ثانيا: الخدمات البيئية والزراعة

لقد كانت الفوائد التي حققها البشر من الزراعة فوائد جمة. فاليوم توفر الزراعة الغذاء لأكثر من ٦ مليارات من البشر، وشهدت العقود الأخيرة زيادات كبيرة في إنتاجية الزراعة مع إدخال الأصناف الجديدة وطرق الإنتاج الحديثة (Tilman وآخرون، ٢٠٠٢). غير أن هذه المنافع تحققت بتكلفة. فمن بين خدمات النظم الايكولوجية التي جرى تقييمها في إطار تقييم النظم الايكولوجية للألفية، نسب إلى الزراعة الفضل في زيادة خدمات "التزويد" المتعلقة بإنتاج الأغذية والألياف خلال نصف القرن الماضي، إلا أن ذلك تم على حساب تدهور الكثير من خدمات النظم الايكولوجية الأخرى. ويسلم تقييم النظم الايكولوجية للألفية فضلا عن التقارير الناشئة عن الدراسات الأخرى الأحدث مثل المياه من أجل الغذاء: المياه من أجل الحياة (التقييم الشامل لإدارة المياه في قطاع الزراعة، ٢٠٠٧) والظل الطويل للثروة الحيوانية: القضايا والخيارات البيئية (المنظمة، ٢٠٠٦أ) بأن بوسع الزراعة، بل وينبغي أن تدار لتعزيز خدمات النظم الايكولوجية التي تتجاوز توفير الأغذية والسلع الأخرى.

وقد أدت الزيادة في إنتاج السلع الزراعية على حساب خدمات النظم الايكولوجية الأخرى إلى إحداث تغييرات بيئية عالمية ومحلية تنطوي على تأثيرات كبيرة على صحة الإنسان ورفاهته (Foley وآخرون، ٢٠٠٥). فبوسع ممارسات الإنتاج الزراعي أن تولد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وأن تؤدي إلى استنفاد المياه وتلوثها وتدهور الأراضي وفقد التنوع البيولوجي. والزراعة ذاتها ضحية من الضحايا الرئيسية لتدهور النظم الايكولوجية حيث تتعرض الإنتاجية الزراعية لمشاكل تقلبات المناخ واستنفاد التربة وندرة المياه وجودتها والتعرض للآفات والأمراض. ويشكل تغيير التوازن في خدمات النظم الايكولوجية التي توفرها الزراعة خطوة كبيرة نحو معالجة النتائج السلبية لبعض أشكال الإنتاج الزراعي. كما تتوافر دوافع أخرى لهذا التغيير: فهناك إمكانيات تعويض التدهور البيئي الناجم عن القطاعات الأخرى في الاقتصاد. وتعتبر الطاقة الحيوية سوقا أخرى نشأت حديثا قد تؤدي إلى إحداث تغييرات كبيرة في خدمات النظم الايكولوجية التي قد توفرها الزراعة (انظر أيضا شعبة الطاقة في الأمم المتحدة، ٢٠٠٧).

وتعتمد التغييرات الضرورية في إدارة النظم الايكولوجية على الموقع والمستوى القائم للتنمية الاقتصادية والكثافة السكانية والظروف الايكولوجية الزراعية والتكنولوجيات الرئيسية المستخدمة في الزراعة. وتؤثر جميع هذه العوامل في عائدات الأراضي واليد العاملة في الزراعة والتكاليف والمنافع المحتملة من التغييرات في الممارسات والتي تهدف إلى استحداث خدمات بيئية إضافية.

ويركز هذا الفصل وبقية التقرير بالدرجة الأولى على الفئات الثلاث للمشاكل البيئية التي تساهم الزراعة فيها بدور كبير: تغير المناخ وتدهور المياه (التلوث والاستنفاد) وفقد التنوع البيولوجي. وقد شهدت هذه المجالات الثلاثة بالفعل توسعا كبيرا في برامج المدفوعات المقدمة للمنتجين الزراعيين لتعزيز عملية توفير الخدمات البيئية. وتقدم المدفوعات للمزارعين لتنحية الكربون للتخفيف من تغير المناخ، ولتحسين إدارة مستجمعات المياه (ومن ثم جودة المياه وتدفقها)، وصون التنوع البيولوجي. ويبدو أن هذه الفئات تنطوي على أكبر الإمكانيات للتوسع في برامج المدفوعات في المستقبل. وهناك بالطبع عدد من خدمات النظم الايكولوجية الأخرى التي تضطلع الزراعة بدور رئيسي في إدارتها مثل تكوين قوام التربة أو تدوير المغذيات التي تعتبر من العناصر الرئيسية للمحافظة على خصوبة التربة وإصلاح الأراضي المتدهورة.

ويوفر هذا الفصل عرضا عاما موجزا للعلاقات التقنية في ما بين الزراعة والتغييرات البيئية والكيفية التي تشكل بها هذه العلاقة خيارات السياسات والأنماط النوعية للإجراءات التي يمكن أن يضطلع بها المزارعون والمنتجون الزراعيون لزيادة الإمدادات من هذه الفئات الثلاث من الخدمات البيئية.

كيف يمكن للمنتجين الزراعيين توفير الخدمات البيئية؟

قبيل مناقشة القضايا النوعية المرتبطة بكل فئة من الفئات الثلاث المشار إليها، يتعين تقديم بعض الملاحظات العامة. فبصفة عامة، لكي يزيد المزارعون من إمداداتهم من بعض الخدمات البيئية يتعين إجراء بعض التغييرات في نظم الإنتاج الزراعي.

ولتوفير مستويات معززة من الخدمات البيئية يمكن للمزارعين تغيير ممارساتهم الإنتاجية بوسائل مختلفة بما في ذلك:

- التغيرات في نظم الإنتاج على أن تظل الأراضي مخصصة للزراعة، وأن يجري تعديل أنشطة الإنتاج لبلوغ الأهداف البيئية (مثل الحد من الحرث أو ترك المزيد من مخلفات المحاصيل في الحقول)؛
- برامج تحويل الأراضي من إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية إلى استخدامات أخرى؛
- تجنب إجراء تغييرات في استخدام الأراضي (مثل الامتناع عن تحويل الغابات إلى الزراعة).

وهذا التمييز ضروري لدى تقييم الدرجة التي ينطوي فيها توفير الخدمات البيئية على مقايضات مع الإنتاج الزراعي الذي يعتبر بدوره عنصرا أساسيا في فهم دوافع المنتجين فيما يتعلق بتنفيذ أو عدم تنفيذ التغيير. كذلك فإنه قد يكون لذلك التغيير المطلوب انعكاسات على مستوى الاقتصاد الكبير إذا نفذ على نطاق واسع نتيجة لتأثيراته على توافر الأغذية والأراضي واليد العاملة وعلى الأسعار (Zilberman وLipper وMcCarthy، طبعة قادمة).

وقد تنطوي ظروف تحديد إمكانيات تغيير مزيج خدمات النظم الايكولوجية التي توفرها نظم الإنتاج الزراعي على أبعاد عديدة. فأولا قد يكون للتغييرات اللازمة لزيادة إنتاج خدمة من خدمات النظم الايكولوجية تأثيرات على عدد من الخدمات الأخرى. وقد تكون هذه التأثيرات ايجابية أو سلبية. وفي كثير من الحالات، فإن التغييرات تشتمل على خفض بعض خدمات التزويد – حتى وإن كان ذلك بصفة مؤقتة – وذلك من أجل تعزيز الإمدادات من الخدمات المعاونة والمنظّمة أو الثقافية الأخرى. وقد تنشأ المقايضات أيضا في ما بين الأنماط المختلفة لخدمات النظم الايكولوجية التنظيمية والداعمة.

فعلى سبيل المثال، قد تؤدي إقامة مزرعة للأصناف الشجرية سريعة النمو لتحقيق عملية تنحية الكربون إلى خفض التنوع البيولوجي. كذلك فإن زيادة موائل أحد الأنواع قد تكون لها تأثيرات سلبية على أنواع أخرى.

ثانيا، إن الظروف الايكولوجية الزراعية مثل المناخ ونوعية التربة والتضاريس وتوافر المياه، تشكل عناصر محددة رئيسية للمزيج من خدمات النظم الايكولوجية التي يمكن توليدها من نظام معين للإدارة. وقد تكون الظروف الايكولوجية الزراعية النوعية عالية الإنتاجية بالنسبة لإحدى الخدمات، إلا أنها ليست كذلك بالنسبة لخدمة أخرى. فمثلا، التضاريس شديدة الانحدار يمكن أن توفر حماية إنتاجية عالية لمستجمعات المياه، إلا أن إنتاجيتها تتناقص بصورة كبيرة بالنسبة للزراعة.

ثالثا، تعتمد إمكانيات تغيير مزيج الخدمات المقدمة من النظم الايكولوجية الزراعية بصورة كبيرة على نظم الإدارة المستخدمة في الوقت الحاضر وعلى عوامل السياسات والنواحي الاقتصادية التي تدفعها. فعلى سبيل المثال يمكن إنتاج القمح في إطار نظام واسع النطاق وممكنن وكثيف رأس المال مثلما الحال في استراليا وكندا، أو من خلال نظم صغيرة كثيفة العمالة مع قدر ضئيل من المستلزمات الكيميائية أو دون هذه المستلزمات على الإطلاق مثلما الحال في إثيوبيا. وكلاهما مثالان على نظم زراعة القمح إلا أن إنتاجية كل منهما، من حيث غلة القمح ومزيج الخدمات والنظم الايكولوجية مختلفة تماما. فالتغيرات في زيادة الخدمات البيئية من أحد النظم قد لا تفيد النظام الآخر.

وثمة نقطة رابعة وأخيرة تشير إلى أن خدمات النظم الايكولوجية قد تتخذ أشكالا مختلفة وإن كانت لا تتساوى كلها من وجهة نظر المستفيدين. وهناك سبب رئيسي للتركيز في السابق على خدمات التزويد عن الأنماط الأخرى من خدمات النظم الايكولوجية يتمثل في أن معظم خدمات التزويد تتخذ شكلا يطلق عليه الاقتصاديون "سلع خاصة". وعلى العكس من ذلك فإن خدمات النظم الايكولوجية التنظيمية والداعمة والثقافية تعتبر في بعض الأحيان "منافع عامة". (انظر الإطار ٢).

وتتناول الأقسام التالية بصورة أعمق أنماط التغيير التي يمكن للمنتجين الزراعيين أن يحدثوها لتعزيز عملية توفير الخدمات النوعية المتعلقة بالتخفيف من تغير المناخ وتحسين إدارة المياه وصون التنوع البيولوجي.

الإطار ٢
السلع العامة

السلع العامة عبارة عن حالة خاصة من العناصر الخارجية (انظر الإطار ١). وهي عبارة عن السلع أو الخدمات التي لا يمكن قصر استهلاكها على مستهلك معين أو مجموعة من المستهلكين والتي لا يضر استخدامها من جانب أحد المستهلكين باستخدامها من جانب مستهلك آخر. وعلى سبيل المثال، فإن التخفيف من تأثيرات تغير المناخ يعتبر منفعة تعود على كل شخص في المجتمع العالمي ومن المستحيل استبعاد بعض الأشخاص من التمتع بهذه المنفعة حتى إذا لم يقدموا مدفوعات مقابل هذه الخدمة. وفي نفس الوقت، فإن تمتع أحد الأشخاص بمنافع التخفيف من تغير المناخ لا ينتقص من تمتع شخص آخر بنفس هذه المنفعة. ويمكن أن تتراوح السلع العامة بين العالمية (مثل التخفيف من تغير المناخ وحفظ التنوع البيولوجي) والمحلية (التحكم في الفيضانات).

وتجدر الملاحظة أنه في حين أن بعض الخدمات مثل التخفيف من تغير المناخ يعتبر من السلع العامة، فإن الموارد التي يوفرها (مثل الأراضي الحرجية) قد تكون مملوكة ملكية خاصة. والواقع أن هذا التفريق يساعد على التشجيع على تقديم المدفوعات مقابل الخدمات البيئية.

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، ٢٠٠٢ب.

