POLLUTION CONTROL
RICE-BASED (AFRICA)
SYSTEM OF RICE INTENSIFICATION (SRI)
RIVER BASIN SYSTEMS
MODERNIZATION OF IRRIGATION SCHEMES
PREPARE AND IMPLEMENT CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLANS
AQUIFER BASED SYSTEMS

الفصل الرابع

خيارات فنية لتحقيق إدارة مستدامة للأراضي والمياه

ناقشنا في الفصل الأول أن التوقعات تقول بالحصول على أكثر من أربعة أخماس زيادة الإنتاج حتى عام 2050 من مساحات الأراضي المتوافرة وذلك من خلال زيادة الإنتاجية. إلا أن كثيراً من النظم تواجه معوقات بالفعل، إما بسبب وجود مستويات مرتفعة من الإنتاجية أو بسبب وجود معوقات فنية أو اجتماعية–اقتصادية أو مؤسساتية. أضف إلى ذلك أنه مع زيادة الكثافة الزراعية، ستصبح المخاطر والأبعاد المتعلقة بها والتي ناقشناها في الفصل السابق أكثر إلحاحاً. أما فصلنا هذا فيقدم مراجعة لخيارات فنية للانتقال نحو «إدارة مستدامة للأراضي والمياه»، أي إدارة متكاملة أكثر كثافة للتربة والمياه والمغذيات وكذلك لمدخلات أخرى بغية إنتاج محاصيل ذات قيمة أكبر بالترافق مع صون للنوعية البيئية أو تعزيزها وحفظ للموارد الطبيعية على مستوى الموقع وخارجه على حد سواء.

ورغم حالة السكون التي طالت المساحة المخصصة للزراعة البعلية، نجد أنه من المتوقع لهذه الزراعة أن تحقق ثلث الزيادة أو ينيف للإنتاج العالمي من الأغذية خلال العقود القادمة. فالنظم البعلية في المناطق المعتدلة تعطي غلالاً مرتفعة بالفعل، إلا أنها تواجه مشكلات التلوث بالمغذيات ومبيدات الآفات. وتواجه النظم البعلية لدى أصحاب الحيازات الصغيرة في البلدان النامية عدداً أكبر بكثير من المشكلات المتعلقة بنوعية التربة الفقيرة، ونقص رطوبة التربة، ومستويات مرتفعة من المخاطر الزراعية–المناخية التي تتفاقم بفعل تغير المناخ. هذا فضلاً عن تعثر هذه النظم بفعل غياب منافذ الأسواق والموارد المربحة التي تشجع على الاستثمار في إنتاجية قابلة للتطور.

تحسين الإنتاجية البعلية

تلعب زيادة الغلال دوراً مهماً في الحدّ من وطأة الفقر. وبحسب التقديرات فإن زيادة تقدر بواحد في المائة في الغلال الزراعية تترجم إلى انخفاض يقدر بـ 0.6-1.2 في المائة في أعداد المصابين بفقر مطلق يحرم الأسر من الاحتياجات الأساسية للبقاء (Thirtle *et al.*، 2001). إلا أن البيانات تبرز أيضاً خطراً مفاده أنه في حال فشلت البيئة التمكينية في التشجيع على تغيير النظم الزراعية داخل البلدان النامية، فإن غلال الحبوب الخاضعة لإدارة تقليدية قد تظل تراوح مكانها عند مستوى دون طنين/الهكتار. فهنالك العديد من البلدان الأفريقية على سبيل المثال، التي تنتج غلالاً تصل إلى 20 في المائة من إمكاناتها. أما بلدان أخرى فقد حققت مكاسب أفضت إلى زيادة عديد من النقاط في المائة، كما في الجنوب الأفريقي. وتؤكد الاتجاهات على مدى خمس سنوات من 2000 إلى 2005 أنه يمكن تحقيق مكاسب في الإنتاجية المحتملة لدى البلدان المتقدمة (زيادة أربع نقاط في المائة) والبلدان الأقل تطوراً (زيادة ثلاث نقاط في المائة) مما يقلص من الفجوة في الغلة. أما الفجوة ما بين الغلة الفعلية وتلك المحتملة فتصل إلى أقصاها في أجزاء من أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، والتي تتسم بإمكانية زيادة غلال الحبوب بمقدار الضعف تقريباً، حتى مع الزراعة ذات المدخلات المنخفضة. وعليه، فإن هنالك نطاق كبير لسد الفجوة في الغلة لدى بعضٍ من أشد بقاع العالم فقراً، مع وجود إمكانات لدى البلدان النامية على مضاعفة معدل غلال الحبوب من 2.9 طن/هـ إلى 5.7 طن/هـ (Fischer *et al.*، 2010).

وتظهر الزيادات السريعة في غلال المحاصيل البعلية التي تنتجها بعض المناطق خلال السنوات الأخيرة أنه يمكن تحقيق تحسينات في الغلة في حال كانت الظروف المؤاتية تتبوأ موقعها الصحيح (Molden، 2007)، حيث تشمل هذه الظروف الإصلاح المؤسساتي لتوفير الخدمات البحثية والاستشارية، وتوافر أسواق فعالة للمدخلات والمخرجات، وكذلك بنى تحتية طرقية، وميكنة، واستخدام محسن للأسمدة وأصناف عالية الغلة، ناهيك عن وجود إدارة أفضل لرطوبة التربة. ولعل هذه الظروف هي التي أتاحت تحقيق نمو سريع في إنتاجية النظم البعلية عبر آسيا وكذلك في العالم المتقدم. لكن، مع أن جميع هذه الظروف معروفة جيداً، فضلاً عن أنها أظهرت قيمتها، إلا أن الغلال البعلية في كثير من نظم الإنتاج داخل الحيازات الصغيرة ظلت تراوح في المكان، لاسيما في إقليم أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، وذلك رغم الجهود التي بذلت لسنوات كثيرة لتحسين الأداء. وظلت الغلال البعلية في طور الركود عند 16 في المائة من إمكاناتها لسنوات.

وتتمثل إحدى التحديات الرئيسة التي تتربص بالزراعة البعلية في إدخال حلول فنية يمكن الوصول إليها لتحسين الإدارة دون زيادة المخاطر. فغالباً ما توصف النظم البعلية في البلدان النامية بإنتاجية منخفضة بفعل الانخفاض والتقلبات في توافر المياه، وكذلك بفعل مشكلات بيئية ومشكلات التربة المتعلقة بالملوحة ودرجة الحرارة والافتقار إلى المغذيات. وتعطي الحلول الفنية المتوافرة غلالاً متدنية من الناحية التوصيفية: إذ اعتمدت ابتكارات الثورة الخضراء بشكل كبير على توافر المياه. أضف إلى ذلك أن التحسينات المؤدية إلى تعزيز إنتاجية النظم البعلية ترفع عادة من مستويات المخاطر. كما تزداد حالة انعدام أمن الإنتاج البعلي كثافة بفعل المخاطر المرتبطة بتقلب المناخ.

وقد استطاعت بعض المناطق التغلب على هذه المعوقات. ففي الصين، تمخضت الاستثمارات في الإدارة المركبة للتربة والمياه عن عائدات جيدة ترافقت مع مستويات من المخاطر قابلة للإدارة. وأظهر مشروع إعادة تأهيل مسقط المياه في هضبة اللوس فوق مساحة 1.5 مليون هكتار أن تحسينات إدارة التربة والمياه من شأنها أن تدر الأرباح (المؤطر 2-7). وفي مناطق أخرى من العالم (كالأرجنتين وأستراليا وكندا وكازاخستان وكذلك في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى)، تم إدخال طيف من تكنولوجيات إدارة مياه الأمطار وأساليب الزراعة الحافظة التي أثبتت شيئاً من النجاح، حيث يوجد دليل متزايد على تبني المزارعين لها (Pretty *et al.*، 2011). ولعل إحدى المشكلات الجسيمة تتجلى في الوقت الذي تستغرقه بعض الابتكارات في توفير مردود الاستثمار.

إدارة صحة التربة وخصوبتها

تسود في الأراضي الزراعية البعلية تحديات انخفاض مستوى المغذيات في التربة واستنزافها وكذلك رداءة بنية التربة. فأدنى معدلات إنتاجية الزراعة البعلية نجدها في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، لاسيما في النظم صغيرة النطاق، وذلك بسبب انخفاض خصوبة التربة الملازم للأرض، والمترافق مع استنزاف شديد للمغذيات: إذ غالباً ما تنخفض غلال محاصيل الحبوب عن طن واحد في الهكتار. أما الحلول التي تعتمد على استخدام واسع للأسمدة فتكون حلولاً باهظة في أغلب الأحيان وخطرة إلى حدّ كبير في كثير من نظم المحاصيل البعلية ذات الإمكانات المتدنية، حيث يمكن في هذه الحالات لأساليب الإدارة المستدامة للأراضي والمياه، بما في ذلك الزراعة الحافظة، أن تساعد على استعادة خصوبة التربة وتحسينها من خلال إدارة متكاملة لخصوبة التربة (Pretty *et al.*، 2011).

فوائد المحافظة على صحة التربة

يمكن تقييم المنافع المباشرة وغير المباشرة لتحسين إدارة التربة في النظم الزراعية من النواحي الاقتصادية والبيئية وتلك المتعلقة بالأمن الغذائي:

- فوائد اقتصادية: تخفض الإدارة المحسنة للتربة تكاليف المدخلات من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد (وبخاصة التحلل وتدوير المغذيات وتثبيت النتروجين وتخزين المياه وحركتها). وستكون الحاجة إلى كمية أقل من الأسمدة إذا أضحى تدوير المغذيات أكثر كفاءة وانخفض عدد المغذيات الراشحة من منطقة الجذور. كما ستنخفض الحاجة إلى مبيدات الآفات عندما تنشط مجموعة متنوعة من الكائنات المُكافحة للآفات. ومع تحسن بنية التربة، سيتحسن أيضاً توافر المياه والمغذيات للنبات. وتقول التقديرات بأن تدوير المغذيات يوفر أكبر إسهام (51 في المائة) من القيمة الإجمالية (33 تريليون دولار أمريكي) من كافة 'خدمات النظام الإيكولوجي' التي توفر كل عام (بما في ذلك الخدمات الثقافية ومعالجة الفضلات وتنظيم الاضطرابات والإمداد بالمياه وإنتاج الأغذية وتنظيم الغازات وتنظيم المياه) (Costanza *et al.*، 1997).

- حماية البيئة: تقوم الكائنات الحية الموجودة في التربة بترشيح المواد الكيماوية ونزع سُميّتها، كما تمتص المغذيات الزائدة التي لولا ذلك لأصبحت ملوِثات لدى وصولها إلى المياه الجوفية أو إلى

المياه السطحية. وتساعد إدارة أحياء التربة على الوقاية من التلوث وتدهور الأراضي، لاسيما من خلال تخفيف استخدام الكيماويات الزراعية إلى الحدّ الأدنى وصون أو تعزيز بنية التربة وقدرتها على تبادل الأيونات الموجبة. وقد يحمل الانخفاض المفرط في التنوع البيولوجي للتربة، وبخاصة فقدان الأنواع الأساسية أو أنواع ذات الوظائف الفريدة، بفعل الكيماويات الزائدة أو تراص التربة أو اضطرابها، تأثيرات إيكولوجية كارثية تؤدي إلى خسارة الطاقة الإنتاجية الزراعية. وقد يحدد خليط الكائنات الحية في التربة مرونة التربة بدرجة ما.

- الأمن الغذائي: يمكن للإدارة المحسنة للتربة أن تحسن غلال المحاصيل ونوعيتها، لاسيما من خلال مكافحة الآفات والأمراض وتعزيز نمو النبات. أما التنوع الحيوي للتربة فيحدد كفاءة استخدام الموارد، وكذلك استدامة النظم الزراعية–الإيكولوجية ومرونتها.

أساليب إدارة خصوبة التربة

تؤدي الزراعة منخفضة المدخلات إلى استنزاف التربة، كما يؤدي سحب مغذيات التربة إلى انخفاض الإنتاج الزراعي وبالتالي يقود إلى نظم زراعية غير مستدامة. وقد أثبت استخدام السماد المعدني بشكل صحيح بالترافق مع أساليب أخرى لتحسين صحة التربة فعاليته في استعادة خصوبة التربة وتحسينها، وكذلك في الحصول على زيادة في الغلال. إلا أن كثيراً من المزارعين لا يملكون المال الكافي لتأمين السماد المعدني، وعلى كل حال، لا يشكل هذا السماد سوى مكون واحد من مكونات حل تحدي خصوبة التربة.

وتعمل المصادر العضوية لمغذيات النبات على تعزيز خصوبة التربة وتحسين بنيتها، كما تحسن أيضاً احتفاظها بالمياه والنشاط الأحيائي فيها. ويمكن الحصول على هذه المصادر جراء إدخال بقايا المحاصيل واستخدام السماد الأخضر الحيواني وكمْر الفضلات العضوية، أو من التثبيت الأحيائي عن طريق محاصيل بقولية أو السماد الأخضر أو الأشجار المثبتة للنتروجين. إلا أن هذه المصادر لا تكفي بحد ذاتها لدعم خصوبة التربة. أما عملية إعادة تدوير بقايا المحاصيل، فتعمل على تقليص الفاقد، إلا أنها لا تعوض عن المغذيات التي ذهبت مع الحصاد ولا تضيف لإجمالي كمية المغذيات المتوافرة بالفعل، حيث يجب استخدام الأسمدة العضوية إلى جانب مصادر أخرى من المغذيات.

ولعل استخدام الفوسفات الصخري المتوافر محلياً يشكل مكوناً مهماً في نظم المغذيات النباتية المتكاملة، إما كإمداد أساسي بالفوسفور أو كاستراتيجية لإعادة الاستثمار في الفوسفور. وتعتبر تأثيرات الفوسفات الصخري مفيدة بشكل أساسي في التربة الحامضية المثبتة للفوسفور والتي توجد على نحوٍ رئيس في المناطق المدارية الرطبة المزروعة بالحراج أو المستخدمة لزراعة محاصيل دائمة مثل نخيل الزيت أو الكاكاو أو البن. ولكي يكون هذا الفوسفات فعالاً، يجب أن يترافق مع إمداد متوازن بمغذيات نباتية أساسية أخرى.

أما بالنسبة للتربة الحامضية جداً، فيمكن لتعديلات التربة باستخدام الجير أو الدولوميت أن تعالج نقص الكالسيوم والمغنيزيوم ومعادلة سمية الألمنيوم، وهي جوانب تشكل معوقات تحد من اختراق الجذور وبالتالي تحد من وصول النبات إلى مغذيات أخرى وإلى المياه في الطبقات تحت السطحية. وبدون هذه التعديلات، ستكون تأثيرات التدابير الأخرى لتحسين خصوبة التربة محدودة جداً. أما التطبيق المطلوب فيعتمد على

استخدام الأراضي (بعض المحاصيل متحملة للحموضة) وصفات التربة. ويمكن لفرط الجير أن يحد من توافر العناصر الزهيدة الأساسية.

