2004). Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: Sensitivity analysis and upscaling, *Global Biogeochemical Cycles* 18, doi: 10.1029/2003GB00204, 2004.
- Lindau, C.W., Bollich, P.K., de Laune, R.D., Mosier, A.R. and Bronson, K.F. (1993). Methane mitigation in flooded Louisiana rice fields. *Biology and Fertility of Soils* 15: 174-178.
- Minami, K. (1995). The effect of nitrogen fertilizer use and other practices on methane emission from flooded rice. *Fertilizer Research* 40: 71-84.
- Neue, H.U. and Sass, R. (1994). Trace gas emissions from rice fields. In: Prinn R.G. (ed.) Global Atmospheric-Biospheric Chemistry. Environmental Science Res. 48. Plenum Press, New York, pp. 119-148.
- Nouchi, I., Mariko, S. and Aoki, K. (1990). Mechanism of methane transport from the rhizosphere to the atmosphere through rice plants. *Plant Physiology* 94: 59-66.
- Sass, R. (2002). CH₄ emissions from rice agriculture. In 'Background Papers, IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National

- Greenhouse Gas Inventories. IPCC-NGGIP, p. 399-417, available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>.
- Sass, R.L., Fisher, F.M., Harcombe, P.A. and Turner, F.T. (1991). Mitigation of methane emission from rice fields: Possible adverse effects of incorporated rice straw. *Global Biogeochemical Cycles*, 5: 275-287.
- Sass, R.L., Fisher, F.M., Wang, Y.B., Turner, F.T. and Jund, M.F. (1992). Methane emission from rice fields: The effect of floodwater management. *Global Biogeochemical Cycles* 6: 249-262
- Sass, R. I., Fisher, F. M., Lewis, S. T., Jund, M. F. and Turner, F. T. (1994). Methane emissions from rice fields: Effect of soil properties. *Global Biogeochemical Cycles* 2, 135-140, 1994.
- Schütz, H., Holzapfel-Pschorn, A., Conrad, R., Rennenberg, H. and Seiler, W. (1989). A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. *Journal of Geophysical Research* 94: 16405-16416.
- Takai, Y. (1970). The mechanism of methane fermentation in flooded paddy soil. *Soil Science and Plant Nutrition* 16: 238-244.
- Wassmann, R., and Aulakh, M.S. (2000). The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions. *Biology and Fertility of Soils* 31: 20-29.
- Wassmann, R., Neue, H.U., Bueno, C., Lantin, R.S., Alberto, M.C.R., Buendia, L.V., Bronson, K., Papen, H. and Rennenberg, H. (1998). Methane production capacities of different rice soils derived from inherent and exogenous substrates. *Plant and Soil* 203: 227-237.
- Wassmann, R, Buendia, L.V., Lantin, R.S., Makarim, K., Chareonsilp, N. and Rennenberg, H. (2000). Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. II. Differences among irrigated, rainfed, and deepwater rice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58: 107-119.
- Watanabe, A. and Kimura, M. (1998). Factors affecting variation in CH₄ emission from paddy soils grown with different rice cultivars: A pot experiment. *Journal of Geophysical Research* 103: 18947-18952.
- Yagi, K. and Minami, K. (1990). Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Science and Plant Nutrition* 36: 599-610.
- Yagi, K., Tsuruta, H., Kanda, K. and Minami, K. (1996). Effect of water management on methane emission from a Japanese rice paddy field: Automated methane monitoring. *Global Biogeochemical Cycles* 10: 255-267.
- Yagi, K., Minami, K. and Ogawa, Y. (1998). Effect of water percolation on methane emission from rice paddies: a lysimeter experiment. *Plant and Soil* 198: 193-200.
- Yan, X., Yagi, K., Akiyama, H. and Akimoto, H. (2005). Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice fields. *Global Change Biology* 11, 1131-1141, doi: 10/1111/j.1365-2486.2005.00976.x.