الزراعة والتخفيف من تغير المناخ

ورد في الموجز الموجه لصانعي السياسات من تقرير التقييم الرابع الصادر عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ بصورة صريحة أن الاحترار العالمي يحدث وأن من الأرجح بدرجة كبيرة أن يتسبب في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناشئة عن الأنشطة البشرية. وحذر من:

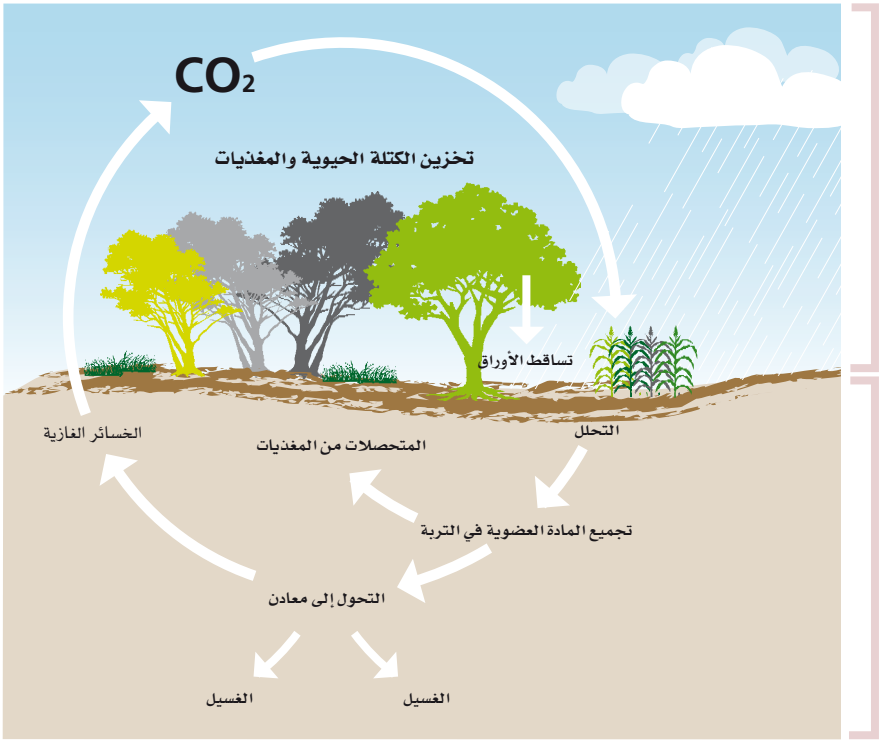
> إن استمرار انبعاثات الاحتباس الحراري عند أو أعلى من المستويات الحالية سوف يتسبب في المزيد من الاحترار ويستحث الكثير من التغييرات في نظم المناخ العالمي خلال القرن الحادي والعشرين، التي ستكون على الأرجح أكبر بكثير من تلك التي لوحظت خلال القرن العشرين.
>
> (الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، ٢٠٠٧أ، صفحة ١٣)

وسوف يكبد تغير المناخ كلا من البلدان النامية والمتقدمة تكاليف باهظة. وتشمل هذه التكاليف زيادة وتيرة وحدة الأحداث المناخية المتطرفة مثل الفيضانات والتورنادو والأعاصير وزيادة الجفاف في بعض الأقاليم وخسارة المناطق الساحلية ونقص المياه والتغييرات في الإصابة بالأمراض. وقد تتحمل البلدان النامية العبء الأكبر في هذا المجال نتيجة لزيادة جوانب ضعفها فضلا عن حدة التغييرات التي قد تتعرض لها. ويمكن أن يسفر تغير المناخ عن إجراءات وصراعات واسعة النطاق مما يحمل في طياته تكاليف كبيرة (Stern، ٢٠٠٧).

ويشير تقرير التقييم الرابع الصادر عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ إلى أهمية تحقيق تخفيضات مباشرة وكبيرة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ويقول التقرير "إنه سوف تحدد جهود التخفيف خلال العقدين أو الثلاثة القادمة إلى حد كبير الزيادات في متوسط درجة الحرارة العالمية على المدى الطويل والتأثيرات المقابلة لتغير المناخ التي يمكن تجنبها" (الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، ٢٠٠٧ب). وهناك أساسا طريقتان للتخفيف من تغير المناخ هما: خفض مصدر الانبعاثات أو زيادة كمية تخزين غازات الاحتباس الحراري في النظم الأرضية (أي من خلال تنحية الكربون). وعلى ذلك فإن دور الزراعة في تخفيف تغير المناخ يتكون من جزأين: خفض انبعاثاتها الخاصة وتعزيز عملية استيعاب غازات الاحتباس الحراري.

وتعتبر الزراعة مصدرا بارزا لغازات الاحتباس الحراري الثلاثة: ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الميثان والنترات. ويعتبر ثاني أكسيد الكربون الأهم فيما يتعلق بالاحترار العالمي. إلا أن ثاني أكسيد الميثان والنترات يسهمان أيضا بكميات كبيرة. وتسهم الأنشطة الزراعية وتغير استخدام الأراضي بنحو ثلث مجموع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون،

الشكل ٣
تنحية الكربون فوق الأرض وتحتها



المصدر: منظمة الأغذية والزراعة.

وهي أكبر مصادر للميثان (من إنتاج الثروة الحيوانية والأرز المغمور) وأكسيد النترات (وخاصة من استخدام الأسمدة النيتروجينية غير العضوية).

كما تضطلع الزراعة بدور هام بوصفها "بالوعة" للكربون وذلك من خلال قدرتها على تنحية وتخزين غازات الاحتباس الحراري وخاصة الكربون في التربة وفي النباتات والأشجار (انظر الشكل ٣). وتشمل عملية تنحية الكربون زيادة تخزين الكربون في النظم الأرضية سواء فوق الأرض أو تحتها. ويمكن أن تتسبب التغييرات في ممارسات استخدام الأراضي والتربة في إطلاق عملية لتجميع الكربون في التربة بمرور الوقت. وسوف يصل هذا النظام في نهاية الأمر إلى توازن جديد لتخزين الكربون أو إلى نقطة التشبع، ولن يتم بعدها استيعاب كربون جديد. وتمثل تنحية الكربون مزايا ومثالب أيضا كوسيلة للتخفيف من تغير المناخ. وتتمثل الميزة الرئيسية في أن تكاليفها منخفضة نسبيا ويمكن تنفيذها بسهولة. وعلاوة على ذلك فإنها توفر منافع متعددة مترابطة نتيجة للزيادة في الكتلة الحيوية للجذور وما تؤديه المادة العضوية في التربة من تعزيز لعملية استبقاء المياه والمغذيات وتوافرها ومتحصل النباتات منها ومن ثم إنتاجية الأراضي. وتتمثل المثالب الرئيسية في أن تنحية الكربون، على العكس من الأشكال الأخرى من تخفيف تغير المناخ، قابلة للاسترداد. والواقع أن التغييرات في ممارسات الإدارة الزراعية يمكن أن تعجل أو تعكس درجة تنحية الكربون خلال فترة زمنية قصيرة نسبيا.

وتتباين الإمكانيات المادية لتنحية الكربون تباينا كبيرا بحسب نمط استخدام الأراضي والمنطقة. ويبين الجدول ١ تقديرا لإمكانيات تنحية الكربون خلال فترة ١٠ سنوات من خلال تغيير استخدام الأراضي في عدد من البلدان النامية يبلغ مجموعها ٤٨ بلدا. وتشير الأرقام إلى توافر إمكانيات تقنية كبيرة للتخفيف من انبعاثات الكربون من الزراعة: ما يقرب من ٢,٣ مليار طن. وسوف يقتضي تحقيق هذه الإمكانيات تغييرات في إدارة الأراضي في ٥٠ مليون هكتار من الأراضي الأخرى (Niles وآخرون، ٢٠٠٢). وفي مقابل ذلك، فإن هناك ٩٥ مليون هكتار تجري زراعتها في الوقت الحاضر باستخدام نظم الزراعة المحافظة على الموارد التي توفر خدمات كبيرة لتنحية

الجدول ١

تغير استخدام الأراضي وأثره في تخفيف الكربون، ٢٠٠٣-٢٠١٢

الإقليم	تجنب إزالة الغابات[١]	الزراعة المستدامة[٢]	إحياء الغابات[٣]	المجموع
	(بملايين الأطنان من الكربون)			
أفريقيا	١٦٧,٨	٦٩,٧	٤١,٧	٢٧٩,٢
آسيا	٣٠٠,٥	٢٢٧,٣	٩٦,٢	٦٢٤,٠
أمريكا اللاتينية	١٠٩٧,٣	٩٣,١	١٧٧,٩	١٣٦٨,٣
المجموع	**١٥٦٥,٦**	**٣٩٠,١**	**٣١٥,٨**	**٢٢٧١,٥**

(١) محسوبة من أحدث التقديرات عن الخسائر السنوية في الغابات مضروبة بالمخزونات المرجحة من الكربون مع افتراض ثبات معدلات إزالة الغابات.
(٢) بما في ذلك تنحية كربون التربة نتيجة خفض الحرث وزيادة غطاء التربة وتحويل المحاصيل الحولية إلى غابات مختلطة بالزراعة والإدارة المحسنة للأراضي العشبية.
(٣) بما في ذلك إعادة تشجير الأراضي المتدهورة والزراعة المختلطة بالغابات وليس المزارع الحرجية، مع استبعاد تنحية الكربون في التربة التي تخضع لإعادة التشجير.
المصدر: مستمد بتصرف من Niles وآخرين، ٢٠٠٢.

الكربون في التربة (Derpsch، ٢٠٠٥). والجدوى الاقتصادية للتغييرات المطلوبة لاستخدام الأراضي لم تتضح بعد على الرغم من أن هناك دلائل متزايدة على أن التغييرات في نظم الإنتاج المؤدية إلى تنحية الكربون قد توفر منافع اقتصادية أخرى.

إمكانية تنحية الكربون في الكتلة الحيوية فوق الأرض

تتحقق عملية تنحية الكربون فوق الأرض بزيادة كمية الكتلة الحيوية فوق الأرض في شكل أشجار وشجيرات. وتتباين معدلات تنحية الكربون بحسب أنواع الأشجار ونمط التربة والمناخ الإقليمي والتضاريس وممارسات الإدارة. ويعتبر تطبيق الزراعة المختلطة بالغابات وإحياء الغابات المتدهورة وإنشاء المزارع الحرجية ونظم الغابات المختلطة بالرعي من بين الكثير من التغييرات في استعمال الأراضي التي يمكن أن تحقق تنحية الكربون فوق الأرض.

وتتحدد إمكانيات تنحية الكربون في نظم استخدام الأراضي بحسب متوسط الكربون المخزون في ذلك النظام خلال فترة تناوب تتصل بنمط النمو ذى الصلة. وتجري تنحية الكربون لدى الانتقال من النظم منخفضة المخزونات إلى تلك المرتفعة من حيث المتوسط الزمني. وقد أجرى Palm وآخرون (٢٠٠٥) تقديرات لمتوسط الكمية السنوية للكربون المخزن خلال ٢٠ عاما في ظل نظم مختلفة لاستخدام الأراضي في ثلاثة مواقع في المناطق الاستوائية الرطبة. ووجد هؤلاء المؤلفون أن التغيير من الغابات الخاضعة للإدارة التي يجري قطع كتلها، إلى الغابات غير المستغلة في اندونيسيا يحقق كسبا صافيا قدره ٢١٣ طنا من الكربون في الهكتار الواحد خلال حياة الغابة. كذلك فإن التغيير من فترات الراحة القصيرة إلى فترات الراحة المحسنة في البرازيل أدى إلى زيادة تنحية الكربون في الهكتار الواحد بمقدار ٤,٦ طن خلال ثماني سنوات.

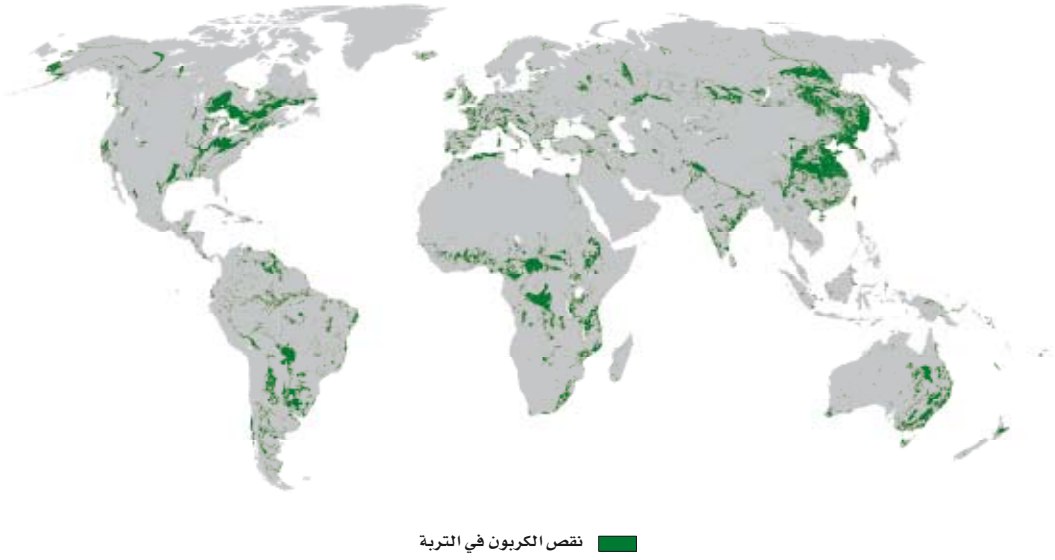
ويمكن عموما الحصول على أعلى متوسط لكميات الكربون التي يمكن تنحيتها لكل هكتار سنويا بالتوسع في مساحة الغابات عن طريق التشجير أو إعادة التشجير. وتخزن المحاصيل والمراعي الحولية جزءا صغيرا من تلك الكمية. وتقع الكميات التي تتحقق من خلال غابات الكتل والغابات المختلطة بالزراعة والمحاصيل الشجرية والمزارع الحرجية وغابات الإراحة الثانوية بين الكميتين. فعلى سبيل المثال، تختزن غابات الإراحة الثانوية التي يتراوح عمرها بين ٢٠ و٣٠ عاما نحو ٧٥ طنا من الكربون للهكتار الواحد مع حدوث التنحية بمعدل سنوي قدره ٥ أطنان للهكتار الواحد خلال السنوات العشرة الأولى من النمو (Fearnside وGuimarães، ١٩٩٦).