ويعمل تنوع النباتات في نظم المحاصيل على تقليص التأثير السلبي للزراعة أحادية المحصول في التربة، كما قد يأتي بفوائد إيجابية على مستوى صحة التربة، وتحسين نوعيتها، فضلاً عن تحسين تدوير المغذيات واستدامة التنوع البيولوجي، حيث يمكن تحقيق التنوع الحيوي ضمن النظام الزراعي من خلال إقحام الزروع (زراعة نوعين أو أكثر من المحاصيل في آن واحد في الأرض عينها)، والدورات الزراعية (زراعة محاصيل مختلفة بشكل تعاقبي في الأرض عينها)، والزراعة التتابعية (زراعة محاصيل مختلفة خلال مواسم زراعية متراكبة جزئياً). كما يوجد دليل على أن استخدام محاصيل متنوعة من شأنه تحسين فعالية الروابط ما بين الجذور والفطور (التعايش بين الفطر والجذر) في نظام محصولي، شريطة ألا تكون التربة تعاني من اضطراب ميكانيكي (من خلال الحراثة ذات التأثيرات السلبية في الحياة الفطرية وكذلك في المجموعة الحيوانية المُعدِّلة والعيانية).

ويؤدي استخدام البقوليات إلى تحسين تثبيت النتروجين البيولوجي. لكن، بينما تم تحري كميات النتروجين المثبتة بفعل البقوليات في ظروف التجارب، نجد أن هنالك حجم أقل في البيانات المتعلقة بالمكاسب التي تم جنيها في نظم المحاصيل ضمن ظروف المزارعين. فالتلقيح مطلوب في أغلب الأحيان، في حين تغيب البنى التحتية والإرشاد الزراعي في معظم الأوقات. أضف إلى ذلك أن فعالية تثبيت النتروجين تواجه عقبة نقص الفوسفور في التربة. ومع قيام المزارعين بزراعة الكثير من المحاصيل البقولية كأغذية (مثل الفاصولياء واللوبياء والبازلاء الهندية والفول السوداني)، نجد أن الزراعة التتابعية أو الخليطة قد تثبت توفيرها لعائد اقتصادي.

وقد أسهمت نظم الزراعة المختلطة بالحراج في خصوبة التربة، وخير مثال على ذلك استخدام السنط الأبيض (*Acacia albaida*)، حيث تكون غلال محاصيل الحبوب أعلى بشكل كبير تحت تيجان الأشجار منه في الحقول المفتوحة (المؤطر 4-1). ولعل هذا التأثير النافع يعزى إلى وجود محتوى أعلى من المادة العضوية في التربة وإلى التأثير التسميدي لروث الحيوانات التي ترعى في ظل الأشجار. ومن الأهمية بمكان أيضاً المحافظة على الغطاء الوقائي للتربة، وذلك من خلال الحد الأدنى من الحراثة أو تجنبها كلية، واستخدام بقايا المحاصيل وتغطية التربة لتقليل التبخر من التربة العارية، وكذلك تحسين رشح مياه الأمطار وتغذية المياه الجوفية. ولهذه الممارسات تأثير إيجابي في خصوبة التربة، وبالتالي في غلال المحاصيل وكفاءة استخدام المياه، فضلاً عن تخفيفها لخطر الجفاف.

الحاجة إلى التحسين

يجب اختيار وتصميم الإجراءات الفنية لتحسين خصوبة التربة واستعادتها بما يتوافق مع المعوقات النوعية وإمكانات البيئة المتنوعة. وقد تواجه فكرة تثبيت النتروجين الأحيائي عندما لا تكون البقوليات جزءاً من النمط المحصولي معدلاً منخفضاً من التبني. وسيكون لاستخدام الفوسفات الصخري خارج التربة الحامضية في المناطق الرطبة ودون الرطبة تأثير محدود. أما استخدام الجير فقد يكون فعالاً في تعديل سمية الألمنيوم في التربة الحامضية، لكنه غير ضروري في التربة المشبعة بالكالسيوم بدرجة معقولة. ولكي يكون استخدام

محصول ذرة صفراء مزروع تحت أشجار السنط في جنوب تنزانيا

تظهر توليفة الأشجار في النظم الزراعية (نظم الزراعة الحراجية) مع الزراعة الحافظة كحلّ علمي رخيص يمكن الوصول إليه للاهتمام بشكل أفضل بالأراضي وزيادة إنتاج الأغذية لدى أصحاب الحيازات الصغيرة. إذ يقوم ملايين المزارعين في زامبيا وملاوي والنيجر وبوركينا فاسو باستعادة التربة المنهكة وزيادة غلال المحاصيل والدخل على حد سواء باتباعهم لهذا النهج. أما النتائج المبشرة بالدرجة الكبرى فتُجنى من إدخال الأشجار المُسمّدة إلى نظم المحاصيل. إذ من شأن هذه الأشجار تحسين خصوبة التربة من خلال سحب النتروجين من الجو ونقله إلى التربة عن طريق جذورها ونثار أوراقها.

وقد دأب علماء من المركز العالمي للزراعة الحراجية ومؤسسات وطنية على تقييم أنواع مختلفة من الأشجار المُسمدة على مدى سنوات كثيرة، بما فيها السيسبان والجليريسيديا وتيفروسيا. ويعتبر السنط الأبيض اليوم مبشراً. فشجرة السنط الأفريقية المحلية تعد بالفعل مكوناً طبيعياً لنظم تمتد فوق معظم القارة. لكن خلافاً لمعظم الأشجار الأخرى، تسقط أوراق أشجار السنط الأبيض في مطلع الموسم الماطر وتبقى ساكنة طوال فترة نمو المحصول، لتورق ثانية مع بداية الموسم الجاف. ولعل هذه الفينولوجيا المعكوسة تخلق وسطاً متوافقاً جداً مع محاصيل الأغذية، إذ أنها لا تتنافس مع تلك المحاصيل على الضوء أو المغذيات أو المياه خلال موسم نمو المحصول.

وفي زامبيا، يقوم 160 000 مزارع اليوم بزراعة محاصيل الأغذية داخل حراج زراعية للسنط الأبيض فوق مساحة 300 000 هكتار. وقد لاحظت وحدة الزراعة الحافظة في زامبيا أن غلال محصول الذرة الصفراء غير المسمد والمزروع بجانب أشجار السنط الأبيض بلغت وسطياً 4.1 طن/هـ، مقارنة مع 1.3 طن/هـ من المحصول المزروع بالجوار لكن بعيداً عن ظل الأشجار. وظهرت نتائج مبشرة مشابهة في مالاوي عندما زادت غلال الذرة الصفراء بنسبة 280 في المائة تحت ظل أشجار السنط الأبيض مقارنة مع المنطقة خارج ذلك الظل. وفي النيجر، ثمة ما يربو على 4.8 مليون هكتار من الحراج الزراعية التي تسود فيها أشجار السنط الأبيض، والتي تعزز إنتاج الدخن والذرة الرفيعة. ولوحظت نتائج مبشرة أيضاً من البحوث التي أجريت في كل من الهند وبنغلاديش.

المصدر: Garrity et al. (2010)؛ حقوق الصورة محفوظة للمركز العالمي للزراعة الحراجية

الأسمدة فعالاً في مناطق شبه قاحلة، يجب أن يترافق مع حصاد المياه وحفظها أو مع الري على نطاق ضيق. كما يجب تصميم موعد للاحتياجات إلى تسميد التربة ذات القدرة المنخفضة على الاحتفاظ بالمغذيات النباتية. ويعد الاعتماد على مصادر عضوية للمغذيات النباتية في مناطق شبه قاحلة عندما يكون إنتاج الكتلة الحيوية محدوداً جداً بفعل العجز المائي أمراً غير واقعي، ينطبق أيضاً على الاعتماد على السماد العضوي الحيواني في مناطق ذات إصابة شديدة بذبابة التسي تسي.

ونادراً ما يتم تبني المدخلات النقدية على وجه الخصوص في نظم الكفاف. فرغم النمو الكبير الذي يشهده استخدام الأسمدة في عدد ضئيل من بلدان أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، إلا أن استخدام الأسمدة بقي منخفضاً عموماً نتيجة النسب غير المؤاتية بين التكلفة والمنفعة، وكذلك بسبب المخاطر المرتفعة والأسواق الضعيفة. لكن خلافاً للسابق، تشهد محاصيل الأغذية الأساسية (كالذرة الصفراء والتيف والشعير والقمح) زيادة بين المحاصيل الأساسية الأخرى التي تحظى بالتسميد (Morris *et al.*، 2007).

كما يجب تصميم حزم تناسب كل حالة زراعية محلية. إذ أخفقت العديد من المحاولات لتحسين خصوبة التربة لأن التكنولوجيا المقترحة لم تكن مناسبة وبسبب تجاهل المعلومات الابتدائية حول صفات قاعدة الموارد الطبيعية. فالتوصيات التي تصاغ لبلد أو إقليم بكامله، دون الأخذ بعين الاعتبار التنوع الهائل السائد على مستوى المُزارع، غالباً ما تعطي نتائج عكسية. فالحاجة موجودة إلى حزم متكيفة مع توليفات من خيارات فنية مفصلة لتفي بالظروف الإيكولوجية والاجتماعية–الاقتصادية الخاصة بالموقع.

إلا أن ثمة كثير من المعوقات الاقتصادية والاجتماعية التي تقف حجر عثرة أمام تبنيها. فلبقايا المحاصيل استخدامات بديلة، كعلف ووقود ومواد بناء، لا توجد بدائل عنها في أغلب الأحيان. أضف إلى ذلك حرق بقايا المحاصيل أيضاً لمكافحة الأعشاب والآفات. ويعتبر استخدام السماد العضوي فعالاً في الحدائق المنزلية عند تربية حيوانات المزرعة في الحظائر. بينما يعد جمعه من الحيوانات التي تتغذى في مراع طبيعية واسعة أمراً غير ممكن. أما عملية الكَمْر فتتطلب عمالة مكثفة، في حين تكون الفضلات العضوية محدودة في المزارع الصغيرة. وتتنافس محاصيل التغطية من حشائش وبقوليات مع محاصيل الأغذية على الأراضي وكذلك على المياه والمغذيات المتوافرة. وهذه المعوقات تنطبق على صناعة السماد الأخضر، حيث تتطلب عمالة كبيرة لإدخال الكتلة الحيوية المنتَجة. أما المعوقات الرئيسة أمام إدخال مادة عضوية إضافية في التربة فتتمثل في الافتقار إلى قوة الجر ناهيك عن الافتقار إلى العائدات على المدى القصير.

وعليه، تحتاج الحزم إلى تقييم 'للجدوى والمخاطر' لبناء الحوافز. فقد طور العمل الذي أجري مؤخراً في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وآسيا حزماً صممت لإدارة المخاطر وتوفير الحوافز للمزارعين (المؤطر 4-2). وفي الواقع، ثمة بعض الأساليب التي توفر حوافز عديدة على ما يبدو. فلتنوع النباتات منافع تتمثل في منح المزارعين فوائد أخرى تجعل من التبني مسألة تروق لهم، بما في ذلك توزيع مخاطر السوق وزيادة فرص الدخل وتحسين التوازن في الوجبات الغذائية وكذلك توزيع الاحتياج إلى العمالة على امتداد العام بدرجة أكبر من التساوي، وتناقص المخاطر الناجمة عن الآفات والعوامل البيئية المناوئة كالجفاف على سبيل المثال.

السماد العضوي الخاص بالمزرعة، نيبال

تمثل الإدارة المتكاملة لخصوبة التربة استراتيجية لإدخال المغذيات النباتية العضوية واللاعضوية على حد سواء للحصول على إنتاجية أكبر من المحاصيل والوقاية من تدهور التربة والحدّ من خسارة المغذيات. وتعتمد هذه الإدارة على استخدام المغذيات من خلال مدخلات عضوية مثل الكومبوست أو السماد العضوي أو السماد اللاعضوي أو إدخال المحاصيل المثبتة للمغذيات أو جميعها معاً. وللاستخدام المتكامل للمدخلات العضوية والمعدنية في إنتاج المحاصيل الكثير من حالات التفاعل الإيجابي. إلا أنه يجب تجنب الحراثة إذا ما أردنا الحصول على تأثيرات إيجابية مديدة في صحة التربة.

المصدر: مركز التنمية والبيئة (2010)، الصورة لـ K. M. Sthapit

إدارة رطوبة التربة في المناطق البعلية

يعتمد تحسين الزراعة البعلية على إمداد جذور النباتات بكمية كافية من المياه. ويكمن الإجراء الأول لحفظ رطوبة التربة في الاستخدام الأفضل للهطول المطري المتوافر، والذي يشتمل على تخفيض تبخر المياه غير الإنتاجية إلى الحدّ الأدنى، وزيادة محتوى التربة من المادة العضوية وتقليص اضطرابات التربة إلى الحدّ الأدنى، وذلك باتباع أساليب مناسبة بما في ذلك الزراعة الحافظة.

وقد كانت إدارة رطوبة التربة تمارس بطريقة تقليدية في مناطق ذات هطول مطري مرتفع من خلال طيف من نظم جمع المياه، بما فيها إنشاء المدرجات الجبلية وتحويل الجريان. وهنالك نطاق فني كبير لتحسين إدارة المياه الزراعية في الزراعة البعلية من خلال جمع المزيد من المياه واتباع طرائق أفضل لحفظ رطوبة التربة، لكن هذا يترافق وكثير من المعوقات الفنية والاجتماعية–الاقتصادية أمام تبنيها.

ويهدف جمع مياه الأمطار إلى تحسين التحكم بالمياه وضمان رطوبة كافية في التربة لصالح جذور المحاصيل خلال الموسم الزراعي (المؤطر 4-3). وفي عملية الجمع هذه يتم حجز الجريان من منطقة مستجمع المياه التي تخضع للإدارة ومن ثم الاحتفاظ بها إما في منطقة تخزين أو في طبقات التربة. وتشتمل التكنولوجيات على بنى بسيطة على مستوى المزرعة تحول المياه إلى حفرة الزراعة، وبنى في المستجمع تقوم بتحويل الجريان إلى حقول التخزين أو حقول موسعة أو إلى مدرجات وسدود دائمة (مركز التنمية والبيئة، 2010). ويمكن أن يزيد جمع مياه الأمطار بطريقة فعالة الغلال بمقدار ضعفين أو ثلاثة أضعاف مقارنة

المؤطر 4-3: جمع مياه الأمطار

جمع مياه الأمطار (مياه الجريان) بمساعدة الأثلام في سورية

تستخدم عملية جمع مياه الأمطار طيفاً من التكنولوجيات التي تقوم بجمع مياه الجريان وتوفيرها للإنتاج الزراعي أو لأغراض منزلية. ويهدف جمع مياه الأمطار إلى تخفيض التباين في توافر المياه إلى المستوى الأدنى وتعزيز موثوقية الإنتاج الزراعي. أما المكونات الأساسية لنظم جمع مياه الأمطار فهي: (1) منطقة المستجمع، (2) منطقة تركيز/تخزين، (3) منطقة مزروعة. وإذا ما تم تخزين مياه الجريان في بنية التربة، عندها يتساوى (1) و(3). ويغطي جمع المياه طيفاً واسعاً من التكنولوجيات المختلفة التي تتراوح من تدابير بسيطة كبنى على شكل الحرف V مع حفرة للزراعة، إلى بنى كبيرة أكثر تعقيداً كالسدود، الأمر الذي يخلق تبايناً هائلاً في تكاليف الاستثمار.