وسوف يسهم التدخل للحيلولة دون التحول من استخدامات الأراضي مرتفعة التخزين للكربون إلى تلك منخفضة التخزين أو الذي يشجع التحول من استخدامات الأراضي منخفضة التخزين إلى تلك المرتفعة في تحديد التخزين الصافي للكربون. وعلى ذلك فإن هناك طائفة واسعة من النظم الحرجية، وتلك الحرجية المختلطة بالزراعة التي يمكن أن تقدم إسهامات ذات مغزى في هذا المجال. فعلى سبيل المثال، أشارت تقديرات Poffenberger وآخرين (٢٠٠١) إلى أنه يمكن للغابات الجافة في وسط الهند أن تضاعف، من خلال الحماية والتجديد المعان، من معدلات تنحية الكربون للهكتار الواحد من ٢٧,٣ إلى ٥٥,٢ طن خلال ١٠ سنوات في الغابات الثانوية ومن ١٨,٨ إلى ٨٨,٧ طن في الغابات قديمة النمو بعد ٥٠ عاما بتكاليف شديدة التواضع.

إمكانيات تنحية الكربون تحت الأرض

تحتوي جميع أنواع التربة على بعض الكربون المترسب فيها في شكل مواد نباتية مميزة أو في بعض الأشكال غير العضوية مثل كربونات

الخريطة ١
القدرة على احتباس مزيد من الكربون في التربة



ملاحظة: متوافرة على الموقع التالي:
http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/google.kml?id=31151&layers=potential_sequester_carbon
المصدر: منظمة الأغذية والزراعة.

الكلسيوم أو ثاني أكسيد الكربون المذاب في المياه الجوفية. ويعتمد حجم الكربون الإضافي الذي يمكن تنحيته على كل من الظروف الجيوفيزيائية والنظم المحصولية.

وتقدم الخريطة ١ عرضا عالميا للمناطق التي تنطوي على إمكانيات كبيرة لتنحية كميات إضافية من الكربون في التربة. وتبين هذه الإمكانيات التي يشار إليها على أنها "نقص الكربون في التربة" الأماكن التي تنخفض فيها مستويات الكربون في التربة في الوقت الحاضر إلا أنها تنطوي على إمكانيات تقنية تتراوح بين المتوسطة والمرتفعة لتنحية الكربون، وإن كان ذلك يعتمد على نمط التربة ونسبة الرطوبة فيها والغطاء الأرضي. ولا بد من التأكيد هنا على أن هذه الخريطة، فضلا عن الخرائط الأخرى الواردة في هذا التقرير، تعتمد على قواعد البيانات العالمية بدرجة استبانة خام وبدقة متباينة. وعلى ذلك فإن النتائج المقدمة قد تكون مجرد إشارة إلى المواقع التي تبين إمكانيات لمختلف المؤشرات ذات الصلة. وسوف يتعين إجراء المزيد من الدراسات على المستوى القطري والنماذج المتطورة لاستخلاص تقديرات أكثر دقة.

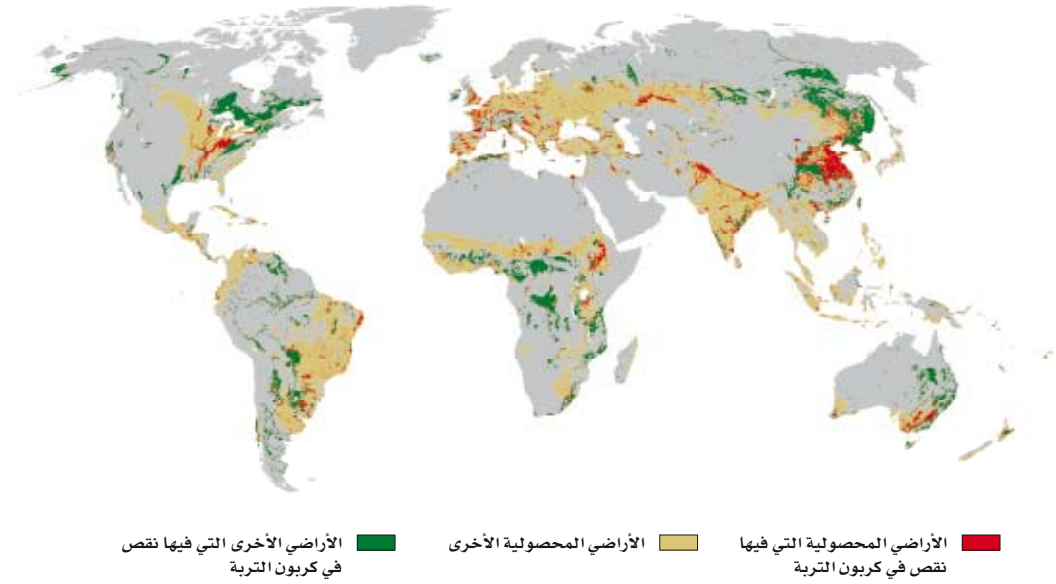
وتبين الخريطة ٢ موقع الأراضي المحصولية التي تنطوي على إمكانيات تقنية تتراوح بين المتوسطة والعالية على تنحية الكربون. وتوفر هذه الخريطة توقعات أولية بشأن الأماكن التي يمكن فيها تغيير النظم المحصولية لتحقيق تنحية كبيرة في كربون التربة. وتبرز الخريطة نقطة تقاطع المواقع مع إمكانيات تنحية كربون التربة المتوسطة والمرتفعة (مبينة في الخريطة ١) والأراضي المحصولية على النحو المحدد في قاعدة البيانات الخاصة بمشروع الغطاء العالمي للأراضي لعام ٢٠٠٠[٣].

وهناك نحو ٣٠ في المائة (٤,٧ مليون كيلومتر مربع) من الأراضي التي توصف بأنها تنطوي على إمكانيات متوسطة إلى مرتفعة لتنحية الكربون في المناطق التي يمارس فيها الإنتاج الزراعي، وتمثل ١٥ في المائة من الأراضي المحصولية الواردة في تعريف الغطاء العالمي للأراضي لعام ٢٠٠٠. ويوجد ربع هذه المساحة في آسيا وربع آخر في أفريقيا.

فما هي أنماط التغييرات في الإنتاج الزراعي التي يمكن أن تزيد من تنحية الكربون في التربة؟

(٣) الغطاء العالمي للأراضي لعام ٢٠٠٠ عبارة عن تعاون بين الشركاء في مختلف أنحاء العالم بشأن هدف عام يتمثل في توفير قاعدة بيانات متسقة لتغطية الأراضي في العالم بأسره في عام ٢٠٠٠. ويعرّف الغطاء العالمي الأراضي المحصولية بفئات الأراضي ١٦ (مساحات تخضع للزراعة والإدارة)، و١٧ (مختلطة: محصولية/غطاء شجري ونباتات طبيعية أخرى)، و١٨ (مختلطة: محصولية/جنبات أو غطاء عشبي). ويتوافر المزيد من المعلومات على الموقع: http://www-gvm.jrc.it/glc2000/.

الخريطة ٢
القدرة على احتباس مزيد من الكربون في تربة الأراضي المحصولية



ملاحظة: متوافرة على الموقع التالي:
http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/google.kml?id=31152&layers=potential_sequester_carbon_cropland
المصدر: منظمة الأغذية والزراعة.

يقدم Lasse (٢٠٠٠) قائمة بتقنيات الإدارة التي تنطوي على هذه الإمكانية بما في ذلك غرس محاصيل التغطية وزيادة عمليات الزراعة المقترنة بانعدام الحرث والزراعة المختلطة بالغابات. ويمكن أن يزيد بعض هذه الممارسات أيضا من مخزونات الكربون فوق الأرض. غير أن التقديرات الموثوق بها بشأن حجم الكربون الذي يمكن تنحيته في التربة في مختلف ممارسات الإدارة وأنماط الزراعة في العالم النامي ما زالت تقديرات غير دقيقة. وتشير التقديرات التي اقترحها Lal وآخرون (١٩٩٨) للمناطق الاستوائية إلى أنها تزيد بمقدار الضعف عن تلك الخاصة بالأراضي الجافة.

ويمكن أن تختلف تأثيرات التعديلات في الممارسات المحصولية على تنحية الكربون اختلافا كبيرا بحسب الممارسة والموقع. وتشير الدراسات التي أجريت في بعض المواقع المختارة في الهند ونيجيريا والتي تحاكي تأثيرات التغيرات في استخدام الأراضي على فترة تبلغ ٥٠ عاما، إلى أن كربون التربة سوف يستمر، في ظل الممارسات الحالية، في الانحسار بوتيرة منخفضة، ومع ذلك فإن التغيرات في استخدام الأراضي قد تزيد بصورة كبيرة من كربون التربة في المدى الطويل (انظر الشكل ٤) (المنظمة، ٢٠٠٤أ). ومدى إمكانيات التنحية لمختلف الممارسات يعتبر كبيرا حيث يتراوح بين السلبي بالنسبة لممارسات الزراعة المستمرة إلى نحو ٤٠ طنا للهكتار مع إبقاء المخلفات المحصولية وإضافة السماد الأخضر من فناء المزرعة بصورة كبيرة. وبالنسبة للممارسات التي تنطوي على أعلى إمكانيات التنحية، تستمر تنحية الكربون لفترة المحاكاة بأكملها لأنها لا تصل حتى ذلك الوقت إلى التوازن مما يشير إلى أن تنحية الكربون من خلال التغييرات في الممارسات الزراعية سوف تتطلب وقتا كبيرا لتحقيق التأثيرات الكاملة.

كمية المياه وجودتها

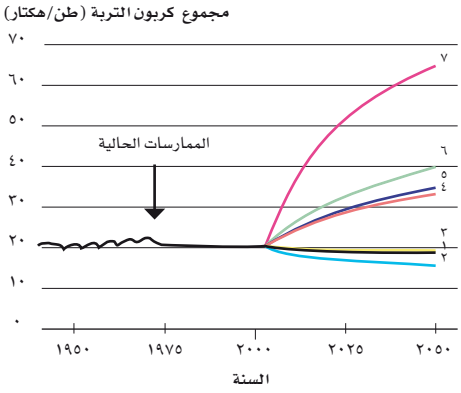
تقتصر خدمات حماية مستجمعات المياه من الناحية المادية على حدود هذه المستجمعات. ولذا فإن هذه الخدمات تهم بالدرجة الأولى المستخدمين المحليين والإقليميين على العكس مما يتعلق بتنحية الكربون والكثير من خدمات صون التنوع البيولوجي (Landell-Mills وPorras، ٢٠٠٢).

كمية المياه

تزايد استخدام المياه بصورة سريعة خلال القرن الماضي، حيث زاد بأكثر من ٧ أضعاف ما كان عليه

الشكل ٤
التغييرات في كربون التربة في مختلف النظم المحصولية

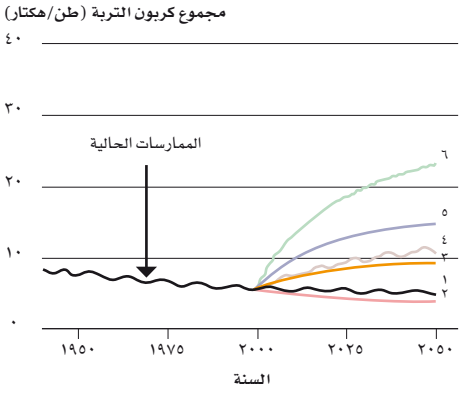
قرية لينغامبالي، الهند



استخدامات الأراضي

١ الممارسات الحالية: زراعة كثيفة مختلطة بالمراعي مع القطع والحرق
٢ زراعة دائمة
٣ ١٠٠ كلغ/هكتار يوريا، دون مخلفات رعوية
٤ ٥ سنوات راحة، ٥ سنوات زراعة، مرتين تسميد حقلي ٣ طن/هكتار مخلفات رعوية
٥ زراعة دائمة، تسميد حقلي ١,٥ طن/هكتار في السنة، مخلفات رعوية
٦ زراعة دائمة، تسميد حقلي ١,٥ طن/هكتار في السنة، مخلفات النبات ٠,٥ طن/هكتار في السنة، دون رعي

فوتشيميرام، نيجيريا



استخدامات الأراضي

١ الممارسات الحالية: محاصيل بعلية، تسميد حقلي ٣,٩ طن/هكتار في السنة
٢ تسميد حقلي ٣ طن/هكتار في السنة
٣ تسميد حقلي ٣ طن/هكتار في السنة، سماد أخضر ٥٠٠ كلغ/هكتار في السنة، سماد حيوي ٢٥٠ كلغ/هكتار في السنة
٤ مثل الممارسات الحالية مع خلط مخلفات المحاصيل في التربة
٥ تسميد حقلي ٣ طن/هكتار في السنة، مخلفات الأوراق والنبات
٦ تسميد حقلي ٣ طن/هكتار في السنة، مخلفات النبات، سماد أخضر، سماد حيوي
٧ تسميد حقلي ٦ طن/هكتار في السنة، مخلفات النبات، سماد أخضر، سماد حيوي

المصدر: المنظمة، ٢٠٠٤أ.

بين عامي ١٩٠٠ و٢٠٠٠ في حين تزايد عدد البشر بعامل يبلغ ٤ (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠٠٦). وعلى الرغم من انحسار الاستهلاك للفرد الواحد منذ ثمانينات القرن الماضي، يتزايد استخدام المياه في العادة (Shiklomanov وRodda، ٢٠٠٣).

ويبين الجدول ٢ مؤشرين يتعلقان باستخدام موارد المياه العذبة. فمؤشر "الرقم الدليلي للضغط على المياه" يقيس عدد السكان الذين يحصلون على الخدمة لكل مليون متر مكعب سنويا من المياه الجارية التي يمكن الحصول عليها. ويبين استخدام المياه النسبي أو "الرقم الدليلي للإجهاد المائي" معدل السحب من المياه لتوفير الإمدادات. وعلى المستوى العالمي يمثل الاستخدام الحالي للمياه نحو ١٣ في المائة من مجموع الإمدادات السنوية (تقييم النظم الايكولوجية للألفية، ٢٠٠٥ب) مع اتجاه صعودي شامل يبين الضغوط المتزايدة على موارد المياه العامة.

ويتوقع تقييم النظم الايكولوجية للألفية (٢٠٠٥ب) حدوث زيادة تبلغ ١٣ في المائة في الرقم الدليلي للضغط على المياه في العالم بحلول عام ٢٠١٠. وتشير التوقعات الواردة في تقرير التنمية البشرية لعام ٢٠٠٦ (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠٠٦) إلى أنه بحلول عام ٢٠٢٥ قد يتعرض ثلاثة مليارات من البشر لإجهاد مائي كما أن ١٤ بلدا أخرى قد تصنف على أنها تعاني ندرة المياه (أي لديها أقل من ١٠٠٠ متر مكعب للفرد سنويا).

ويجري سحب معظم المياه المخصصة للاستخدامات البشرية من الأنهار أو من المياه الجوفية. وقد تنشأ هذه الأخيرة عن طبقات حاملة للمياه متجددة أو "أحفورية". ويعرض كل مصدر مائي قضايا الإدارة الخاصة به. فالمياه الجوفية متجددة وترتبط ارتباطا مباشرا بدورة المياه العذبة من خلال الجو والتربة ومن ثم فإنها تتجدد من خلال الأمطار وبعض الممارسات الزراعية. وتوجد المياه الجوفية الأحفورية في الطبقات العميقة تحت الأرض مع عملية تجديد صافية ضئيلة في المدى الطويل. ويتماثل استخدام المياه الجوفية الأحفورية مع استخراج المعادن: فما أن يتم استخلاصها لا يمكن من الناحية الفعلية تعويضها حيث أن أوقات التجديد قد تصل إلى آلاف السنين (Margat، ١٩٩٠).

الجدول ٢

مؤشرات خدمات التزويد بالمياه العذبة، ٢٠١٠

الأقاليم الجغرافية/تجمعات البلدان	الرقم الدليلي للضغط على المياه (السكان/ملايين الأمتار المكعبة/ سنويا)	الرقم الدليلي للإجهاد المائي (النسبة المئوية)
آسيا	٣٩١	١٩
أمريكا اللاتينية	٦٧	٤
شمال أفريقيا/الشرق الأوسط	٢٠٢٠	١٣٣
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى	٢١٣	٣
اتحاد الجمهوريات السوفييتية الاشتراكية السابق	١٦١	٢٠
بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	١٧٨	٢٠
مجموع العالم	**٢٣١**	**١٣**

ملاحظة: تستند هذه الأرقام إلى متوسط الأحوال السنوية. وقد أظهرت قيم إحصاءات الاستخدام النسبي للمياه ارتفاعا عندما تؤخذ في الاعتبار التوزيعات المكانية والزمنية دون الإقليمية لإمدادات المياه المتجددة واستخدامها.

المصدر: مستمد من Ecosystems and human well-being: current state and trends by the Millennium Ecosystem Assessment.

حقوق النشر © ٢٠٠٥ للمؤلف. استُخدم بإذن من Island Press، واشنطن العاصمة.

وعلاوة على الاستخلاص المباشر من الأنهار والطبقات الحاملة للمياه، تستخدم ثلاثة تكنولوجيات أخرى لزيادة المتوافر من المياه العذبة: السدود والمنشآت الاصطناعية الأخرى وإزالة ملوحة مياه البحر وتجميع مياه الأمطار المحلية. وتوفر المياه المزالة ملوحتها حتى الآن أقل من ١ في المائة من مجموع الاستهلاك العالمي من المياه. وتشير عملية تجميع المياه إلى عدد من التكنولوجيات التقنية والحديثة التي إما تقوم بتجميع المياه الجارية السطحية أو زيادة تنقية المياه. ويشمل ذلك القنوات والسدود التي تجمع المياه وتنقلها وتقنيات زيادة محتوى التربة من الرطوبة وخزانات المياه لأغراض الري والاستخدام المنزلي والحد من ذروة الفيضانات.

وتستحوذ الزراعة على نحو ٧٠ في المائة من جميع استخدامات المياه في العالم، وتصل هذه النسبة إلى ٩٥ في المائة في كثير من البلدان النامية ومن ثم فإنها تؤثر في كل من كمية ونوعية المياه المتوافرة للاستخدامات البشرية الأخرى (المنظمة، ٢٠٠٧ب). ويمكن أن تسهم التغيرات في الممارسات الزراعية في كمية المياه من خلال زيادة تجديد الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، إلا أن أهم إسهام يمكن أن تقدمه الزراعة في تحسين كمية ونوعية الموارد المائية المتوافرة هو من خلال زيادة كفاءة استخدام المياه التي تحتاج إليها. وثمة إمكانيات أخرى تتمثل في إعادة استخدام مياه العادم في الأغراض الزراعية حيث يجري في الوقت الحاضر ري نحو مليوني هكتار باستخدام هذه الطريقة (التقييم الشامل لإدارة المياه في قطاع الزراعة، ٢٠٠٧)، وتتوافر الإمكانيات لزيادة هذه الكمية بدرجة كبيرة.

ويحدد Pretty وآخرون (٢٠٠٦) ١٤٤ مشروعا في البلدان النامية يجري فيها تطبيق توليفة من ممارسات الإدارة المحافظة على الموارد مثل الإدارة المتكاملة للآفات والمغذيات والحرث الرشيد للمحافظة على الموارد والزراعة المختلطة بالغابات. وقد تبين أن هذه الممارسات توفر أيضا تحسينات ملحوظة في إنتاجية المياه وخاصة بالنسبة لنظم الزراعة المعتمدة على الأمطار. ويتراوح متوسط الزيادة في إنتاجية المياه بين ١٦ في المائة بالنسبة للأرز المروي و٢٩ في المائة بالنسبة للقطن المروي و٧٠ في المائة و١٠٢ في المائة و١٠٨ في المائة للحبوب والبقول والجذور والدرنات المعتمدة على الأمطار على التوالي.

وقد حددت دراسات عديدة تأثيرا ايجابيا لعدم الحرث على قدرة تنقية المياه ومحتوى التربة من الرطوبة وتعرية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه. ففي الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال تبين أن نظم عدم الحرث تؤدي إلى الحد من جريان المياه بنسبة ٣١ في المائة وزيادة تنقية المياه بحسب نوعية التربة بنسبة تتراوح بين ٩ في المائة و١٠٠ في المائة والحد من تعرية التربة بنسبة تصل إلى٩٠ في المائة مما يؤدي بدوره إلى الحد من حمولة الترسيبات في الأنهار والملوثات في المسطحات المائية (Hebblethwaite، ١٩٩٣). وأشار أيضا Guo وChoudhary ورحمان (١٩٩٩) إلى تحسن عملية الترشيح نتيجة لتحسن قوام التربة في النظم الخالية من الحرث مما أدى إلى انخفاض تعريض التربة. وقد تم في مختلف المواقع البرازيلية خفض خسائر التربة بما يصل إلى ٨٧ في المائة في نظم الزراعة المحافظة على الموارد مع خفض جريان المياه بما يصل إلى ٦٦ في المائة في نوبة القمح وفول الصويا (Saturnio وLanders، ١٩٩٧).

وتحتاج عملية التحديد الكمي الدقيق لتجديد الطبقة الحاملة للمياه من خلال تحسين تسرب المياه لمزيد من البحث. وحتى الآن تتوافر دلائل مروية أساسا على أن تطبيق الزراعة المحافظة على الموارد وغير ذلك من الممارسات المحافظة على التربة والمياه يحسن من خدمات مستجمعات المياه. ففي ولاية بارانا في البرازيل تفيد التقارير أنه بعد تطبيق نظام عدم الحرث امتلأت بركة كانت عادة تظل جافة معظم فترات العام مرة أخرى وبدأ النهر المجاور في حمل المياه أيضا خلال موسم الجفاف (المنظمة، ٢٠٠٣ب). وفي الهند، ذكر Agarwal وNarain (٢٠٠٠) أن المياه في نهري أفاري وروباريل توافرت طوال العام بعد تنفيذ مجموعة من ممارسات تجميع المياه وتدابير المحافظة على التربة في مستجمعات المياه. وفي ما يتعلق بإدارة الثروة الحيوانية، تبين أن الرعي التناوبي وتحسين توزيع الحيوانات وزيادة الغطاء الشجري على المراعي قد أدى إلى تحسن تجديد المياه (المنظمة، ٢٠٠٦أ). ومع ذلك فإن الأمر يحتاج إلى مزيد من البحوث بشأن العلاقات الدقيقة والفترات الفاصلة الزمنية بين تطبيق الإدارة الزراعية المحسنة وحفظ المياه وإدخال تحسينات على كمياتها.

ويوجز الجدول ٣ من الناحية النوعية التأثيرات المحتملة للتغييرات الرئيسية في استخدام الأراضي على توافر المياه. وللأسف فإن العلاقات الهيدرولوجية بين استخدام الأراضي وإدرار كميات أكبر وأكثر نظافة من المياه هي علاقات معقدة وتتعلق بكل موقع على حدة، كما أن هناك افتقارا إلى القرائن العلمية في كثير من الأحيان (Robertson وWunder، ٢٠٠٥ والمنظمة، ٢٠٠٤ب). وقد تركزت معظم الدراسات في هذا

الجدول ٣

موجز عام للنتائج الهيدرولوجية المتعلقة بالتغيرات الرئيسية في الغطاء الأرضي واستخداماته

نوع التغير في استخدام الأراضي	الانعكاسات على خدمة التزويد بالمياه العذبة	مستوى الثقة
من الغابات الطبيعية إلى الغابات الخاضعة للإدارة	انخفاض طفيف في تدفق المياه العذبة المتوافرة وانخفاض في الموثوقية الزمنية (انخفاض تجديد المياه الجوفية في المدى الطويل)	أمر محتمل في معظم المناخات المعتدلة والرطبة الدافئة، إلا أن ذلك يعتمد بدرجة كبيرة على الأنواع الشجرية الغالبة قد تؤدي ممارسات الإدارة الكافية إلى خفض التأثيرات إلى أدنى حد ممكن
من الغابات إلى المراعي/ الزراعة	زيادة كبيرة في كمية الجريان السطحي المرتبطة بزيادة الرواسب واندفاع المغذيات انخفاض في الموثوقية الزمنية (الفيضانات وانخفاض تجديد المياه الجوفية في المدى الطويل)	أمر شديد الاحتمال على المستوى العالمي؛ سوف يعتمد التأثير على نسبة منطقة المستجمعات المشمولة الانعكاسات أقل شدة إذا كان التحول إلى المراعي وليس الزراعة أمر شديد الحرج بالنسبة للمناطق التي ترتفع فيها الأمطار خلال فترات زمنية مركزة (مثل الأمطار الموسمية)
من الغابات إلى التوسع العمراني	زيادة شديدة القوة في الجريان المرتبط بزيادة حمولة الملوثات انخفاض شديد في الموثوقية الزمنية (الفيضانات وانخفاض تجديد المياه الجوفية على المدى الطويل)	أمر شديد الاحتمال على المستوى العالمي مع اعتماد التأثيرات على نسبة منطقة المستجمعات المحولة التأثيرات أقوى عندما يتم تحويل الجزء الأدنى من المستجمع أمر شديد الحرج بالنسبة للمناطق التي تتكرر فيها أحداث الأمطار الغزيرة
غزو الأنواع التي ترتفع فيها معدلات البخر والنتح	انخفاض شديد في جريان المياه انخفاض قوي في الموثوقية الزمنية (انخفاض تجديد المياه الجوفية على المدى الطويل)	أمر شديد الاحتمال على الرغم من أنه يعتمد بدرجة كبيرة على خصائص الأنواع الشجرية الغالبة موثقة بصورة طفيفة ما عدا في جنوب أفريقيا واستراليا ونهر كولورادو في الولايات المتحدة الأمريكية

المصدر: مستمد من Ecosystems and human well-being: current state and trends by the Millennium Ecosystem Assessment.

حقوق النشر © ٢٠٠٥ للمؤلف. استُخدم بإذن من Island Press، واشنطن العاصمة.

المجال على تأثيرات حماية الغابات وإعادة التشجير بالقرب من مصادر المياه، إلا أن النتائج حتى في هذه الدراسات كانت غامضة في كثير من الأحيان. ويمكن أن يؤدي تزايد الغطاء الشجري إلى خفض، وكذلك زيادة، الكميات المتوافرة من المياه. ونظرا لأن مستجمعات المياه النمطية تتأثر بأنشطة الكثير من المزارعين، يتعين تطبيق الأساليب الزراعية المحسنة على نطاق واسع لتحقيق تأثيرات ملموسة، ومن ناحية أخرى فإن الرصد طويل الأجل اللازم لتقييم التغييرات في مستجمعات المياه الكبيرة يمكن أن يكون باهظ التكلفة. وعلى الرغم من القرائن العلمية بشأن تأثير الإدارة المحسنة للمياه وتجديد المياه الجوفية هي قرائن نادرة، فقد أكدت البحوث بصورة واضحة العكس وهو أن تدهور التربة وإزالة الغابات تتسبب في انخفاض مناسيب المياه الأرضية.