المصدر: مركز التنمية والبيئة (2010)، الصورة لـ F. Turkelboom

مع الزراعة البعلية التقليدية، وبخاصة عندما يترافق مع زراعة أصناف محسنة واتباع طريقة الحد الأدنى من الحراثة التي من شأنها حفظ المياه. وثمة عديد من الأبحاث التي تجريها مراكز المجموعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية حول قضايا جمع مياه الأمطار واستنباط أصول وراثية متحملة للجفاف وتتسم بكفاءة مائية، ناهيك عن الإدارة الزراعية لظروف الأراضي الجافة (البنك الدولي، 2006: 170).

وتترافق الزراعة فوق المنحدرات مع مشكلات الخسارة السريعة للرطوبة من بنية التربة والانجراف الناجم عن الجريان. وتتوافر كثير من التقنيات منها ذات صلة بالنباتات وأخرى ذات صلة بالبنى لحفظ التربة والمياه عند المنحدرات، بما في ذلك الشرائط النباتية المزروعة عند الخطوط الكنتورية للاحتفاظ بالرطوبة ومنع الانجراف (المؤطر 4-4)، وكذلك المدرجات والسواتر التي تعمل كحدود بنيوية (المؤطر 4-5). وتتطلب التدابير المتعلقة بالنبات مستوى أدنى من الاستثمار بينما يكون تأسيسها أسهل، الأمر الذي يدفع المزارعين إلى إعطائها أولوية على التدابير المتعلقة بالبنى ذات المتطلبات الأكبر. وهنا يجب تحفيز التدابير المتعلقة بالبنى عندما لا تكون التدابير المتعلقة بالنبات كافية بحدّ ذاتها، وذلك في الأراضي شديدة الانحدار والقابلة

المؤطر 4-4: الشرائط النباتية

شريط نباتات طبيعية، الفلبين

قد تتألف الشرائط النباتية من حشائش وشجيرات وأشجار، حيث تستخدم في أغلب الأحيان على امتداد الخطوط الكنتورية لتساعد على كبح الجريان الزائد، كما يمكن تشكيلها بشكل متعامد مع الرياح للتحكم بالانجراف الريحي. وغالباً ما تؤدي الشرائط النباتية على امتداد الخطوط الكنتورية إلى تشكيل سواتر ومدرجات بفعل «انجراف الحراثة» عن طريق حركة التربة نحو أسفل المنحدر عند حراثتها. ويعد تأسيس هذه الشرائط النباتية أسهل وأرخص بكثير مقارنة مع المدرجات والسواتر. أضف إلى ذلك أن الشرائط النباتية يمكن أن تستخدم فوق أراض منبسطة كأحزمة واقية أو كمصدات للرياح أو كحواجز تطوق الحقول.

المصدر: مركز التنمية والبيئة (2010)، الصورة لـ A. Mercado. jr

تأسيس مدرجات جبلية بارزة وصغيرة، تايلند

تمثل الحواجز البنيوية تدابير تتخذ فوق الأراضي المنحدرة على شكل سواتر من التراب أو التربة وخطوط من الحجارة للحدّ من سرعة الجريان وانجراف التربة، وهذا يتم من خلال تقليص شدة الانحدار أو طول المنحدر أو الاثنين معاً. وتعد الحواجز البنيوية مشهورة وأساسية لدى العموم كتدابير تقليدية لحفظ التربة والمياه. وغالباً ما تترافق الحواجز البنيوية مع تحسين خصوبة التربة (غطاء التربة واستخدام السماد العضوي أو السماد الكيماوي).

المصدر: مركز التنمية والبيئة (2010)، الصورة لـ FS. Sombatpanit

للانجراف. ومن الناحية المثالية، يتم الجمع بين التدابير المتعلقة بالبنى والتدابير المتعلقة بالنباتات والممارسات الزراعية لحماية التربة وتحسين خصوبتها وإدارة المياه.

وقد اعتمدت التقنيات من الناحية التقليدية على مستويات مرتفعة من العمالة الرخيصة أو المدعومة وكذلك على قوة جر الحيوانات. فعلى الأراضي الهامشية في المناطق متدنية الهطولات المطرية، لاتزال الفرص المحدودة لضبط التربة وحفظها على مستوى المزرعة أمراً خطيراً، حيث تشير التجربة الأخيرة مع التقنيات التي أدخلت إلى بلدان كثيرة إلى أن هذه التقنيات غير مربحة في أغلب الأحيان بالنسبة للمزارعين فضلاً عن احتمال زيادتها للخطر، الأمر الذي يجعل من النادر تكرارها في غياب دعم المشروع.

وتتمثل الخيارات الفضلى في ممارسات الإدارة القابلة للتكيف، التي من شأنها زيادة الغطاء النباتي وتحسين الاحتفاظ بالمادة العضوية ورطوبة التربة إلى جانب تبني أصناف محاصيل متكيفة. وتترافق معها استراتيجيات لتوفير استقرار الغلة في وجه تقلب المناخ وزيادة الغلال من خلال تحسين التربة وإدارة موارد

المياه والموارد الأحيائية. وعلى الاستثمار في تحسين إدارة المياه الزراعية أن يشكل جزءاً من حزمة تقحم التربة والمياه والممارسات الزراعية في نهج التنمية الريفية وسبل العيش الأوسع نطاقاً، لاسيما إمكانية الوصول اللامحدودة إلى سوق المدخلات والمخرجات.

نُهُج متكاملة لتحسين إنتاجية النظم البعلية

طُورت العديد من النُهج المتكاملة للإنتاج والتي تجمع الممارسات الفضلى على صعيد الإدارة المستدامة للأراضي والمياه، فضلاً عن تكيفها مع ظروف النظام الإيكولوجي والظروف الاجتماعية على المستوى المحلي، وكذلك مع الطلب الحيوي للأسواق (Neely وFynn، 2010 ؛ مركز التنمية والبيئة، 2010). إذ تقحم تقنيات الإدارة المحسنة للتربة والمياه بطريقة تؤدي إلى تكثيف الإنتاج من خلال إدارة متكاملة لخصوبة التربة وتحسين كفاءة استخدام المياه وتنويع المحاصيل. أضف إلى ذلك أن هذه النُهج تفتح الباب أمام المزارعين، وبخاصة أصحاب الحيازات الصغيرة ممن يعتمدون الزراعة البعلية، لتحسين استدامة الإنتاجية لديهم. هذا فضلاً عن أن بعضاً من هذه النهج قابل للتطبيق في الزراعة واسعة النطاق.

نُهج زراعية-إيكولوجية

تجمع النُهج الزراعية الإيكولوجية بين المعرفة الإيكولوجية والزراعة لتحفيز تطبيق نَهج خاص بالزراعة ونظم الأغذية على كامل مستوى النظم باستخدام نُهج تقليدية وأخرى حديثة. وتستخدمُ النهج الزراعية–الإيكولوجية طرائق مركبة مستمدة من المعرفة التقليدية والزراعة البديلة والعلوم والتكنولوجيات المتقدمة ونظم الأغذية المحلية. وتوظف هذه النهج في العادة طرائق الحدّ الأدنى من الحراثة أو الحراثة الخفيفة، والرعي الدوري، وإقحام الزروع ودورات المحاصيل والتكامل بين المحاصيل والحيوانات والتنوع داخل الأنواع وإدخار البذور وإدارة الموائل وإدارة الآفات بدلاً من 'مكافحتها'. وتشجع النهج الزراعية–الإيكولوجية أيضاً على استخدام الحشرات المفترسة والطفيلية وتعزيز الأحياء النافعة بما في ذلك الفطور الجذرية ومثبتات النتروجين؛ وحفظ الموارد بما في ذلك الطاقة والمياه (من خلال زراعة جافة وري فعال)، ومخزون المغذيات والمادة العضوية في التربة (Fynn وNeely، 2010؛ Pretty *et al.*، 2011).

الزراعة الحافظة

تسعى نُهج الزراعة الحافظة إلى حفظ الموارد الطبيعية المقترن بزيادة الغلال والمرونة. وتجتمع نظم الزراعة الحافظة حول ثلاثة تكنولوجيات محورية تطبق بشكل متزامن وتوفر قاعدة لتحسينات مستدامة في الإنتاجية من خلال تأثيرات متآزرة، وهي المحافظة على الحدّ الأدنى من اضطراب التربة وتأمين غطاء دائم لها وتحسين تنوع المحاصيل.

وتؤدي الزراعة الحافظة إلى (1) تحسين رشح مياه الأمطار مع الحدّ من الجريان والتبخر والانجراف؛ (2) زيادة التنوع البيولوجي والمادة العضوية في التربة؛ (3) تحسين بنية التربة. كما تنخفض معها متطلبات العمالة واستخدام السماد المركب، فضلاً عن انخفاض استخدام مبيدات الآفات والوقود الأحفوري إلى الحدّ الأدنى. إلا أن المنافع الكاملة لا تأتي سوى من خلال تطبيق النقاط الثلاث على نحو متزامن. وتناسب الزراعة الحافظة كلاً من الزراعة ذات النطاق الضيق والواسع. أما الحافز الأكبر لتبنيها فيكون في حالات النقص

الحاد في العمالة. ونتيجة لسجل المسيرة الناجحة للزراعة الحافظة، تعمل المنظمة اليوم على تشجيعها على الصعيد العالمي، حيث تصل المساحة التي يطبق فيها هذا النهج حول العالم في الوقت الراهن إلى قرابة 117 مليون هكتار.

الزراعة العضوية

تتجنب الزراعة العضوية استخدام المدخلات المركبة، كما تحفظ التربة والمياه وتحسن الإنتاجية بوسائل عضوية. وتمثل هذه الزراعة نظام إدارة شامل يخفض أو يوقف استخدام السماد المركب ومبيدات الآفات والكائنات المعدلة وراثياً، كما يحفظ التربة والمياه ويهدف إلى تحسين صحة وإنتاجية المجتمعات النباتية والحيوانية والبشرية التي تعتمد على بعضها بشكل متبادل.

وتشتمل الزراعة العضوية على سلسلة من التدابير، وهي: الدورات الزراعية وتحسين تنويع المحاصيل؛ وتوليفات مختلفة من الحيوانات والنباتات؛ وتثبيت النتروجين المتعايش مع البقوليات؛ واستخدام السماد العضوي؛ والمكافحة البيولوجية للآفات، كتقنية 'الطرد–الجذب'. وتسعى جميع هذه الاستراتيجيات إلى استخدام الموارد المحلية بالصورة الفضلى. غير أن الإنتاج العضوي على النطاقين المتوسط والواسع غالباً ما يتطلب استيراد المادة العضوية (على شكل كمر أو غطاء تربة، وما إلى ذلك) بغية صون إنتاجية التربة. أضف إلى ذلك أن الإنتاج العضوي على النطاق المتوسط والواسع غالباً ما يشتمل على حراثة ميكانيكية.

وتعتبر الزراعة العضوية نظاماً مستداماً يقلص من الصراع مع خدمات نظم إيكولوجية أخرى إلى الحد الأدنى ويتسم بقيمة اقتصادية معززة بفعل تزايد تفضيل المستهلكين للمنتجات العضوية. واليوم، ثمة ما يربو على 32 مليون هكتار مزروعة عضوياً حول العالم من قبل 1.2 مليون مزارع، في حين يتم حصاد منتجات برية عضوية فوق مساحة 30 مليون هكتار تقريباً (مركز التنمية والبيئة، 2010؛ Neely وFynn، 2010).

الزراعة الحراجية

تمثل الزراعة الحراجية نظاماً لاستخدام للأراضي تتكامل فيه الأشجار الحراجية الدائمة مع المحاصيل الزراعية والحيوانات بغية الوصول إلى تفاعل نافع وتحقيق التوازن في الاحتياجات الإيكولوجية مع حصاد مستدام للموارد من الأشجار والحراج. وتوفر الزراعة الحراجية الكثير من المنافع والخدمات، كزيادة إنتاجية موارد التربة والمياه واستدامة استخدامها ووقود بأشكال متعددة ومنتجات الأعلاف والأغذية وتوفير موئل للأنواع المرتبطة بها. وعادة ما توجد حالات من التفاعل الإيكولوجي والاقتصادي على حد سواء بين مكونات هذا النظام.

وثمة خمسة أشكال رئيسة للزراعة الحراجية تتمثل في زراعة الممرات وزراعة الحراج والنظام الحراجي الرعوي (المؤطر 4-6) والحواجز الحراجية المشاطئة ومصدات الرياح. وقد تضم الزراعة الحراجية طيفاً واسعاً من التكنولوجيات، كالزراعة الكنتورية أو زراعة المحاصيل على عدة طبقات أو إقحام الزروع (التتابعية) أو

المؤطر 4-6: النظم الحراجية الرعوية، شينيانغا، تنزانيا

تشتمل النظم الحراجية الرعوية على إدخال أشجار في مناطق رعوية، وهذا ما يؤدي إلى توفير الظل والمأوى، وزيادة مرونة النظم وفي بعض الحالات تحسين نوعية العلف. وقد تأتي النظم الحراجية الرعوية بنتائج هائلة، فمنذ عشرين سنة خلت، وصل انجراف التربة في منطقة شينيانغا في تنزانيا إلى درجة جعلت من العواصف الغبارية أمراً شائعاً؛ بينما يترجم نشاط برنامج إعادة تأهيل الأراضي في شينيانغا اليوم إلى قيام القطع الحراجية بإعطاء الحطب وأخشاب البناء، بينما توفر بساتين الفاكهة الأغذية، في حين تمد الأشجار العلفية الحيوانات بأعلاف غنية بالبروتين.

المصدر: Fynn و Neely، (2010)

زراعة محاصيل متعددة أو بور الشجيرات والأشجار أو الحدائق العامة أو الحدائق المنزلية، حيث تشكل كثير من النهج جزءاً من النظم التقليدية لاستخدام الأراضي، والتي يمكن تحديثها عند إدخال تكنولوجيات جديدة أو محسنة.

النظم المتكاملة بين المحاصيل والحيوانات

تعمل النظم الخليطة والمتكاملة على تحسين استخدام الكتلة الحيوية ودورات المغذيات داخل نظام إنتاج المحاصيل والحيوانات. ويمكن للنظم المتكاملة بين المحاصيل والحيوانات أن تؤثر إيجابياً في التنوع البيولوجي وصحة التربة وكذلك في خدمات النظام الإيكولوجي وحفظ الحراج. وبفعل تكامل المكونات، نجد هذه النظم قادرة على التنافس اقتصادياً مع عمليات مختصة مكثفة وواسعة النطاق. أما المتغيرات فتشمل نظماً تترافق مع أشجار أو تربية أحياء مائية أو بدونها، ونظماً زراعية حراجية مع أو بدون أشجار.