وتبين الخريطة رقم ٣ أن الأراضي المحصولية في جنوب وجنوب شرق آسيا التي ترتفع فيها مستويات تعرية التربة تظهر إمكانيات التأثيرات خارج المواقع في شكل التغرين والترسيب في مجاري المياه. وتستند الخريطة إلى النتائج التي توصل إليها تقييم حالة تدهور التربة بسبب النشاط البشري في جنوب وجنوب شرق آسيا، وهو التقييم الذي أجراه المركز الدولي لمعلومات ومراجع التربة ومنظمة الأغذية والزراعة بين عامي ١٩٩٤ و١٩٩٧ (Van Lynden وOldeman، ١٩٩٧). وليست جميع المناطق المبينة على الخريطة لديها بالضرورة إمكانية الاضطلاع بدور قوي في توفير خدمات مستجمعات المياه من خلال تغيير استخدامات الأراضي وذلك بحسب موقعها فيما يتعلق بالوظائف الهيدرولوجية، لأن تلك التي لديها هذه الإمكانيات قد تظل تمثل مساحات كبيرة وأعدادا كبيرة من المنتجين الزراعيين.

نوعية المياه

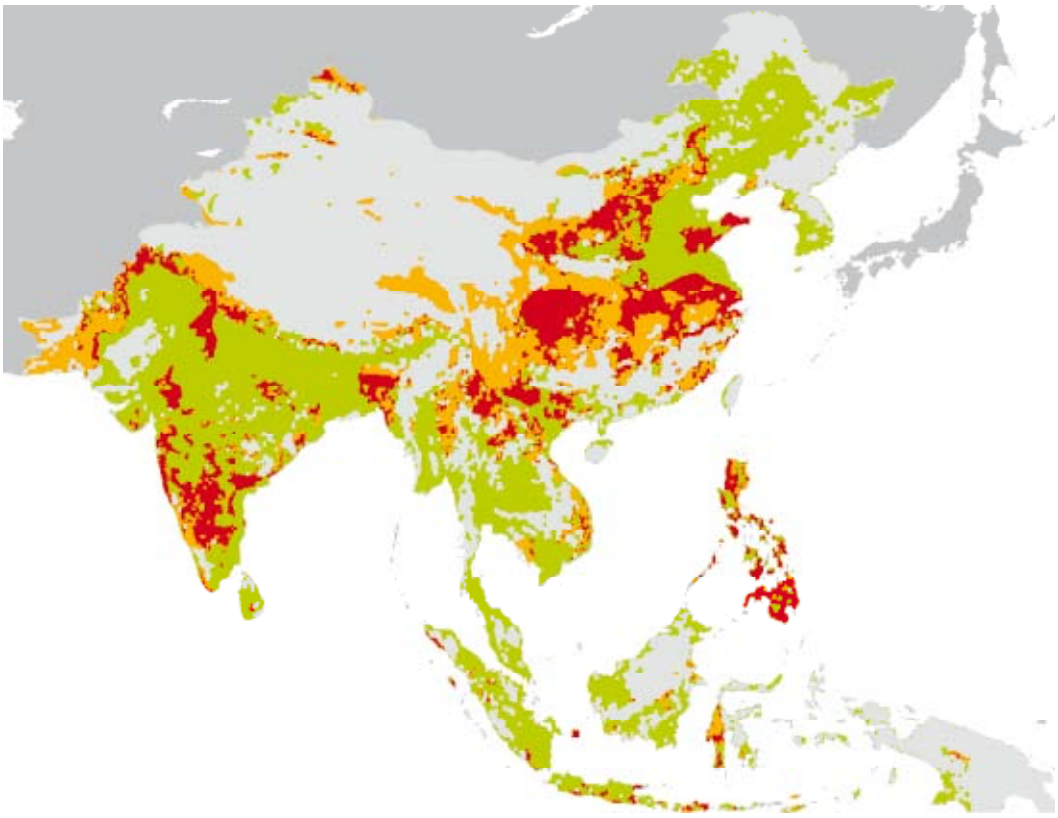
تعرف لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا نوعية المياه بأنها "الخصائص المادية والكيميائية والبيولوجية للمياه اللازمة لدعم الاستخدامات المرغوبة للمياه" (لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، ١٩٩٥، صفحة ٥). وتستطيع معظم الأنواع المائية أن تتكيف مع التغييرات الطبيعية في نوعية المياه إلا أن الأنشطة البشرية أضافت الملوثات التي تهدد الكثير من الأنواع وتتطلب معالجة لتوفير مياه الشرب.

وقد حدثت معظم التأثيرات البشرية على نوعية المياه في العالم خلال القرن الماضي (تقييم النظم الايكولوجية للألفية، ٢٠٠٥ب). ففي حين كانت مصادر التلوث الرئيسية في الماضي تتألف من الملوثات العضوية والبرازية الناجمة عن مياه العادم غير المعالجة (استمر ذلك في كثير من البلدان النامية)، فإن من الممكن تتبع معظم الملوثات الحالية اليوم إلى الإنتاج الزراعي والصناعي. وفي إطار الزراعة، ترتبط الملوثات بتعرية التربة وجريان المغذيات وانتشار المبيدات. ويشكل إنتاج الثروة الحيوانية مصدرا رئيسيا للتلوث في كثير من البلدان حيث يمثل تلوث المغذيات من المخلفات مشكلة متزايدة (المنظمة، ٢٠٠٦أ). وينبغي التفريق بين مصادر التلوث معروفة المنشأ (التدفق النوعي المحدد للملوثات في المسطحات المائية) ومصادر التلوث غير محددة المنشأ (التدفق الواسع للملوثات). وفي معظم الحالات، تشكل الزراعة مصادر تلوث غير معروفة المنشأ حيث تتوزع المصادر الدقيقة للتلوث ويصعب رصدها. ويتمثل الاستثناء من ذلك في عمليات الثروة الحيوانية عالية التركيز حيث يمكن تتبع التأثيرات إلى مصدر محدد الهوية.

وتشمل عملية تحسين نوعية المياه من خلال إجراء تغييرات في نظم الإنتاج الزراعي بصورة عامة الحد من التملح والجريان الضار للمياه من الحقول الزراعية وتعرية التربة والمبيدات وغير ذلك من الكيماويات الزراعية أو مخلفات الحيوانات. وثمة وسيلة لمواجهة ذلك تتمثل في تحسين كفاءة استخدام المغذيات من خلال معادلة استخدامات الأسمدة بصورة وثيقة مع قدرة النباتات على امتصاص المغذيات. ويعبر اختبار التربة وتحسين توقيت استخدام الأسمدة فضلا عن استخدام محاصيل التصدير والحد من الحرث وسائل مفيدة لهذا الغرض (Tilman وآخرون، ٢٠٠٢). ويمكن أيضا أن تسهم التدابير الخاصة بتحسين إدارة المخلفات الحيوانية في تعزيز نوعية المياه. وتشمل هذه التدابير التغييرات في عمليات الإنتاج (إدارة الأعلاف) وجمع وتخزين ومعالجة استخدام الأسمدة الخضراء(المنظمة، ٢٠٠٦أ).

وقد عثر في فرنسا على مثال ناجح للتدابير التي تتخذ للحد من مصادر تلوث المياه غير المحددة والناشئة عن الإنتاج الحيواني. فقد دخلت شركة Vittel لتعبئة المياه في اتفاقات مع المزارعين تشجعهم على تعديل ممارسات إدارة أراضيهم للحد من النترات في مصدر المياه (Perrot-Maître، ٢٠٠٦). وتضمنت الممارسات الزراعية المعدلة وقف زراعة الذرة لاستخدامها في الأعلاف الحيوانية وتطبيق الكيماويات الزراعية

الخريطة ٣
الأراضي المحصولية التي ترتفع فيها مستويات تعرية التربة بفعل الإنسان



ملاحظة: متوافرة على الموقع التالي:
http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/google.kml?id=31153&layers=croplands_humaninduced_erosion
المصدر: منظمة الأغذية والزراعة.

واستخدام الرعي واسع النطاق للأبقار بعدد محدود من الحيوانات وتحديث مباني المزرعة للتقليل من جريان المغذيات.

وكما يبين المثال المشار إليه أعلاه، فإن تدابير الحد من التلوث الناجم عن الإنتاج الحيواني تشمل إجراء تغييرات في كل من الممارسات المحصولية في إنتاج الأعلاف وفي التقنيات الخاصة بتربية الحيوان. وتتضمن الملوثات المعنية إطلاق المغذيات المتضمنة مستويات مفرطة من النيتروجين والفوسفات والمعادن الثقيلة. كما يمكن أن تتضمن مخلفات الحيوانات طائفة من الكائنات المجهرية التي تشكل مخاطر محتملة على صحة الإنسان.

صون التنوع البيولوجي

يعرّف التنوع البيولوجي بأنه "التنوع فيما بين الكائنات الحية من جميع المصادر بما في ذلك ... النظم الايكولوجية الأرضية والبحرية وغير ذلك من النظم المائية والمركبات الايكولوجية التي تشكل جزءا منها، ويتضمن ذلك التنوع داخل الأنواع وفي ما بينها والنظم الايكولوجية" (اتفاقية التنوع البيولوجي، ١٩٩٣، المادة ٢).

ويقاس التنوع البيولوجي عادة على المستوى الوراثي والأنواع ومستوى النظم الايكولوجية على الرغم أنه من الصعب تحديد "وحدات التنوع

البيولوجي" لغرض إجراء تحولات فيها. ويشمل حفظ التنوع البيولوجي، ضمن هذه المستويات الثلاثة، المحافظة على الأبعاد التالية (تقييم النظم الايكولوجية للألفية، ٢٠٠٥ب):

- الأصناف التي تعكس عدد الأنماط المختلفة؛
- الكمية والنوعية التي تعكس الحجم المتوافر من أي نمط من الأنماط؛
- التوزيع الذي يعكس الأماكن التي توجد بها أنماط التنوع البيولوجي.

وقد خلص تقييم النظم الايكولوجية للألفية إلى أن الأنشطة البشرية قد أدت إلى سرعة فقدان التنوع البيولوجي على الأرض خلال الخمسين عاما الماضية بوتيرة غير مسبوقة في التاريخ البشري. وتتحدد خمسة دوافع رئيسية لفقدان التنوع البيولوجي: تغير الموئل، تغير المناخ، الأنواع الغريبة الغازية، الإفراط في الاستغلال والتلوث. ويظهر التقييم أن فقدان الأنواع واستمرار تجانس الكثير من النظم الايكولوجية ما زال يشكل أحد التهديدات الأساسية التي تواجه بقاء نظمنا الطبيعية فضلا عن الاجتماعية الاقتصادية (تقييم النظم الايكولوجية للألفية، ٢٠٠٥ب).

ويعرف التنوع البيولوجي المرتبط بالنظم الايكولوجية الزراعية بالتنوع البيولوجي الزراعي وينظر إليه عموما على أنه مجموع النباتات والحيوانات والكائنات المجهرية على المستويات الوراثية والخاصة بالأنواع والنظم الايكولوجية والتي لا يمكن الاستغناء عنها في تدعيم الوظائف الرئيسية لإنتاج الأغذية والأمن الغذائي (اتفاقية التنوع البيولوجي، ٢٠٠٠). وهي توفر الأساس لتوفير الأمن الغذائي وسبل المعيشة لكل فرد (المنظمة، ١٩٩٧).

والتنوع البيولوجي يمثل حصيلة التفاعلات فيما بين البيئة والموارد الوراثية ونظم الإدارة والممارسات التي يستخدمها المزارعون، كما أنه نتيجة للانتخاب الدقيق والتنمية المبتكرة عبر آلاف السنين. ويتضمن التنوع الوراثي للمحاصيل والثروة الحيوانية، فضلا عن التنوع البيولوجي ذات الصلة بالمحاصيل (مثل ملوثات التنوع البيولوجي القمعي للآفات والقمع البيولوجي للتربة).

وقد أثيرت شواغل في السنوات الأخيرة بشأن خسارة التنوع البيولوجي الزراعي من خلال توفير التجانس لنظم الإنتاج الزراعي (المنظمة، ١٩٩٧). وبالنسبة للتنوع البيولوجي للمحاصيل والثروة الحيوانية، أعرب عن القلق إزاء عنصرين رئيسيين هما: زيادة مستويات الضعف الوراثي وتآكله (المنظمة، ١٩٩٧). ويحدث الضعف الوراثي حيثما تتعرض أنواع المحاصيل أو الثروة الحيوانية المستخدمة على نطاق واسع للآفات أو العناصر الممرضة التي تهدد بإحداث خسائر واسعة النطاق في المحاصيل. والتآكل الوراثي هو خسارة الموارد الوراثية من خلال القضاء على صنف حيواني أو محصول. ويتمثل السبب الرئيسي للتآكل الوراثي في الاستعاضة عن الأنواع المحلية بأنواع محسنة. فخسارة خدمات النظم الايكولوجية المفيدة للأمن الغذائي تعتبر مصدر قلق آخر. فبدون الإدارة السليمة للتنوع البيولوجي الزراعي، قد تتلاشى بعض الوظائف الرئيسية للنظم الايكولوجية الزراعية مثل صيانة دورات المغذيات والمياه وتنظيم الآفات والأمراض ومكافحة التلوث وتعرية الأراضي.

ويمكن ضمان صون التنوع الوراثي للمحاصيل والحيوانات بوسائل خارج المواقع الطبيعية أو في المواقع الطبيعية. وتشمل طرق الصون خارج المواقع الطبيعية بنوك البذور والجينات، في حين يحدث الصون داخل المواقع الطبيعية في حقول المزارعين والبرك أو الغابات. وهذان المنهجان متكاملان، فالمجموعات خارج المواقع الطبيعية تحافظ على مجموعة ثابتة من الموارد الوراثية، في حين أن الجهود داخل المواقع الطبيعية تحافظ على عملية التطور الدينامية مثل تكيف الموارد الطبيعية مع الضغوط المتغايرة الناجمة عن الانتخاب الطبيعي والبشري.