أما الهدف فهو تكامل المكونات بشكل تآزري. فعلى سبيل المثال، تستخدم منتجات الفضلات كالسماد العضوي الناتج عن الحيوانات لتحسين خصوبة التربة وبالتالي إنتاج المحاصيل، بينما توفر بقايا المحاصيل علفاً تكميلياً للحيوانات. وتقوم النظم الخليطة بتنويع الإنتاج، وهذا ما يزيد من كفاءة استخدام الموارد، ويحسن المرونة أمام المخاطر الناجمة عن تغير المناخ وتقلب الأسواق أو إخفاق الإنتاج.

نظم الزراعة التقليدية

تشتمل نظم الزراعة التقليدية على أشكال محلية من الزراعة الإيكولوجية المتمخضة عن التطور المشترك للنظم الاجتماعية والبيئية. وعادة ما توصف هذه النظم بدرجة مرتفعة من التعقيد والتنوع البيولوجي النباتي. ويمكن استقاء الكثير عند الاستخدام النوعي للمعرفة البيئية والموارد الطبيعية في هذه النظم وذلك بسبب التركيبة المتطورة جداً بين النظم الإنتاجية وتلك الطبيعية، حيث وصل بعضها اليوم إلى حالة مواقع النظم الزراعية التي تكتسي أهمية عالمية وتعد تراثاً إنسانياً. ولعل إدخال تحسين إدارة هذه النظم بحذر استناداً إلى

تكنولوجيات الإدارة المستدامة للأراضي والمياه أن يؤدي إلى غلال أعلى لاسيما عند اتباع ممارسات الزراعة الحراجية والتكامل بين المحاصيل والحيوانات. إلا أن بعض أشكال الزراعة التقليدية تواجه ضغوطات تجعلها أقل استدامة، وهو أمر يولد حاجة إلى التغيير (مركز التنمية والبيئة، 2010; Neely وFynn، 2010).

ممارسات زراعية-رعوية وأخرى رعوية مستدامة

يتم التوصل إلى أراض رعوية تتمتع بالصحة والإنتاجية داخل الأراضي الجافة من خلال تكديس الحيوانات في قطعان كبيرة والتنقل بها دورياً. ويتيح الرعي المضبوط الحصول على توزيع أكثر تجانساً للروث والبول اللذين من شأنهما تحسين المادة العضوية في التربة والمغذيات لصالح إنتاجية النبات. ويُعد الرعي الجائر في حقيقة الأمر مسألة تتعلق بالوقت أكثر منها بفعل العدد المطلق للحيوانات، إذ يحدث عندما تصل الحيوانات إلى النباتات قبل أن تحظى الأجزاء الهوائية والمجموع الجذري بوقت لتعافيها. أما الطريقة الشاملة للرعي الخاضع للتخطيط (Savory وButterfield، 1999) فعليها تحسين غطاء التربة وتنوع النبات والكتلة الحيوية، وكذلك زيادة رشح المياه وكثافة الحيوانات بما يضمن توزيعاً أفضل للروث والبول في الوقت الذي تحدّ من فترة الرعي. وتؤدي هذه الطريقة إلى إنتاج محسن من الكتلة الحيوية وكذلك إلى تحسين نوعية الحيوانات وإنتاجيتها.

وقد خلص كثير من الباحثين في مجال النظم الرعوية إلى أن الإنتاج الواسع من الحيوانات فوق الأراضي المشاع يمثل الاستخدام الأنسب للأراضي شبه القاحلة في أفريقيا (Scoones، 1995). وعليه يكون تحويل الموارد التي يُعدُّ شيوع ملكيتها أمراً واقعاً ووجودها في المراعي الطبيعية مألوفاً إلى حقوق كملكية خاصة تعود لمستخدميها، يشجع على استغلال تلك الموارد على المدى القصير بدلاً من الحفظ التي تحتاجه على المدى البعيد. وتستفيد منظمات صون الموارد الخاضعة لإدارة المجتمع في كينيا من الرعي الشامل للحيوانات لزيادة إنتاجية الحيوانات وكذلك أعداد الأحياء البرية (المؤطر 4-7).

وتعدُّ معالجة المعوقات الأساسية الناجمة عن الافتقار إلى الحيازة وتحفيز الخصخصة وتوفير الحد الأدنى من الخدمات الصحية والتعليمية أمراً واجباً لضمان نجاح واستدامة العلاقة التفاعلية ما بين سبل العيش القائمة على الحيوانات والصحة البيئية (اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر، 2007). أما تحسين قدرات الرعاة على الانتقال نحو إدارة مستدامة للمراعي الطبيعية، فيتطلب توليفة من التدابير تشتمل على نهج إدارة متكيفة وتنظيم اجتماعي وترتيبات خاصة بالحيازة تغطي الموارد ذات الملكية المشاع والتي يعتمدون عليها كإحدى سبل العيش.

المعوقات والتحديات

تتأثر جميع النهج الموصوفة آنفاً بالسياق الذي اتُبِعَتْ لأجله، فنراها تتكيف مع السياق الزراعي–الإيكولوجي والاجتماعي–الاقتصادي المحلي. وتتمثل التحديات الرئيسة في المعرفة والحوافز والموارد. إذ أن جميع النهج تتطلب وجود المعرفة ونقلها، مع توافر القاعدة المؤسساتية لذلك. وتحمل جميع هذه النهج تبريراً اقتصادياً منطقياً، إلا أن التكاليف المالية غالباً ما تكون أعلى من تلك في النظم التقليدية، مع عدم تيقن من الربح الشامل. وقد يصبُ جزء من المنفعة الناجمة عن الزراعة 'المتكيفة إيكولوجياً' خارج الموقع، مثلاً عند أسفل المجرى أو في صالح مستفيدين عالميين، بينما يتحمل المزارع كافة التكاليف. وحتى في حال وجود حوافز الربح، نجد أن تكاليف الاستثمار والفترة اللازمة قبل أن تؤتي هذه النهج أكلها تشكل عائقاً أمام المزارعين، لاسيما الفقراء منهم أصحاب الحيازات الصغيرة.

المؤطر 4-7: قلب التصحر في الأراضي الرعوية في بارينجو، كينيا

في الأرض المحيطة ببحيرة بارينجو عند الوادي المتصدع المركزي في كينيا، تتبدى خيوط ثورة طبيعية هادئة تعمل على قلب تدهور الأراضي المدمر وإرساء مرونة الأراضي الرعوية مجدداً. وقد أدرك الصندوق الاستئماني لإعادة تأهيل البيئات القاحلة أن الأعشاب بحدّ ذاتها في المناطق الرعوية تشكل السلعة الأكثر أهمية وكذلك هي الحال لدى أفراد المجتمع الذين يعملون على تحويل حوض بارينجو، حيث نجحت عملية إعادة تأهيل 200 2 هكتار عن طريق زراعة الأشجار والأعشاب والإدارة المحسنة للحيوانات. ولعل استعادة الأعشاب قد حمل أثراً إيجابياً اليوم في حوالي 000 15-000 30 نسمة، بمن فيهم الأسر والرعاة القائمين على إدارة الحقول المشاع، وتجميع المزارع وكذلك مجموعات المساعدة الذاتية ومجموعات النساء. ويتم اليوم حصاد بذور الأعشاب وبيعها في جميع أرجاء كينيا.

ولم تقتصر استعادة الأعشاب الدائمة على تجديد عمليات النظام الإيكولوجي (الأراضي والمغذيات والمياه والتنوع البيولوجي)، بل خلقت حالة من الثقة والكفاءة لدى المجتمعات بما يجعلها تحظى بدعم ذاتي. ولعل التركيز على الأراضي الجافة والمراعي في أفريقيا يعد أساسياً في جهود قلب التدهور والحدّ من وطأة الفقر.

المصدر: Elizabeth Myerhoff و Murray Roberts، الصندوق الاستئماني لإعادة تأهيل البيئات القاحلة،
الصورة ملتقطة من قبل W. Lynam

البحث عن مصادر مائية للزراعة المروية

تحولات جديدة ومشاريع متعددة الأغراض

خلال العقود العشرة حتى عام 2050، من المتوقع أن يصل صافي الزيادة في استجرار المياه لأغراض زراعية إلى حوالي 150 كم^3، حيث تكون أكبر إجمالي الزيادات في جنوب شرق آسيا وأمريكا الجنوبية وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وعلى جلّ هذه الزيادة أن تأتي من المياه السطحية، على اعتبار أن المياه الجوفية قد بلغت أقصى تطور لها في معظم المواقع.

أما فرص تشييد سدود تخزين ضخمة فأقل مما كانت عليه في السابق، حيث قلصت العائدات الاقتصادية المتدنية والاعتبارات البيئية وتلك المتعلقة بالسلامة من الاهتمام بإنشاء سدود ضخمة. أما التكاليف المرتفعة فتعني أن التبرير الوحيد لإنشاء سدود ضخمة يكون في المنافع المجنية من الطاقة الهيدرولوجية. مع ذلك، نرى مشاريع في طريقها إلى التنفيذ أو التصميم في عدد من البلدان، بما فيها الصين وإيران والعديد من البلدان الأفريقية. كما يمكن إضافة بعض من مياه الري من خلال تحسين قواعد تحرير المياه من السدود المشيّدة. ومن شأن التعاون العابر للحدود في مجال تنمية موارد المياه وإدارتها أن يزيد من توافر المياه للري. فعلى سبيل المثال، يمكن لسدود الطاقة الهيدرولوجية المشيدة على النيل الأزرق في إثيوبيا أن تزوّد بكمية إضافية من مياه الري عند أسفل المجرى.

لكن ثمة احتمال بأن يكون معظم المخزون الجديد المخصص للري ضيق النطاق. ففي كثير من البلدان، هنالك خيارات لمثل هذه البنى الصغيرة. إذ تحتاج جميع هذه المياه المجمّعة في السدود إلى تقييم اجتماعي واقتصادي وبيئي للمخاطر والتوازنات المتعلقة بها، كما تجب دراسة المشاريع ضمن إطار عمل التخطيط للحوض. وعلى مستوى السياسات، سيتطلب تحويل مياه إضافية إلى الزراعة قرارات تتعلق بحصر المستحقات من المياه بالزراعة دونما استخدامات أخرى قد تكون أعلى قيمة، وأخرى تتعلق بالمخاطر التي قد تواجه البيئة المائية والأراضي الرطبة عند أسفل المجرى. وفيما يتعلق بالموارد العابرة للحدود، على الحكومات أن تفكر ملياً بمنافع النهوض بالاستثمار على نطاق الحوض إلى المستوى الأمثل (وهو ما قد يشير على سبيل المثال إلى استثمار عند أعلى المجرى في الطاقة الهيدرولوجية وتحويل المياه عند أسفل المجرى للري) مقابل قضايا السيادة والأمن المائي. أما قرار الاستثمار في تنمية الري بدلاً من الاستثمار في الزراعة البعلية أو في أصول وخدمات أخرى تصب في صالح الفقراء، فسيكون مشروطاً بتأثيرات بدائل محتملة للاستثمار.

المياه الجوفية

رغم مشكلات استنزاف المياه الجوفية وتلوثها، إلا أنها ستبقى توفر مخزناً أساسياً لصون الرطوبة المثلى للتربة لصالح المحاصيل المروية، حيث سيتنامى هذا الدور مع تزايد تقلبات المناخ (منظمة الأغذية والزراعة، 2011د). مع ذلك ثمة بعض الفرص أمام كثير من البلدان لتطوير جديد للمياه الجوفية، وهذا ما يعطي أولوية قصوى لاستخدام موارد المياه الجوفية الموجودة بطريقة أفضل.

غير أن استنزاف المياه الجوفية بفعل الزراعة المكثفة متواصل بقوة (Siebert *et al.*، 2010). ورغم استبعاد أن يؤدي إدخال نهُج إدارتها إلى استعادة كثير من خزانات المياه الجوفية لحالة الاستدامة الكاملة، إلا أنه من الممكن تحسين عمر مستودع المياه وإنتاجيته. ولعل التجربة الأخيرة في الإدارة الذاتية للمياه الجوفية من

قبل المجتمع مشجعة، حيث تنشط تغذية خزانات المياه الجوفية الضحلة وتكون اهتمامات المستخدمين في المحافظة على مستويات موثوقة من الإنتاج الزراعي مرتفعة (البنك الدولي، 2010أ).

وتزداد ملوحة خزانات المياه الجوفية جراء رشح المياه الملوثة أو المالحة الناجمة عن الزراعة المروية، وكذلك عند استنزاف جموع خزانات المياه الجوفية وارتفاع تراكيز الملح فيها. أضف إلى ذلك أنه يمكن لاستنزاف خزانات المياه الجوفية الساحلية أن يؤدي إلى دخول الملح لها. أما الحل الأساسي فيكمن في إدارة تلك الخزانات، والحدّ من استخراج المياه منها إلى المستوى المستدام. كما يمكن استعادة صحة مستودع المياه الجوفية من خلال حقن اصطناعي للمياه العذبة لتخفيف المياه المالحة أو وضع حواجز أمام دخول المياه المالحة، إلا أن هذه الطريقة قد تكون مكلفة وتتطلب درجة مرتفعة من التحكم (Mateo-Sagasta وBurke، 2010).

نطاق الاستثمار في مصادر غير تقليدية للمياه

على الصعيد العالمي، لا يُستهلك سوى 60 في المائة من المياه المسحوبة من خلال التبخر المباشر، أي حوالي 2 900 كم^3 من بين 5 200 كم^3. أما الكمية المتبقية، فتعود إلى النظام الهيدرولوجي، حيث أن هنالك إمكانية لاسترجاعها وذلك لاستخدامات ثانوية كالزراعة على سبيل المثال. وإذا ما تم استرجاع جميع كمية هذه المياه، فستمثل أكثر من ثلاثة أرباع الاستخدام الاستهلاكي الراهن في الزراعة. وعليه، يمكن للاستثمار في إعادة استخدام مياه الصرف والمياه العادمة الناجمة عن الاستخدام البلدي أو الصناعي أن يوازن الندرة في المياه، لاسيما في البلدان الشحيحة.