وترتبط النهج المستخدمة لصون التنوع البيولوجي الزراعي بين الصون والاستخدام المستدام بواسطة البشر. ونظرا للجوانب النوعية للتنوع البيولوجي الزراعي، فإن الآليات والأدوات المستخدمة لضمان إدارته المستدامة، بما في ذلك الصون، هي آليات وأدوات نوعية في كثير من الأحيان وتختلف عن تلك التي تستخدم تقليديا للتنوع البيولوجي البري (مثل المناطق المحمية).

كيف يمكن أن يحمي المنتجون الزراعيون التنوع البيولوجي؟ تعتمد التدابير الضرورية لا على نمط التنوع البيولوجي الذي سيتم حفظه، بل وكذلك على نظم الإنتاج وموقعه. وتستكشف الأقسام التالية الطرق الرئيسية الثلاث التي يمكن بها للمنتجين الزراعيين المساهمة في صون التنوع البيولوجي: الحد من التوسع الزراعي في الأراضي الغنية بالتنوع البيولوجي، تطبيق نظم إنتاج زراعي تدعم الإنتاج المشترك لصون التنوع البيولوجي والمنتجات الزراعية وحفظ التنوع البيولوجي الزراعي.

التقليل إلى أدنى حد من التوسع الزراعي في المناطق الغنية بالتنوع البيولوجي البري

قد تسهم الزراعة في صون التنوع البيولوجي البري بالامتناع عن استخدام موارد الأراضي والمياه الغنية بالتنوع البيولوجي. ويشمل ذلك المنهج المحافظة على المناطق التي تتضمن نظما ايكولوجية غير مستغلة نسبيا ووقف استخدام مناطق الأراضي أو المياه التي تخضع للإنتاج في الوقت الحاضر والتي تقع بالقرب من المناطق الغنية بالأنواع، وخاصة إذا كانت لا تناسب الزراعة إلا بصورة محدودة. ويمكن بعد ذلك إدراج هذه المناطق في المناطق المحمية مثل المتنزهات والمحميات القومية التي تعتبر حجر الأساس لصون التنوع البيولوجي البري. وقد يشمل هذا النهج وقف أو خفض أو تحسين ممارسات الإنتاج الزراعي والإدارة الشاملة للأراضي في المناطق التي تم تحديدها على أنها "ممرات" هامة لهجرة الحيوانات البرية وحلقة اتصال للنظام الايكولوجي.

والخريطة رقم ٤ هي إحدى الخرائط العديدة التي نجمت عن دراسة بشأن تغيير استخدامات الأراضي في المناطق الاستوائية الجديدة (Wassenaar وآخرون، ٢٠٠٧) وتوضح المناطق المعرضة لخطر التحويل إلى الزراعة في أجزاء من أمريكا الجنوبية. وحددت الدراسة المناطق المعرضة لأشد مخاطر التحويل إلى مراع وأراض محصولية باستخدام نموذج يتضمن بصورة صريحة بعض الأبعاد مثل الموقع والملاءمة ومختلف العوامل التي تؤثر في القيم الاقتصادية النسبية لاستخدامات الأراضي. وتحدد الخريطة مناطق المواقع الساخنة لإزالة الغابات باللون الأحمر (المعرضة لخطر التحويل إلى مراع) وباللون البرتقالي (المعرضة لمخاطر التحويل إلى أراض محصولية). ويشكل الكثير من المناطق الايكولوجية التي سوف تتضرر من عملية إزالة الغابات المتوقعة جزءا من المناطق الايكولوجية العالمية المائتين التي تحظى بالأولوية لدى الصندوق العالمي لحماية الطبيعة، وهي مجموعة من أكثر الموائل تنوعا وتمثيلا من الناحية البيولوجية على وجه الأرض. ويقع البعض الآخر في إطار المناطق الساخنة الخاصة بالمنظمة الدولية لصون التنوع البيولوجي (Wassenaar وآخرون، ٢٠٠٧، والصندوق العالمي لحماية الطبيعة، ٢٠٠٧). وهذه هي المناطق التي يمكن لمنتجي المحاصيل والثروة الحيوانية أن يقدموا فيها خدمات كبيرة لحماية التنوع البيولوجي من خلال تجنب تحويلها إلى الاستخدامات الزراعية أو تيسير صيانتها في المناطق الزراعية (مثلا من خلال توفير ممرات للحيوانات البرية توصلها بمناطق الموائل).

صون التنوع البيولوجي البري في النظم الايكولوجية الزراعية

يمكن للمنتجين الزراعيين أيضا صون التنوع البيولوجي في إطار النظم الايكولوجية الزراعية. ويحدد McNeely وScherr (٢٠٠٢) مجموعة من التدابير الممكنة في هذا المجال:

١- تعزيز موائل الحيوانات البرية في المزارع وإقامة ممرات في الأراضي الزراعية تصل بمناطق الفضاء غير الزراعية؛

٢- موائل طبيعية مقلدة من خلال تجميع النباتات الحولية المثمرة؛

٣- استخدام نظم الزراعة في الحد من التلوث؛

٤- تعديل ممارسات إدارة الموارد لزيادة نوعية الموائل داخل الأراضي الزراعية وحولها.

ويوجد مثال على الحالة الأولى في كوستاريكا، حيث أقيمت مصدات الرياح التي تكونت من خلال غرس مزيج من الأنواع الشجرية المحلية والخارجية على مساحة ١٥٠ هكتارا تشمل ١٩ مجتمعا محليا زراعيا. وقد عملت مصدات الرياح كممرات بيولوجية تربط بين الرقع الحرجية الباقية في المنطقة، إلا أنها أفادت أيضا المزارعين من خلال الحد من الأضرار التي تسببها الرياح (McNeely وScherr، ٢٠٠٢). وتشمل الأمثلة الأخرى التي يمكن أن تقع في هذه الفئة إنشاء الأسيجة والزراعة المختلطة بالغابات. ويقدم Schroth وآخرون (٢٠٠٤) استعراضا شاملا لدور الزراعة المختلطة بالغابات في صون التنوع البيولوجي من خلال توفير الممرات والموائل الجديدة للأنواع البرية ضمن جملة تدابير أخرى.

ويعتبر البن المزروع في الظلال مثالا بارزا على النمط الثاني من الاستراتيجية. فهذا النوع من البن يتم إنتاجه تحت ظلة الأشجار التي تتباين ارتفاعاتها مما يوفر بيئة تميل إلى اجتذاب الطيور المهاجرة. وعلى العكس من ذلك فإن البن الذي يزرع بموجب النظم التقليدية ينطوي على مستويات منخفضة من التنوع البيولوجي (Pagiola وRuthenberg، ٢٠٠٢).

ويتوافر الكثير من الأمثلة التي يمكن أن توضح الفئة الثالثة من الاستراتيجية وهي الفئة التي تتعلق بتغيير الممارسات الزراعية للحد من التلوث. ففي فييت نام، أدى إفراط المزارعين في استخدام المبيدات إلى إحداث تلوث في المناطق غير الزراعية مما الحق أضرارا بالموائل المحلية. وقد أسفرت حملة توعية عن خفض استخدام المبيدات مما أفاد الكثير من أنواع الضفادع والأسماك التي تعيش في مزارع الأرز. وفي الصين جرى إحداث خفض كبير في استخدام المبيدات المكثفة لمكافحة أمراض اللفح في الأرز وذلك من خلال زراعة مجموعة متنوعة من أصناف الأرز، وفي الفلبين، تم تجنب تعرية التربة وما تبع ذلك من تلوث مجاري

بعض الحالات، ولاسيما تلك المتعلقة بخدمات إدارة مستجمعات المياه وصون التنوع البيولوجي، يكون للحجم والموقع فيها صلة وثيقة بفعالية التغييرات التي تنعكس بدورها على متطلبات التنسيق. فالواقع أن من غير المحتمل أن تكون التغييرات من جانب أحد المنتجين لغرض تحسين أحد الموائل أو الحد من التعرية في مستجمع للمياه كافية لتوفير الخدمات البيئية الثلاث ما لم يكن المنتج يسيطر على نسبة كبيرة من موارد الأراضي والمياه لتوفير الخدمات. ويعني ذلك أن النظر إلى التغييرات على مستوى المناظر الطبيعية يكتسي نفس الأهمية التي للتغييرات على مستوى وحدة الإنتاج الفردي. كما أنه يعني أن فعالية أي تغيير معين قد تعتمد بصورة رئيسية على التنسيق فيما بين الإجراءات التي يتخذها عدد من المنتجين.

ويوجز الجدول ٤ مجموعة من التغييرات في الإدارة التي يمكن للمنتجين الزراعيين تنفيذها لزيادة الإمدادات من الخدمات البيئية الثلاث قيد المناقشة، وذلك في سياق الإدارة المصاحبة على مستوى المناظر الطبيعية ومستوى التنسيق المطلوب بين المنتجين لتوفير إمدادات فعالة.

الإمكانيات التقنية مقابل الاقتصادية لتوفير الخدمات البيئية

ناقشنا في الأقسام السابقة الإمكانيات التقنية للزراعة في توفير الخدمات البيئية. ويبين ذلك لنا بالدرجة الأولى حجم الخدمات البيئية التي يمكن للمزارعين تقديمها. إلا أن من المهم أيضا إدراك أن هذه الخدمات ليست هي نفسها التي يحتمل أن يقدموها في عدم توافر الحوافز الإضافية. ويتوافق الفرق مع الاختلافات فيما بين الإمكانيات التقنية والاقتصادية لتوفير الخدمات البيئية.

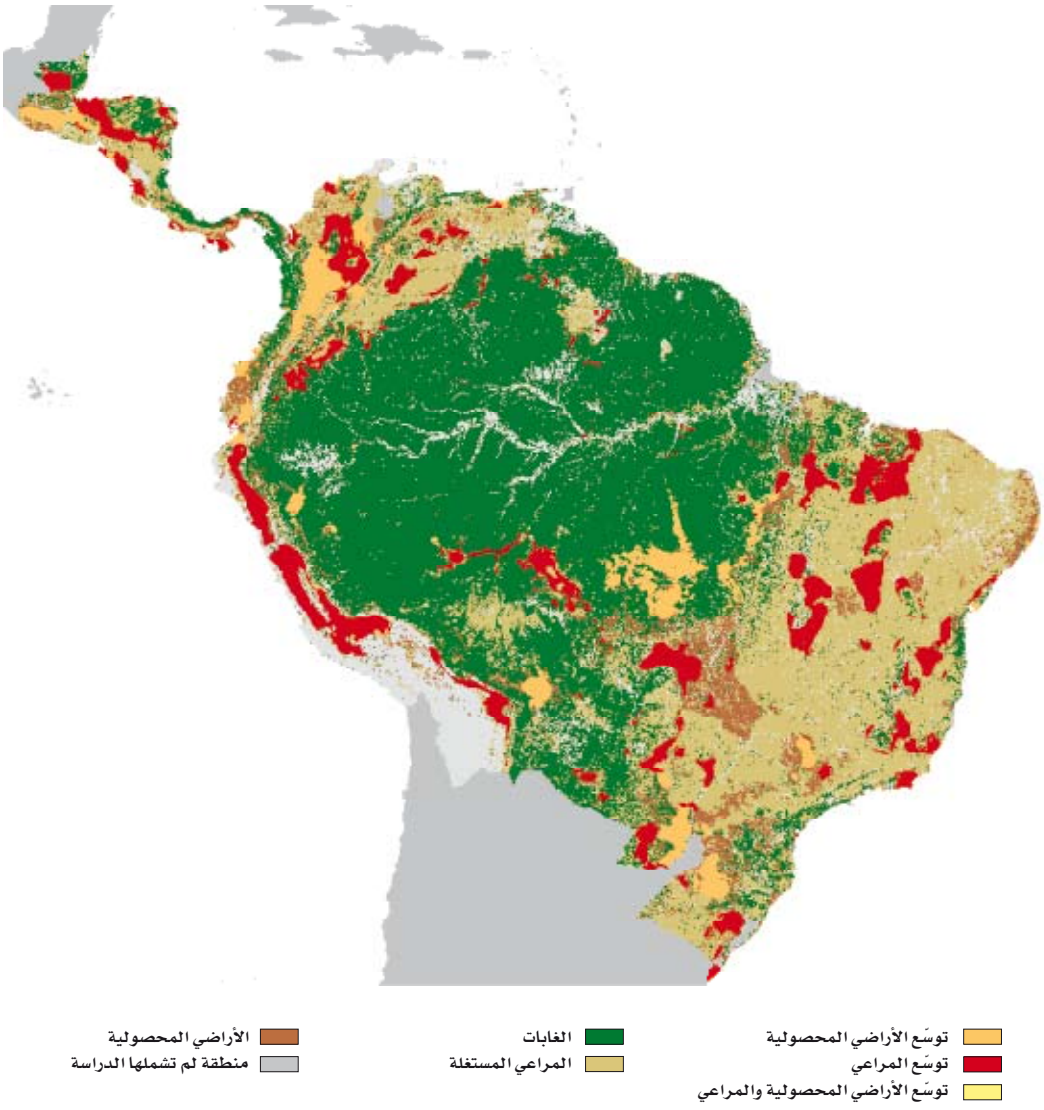
الطبيعية، وتتراوح هذه الأدوار بين إخضاع بعض المناطق المعينة أو مناطق المناظر الطبيعية للإنتاج الزراعي أو المحافظة عليها في هذا الوضع لإدارة الأراضي وفقا لذلك. وقد لا يكون من الضروري أن يراعي المزارعون أن أراضيهم قد توفر سبل راحة ريفية لدى إدارتهم لهذه الأراضي أو اتخاذ القرارات المتعلقة بكيفية تنميتها. والواقع أن توفير سبل الراحة الريفية يعتبر، في العديد من البلدان المتقدمة، أحد الدوافع الرئيسية الكامنة وراء تنفيذ مختلف برامج حماية الأراضي الزراعية الممولة من القطاع العام (Nickerson وHellerstein، ٢٠٠٣).