ويمكن إعادة استخدام مياه الصرف إما من خلال حلقات في النظم أو عن طريق قيام المزارعين بالضخ المباشر من المصارف. وينطوي استخدام هذه المياه المالحة نسبياً على مخاطر زراعية وبيئية بفعل تملح التربة وتدهور نوعية المياه عند أسفل المجرى، مما يدعو إلى الحاجة لتقييم خطر الملوحة ورصده. كما يجب اتخاذ إجراءات لمنع المزيد من الملوحة في الأراضي والمياه ومعالجة التربة المالحة أو الصودية. أما حالات النجاح فتشمل مصر، التي أعادت استخدام ما يزيد على 10 في المائة من عمليات استجرار المياه العذبة سنوياً بدون تدهور في توازن الملح. ولعل تحلية المياه الجوفية المالحة أو مياه الصرف المعتدلة الملوحة (الخضماء) عملية غير مجدية اقتصادياً إلى حدّ بعيد وذلك بفعل التكاليف المرتفعة للطاقة، باستثناء البستنة المكثفة التي تنتج محاصيل ذات قيمة نقدية، كزراعة الخضار والأزهار (داخل الدفيئات بشكل أساسي) في مناطق ساحلية، حيث يكون فيها التخلص الآمن من الملح أسهل، مقارنة بالمناطق الداخلية (Mateo-Sagasta وBurke، 2010). غير أن المياه المحلاة، بما فيها مياه الصرف، تصبح خياراً أكثر تنافسية بسبب انخفاض تكاليفها في حين ترتفع تكاليف استخدام المياه السطحية والمياه الجوفية.

ومع توسع المدن، ستتوافر كميات أكبر من المياه العادمة البلدية والصناعية. فالمياه العادمة تتسم بميزة غناها بالمغذيات، وتتوافر بالقرب من مراكز التجمعات السكنية والأسواق، وبذلك تكون مثالية لزراعة الحدائق التي تباع منتجاتها في الأسواق داخل المناطق شبه الحضرية وكذلك لتربية الأحياء المائية فيها. غير أن الملوثات الموجودة في المياه العادمة تنطوي على مخاطر تهدد صحة الإنسان والبيئة. ولتعظيم المنافع وتقليص المخاطر المرتبطة باستخدام المياه العادمة إلى الحد الأدنى، يحتاج الأمر إلى تصميم سياسة قوية ووضع إطار عمل مؤسساتي (منظمة الصحة العالمية، منظمة الأغذية والزراعة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2006). وعلى القرارات المتعلقة بالجوانب الفنية أن تكون صريحة ومباشرة إذ أنها ستحدد طريقة المعالجة

لإعادة استخدام الفضلات السائلة. ويجب وضع خطط تتعلق بجوانب تخصيص موارد المياه: إذ يجب تقييم الطرف المستفيد من المياه وهذا ما يخضع لترتيبات تعاقدية. وعلى الجانب البيئي، تعتبر الأحكام واللوائح مطلوبة للتحكم بالملوثات من المصدر، وكذلك لحماية الصحة البشرية. أما على الجانب الزراعي والأخير، فالحاجة موجودة إلى تطبيق تقييد الري وممارسات زراعة المحاصيل.

تحديث نظم الري

تحسين خدمة المياه في نظم ري كبيرة

ثمة نطاق واسع للمكاسب على مستوى الكفاءة وتحسين إنتاجية الأراضي والمياه في الري. إذ أن الكفاءات حول العالم أدنى بكثير من المستويات الفنية العظمى، فالنظم المضغوطة والزراعة المحمية لا تزال تحتل مساحة صغيرة فقط، مع سيادة أنماط محصولية تعتمد على محاصيل أساسية متدنية القيمة، بينما تفتقر الغلال الزراعية ودخل المزارعين إلى الإمكانات بدرجة كبيرة (Molden *et al.*، 2010). ويمكن لثلاثة عناصر الإسهام في "إعطاء قيمة أكبر مع كل قطرة"، وهي تحسين خدمة المياه وتحسين كفاءة استخدام المياه على مستوى المزرعة، وتحسين كفاءة الممارسات الزراعية.

أما الطرق المؤدية إلى تحسين الإنتاجية وسدّ الفجوة في الغلة من خلال الري فتشمل زيادة مرونة وموثوقية وتوقيت خدمة المياه عن طريق تشغيل نظم التحويل وقنوات المياه وصونها، أو من خلال توزيع أفضل للمياه داخل النظام، على سبيل المثال من خلال زيادة إمدادات المناطق التي تأتي في آخر المجرى. ومن حيث المبدأ، تعد خدمة المياه المحسنة مجدية في كافة نظم الري تقريباً.

وهنالك حاجة إلى نهج متكامل للاستثمار في المدخلات المختلفة داخل نظام الإنتاج – تربة ومياه وممارسات زراعية – إلى جانب الحاجة إلى تحسينات اقتصادية ومؤسساتية. ولعل مفهوم تحديث نظام الري ذي النطاق الواسع ينطوي على إحداث جميع أشكال التغيرات في نظام تأمين الري والممارسات الزراعية وكذلك في البنية المؤسساتية وبنية الحوافز المطلوبة لتوفير خدمة تأمين المياه للمزارعين بطريقة مستدامة وفعالة تستجيب للطلب، وبالتالي تعزيز الإنتاجية المرتفعة ونظام زراعي مستدام (منظمة الأغذية والزراعة، 2007هـ).

أما الطريق الآخر فيتمثل في تحسين كفاءة استخدام المياه (الاستخدام الاستهلاكي للمياه في الري كنسبة من كمية المياه المستجرة للري)، بحيث يتم استخدام نصيب أكبر من المياه المحولة بشكل مفيد، وذلك على سبيل المثال بتخفيف الخسائر في نظام الري أو تحسين إدارة المياه على مستوى المزرعة أو إعادة تدوير مياه الصرف. ويُعرض نطاق زيادة الاستخدام المفيد للمياه المسحوبة للري من خلال النسبة المتدنية جداً في كثير من المناطق بين المياه المطلوبة والمياه المستجرة ، حيث أن كمية المياه المستجرة في نظم الري تعادل ثلاثة أضعاف الكمية المطلوبة لنمو النبات. لكن من الواجب التفكير بحذر في نطاق توفير المياه، على اعتبار أن جزءاً كبيراً من المياه غير المستخدمة يعود إلى الأنهار وخزانات المياه الجوفية من خلال الرشح والصرف.

ويتطلب التحديث المتكامل استثمارات في 'التجهيزات' و'البرمجيات'. فالاستثمارات في التجهيزات تتجاوز إعادة التأهيل البسيط للنظم الموجودة، لتمتد إلى إحداث تطورات مادية في النظام، مثل الاختيار الصحيح للبوابات وبنى التحكم، وتبطين القنوات بما يتوافق والعوامل الجغرافية المركبة، وكذلك إنشاء قنوات وخزانات اعتراضية، وتركيب نظم معلومات حديثة، واستخدام تقنيات تحسين الري على مستوى المزرعة، كالري بالتنقيط، وشبكة للصرف تتيح إدارة توازن الملح بطريقة غير ملوِثة. كما تشمل استثمارات التحديث أيضاً طيفاً من التحسينات المتعلقة بـ'البرمجيات' مثل إدارة النظام والبنى المؤسساتية، وممارسات إدارة المياه على مستوى المزرعة، والإدارة المشتركة للمياه وخصوبة التربة، وإدارة مياه الصرف، ووضع نُهج متكاملة لمكافحة الجفاف والملوحة والفيضانات. ولعل الاستثمار في تحديث الري بهدف الوصول إلى زراعة مستدامة عالية الإنتاجية يوفر حوافز سوية ويؤدي إلى إدارة المخاطر والوصول إلى الأسواق.

نطاق تحسين الإنتاجية في نظم الري صغيرة النطاق وغير الرسمية

لا يقتصر نطاق التحسينات في إنتاجية الري على نظم رسمية كبيرة. فكثير من أصحاب الحيازات الصغيرة في آسيا وأفريقيا والشرق الأوسط يعتمدون في سبل عيشهم على الزراعة التي تمارَس في نظم ري تقليدية صغيرة النطاق. ويعتمد الري صغير النطاق في أغلب الأحيان على نظم لتحويل ونقل المياه أنشئت من قبل أفراد المجتمع ويتم تشغيلها من قبل مؤسسات يديرها مستخدمو النظامِ. أما النظم القائمة على الفيضانات، كنظم تحويل مياه الفيضانات لأغراض الري أو الزراعة القائمة على انحسار الفيضانات، ونظم الآبار الربيعية والآبار الضحلة، فتشتمل على حواجز لرفع المياه من الأنهار، ونظم جريان المياه إلى خارج الأراضي أو إلى داخلها، ونظم لحصاد المياه، ونظم لحدائق تباع منتجاتها في الأسواق المحلية وتستخدم الآبار أو مياه الجريان أو حتى مياه الصنبور.

وتوجد نظم الري صغيرة النطاق في جميع المناطق الزراعية–الإيكولوجية تقريباً، وتعد مهمة عندما تشكل المياه عقبة كبيرة أمام إنتاج المحاصيل وكذلك عندما تكون موارد المياه محدودة أو مستخدمة على نحو مفرط، لاسيما في المناطق الممتدة من تلك شبه القاحلة إلى دون الرطبة. وغالباً ما تكون هذه النظم بعلية، سواء بشكل جزئي أو أساسي، تعتمد على الري التكميلي وحسب. وعادة ما تكون الغلال أدنى بكثير من تلك التي يتم الحصول عليها من النظم الرسمية الأكبر، وهذا يعود إلى الافتقار إلى وفورات الإنتاج الكبير، وكذلك إلى غياب الأصناف المناسبة والتحكم بالمياه، ومصاعب الوصول إلى الأسواق. أما مواطن القوة فتكمن في المعرفة التقليدية المُطورة جيداً، والإدارة المستدامة للموارد من الأراضي والمياه، ومستويات رأس المال الاجتماعي المحلي.

و تتمثل التحديات في كيفية تحسين أداء هذه النظم دون الإضرار باستدامتها الراهنة. كما توجد بعض التكنولوجيات المتوافرة، مثل تبطين القنوات بما يناسب نظم التغذية الربيعية أو مضخات المِدْوَس لري الحدائق التي تباع منتجاتها في الأسواق. والمطلوب هو آليات لنقل المعرفة والتكنولوجيا ودعم الاستثمار، مع ضمان إدخال التغيير ضمن إطار ممارسات الإدارة المستدامة التقليدية للأراضي والمياه (المؤطر 4-8)

نظام الري بالتنقيط

يمكن بلوغ الهدف المتمثل في زيادة العائدات من المياه، إعطاء قيمة أكبر مع كل قطرة بطرائق عديدة، منها رفع كفاءة جمع المياه واستخراجها، وتخزين المياه وتوزيعها، واستخدام المياه في الحقل. وتعد نظم الري بالتنقيط نظماً فعالة للمياه تسمح بدفق كميات ضئيلة من المياه على فترات متكررة في منطقة قريبة من جذور النبات. وفي نظام الري بالتنقيط، تتدفق المياه عبر راشح إلى أنابيب تنقيط خاصة وتفرغ مباشرة في التربة بجانب النبات. وعند إدارة هذه التكنولوجيا بالشكل المناسب، فإن الفوائد ستشتمل على تحكم أفضل بالمياه وتحسين تغذية النبات والحدّ من الحاجة إلى العمالة. وهذه الطريقة تناسب جيداً المحاصيل ذات القيمة المرتفعة بما في ذلك الخضروات والأشجار المثمرة.

المصدر: مركز التنمية والبيئة (2010)، الصورة لـ W. Critchley

زيادة إنتاجية المياه على مستوى المزرعة

كفاءة استخدام المياه

يعتمد تحسين كفاءة استخدام المياه على مستوى المزرعة (الاستخدام الاستهلاكي المفيد بفعل البخر والنتح كنسبة من المياه التي يتم التزويد بها) على مهارات المزارعين في إدارة المياه على مستوى المزرعة. وتجمع تدابير تحسين كفاءة استخدام المياه على مستوى المزرعة بين زيادة مهارات المزارعين لإدارة موعد الري المقدم لمحاصيلهم وكميته، مع الاستثمار في تكنولوجيا الري على مستوى المزرعة الذي من شأنه أن يوفر تحكم أفضل بالإمدادات المائية والحدّ من الفاقد. ومن الممكن توفير مستوى أفضل من التحكم من خلال نظم توزيع المياه عبر الأنابيب، والتزويد المُحْكَم بالمياه لترطيب جذور النباتات، وذلك من خلال الري بالتنقيط

أو الري الفقاعي على سبيل المثال. وستخفض هذه التكنولوجيات أيضاً الاستهلاك غير النافع للمياه عن طريق تقليص الفاقد عند نقل المياه بفعل الرشح والتبخر غير النافع. ويمكن زيادة الفعالية على نحوٍ أكبر من خلال التحكم بالمناخ الجزئي المحيط بالمحصول، كما في الزراعة المحمية داخل الدفيئات على سبيل المثال. وتعتمد كفاءة الممارسات الزراعية على المهارات التي يتحلى بها المزارعون، وذلك رغم وجود بعض المعوقات الخارجة على مستوى تحكمهم، كالعوامل المناخية والاقتصادية–الاجتماعية. ويمكن تحسين فعالية الممارسات الزراعية من خلال:

- التحكم بالمياه وإدارة رطوبة التربة لضمان توافر كاف للرطوبة عند جذور النباتات لتحقيق نمو أمثل. وتؤدي الزراعة الحافظة على وجه الخصوص إلى تخفيض كبير في الفاقد غير المنتِج للمياه؛

- إدارة المياه والتربة والمغذيات لضمان توافر المغذيات في الوقت المناسب عند جذور النباتات وامتصاص النباتات لتلك المغذيات على نحو فعال. بصفة خاصة، تعد إدارة المياه والتربة والمدخلات لزيادة توافر النتروجين مسألة حاسمة للحصول على غلة مرتفعة في وحدة البخر والنتح؛

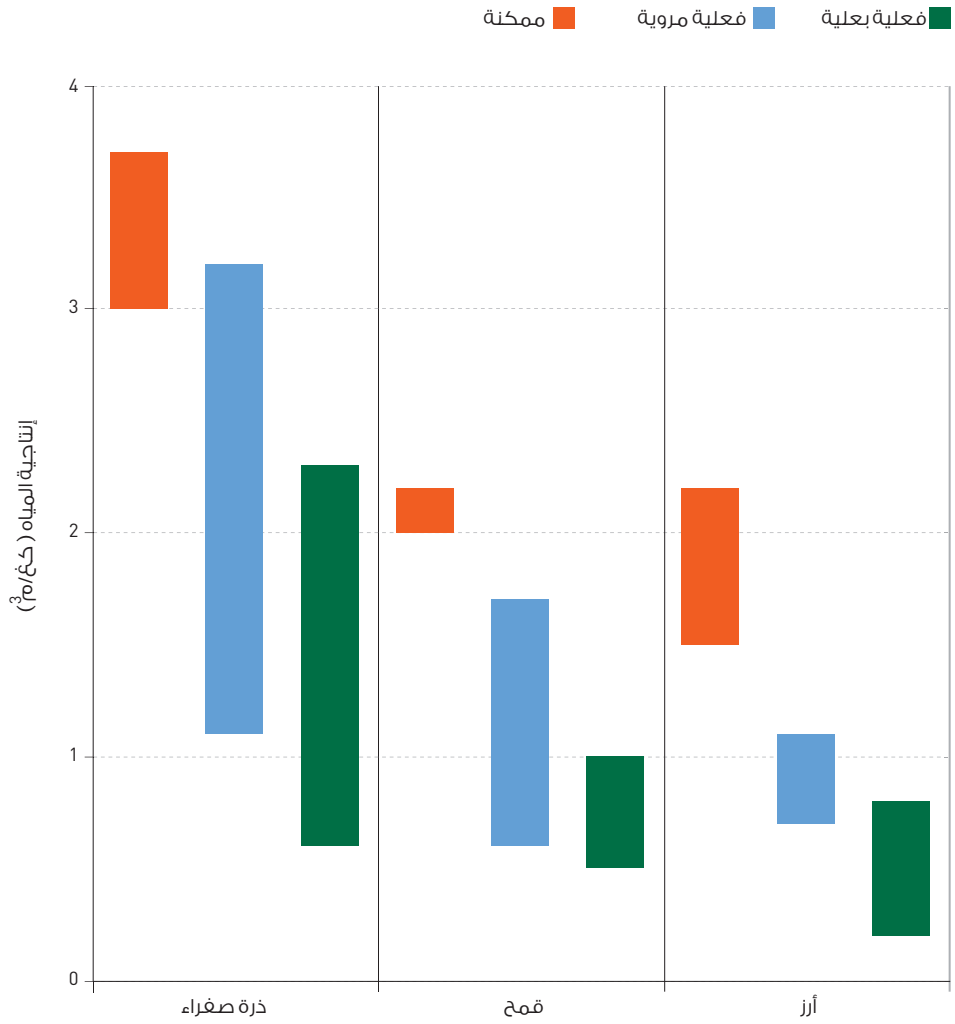
- تربية المحاصيل لاختيار النمط الزراعي الأمثل، واختيار الأصناف ذات الأداء الأفضل، والتأكد من مواءمة تقويم زراعة المحاصيل مع توافر الرطوبة، وزراعة البذور في الوقت المناسب، وإدارة الأعشاب والآفات مفصليات الأرجل والأمراض.

إنتاجية المياه

هنالك طريقة أخرى تؤدي إلى استخدام مياه الري بإنتاجية أكبر ألا وهي زيادة الإنتاجية الزراعية أو الاقتصادية حيث يتم الحصول على مزيد من الإنتاج في وحدة المياه المستخدمة. وهذا ما يمكن تحقيقه من خلال ممارسات زراعية أفضل تؤدي إلى زيادة غلال المحاصيل المروية (بما في ذلك تحقيق دليل حصاد أعلى)، دونما حاجة إلى أية كمية إضافية من المياه أو من خلال تعليق استخدام الأنماط الزراعية والتحول إلى محاصيل ذات قيمة أعلى، مع الأخذ بعين الاعتبار مجمل الحدود الفيزيائية–البيولوجية (Steduto *et al.*، 2007).

ورغم التطورات الهائلة التي شهدتها إنتاجية المياه خلال السنوات الأخيرة، إلا أن الفجوة لا تزال قائمة بين الغلة الفعلية وتلك الممكنة في وحدة المياه المستهلكة. ويظهر (الشكل 4-1) إنتاجية المياه الفعلية المسجلة لمحاصيل مروية وبعلية على حد سواء، مقابل الإنتاجية الممكنة للمياه. وتؤكد البيانات أن إنتاجية المياه في الزراعة البعلية أعلى في العادة من تلك في الزراعة المروية. وبالنسبة للظروف المروية والبعلية على السواء، تكون الإنتاجية الفعلية أدنى بكثير من الإنتاجية الممكنة، حيث يُظهر محصولا القمح والأرز أكبر فجوات في الغلة، وهو ما يشير إلى المجال الذي يمكن فيه تحسين إنتاجية المياه بشكل كبير.

الشكل 4-1: إنتاجية المياه لمحاصيل الذرة الصفراء والقمح والأرز: الغلة الممكنة والمروية والبعلية



المصدر: Sadras et al.، (2010)

ومن الملاحظ عموماً أن الأنماط الزراعية تتغير بشكل مستمر باتجاه المحاصيل مرتفعة القيمة في المناطق التي تعاني من معوقات ترتبط بالمياه. فقد شهدت الصين على سبيل المثال، تحولات مع شيء من الانخفاض في محصولي الأرز والقمح وزيادة حادة في الذرة الصفراء والخضار ومحاصيل أخرى مرتفعة القيمة، حيث أن هنالك ثمة إمكانات كبيرة لسد الفجوة في إنتاجية المياه، إلا أن الوصول إلى مستويات مرتفعة من إنتاجية المياه يتطلب المزيد من تقنيات الإنتاج المكثف.

وهنالك كثير من الممارسات المعروفة جيداً على مستوى المزرعة لزيادة إنتاجية المياه والتي من شأنها مضاعفتها. وتتباين الحالات بين المحاصيل وعبر نظم الإنتاج تبايناً كبيراً، مما يقتضي أن تكون التحليلات

والمقترحات الرامية للتحسين نوعية جداً. ويحتوي (المؤطر 4-9) على خمس دراسات لحالات مستمدة من مناطق متنوعة بيئياً وتكنولوجياً وثقافياً وتغطي نظماً زراعية تمتد من نظم الكفاف إلى نظم قائمة على تكنولوجيات متطورة. وفي معظم الحالات، يعد تبني تدابير تحسين توافر الرطوبة في التربة وزيادة قدرة المحاصيل على حجز المياه الطريقة الأقل تكلفة والأسرع على صعيد زيادة إنتاجية المياه. فضلاً عن ذلك يمكن زيادة إنتاجية المياه عن طريق اتباع أساليب متطورة للحدّ من فاقد الحصاد وفاقد ما بعد الحصاد والذي من شأنه إضافة 30-40 في المائة من الغلة المنتجة أصلاً في المزرعة (Lundqvist *et al.*، 2008).

المؤطر 4-9: خمس دراسات لحالات تحسين إنتاجية المياه للمحاصيل

القمح البعلي في جنوب شرق أستراليا وحوض المتوسط وهضبة اللوس في الصين والسهول العظمى في أمريكا الشمالية؛ وُجدت فجوة كبيرة بين الغلة الفعلية والغلة الممكنة العظمى في وحدة المياه، حيث بلغ متوسطها 68 في المائة في جنوب السهول العظمى بأمريكا الشمالية، و63 في المائة في حوض المتوسط، و56 في المائة في هضبة اللوس في الصين، وشمال السهول العظمى وجنوب شرق أستراليا. أما أسباب هذه الفجوات فتعود إلى التغذية وموعد الزراعة ومعوقات التربة. أما إدارة رطوبة التربة فكانت مشكلة أساسية. وحددت حلولاً من بينها توفير النبات السطحي السريع للحدّ من التبخر وتقليص الحراثة إلى الحد الأدنى، وإدارة جذامات المحاصيل.

وتوجد فجوة مماثلة في الغلة بالنسبة لمحصول **زهرة عباد الشمس** البعلي في سهول البامبا في الأرجنتين والتي تتمتع بتوافر المغذيات والمياه والتآثر بينهما عند موعد الزراعة، وهي النقطة الأهم لزيادة الغلة وإنتاجية المياه.

أما بالنسبة لنظم **الأرز** في حوض نهر ميكونغ السفلي، فهنالك فجوة كبيرة في الغلة، حيث تستهلك الإنتاجية الفعلية في وحدة المياه فقط بين 15-30 في المائة من الكمية العظمى الممكنة. أما الفرص الأساسية للتحسين فتشمل استخدام أصناف مرتفعة الغلة وزيادة استخدام الأسمدة ومبيدات الأعشاب ومبيدات الآفات والري التكميلي. ومن الخيارات المطروحة تغيير الأنماط الزراعية إلى محاصيل مرتفعة القيمة كالبن والخضروات وفول الصويا والتي تتجاوز الأرز أداءً من حيث العائدات الاقتصادية مع كل ميليمتر من المياه المستخدمة.

أما نظم **الذرة الصفراء** التجارية والمروية في غرب حزام الذرة في الولايات المتحدة فكانت أدنى بـ 10-20 في المائة فقط من الإنتاجية العظمى. ومع ذلك، لا تزال الإدارة الأفضل للمياه قادرة على تحسين الإنتاجية، كجدولة الري بناءً على احتياجات المحصول في الوقت الحقيقي وشيئاً من رصد المياه.

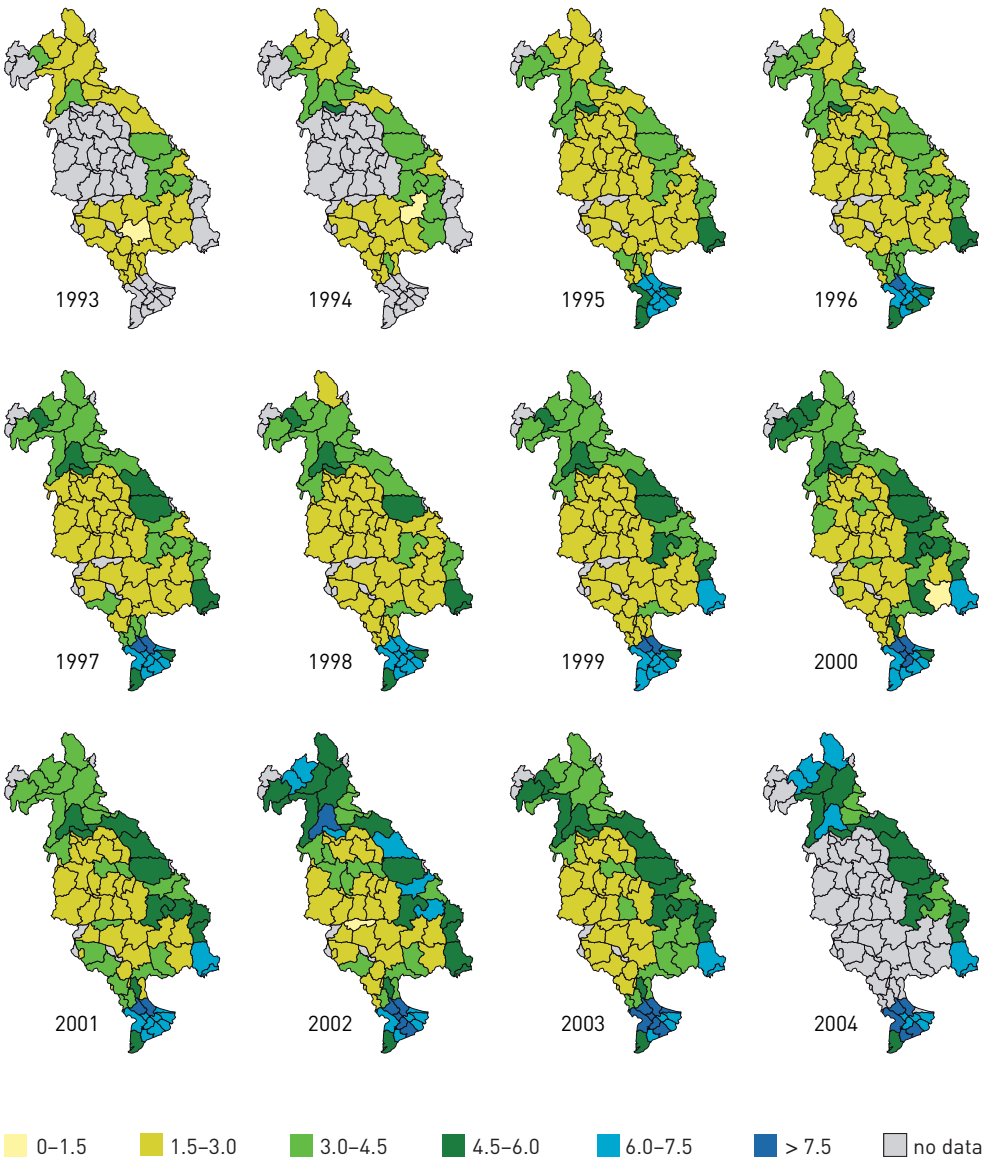
وتسهم العوامل البيئية والإدارية وتلك المتعلقة بالنباتات في إنتاجية مائية منخفضة جداً **للدخن** في الساحل، حيث تعطي معدل إنتاج يبلغ 0.3 كغ فقط لكل متر مكعب مستهلك. ويتطلب تحسين إنتاجية المياه المزودة لمحصول الدخن في البيئات الجافة والحارة في أفريقيا مدخلات أعلى، وبخاصة جرعات أكبر من الأسمدة. إلا أنه من المفترض الأخذ بعين الاعتبار دليل الحصاد المنخفض للدخن الذي يسهم في الإنتاجية المنخفضة للمياه وذلك ضمن سياق المقايضات بين إنتاج الحبوب وبقايا المحاصيل القيمة.

المصدر: هذه الدراسة

أين يمكن لتحسين إنتاجية المياه للمحاصيل أن يحقق الفرق؟

يعد تحسين إنتاجية المياه أمراً ممكناً، حتى خلال إطار زمني قصير نسبياً، وذلك وفق ما يظهره التقدم الأخير في بعض النظم. فعلى سبيل المثال تكون إنتاجية المياه المزودة لمحصول الأرز منخفضة في حوض ميكونغ السفلي (14-35 في المائة من الإنتاجية الممكنة) إلا أنها شهدت زيادة سريعة خلال السنوات الأخيرة (الشكل 2-4). وتعود التحسينات إلى تبني أصناف عالية الغلة، واستخدام أفضل للأسمدة ومبيدات الأعشاب ومبيدات الآفات، وكذلك للري التكميلي. وثمة بعض المكاسب الفنية المباشرة لمحاصيل مثل الحمص وزهرة عباد

الشكل 2-4: غلة حوض نهر ميكونغ من محصول الأرز في وحدة البخر والنتح على النطاق الإقليمي (كغ من الحبوب/هـ/مم)



المصدر: مقتبس عن Mainuddin و Kirby، (2009)

المؤطر 4-10: الصين مجتمع يوفر في المياه

حققت الصين إنجازات هائلة على صعيد توفير المياه المستخدمة للزراعة، وهذا يعود بدرجة كبيرة إلى الابتكارات المؤسساتية والتكنولوجية. فخلال الفترة الممتدة بين عامي 1980 و2004، والتي ازداد إجمالي كمية المياه المستخدمة فيها بنسبة 25 في المائة، بقيت الكمية المخصصة للري عند 340-360 كم^3. وخلال الفترة عينها، زادت المساحة المروية بـ 5.4 مليون هكتار، كما زادت طاقة إنتاج الأغذية بـ 20 مليون طن، ليصل بذلك 200 مليون نسمة إلى الأمن الغذائي. وفي العقد المنصرم، انخفض استخدام الصين لمياه الري في الهكتار من 7 935 إلى 6 450 م^3 على المستوى القطري.

المصدر: Wang et al.، (2009)

الشمس، حيث قد تنجم التحسينات الكبيرة في الغلة في وحدة المياه المستخدمة ببساطة عن إزاحة الموسم الزراعي من الربيع–الصيف إلى الخريف–الشتاء، شريطة أن تدار الأمراض والأعشاب بالشكل المناسب.