وتتزايد الآن أسواق القطاع الخاص المتعلقة بخدمات النواحي الجمالية للمناظر الطبيعية. كما تتنامى السياحة الايكولوجية بسرعة مدفوعة بارتفاع الدخل في مختلف أنحاء العالم، وتزايد سهولة السفر وانخفاض تكاليفه واتساع نطاق المعلومات. ويتوقع أن يزيد إنفاق السياحة العالمية بأكثر من ٦ في المائة سنويا (منظمة السياحة العالمية، ١٩٩٨، على النحو المبين في Hawkins وLamoureux، ٢٠٠١) ويتزايد تركيزها على البيئات الطبيعية.

ويبدو أن الحجم الشامل لسوق الخدمات الجمالية للمناظر الطبيعية والخدمات الترويحية التي توفرها المناظر الطبيعية الزراعية سيظل صغيرا. ومن المحتمل أن تقتصر المدفوعات التي تقدم للمجتمعات الزراعية على تلك التي تعيش في المناطق ذات الجذب السياحي الكبير أو المجاورة لهذه المناطق. وهناك في الكثير من البلدان المتقدمة قطاع من قطاعات صناعة السياحة يتعلق بالمناظر الطبيعية الرعوية والزراعية والنواحي الجمالية والأنشطة التي توفرها، وان كانت لم تتشكل بعد صناعة مماثلة في البلدان النامية.

والأرجح أن أهم المشترين للنواحي الجمالية للمناظر الطبيعية والخدمات الترويحية هم مشغلو الجولات السياحية من القطاع الخاص وما يتصل بذلك من أعمال، والمجموعات العاملة في منطقة معينة تتمتع بمناظر جمالية رفيعة سواء بصورة مباشرة أو في مجموعات. كما يمكن أن يصبح القناصون وصيادو الأسماك للأغراض الترويحية من القطاع الخاص وزوار المتنزهات الخاصة من المشترين أيضا للنواحي الجمالية للمناظر الطبيعية والخدمات الترويحية. وهناك نماذج عديدة عن استخدام الرسوم التي يدفعها زوار المتنزهات العامة في إفادة فئات المجتمع المحلي التي تقوم بحماية المناظر الطبيعية والقيم الترويحية. ومن الممكن أن يصبح بعض هذه النماذج ذا شأن كبير في المستقبل.

الخريطة ٤
التوسّع المرتقب للأراضي المحصولية والمراعي، ٢٠٠٠-٢٠١٠



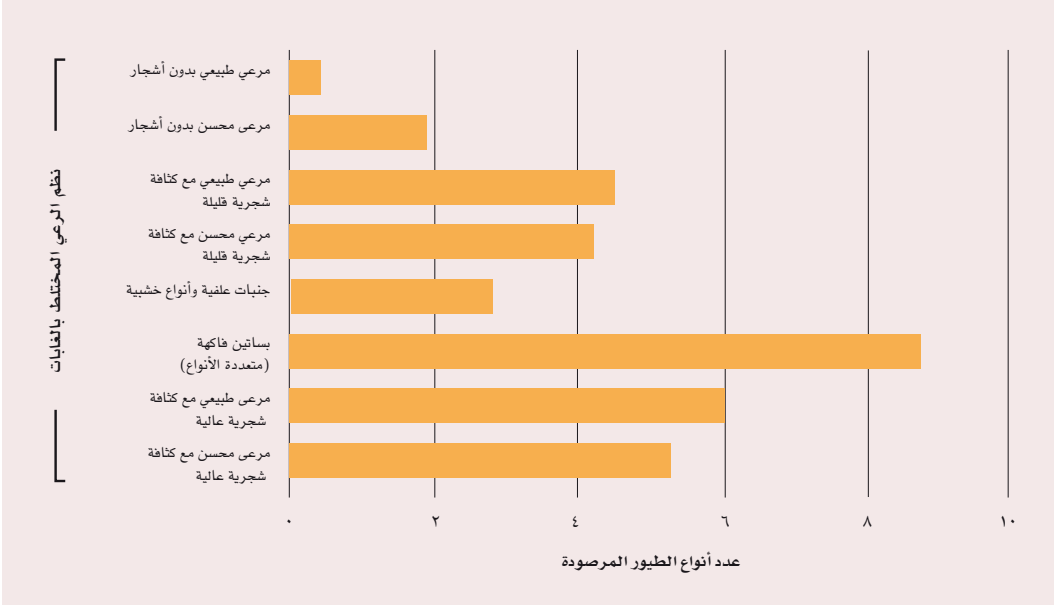
ملاحظة: متوافرة على الموقع التالي:
http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/google.kml?id=31154&layers=cropland_pasture_expansion
المصدر: Wassenaar وآخرون، ٢٠٠٧.

الأنهار من خلال إقامة قطاعات كنتورية تتألف من نباتات طبيعية (McNeely وScherr، ٢٠٠٢).

وتقدم عملية إعادة استخدام نظم الإراحة قصيرة الأجل (خلال عام أو عامين) المحسنة في النظم الزراعية لصغار الحائزين في كينيا وزامبيا مثالا على الفئة الرابعة. ولم يساعد هذا التدبير في استعادة خصوبة التربة فحسب، بل في توفير موئل للأنواع البرية (McNeely وScherr، ٢٠٠٢).

وفي بعض المناطق، يمكن أن توفر ممارسات الرعي المختلط بالغابات بديلا لنظم إنتاج الأبقار المعتمد على المراعي فقط. وتتضمن هذه الممارسات غرس الأشجار والشجيرات بكثافة عالية في المراعي، ونظم القطع والحمل حيث يتم تغذية الحيوانات بأوراق الأشجار والشجيرات المزروعة بصورة خاصة في المناطق التي كانت تستخدم في السابق في الممارسات الزراعية الأخرى، واستخدام الأشجار والشجيرات سريعة النمو لإقامة الأسيجة ومصدات الرياح (Pagiola وآخرون، ٢٠٠٧). وتتضمن الفوائد التي تحققها ممارسات الرعي المختلط بالغابات في مواقعها الطبيعية بالنسبة لمستخدمي الأراضي زيادة الإنتاج من عنصر الأشجار

الشكل ٥
انعكاسات تطبيق نظم الرعي المختلط بالغابات على التنوع البيولوجي في إسبارزا، كوستاريكا



المصدر: Pagiola، ٢٠٠٦.

مثل الفاكهة وحطب الوقود والأعلاف أو الأخشاب والمحافظة على إنتاجية المراعي أو تحسينها من خلال زيادة عملية إعادة تدوير المغذيات وتنويع الإنتاج (Dagang وNair، ٢٠٠٣).

وكما يتبين من الشكل ٥، تنطوي ممارسات الرعي المختلط بالغابات أيضا على منافع هامة بالنسبة للتنوع البيولوجي. وقد تبين أنها تضطلع بدور رئيسي في بقاء الأنواع البرية من خلال توفير الموارد الشحيحة والملاجئ، وفي تحقيق معدل مرتفع من الإكثار في النباتات الحرجية المحلية وتوفير مأوى للطيور البرية. كما يمكنها أن تساعد في ربط المناطق المحمية (Dennis وShellard وAgnew، ١٩٩٦ وHarvey وHaber، ١٩٩٩). وعلاوة على ذلك فإن ممارسات الرعي المختلط بالغابات يمكن أن تثبت كميات كبيرة من الكربون في التربة وفي الكتلة الحيوية للأشجار القائمة (Fisher وآخرون، ١٩٩٤ وPfaff وآخرون، ٢٠٠٠) فضلا عن تحقيقها تأثيرات مفيدة للخدمات المائية (Bruijnzeel، ٢٠٠٤).

صون التنوع البيولوجي الزراعي

تتوافر طائفة واسعة من الطرق التي يمكن بها صون التنوع البيولوجي بحسب العنصر النوعي الذي تركز عليه. وتتباين الطرق من حيث درجة التدخلات البشرية في النظم الطبيعية والتي تتراوح بين الجينات الخاضعة لدرجة عالية من الإدارة خارج المواقع الطبيعية وبنوك البذور في المحافظة على الأقارب البرية للأنواع المزروعة في مناطق البراري. وتشمل التدابير أيضا الصون على مستوى المزرعة واستخدام ما يسمى "بالأصناف الأرضية" أو الأصناف التقليدية من المحاصيل والثروة الحيوانية والتي تتميز بالتكيف الشديد في كثير من الأحيان مع البيئات المحلية. ويمكن تعزيز التنوع من خلال توفير الحوافز للمحافظة على مجموعة متنوعة من الأصناف المحصولية في الإنتاج ولاسيما الأصناف من أنواع الأغذية النادرة، أو من خلال إدارة حدود الحقول لتشجيع الأعداء الطبيعيين على كبح الآفات والعناصر الملقحة. ويوفر Jarvis وPadoch وCooper (٢٠٠٧)، عرضا عاما مستفيضا للأدوات التي يستخدمها المزارعون لحفظ التنوع البيولوجي وتنميته في الحقول.

ونظرا لأن التنوع البيولوجي الزراعي يرتبط ارتباطا مباشرا بالإنتاج الزراعي، فإن العمل داخل قنوات التسويق الزراعي لتوفير الحوافز للمزارعين لصون التنوع البيولوجي يعتبر استراتيجية هامة. ففي السنوات الأخيرة، قدم المجتمع الدولي الدعم للمزارعين لصون التنوع البيولوجي الزراعي في مواقعه الطبيعية. وتسعى هذه البرامج إلى زيادة توافر وإنتاجية التنوع في النظم الإنتاجية أو تعزيز العائدات للمحافظة على النظم المختلفة. وتمثل الزيادة في الطلب على المنتجات المتنوعة من خلال إقامة نظم للتوسيم وإصدار الشهادات أو خطط المنشأ وتنمية هذه المنتجات إحدى الاستراتيجيات الممكنة (منظمة التنوع البيولوجي الدولية، ٢٠٠٦). كذلك فإن زيادة تنوع نظم الإمداد بالبذور الزراعية تمثل استراتيجية أخرى (المنظمة، ٢٠٠٦ب).

ويتمثل أحد الأمثلة الذي يتضمن مدفوعات مباشرة للمزارعين للمحافظة على الأصناف المحصولية المختلفة في المشروع الممول من مرفق البيئة العالمية المعنون "نهج دينامي يرتكز على المزارعين لصون الموارد الوراثية النباتية في أفريقيا" الذي نفذ في إثيوبيا من ١٩٩٢ إلى ٢٠٠٠ (مرفق البيئة العالمية، ٢٠٠٧أ).

الخدمات البيئية الأخرى التي يوفرها المنتجون الزراعيون

لقد تركزت الأقسام الواردة أعلاه على ثلاث خدمات بيئية مختلفة وإن كانت شديدة الأهمية. وبجانب تلك الخدمات، فإن بوسع المنتجين الزراعيين أن يقدموا، وهم يقدمون بالفعل، الكثير من الخدمات البيئية الأخرى. فالطابع الجمالي للمناظر الطبيعية يشكل إحدى الخدمات التي يحصل بعض المزارعين من ورائها على منافع اقتصادية كبيرة في شكل السياحة الايكولوجية والسياحة الزراعية (الإطار ٣). وتتضمن الخدمات الأخرى التي يحصل بعض المزارعين على مدفوعات مقابلها خدمات التلقيح والحد من انتشار الأمراض الحيوانية والأمراض المحصولية والأنواع الغازية. فعلى سبيل المثال، حصل بعض المزارعين في المناطق المتضررة على مدفوعات للتخلص من الدجاج كتدبير لمنع انتشار انفلونزا الطيور.

أهمية الحجم والموقع والتنسيق في توفير الخدمات البيئية

يمكن للمنتجين الزراعيين، كما بينت المناقشات الواردة أعلاه، تنفيذ العديد من التغييرات لتحسين التوازن في الخدمات التي توفرها النظم الايكولوجية الزراعية. وقد كان التركيز على التغييرات التي يمكن أن يجريها المزارعون الأفراد لزيادة الإمدادات من كل خدمة من الخدمات البيئية الثلاث. غير أن هناك

الإطار ٣
جماليات المكان

تعتبر إدارة النواحي الجمالية في المناظر الطبيعية خدمة بيئية أخرى أخذت أسواقها في التنامي، إلا أنها لم تعالج بالتفصيل في هذا التقرير. فالنواحي الجمالية للمناظر الطبيعية أو "أسباب الراحة في الريف" تشمل السعادة التي يحصل عليها الناس من رؤية بعض جوانب المناظر الطبيعية وزيارتها أو حتى العلم بوجودها. ويمكن أن يأتي هذا السلوك من حداثتها (مثل مشاهدة نبع من الماء الحار وهو ينطلق)، والتنوع (التلال التي تزرع باستخدام طائفة من الممارسات)، والجمال الطبيعي (الزيارات لجبال الهيملايا)، والثقافة (الزيارات إلى الأماكن المقدسة) أو استمرار وجود أنواع معرضة للخطر في مكان بعيد.