ويتباين النطاق الفني لتحسين إنتاجية المياه للمحاصيل تبعاً للمحصول ونظم الإنتاج والأقاليم (المؤطر 4-11). ومن بين الحبوب الغذائية، تكون إمكانية التحسين هي الأكبر بالنسبة لمحصول الأرز، لكن ثمة نطاق كبير أيضاً لتحسين نظم القمح وبعض نظم الذرة الصفراء. وتشهد بعض من بقاع العالم إنتاجية مادية مرتفعة في المياه المقدمة للمحاصيل، مع توقعات محدودة بحدوث تحسينات في ظل التكنولوجيا الراهنة. وهذه الحال تنطبق على معظم الأقاليم الإنتاجية، مثل الحوض السفلي للنهر الأصفر، ومعظم أوروبا وأمريكا الشمالية وأستراليا. أما المناطق التي تحظى بالمستوى الأعلى من المكاسب الممكنة فهي أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وأجزاء من جنوب وجنوب شرق آسيا وآسيا الوسطى. ففي جميع هذه المناطق، ستؤدي زيادة إنتاجية المياه إلى زيادة في إنتاجية الأراضي الأمر الذي يتمخض عن إنتاج أعلى من المناطق المزروعة في الوقت الراهن مع قليل من التغيير في إجمالي استهلاك المياه. لكن على هذه المكاسب في الإنتاجية أن تؤخذ بعين الاعتبار فيما يتعلق بالتوازن الكلي بين حوض النهر وخزانات المياه الجوفية. (Perry *et al.*، 2009).

إدارة المخاطر البيئية المقترنة بالتكثيف

على التقنيات المقترنة بالإنتاجية المرتفعة أن تترافق واستخدام الأسمدة بشكل مناسب ومتوازن لتعزيز الغلال وتعويض النقص الناجم عن إزالة مغذيات التربة في غلال المحاصيل. وغالباً ما يتطلب الإنتاج المكثف المزيد من معاملة الأعشاب والأمراض والحشرات. إلا أن استخدام المدخَلات يقترن بمخاطر التلوث الناجم عن الأسمدة ومبيدات الآفات. وعندما لا تكون الظروف الفنية والاجتماعية–الاقتصادية مناسبة لإدارة مستدامة للأراضي والمياه، ستظهر مخاطر على مستوى الموقع وأخرى جسيمة تتربص بكتل المياه الموجودة عند أسفل المجرى، ناهيك عن المخاطر المحدقة بصحة الإنسان. ولعل إدارة المدخلات تعد مسألة أساسية لتجنب هذه التأثيرات السلبية (منظمة الأغذية والزراعة، 1996).

وقد يكون للري آثار عرضية أخرى تتعلق بتحسين الصحة، إذ غالباً ما تجتاح الملاريا والبلهارسيا نظم الري، في حين تعد الإدارة المحسنة للمياه قادرة على الحدّ من المخاطر المرتبطة بهذين المرضين، كتقليص مساحة برك المياه الراكدة. أضف إلى ذلك أن التحديث المترافق مع توفير المياه يفتح الباب أمام توسيع النظم لتصل إلى إمداد المجتمعات المحلية بالمياه (Molden، 2007).

التلوث بالأسمدة وإدارة المغذيات

تتمثل الكميات الأكبر من الأسمدة المقدمة للمحاصيل في المركبات النتروجينية والفوسفورية، فالنتروجين مطلوب كنترات لامتصاصه من قبل الجذور. وتبلغ الفعالية العظمى للأسمدة التي يمكن بلوغها (الامتصاص/ الاستخدام) قرابة 50 في المائة، بينما نادراً ما تصل فعاليتها عملياً إلى 20-30 في المائة. وعلى اعتبار أن الأسمدة النتروجينية قابلة جداً للانحلال بالماء وتدوَّر بسرعة في التربة، فستنحل كمية كبيرة من النتروجين غير الممتص من قبل النبات كمحلول نترات وستجد طريقها إلى نظم الصرف وإلى كتل المياه أسفل المجرى وكذلك إلى المياه الجوفية. كما يُحرر النتروجين أيضاً إلى الغلاف الجوي كغاز الأمونيا أو أوكسيد النتروز.

ويمكن إدارة الفاقد في السماد النتروجيني من خلال الجمع ما بين: (1) ممارسة استخدامه بصورة أفضل؛ (2) امتصاص النبات للنتروجين بفعالية أكبر، (3) إدارة أفضل للمياه. فضلاً عن ذلك، تكون الحاجة موجودة إلى تربة صحية لاحتجاز النتروجين بشكل أفضل. أما تدابير تحسين فعالية استخدام السماد، وبذلك الحدّ من النترات، فتشتمل على خطوات بسيطة كالتالي:

- تقسيم استخدام السماد وفق مراحل النمو الأكثر استجابة لمحصول معين؛
- استخدام 'قليل ومتكرر' في البستنة، باستخدام أسمدة حَلولة مخلوطة بمياه الري، وتطبيقها بشيء من الدقة. إذ وجد المزارعون في سنرايسيا (أستراليا) أنهم يحصلون على أعلى فعالية للسماد من خلال التسميد المائي باستخدام النتروجين عند الانتهاء من الري (لمدة 10-15 دقيقة، قبل 25 دقيقة من الانتهاء من الري)؛
- إضافة السماد عند منطقة الجذور في أسفل المحصول وعلى أحد جانبيه على عمق قليل حيث توجد الكثافة الأعلى للجذور؛
- إضافة سماد الأمونيا بشكل عميق كمستودع (طريقة CULTAN)، إذ يُمتص النتروجين جزئياً من قبل النباتات كأمونيا حتى بدون أن يمر في مرحلة النترات، وهذا ما يجنب رشح النترات.

وتشتمل تدابير تحفيز الامتصاص بدرجة أعلى عند النبات على استخدام مركبات محمية بطيئة التحرر، حيث تحرر النتروجين بشكل مستمر بمعدل يحدده محتوى التربة من الرطوبة ودرجة الحموضة ودرجة حرارة التربة، وبذلك توفيره لفترة أطول. وتتسم هذه المركبات بإمكانية تجارية جيدة بالنسبة للمحاصيل مرتفعة القيمة ذات الجذور السطحية، وكذلك بالنسبة لمناطق ذات إمكانية مرتفعة لخسارة النترات. ويمكن استخدام

الإضافات البيولوجية لتعزيز فعالية استخدام النتروجين عن طريق تشجيع نمو الجذور بشكل أقوى وقدرتها على الامتصاص بفعالية أكبر، وإبطاء تحرير النتروجين كغاز الأمونيا، حيث أدت الإضافات إلى تخفيض تطاير الأمونيا بنسبة 54 في المائة في قصب السكر و79 في المائة في القمح.

وكذلك تشتمل حلول إدارة التربة على تمكين الوسط من حجز المغذيات وتحويلها بفعالية إلى مغذيات للنبات. ولعل من الأهمية بمكان إيلاء اهتمام أكبر بصحة التربة، وهذا لا يقتصر على تحسين توافر المغذيات الداخلية وبالتالي تحسين فعالية الأسمدة، بل التخفيض بشكل كبير من فاقد مغذيات التربة من خلال الانجراف والرشح. وثبُت في مواقع عديدة (كالبرازيل وألمانيا) أن امتصاص النترات والفوسفات في كتل المياه يرتبط مباشرة بحراثة التربة وأن الحدّ من حراثة التربة أو تجنبه قد يكون حاسماً في تقليص التلوث إلى مستويات مقبولة، دون إحداث أي تأثير سلبي في مستويات الإنتاج.

ورغم أن صناعة الأسمدة تعمد إلى الابتكار لتحسين كفاءة استخدام الأسمدة والحدّ من العوامل الخارجية البيئية، إلا أنه قد يفتقر المزارعون إلى المعرفة أو إلى حوافز الحدّ من السلوك الملوِث. إلا أن هنالك عديد من الخيارات السياساتية أولها مواصلة البحوث بالتشارك ما بين صناعة الأسمدة والمزارعين والهيئات البحثية، وثانيها استخدام لوائح انتقائية وحوافز للتشجيع على استخدام أسمدة بطيئة التحرر حيثما أمكن ذلك، وبخاصة في مناطق تكون فيها مخاطر انتقال النتروجين إلى كتل المياه بحدودها القصوى، وثالثها تعليم المزارعين (انظر المؤطر 4-11).

وخلافاً للنتروجين، يرتبط الفوسفات عموماً بجزيئات التربة حيث يمدّ النبات ببطء، الأمر الذي يخفف من احتمال انتقاله إلى نظم الصرف أو إلى المياه الجوفية. ويمكن لتوليفة من الإدارة الجيدة للمياه وإدخال الفوسفات في التربة أن تحد من تصدير الفوسفات إلى قيمة أقرب إلى الصفر. وعموماً عندما تم تطبيق

المؤطر 4-11: مشكلة الصين مع التلوث بالنتروجين

تشاهد أعلى معدلات استخدام النتروجين على مستوى العالم في الصين وفق التقارير (حوالي 550 إلى 600 كغ نتروجين/هـ/العام في شرق وجنوب شرق وشمال سهل الصين). فقد ازداد استخدام الأسمدة بسرعة بين عام 1998 والوقت الراهن، لاسيما استخدام أسمدة النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في البستنة والسماد النتروجيني بصورة أعم. وتتمثل إحدى التبعات في معاناة ما يزيد على نصف البحيرات الكبيرة الـ 131 على مستوى البلد من الإغناء بالمغذيات. وقد كشفت المسوحات أن معظم المزارعين غير مدركين لكفاءة استخدام الأسمدة والتبعات البيئية لاستخدامها المفرط، مما شجع تدني أسعارها. إلا أن المسوحات كشفت عن أن المزارعين الذين لا يصلون إلى مياه الري لا يستخدمون الكثير من سماد النتروجين، وهذا ما يشير إلى حساسية موضوع السعر. وعليه، يعتمد الحدّ من التلوث بالنتروجين على تطوير واستخدام أسمدة ولوائح وحوافز مناسبة، وكذلك العمل على تعليم المزارعين.

المصدر: Zhang و Burke، (2010)؛ Jua et al.، (2009)

السياسات والبرامج، تم تحقيق شيء من النجاح في الحدّ من حمولات التلوث الناجم عن الزراعة، مع أن معظم النجاحات ارتبطت بالحدّ من الحمولات الحضرية.

التلوث بمبيدات الآفات

طُور طيف من أساليب المكافحة المتكاملة للآفات لمواجهة مشكلات تلوث المياه بمبيدات الآفات وخطرها على صحة الإنسان. وتشجع المكافحة المتكاملة للآفات على ترشيد استخدام المدخلات والحدّ منها إلى المستوى الأدنى من خلال رصد وتحديد أعداد الآفات بشكل منتظم، والسعي إلى الحفاظ على أعداد صحية من المفترسات الطبيعية والموائل الداعمة. كما تعمد المكافحة المتكاملة للآفات إلى إدخال تربية أصناف مقاومة للآفات (تربى بطريقة تقليدية أو بالتحوير الوراثي) وزراعتها، وخلائط استراتيجية لأصناف تتسم بصفات مقاومة مختلفة، واتباع الدورات الزراعية والتبوير، أضف إلى ذلك إدخال مفترسات طبيعية للآفات.

وقد تم تبني نُهج المكافحة المتكاملة للآفات على نطاق واسع من قبل مزارعين تجاريين في بلدان متقدمة بغية تحسين فعاليتها وكفاءتها وكذلك استجابة إلى الوعي البيئي المتزايد. أما تبنيها في بلدان نامية فكان أبطأ، مع أن المدارس التدريبية الميدانية للمزارعين كانت فعالة جداً في رفع مستوى المعرفة لدى المزارع واعتماده نهج المكافحة المتكاملة للآفات (Settle *et al.*؛ Payne *et al.*، 2011). كذلك تلعب التشريعات وطلبات الموافقة على المنتجات وتعليم المزارعين وأسعار المنتجات دوراً في تقييد استخدام مبيدات الآفات هذه. أما تأخر البلدان النامية في نشاطها التنظيمي عن البلدان المتقدمة فيعد مصدر قلق، لاسيما عندما تُنتج مبيدات الآفات العامة الرخيصة محلياً بعدما أقصيت عن أسواق البلدان الأغنى.

ويتسم توسيع نطاق تبني الزراعة الحافظة، التي يتقلص معها الاضطراب الميكانيكي للتربة والتأثيرات الفيزيائية الأخرى إلى الحدّ أدنى، بإمكانية الحدّ من تلوث المياه بمبيدات الآفات بفعل الانجراف.

وتعد كثير من مبيدات الآفات حَلولة ومتنقلة، حيث تكون تقنيات إدارة المياه مطلوبة للحدّ من تصديرها إلى مجاري المياه (المؤطر 4-12). وهنالك حاجة إلى تنظيم صارم على مستوى الموقع للمركبات عندما يكون خطر التلوث عند أسفل المجرى مرتفعاً.

تقليص مخاطر الزرنيخ إلى الحدّ الأدنى

ورد حديث عن تلوث المياه الجوفية بالزرنيخ في تقارير أكثر من 20 بلداً تستخدم فيها المياه الجوفية الملوثة للشرب والري. ومما زاد في تلوث التربة والمياه الجوفية وجود مصادر صناعية إضافية، كاستخراج المعادن ومعالجة الفضلات، واستخدام الإضافات العلفية للدواجن والخنازير، ومبيدات الآفات، ناهيك عن مخزونات الزرنيخ ثلاثي الأكسيد. ويتعرض حوالي 130 مليون إنسان للخطر بفعل سمية الزرنيخ (التسمم بالزرنيخ) والذي يتسبب في إحداث آفات جلدية وعديد من الأمراض السرطانية. ويعد تراكم الزرنيخ في السلسلة الغذائية، مثل انتقال الزرنيخ مع الأرز في آسيا، مصدر قلق رئيس (منظمة الأغذية والزراعة، 2007د). و يتم اليوم تطوير واختبار خيارات إدارية لمنع تلوث الأغذية بالزرنيخ والتخفيف منه. أما استراتيجيات إدارة الزرنيخ، والتي

المؤطر 4-12: توصيات لإدارة مبيدات الآفات أثناء الري

1. لا تستخدم مبيدات الآفات مباشرة قبل الري أو عند احتمال هطول أمطار غزيرة؛
2. على جدولة الري أن تتجنب فترات المخاطر المرتفعة (وبخاصة عند استخدام الري بالأثلام التعاقبية أو الري بالرش)؛
3. استخدم مبيدات الآفات بقياس قُطيرات ومعدل جرعات مناسبين لتجنب جريان سائل الرش من المناطق المستهدفة؛
4. خفض الفاقد في التربة والرواسب جراء الجريان السطحي. وبالتالي خفض انتقال مبيدات الآفات بفعل الجريان، وخاصة مركبات مثل باراكوات وترايفلولارين وكلورپايروفوس والتي تُمتص بشكل كبير من جزيئات التربة.
5. يمكن تخفيض خطر الانتقال الكبير من المزرعة إلى خارج الموقع عن طريق تجنب معالجة مساحات واسعة في الوقت نفسه. وهذا من شأنه الحدّ من المصدر المحتمل في حال جدولة الري أو في حال هطول أمطار غزيرة؛
6. بعض مبيدات الآفات شديدة التنقل وبوسعها الانتقال سريعاً إلى خارج المزرعة (إما من خلال الجريان أو بالرشح)، لاسيما عند الري أو هطول الأمطار؛
7. تكون مبيدات الآفات المستخدمة حديثاً أكثر تنقلاً في الغالب من تلك التي مضى عليها وقت للتثبت بالتربة أو بالمجموع الورقي؛
8. يمكن لمياه الري الأبعد أن تحتوي على مستويات مرتفعة من بقايا مبيدات الآفات؛ ويمكن لإعادة تدويرها أو تجنب الري المفرط بعد استخدام مبيدات الآفات أن يقلص من الخسائر خارج الموقع إلى الحدّ الأدنى؛
9. يجب اتخاذ إجراءات وقائية إضافية عندما تفرغ مياه الجريان الناجمة عن العواصف أو الري قرب الجداول أو موائل حساسة. وترتبط الإدارة الجيدة للمياه بقوة مع الإدارة الفعالة لمبيدات الآفات؛
10. في التربة ذات النفوذية الشديدة أو في مناطق ذات مستويات مياه ضحلة، يجب التفكير في بدائل ذات إمكانية تنقل أقل وذلك لتخفيض التلوث المحتمل للمياه الجوفية أو التدفق الأساسي في الجداول إلى الحدّ الأدنى.