وعلى ذلك، فإن للمناظر الطبيعية قيما مختلفة في حد ذاتها مما يمكن أن يجعلها من أنماط مختلفة. وقد يهتم الناس بمجرد ضمان استمرار وجود بعض المناظر الطبيعية والموائل أو النظم الايكولوجية حتى إذا لم ينتفعوا بها بصورة مباشرة بأي شكل من الأشكال. غير أنه قد يكون للمناظر الطبيعية قيم استخدام أكثر مباشرة تستغل من خلال بعض الأنشطة مثل السياحة الطبيعية والسياحة الايكولوجية والسياحة الزراعية. فالسياحة الطبيعية هي أي زيارة إلى موقع بهدف رئيسي هو التمتع ببعض عناصر الطبيعة. ويستخدم تعبير "السياحة الايكولوجية" في هذا السياق لوصف الزيارات إلى الأماكن التي تتميز بوجود أنواع من النباتات والحيوانات البرية الفريدة مثل مستجمعات المياه في الأمازون أو تلال السيرينجيتي. وتشمل السياحة الزراعية زيارات إلى المناظر الطبيعية حيث مارس البشر الزراعة بأشكال تسفر عن مناظر جذابة ومنتجات وأطعمة متميزة.

ولتوفير خدمات النواحي الجمالية في المناظر الطبيعية صلات هامة في كثير من الأحيان بتوفير الخدمات البيئية الأخرى وخاصة حفظ التنوع البيولوجي. ويجرى إنشاء بعض المقاصد لإتاحة الفرصة للزوار لمشاهدة مجموعات فريدة من أنواع مختلفة. ويخضع الكثير من هذه المقاصد للحماية مما يزيد من احتمال أن تحتفظ بالأنواع المفقودة في المناطق المجاورة أو تنظيم نوعية المياه وكمياتها. ويمكن أن تعزز السياحة الطبيعية من حماية التنوع البيولوجي وخاصة عندما يتم إشراك المجتمعات المحلية بصورة مباشرة مع العاملين بالسياحة. فإذا حصلت المجتمعات المحلية على دخل من إحدى المنشآت السياحية بصورة مباشرة فمن الأرجح أنها سوف توفر قدرا أكبر من الحماية لهذه الموارد المحلية والمحافظة عليها.

ويمكن أن يكون للزراعة أدوار متميزة وإن كانت مختلفة في ضمان توفير الخدمات الجمالية للمناظر

الجدول ٤

الخيارات الإدارية ومتطلبات التنسيق في الخدمات البيئية الثلاث

	الخدمة البيئية	خيارات الإدارة على مستوى المزرعة	خيارات الإدارة على مستوى المناظر الطبيعية	درجة التنسيق اللازمة[1]
تنحية الكربون وتعويضات غازات الاحتباس الحراري	تنحية الكربون في التربة	إدارة المادة العضوية في التربة وإثرائها، خفض وتيرة الزراعة، تطبيق الزراعة المحافظة على الموارد، ممارسات صون التربة، تحسين الأراضي العشبية		منخفضة
	تنحية الكربون في النباتات المعمرة	زيادة مساحة واستخدام المحاصيل المعمرة، إدارة الغابات الزراعية، الزراعة المختلطة بالغابات، التجديد الطبيعي، إطالة فترات الراحة، نظم الرعي المختلط بالغابات	التشجير والتجديد الطبيعي للأشجار والغابات	منخفضة
	خفض انبعاثات الكربون	إدارة الانبعاثات من المعدات الزراعية، تجنب إزالة الغابات	الغابات محدودة المساحة والأراضي المحروقة	منخفضة
	خفض انبعاثات الميثان	تحسين الأعلاف الحيوانية، إدارة التربة الخثية	حماية مناطق التربة الخثية من الاضطراب	منخفضة
حماية مستجمعات المياه	تنظيم تدفق المياه	زيادة كفاءة استخدام الري، حماية مستجمعات المياه، الصرف على مستوى المزرعة، إدارة المراعي	بناء الطرق والممرات حسنة التصميم، تجديد الغطاء النباتي للأراضي الجرداء	منخفضة
	المحافظة على جودة المياه	خفض المواد الكيميائية الزراعية، تنقية جريان المياه الزراعية، تحسين كفاءة استخدام المغذيات	المحافظة على المرشحات النباتية المعمرة التي تحمي المجاري المائية	عالية
	مكافحة التعرية والترسيب	صون التربة وإدارة جريان المياه، غطاء التربة المعمر، تطبيق الزراعة المحافظة على الموارد، إدارة المراعي	بناء الطرق والممرات والمستوطنات، تجديد الغطاء النباتي على ضفاف مجاري المياه	معتدلة
	التملح والتحكم في منسوب المياه	زراعة الأشجار	زراعة الأشجار الاستراتيجية في المناظر الطبيعية	معتدلة
	تجديد الطبقة الحاملة للمياه	تجميع المياه على مستوى الرقع والمزارع	تجميع المياه من مستجمعات المياه الثانوية والمجتمعية	معتدلة
	التحكم في الفيضانات	التحويل وبرك التخزين	قنوات الصرف وبرك التخزين، التحكم في الفيضانات الطبيعية	عالية

الجدول ٤ (تابع)

الخيارات الإدارية ومتطلبات التنسيق في الخدمات البيئية الثلاث

	الخدمة البيئية	خيارات الإدارة على مستوى المزرعة	خيارات الإدارة على مستوى المناظر الطبيعية	درجة التنسيق اللازمة[1]
صون التنوع البيولوجي البري	حماية موائل الأنواع الأرضية البرية	حماية مناطق التربية، صيانة مصادر المياه النقية ومصادر الأغذية البرية في الرقع الزراعية وحولها، تحديد مواعيد الزراعة، زيادة أنواع المحاصيل وأصنافها	شبكات المناطق الطبيعية في المزارع وحولها، المناطق المحمية العامة والخاصة	معتدلة
	ممرات الربط للأنواع المتنقلة	إقامة الأسيجة ومصدات الرياح على مستوى المزرعة، إزالة الحواجز التي يصعب اختراقها	شبكات المناطق الطبيعية في المزارع و حولها	معتدلة إلى عالية
	حماية المجموعات الايكولوجية المعرضة للخطر	إصلاح أو حماية الرقع الزراعية المحتوية على موائل طبيعية	المحافظة على الممرات التي تربط بين أجزاء الموائل الطبيعية من خلال الأراضي الزراعية وغيرها من الأراضي	معتدلة إلى عالية
	حماية الأنواع البرية	القضاء على الأخطار الناجمة عن المواد الكيميائية السامة، حماية مناطق التربية، أساليب مكافحة الآفات غير المميتة	الحواجز لإبعاد الحيوانات البرية عن الأراضي الزراعية، تعويض المزارعين عن الأضرار التي تحدثها الحيوانات البرية بالمخزونات والمحاصيل	منخفضة إلى معتدلة
	حماية موائل الأنواع المائية	منع تلوث مجاري المياه نتيجة لمخلفات المحاصيل والحيوانات والمواد الكيميائية الزراعية، حماية أو إصلاح الأراضي الرطبة في المزرعة	تجديد الغطاء النباتي الطبيعي على طول ضفاف المجاري المائية، حماية أو إصلاح الأراضي الرطبة	منخفضة إلى معتدلة

(١) قد تشمل أسباب الإجراءات المنسقة الحاجة إلى استثمارات جماعية (مثل إقامة مصدات رياح عريضة)، وغير قابلية الاستثمارات للتقسيم (مثل إصلاح أخدود رئيسي) أو الحاجة إلى تنسيق مكاني لتحقيق النواتج المنشودة (مثلا إن إعادة إقامة الغطاء النباتي النهري لن تحقق سوى ارتفاع جودة المياه في حالة مشاركة جميع أصحاب الأراضي على طولى مجرى المياه).

المصدر: مستمد بتصرف من منظمة الأغذية والزراعة، ٢٠٠٧ج.

فعلى سبيل المثال، فإن من الممكن، من منظور تقني خالص، أن تؤدي الإدارة المحسنة للأراضي خلال السنوات الخمسين إلى المائة القادمة إلى أن تقدم، من الناحية النظرية، إسهاما كبيرا في تنحية الكربون في العالم. وعلى ذلك أشارت تقديرات Lal (٢٠٠٠) إلى أن الزيادة السنوية في تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يمكن أن تتوازن من خلال استعادة ٢ مليار هكتار من الأراضي التي تعاني التدهور لزيادة متوسط محتواها من الكربون بمقدار ١,٥ طن للهكتار في التربة والغطاء النباتي، وذلك من خلال تحسين ممارسات إدارة التربة مثل خفض معدلات الحرث والتسميد (أنظر أيضا Rasmussen وAlbrecht وSmiley، ١٩٩٨ وSa وآخرين، ٢٠٠١). غير أن الكمية الحقيقية لتنحية الكربون التي سوف يوفرها المزارعون تعتمد على حجم المدفوعات المقدمة لهم مقابل كربون التربة، وعلى التكاليف التي سوف يتحملونها لتوفيره. وتبين الدراسات الاقتصادية التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية أن الإمكانيات الاقتصادية، على أساس سعر الكربون في حدود ٥٠ إلى مائة دولار للطن، تقل كثيرا عن الإمكانيات التقنية (Lewandrowski وآخرون، ٢٠٠٤؛ وPaustian وآخرون، ٢٠٠٦).

وتعتبر الإمكانيات الاقتصادية للإمداد بالخدمات البيئية معيارا رئيسيا في تقييم فعالية المدفوعات مقابل الخدمات البيئية في زيادة المنافع الاقتصادية والبيئية المتاحة من النظم الايكولوجية الزراعية. وكما أشير في الفقرات الأولى من هذا الفصل، تشكل هذه الإمكانيات دالة ذات صلة بظروف الاقتصاد

الزراعي المعني. ومن ناحية أخرى فإن الكثافة السكانية والظروف الايكولوجية الزراعية ومستوى اندماج السوق والتكنولوجيا الرئيسية المستخدمة في الزراعة تشكل كلها محددات هامة للعائدات الحالية للأراضي واليد العاملة في الزراعة والتكاليف والمنافع المحتملة لتطبيق التغييرات التي سوف تحقق خدمات بيئية إضافية. كما تؤثر نفس هذه العوامل في مستوى التنمية الاقتصادية ومن ثم الطلب والاستعداد على تقديم المدفوعات مقابل الخدمات البيئية على المستوى المحلي.

الاستنتاجات

تنطوي الزراعة على إمكانيات مهمة لتحقيق زيادة كبيرة في توفير الخدمات البيئية مثل التخفيف من تغير المناخ وصون التنوع البيولوجي وحماية مستجمعات المياه وغير ذلك. إلا أن ذلك سوف يتطلب إجراء تغييرات في الطريقة التي تدار بها النظم الايكولوجية الزراعية. وتتباين الطريقة التي يمكن من خلالها تحقيق الخدمات البيئية بحسب كل خدمة ونمط نظام الإنتاج والسياق الإيكولوجي الزراعي. وتتراوح أنماط التغيير اللازمة لتعزيز عملية توفير خدمات النظم الايكولوجية بين التحولات في استخدام الأراضي والمياه (مثل التحول عن المحاصيل أو صيد الأسماك إلى الاستخدامات الأقل تكثيفا مثل الأراضي العشبية أو الغابات) والتغييرات داخل نظام إنتاجي معين (مثل تطبيق نظم الزراعة التي توفر مستويات عالية من الخدمات البيئية).

وللعمليات المادية البيولوجية المشتركة في الخدمات المختلفة للنظم الايكولوجية انعكاسات كبيرة على استجابة السياسات. فعلى سبيل المثال لا توجد حدود جغرافية لخفض انبعاثات الكربون أو التخفيف منها. فالطن من الكربون الذي يقوم بتنحيته مزارع فقير على مسافة مئات الأميال من أي طريق له نفس قيمة الطن الذي تقوم بتنحيته مزرعة تجارية بالقرب من العاصمة. وعلى العكس من ذلك فإن خدمات صون التنوع البيولوجي وخدمات حماية مستجمعات المياه تعتبر خاصة بالموقع المحدد عموما حيث تقوم الأولى بتوفير المنافع العالمية، أما الأخرى فتعنى بالمستخدمين المحليين والإقليميين بالدرجة الأولى.

وكثيرا ما تتوافر حالات التآزر بين توفير خدمات النظم الايكولوجية المختلفة. فممارسات الإنتاج التي يتم تطبيقها لتعزيز إحدى خدمات النظم الايكولوجية قد تعزز من الخدمات الأخرى في نفس الوقت. فعلى سبيل المثال، زيادة تنحية كربون التربة من خلال تطبيق الزراعة المحافظة على الموارد تنطوي على نتائج مفيدة لا على صعيد التخفيف من تغير المناخ ونوعية المياه فحسب، بل وكذلك على توفير خدمات إنتاج الأغذية. غير أن هناك في كثير من الأحيان تضارب في تسليم خدمات النظم الايكولوجية المختلفة، وهذا أمر لابد من استيعابه.

وقد ركز هذا الفصل على الإمكانيات التقنية للزراعة في توفير المستويات المعززة من الخدمات البيئية. ويعتبر تحديد ما إذا كانت التغييرات الضرورية ممكنة من الناحية الاقتصادية عنصرا أساسيا لا سيما بالنسبة لمستوى المدفوعات اللازمة لتحقيقها. ويناقش الفصل التالي مسألة الطلب على الخدمات البيئية: من الذي سيقدم مدفوعات مقابل الخدمات البيئية وما هي أسباب تقديم هذه المدفوعات، وأخيرا حجم المدفوعات التي يكونون على استعداد لتقديمها؟