المصدر: Simpson و Ruddle، (2002)

ستمكن من استمرار إنتاج الأرز في مناطق ملوثة، فتشمل زراعة الأرز في بيئة حيهوائية، والانتقال إلى مياه جوفية سطحية أو عميقة غير ملوثة لتجنب المزيد من تراكم الزرنيخ في التربة.

الملوحة والصرف

أضحت المخاطر على مستوى الموقع وخارجه جراء الملوحة والغدق في المناطق المروية، مشكلة خطيرة في أجزاء كثيرة من العالم (Mateo-Sagasta وBurke، 2010). وهنالك حاجة إلى الرشح والتصريف للمحافظة على توازن الملح في بنية التربة ودعم غلال المحاصيل في المناطق القاحلة. غير أن عملية إزالة الأملاح من التربة عن طريق الرشح أو الصرف من شأنها زيادة ملوحة مياه الصرف، وبالتالي زيادة تركيزها حتى 50 مرة مقارنة مع مياه الري. ويمكن للتخلص منها أن يرفع ملوحة كتل المياه المتلقية إلى مستويات تجعلها غير صالحة للاستخدام.

وتبدأ الحلول باستخدام أكثر كفاءة للمياه للحدّ من التطبيق المفرط والمحافظة على التوازن الصحيح للملح من خلال جرعات رشح مدروسة. أما خيارات الصرف الناجمة عن ذلك فتتمثل في: (1) إدارة مياه الصرف، (2) إعادة استخدام مياه الصرف، (3) التخلص من مياه الصرف، (4) معالجة مياه الصرف. ولكل من هذه النقاط المذكورة تأثيرات مختلفة في الهيدرولوجيا ونوعية المياه، حيث تحدث التآثرات والتوازنات عند تطبيق أكثر من خيار.

فإدارة مياه الصرف تشكل الخطوة الأولى للتحكم بملوحة التربة، حيث يجب على نظام الصرف أن يسمح لكمية ضئيلة من مياه الري (حوالي 10-20 في المائة من جزء الصرف أو الرشح) أن تُصرف أو تُفرغ خارج مشروع الري. وهذا ما يمكن تحقيقه من خلال الخنادق المفتوحة للصرف أو المصارف أو الضخ من الحفر. ويعتمد الاختيار على درجة نفوذية التربة ونوع المادة الموجودة أسفل التربة والخزان الأساسي للمياه الجوفية، وكذلك يعتمد على التمويل المتوافر للأعمال الأساسية، وعلى الموارد لدى المجتمعات المحلية من أجل التشغيل والصيانة، وأيضاً على تكاليف الطاقة من أجل الضخ.

ويمكن إعادة استخدام مياه الصرف المالحة عند أسفل المجرى إذا ما خلطت بالمياه العذبة. إلا أن هذه النُهُج تتطلب التخطيط على نطاق مسقط المياه لتكييف الممارسات الزراعية والمحاصيل مع المحتوى المرتفع من الملح. وهنا يعد انتخاب المحصول مسألة مهمة، إذ تتباين المحاصيل بشكل كبير في قدرتها على تحمل ظروف الملوحة، فمحاصيل القمح القاسي والتريتيكالي والشعير ذات قدرة أكبر على تحمل الملوحة من الأرز أو الذرة الصفراء. أضف إلى ذلك أن الري بالمياه المالحة قادر حتى على تحسين نوعية الخضروات، حيث يمكن أن يزداد محتوى الطماطم أو البطيخ من السكر.

أما خيارات التخلص من مياه الصرف المالحة فتشمل التفريغ المباشر في الأنهار والجداول والبحيرات والصحاري والمحيطات، وكذلك التفريغ في أحواض التبخر. إلا أن هذا التفريغ للمياه المالحة قد يقود إلى مشكلات بيئية عند المناطق الواقعة أسفل المجرى. إذ يمكن التفكير بحذر شديد في المخاطر، واتخاذ تدابير التخفيف منها عند الضرورة. ويجب أن يقتصر الصرف على المواسم الرطبة فقط إذا ما أمكن ذلك، وذلك عندما تسبب الفضلات السائلة المالحة أدنى مستوى من الضرر. ويعد إنشاء الأراضي الرطبة خياراً متدني التكلفة نسبياً لحماية النظم الإيكولوجية المائية ومصايد الأسماك، إما عند أسفل المجرى من المناطق المروية أو في أحواض مغلقة.

نُهج الأراضي والمياه في ضوء تغير المناخ

الزراعة وتغير المناخ

تم تحديد العلاقة ما بين إدارة الأراضي والمياه وتغير المناخ عبر بعض النظم الزراعية الأساسية (منظمة الأغذية والزراعة، 2011د)، حيث تتسم ممارسات إدارة الأراضي والمياه بتأثير قوي سلباً أو إيجاباً في محركات تغير المناخ. وتندرج كثير من الممارسات الزراعية السابقة والراهنة بين أسباب تغير المناخ، حيث تعد الزراعة وما يرتبط بها من نشاطات إزالة الحراج مسؤولة عن ما يصل إلى ثلث إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بشرية المنشأ. وفي الوقت نفسه، من المتوقع لتغير المناخ أن يحمل تأثيراً هائلاً في الاستخدام الزراعي للأراضي والمياه (المكافحة المتكاملة للتلوث والوقاية منه، 2007 ; Fischer *et al.*، 2007)، ويبقى تمويل استراتيجيات التكيف لزيادة مرونة النظم الزراعية في وجه تفاقم التهديدات التي تتربص بالمناخ اليوم، أولوية عالمية لاسيما في البلدان الأشد فقراً والتي تقع عند هوامش انعدام الأمن الغذائي.

ولا تقتصر الإدارة المستدامة للأراضي والمياه على زيادة مرونة الزراعة في وجه تغير المناخ وحسب، بل تحمل تأثيراً إيجابياً في محركات تغير المناخ، وتوفر خيارات التخفيف من هذا التغير على نحو فعال مقابل التكلفة (Tubiello *et al.*، 2008). وتميل كثير من تقنيات الإدارة التي تعمل على تعزيز نظم الإنتاج إلى حجز الكربون سواء فوق الأرض أم تحتها، وكذلك تعمل على الحدّ من الانبعاثات المباشرة لغازات الاحتباس الحراري.

خيارات التكيف مع تغير المناخ

تستدعي استجابات التكيف قيام كل من المزارعين وصناع السياسات بمعالجة تحديات إضافية أساسية: فمن جانب المزارعين، يجب أن يتحلوا بالقدرة على استخدام تكنولوجيات جديدة أو أخرى معروفة سابقاً بعد تكييفها عند تغير المناخ؛ أما من جانب صناع السياسات، فيجب أن يتحلوا بالقدرة على تطوير حوافز صحيحة وتوفير البنى التحتية الضرورية بطريقة مخطط لها تتطلع إلى المستقبل. وسيتم تنفيذ إجراءات التكيف الذاتي من قبل مزارعين فرديين على أساس تغير المناخ الحاصل، دونما تدخل من جهة أعلى. ولعل من شأن سوء التكيف، كممارسة الضغط لزراعة أراض هامشية أو تبني ممارسات زراعية غير مستدامة عند انخفاض الغلال، أن يفاقم من تدهور الأراضي والمياه، مع احتمالِ بوضع القدرة المستقبلية على الاستجابة إلى مخاطر المناخ المتزايدة في دائرة المخاطر. أما التكيف المخطط له والذي يشتمل على إحداث تغييرات في السياسات، والمؤسسات والبنى التحتية المختصة، فسيكون مطلوباً لتسهيل وتعظيم المنافع طويلة الأجل للاستجابات المتعلقة بالتكيف.

ومن المنظور الفني، تتشابه خيارات التكيف إلى حدّ كبير مع النشاطات القائمة والتي جرى تطويرها في السابق استجابة لتقلب المناخ. وإذا ما تحدثنا على نطاق أوسع، نجد أن التكيف مع التغيرات يتطلب من المزارعين: (1) تكييف الإدارة، (2) اختيار المزيد من الأصناف القوية للمحاصيل، (3) اختيار محاصيل أخرى، (4) تعديل ممارسات إدارة المياه. وستأتي مثل هذه التغييرات حصيلة لتوليفة من المعرفة العلمية والخبرة الحقلية. وإذا ما تم تبني نقاط التكيف هذه على نطاق واسع، فستكون قادرة إما بشكل فردي أو على شكل توليفة على قلب التأثيرات السلبية لتغير المناخ والاستفادة من الإيجابية منها. أما التكيف مع الأحوال المتطرفة التي تتسارع في وتيرتها فسيكون أصعب، سيما وأن مثل هذه النظم قد لا تملك نظيراً تاريخياً لها.

وتشتمل خيارات زراعة المحاصيل على تغيرات في أصناف المحاصيل وأنواعها لزيادة مقاومتها لصدمات الحرارة والجفاف والفيضانات والملوحة؛ وتكييف معدلات الأسمدة؛ وتغيير توقيت النشاطات الزراعية أو موقعها؛ وتنويع إنتاج المحاصيل، واستخدام المكافحة المتكاملة للآفات على نطاق أوسع؛ واستنباط أصناف وأنواع مقاومة للآفات والأمراض واستخدامها؛ وتحسين قدرات الحَجْر وبرامج الرصد؛ وربط معدلات ولادة الحيوانات والرعي مع إنتاج المرعى. وبصورة خاصة، تعد الزراعة الحافظة، من خلال تحسينات متزامنة في تنويع المحاصيل وبنية التربة ومحتواها من المادة العضوية، قادرة على الحدّ من تأثيرات تقلبات المناخ وتمثل استجابة واسعة للتكيف مع تغير المناخ.

وتعد إدارة المياه مكوناً حاسماً للتكيف مع ضغوطات المناخ خلال العقود القادمة، حيث ستتحول هذه الضغوطات تبعاً للتغيرات في توافر المياه (حجمها وتوزيعها الموسمي)، وكذلك التغيرات في الطلب على المياه لقطاع الزراعة وقطاعات أخرى متنافسة معه. ولعل الممارسات التي من شأنها زيادة إنتاجية مياه الري توفر إمكانية تكيف هائلة لدى جميع نظم إنتاج الأراضي في ظل تغير المناخ المستقبلي. وفي الوقت عينه، تعتبر التحسينات في أداء الري وإدارة المياه حاسمة لضمان توافر المياه لإنتاج الأغذية ولتلبية الاحتياجات البشرية والبيئية المتنافسة فيما بينها (منظمة الأغذية والزراعة، 2007هـ؛ منظمة الأغذية

والزراعة، 2011د). وهنالك عدد من تقنيات ونُهج التكيف الخاصة بإدارة المياه المخصصة للزراعة على مستوى المزرعة ومستوى نظام الري ومستوى الحوض، تشتمل على تعديل الري من حيث الكم أو التوقيت أو التكنولوجيا المتعلقة به، وعلى تبني الري التكميلي وتقنيات محسنة لإدارة رطوبة التربة في الزراعة البعلية، وكذلك تبني أحكام أكثر فعالية لتوزيع المياه، واستخدام المياه السطحية والمياه الجوفية بشكل متزامن، وتبني تدابير بنيوية وغير بنيوية للتكيف مع الفيضانات وموجات الجفاف.

ومن شأن توافر مستوى أفضل من البيانات والاهتمام بالرصد بدرجة أكبر دعم التنبؤ بالمناخ بصورة أفضل، لاسيما التنبؤ الموسمي. ويذكر أن تكنولوجيا التنبؤ موجودة بالفعل، حتى تلك المتعلقة بتحسين استخدام الهطولات المطرية إلى الحد الأمثل، وهي متوافرة تجارياً في بعض البلدان. بينما لا يزال الكثير بانتظار القيام به لتحسين نوعية التنبؤ ونشره بطريقة صديقة للمستخدم إن أريد الحصول على منافع إيجابية على صعيد التكيف.

وعلى الحلول التي توضع على مستوى الحكومات أن تركز على تطوير بنى تحتية جديدة، وسياسات ومؤسسات بما في ذلك معالجة تغير المناخ في برامج التنمية، وزيادة الاستثمار في التحكم بالمياه والبنى التحية للري وكذلك في تكنولوجيات الاستخدام الدقيق للمياه، وضمان البنى التحتية المناسبة لنقل المياه وتخزينها، وتعديل ترتيبات حيازة الأراضي (بما في ذلك إيلاء اهتمام بحقوق الملكية المُعرّفة جيداً)، وتأسيس أسواق للمنتجات والمستلزمات (بما في ذلك نظم تسعير المياه) والخدمات المالية (بما في ذلك التأمين) بحيث تكون فعالة في أدائها ويسهل الوصول إليها.

الإسهام في التخفيف من تغير المناخ

إن جميع الإجراءات التي تسهم في حماية الموارد من الأراضي والمياه، والاستخدام الفعال للموارد والمدخلات، والحدّ من الفاقد والخسائر في الزراعة، وزيادة مرونة نظم استخدام الأراضي والمياه أمام تذبذبات الطقس والأسواق تكون كفيلة بتسهيل التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه. ولعل هنالك تأثير أكبر للإدارة الأكثر استدامة للأراضي والمياه (المؤطر 4-13)، حيث تقول التقديرات أنه في حال اتخاذ إجراءات تتعلق بتحسين إدارة المحاصيل والحيوانات وممارسات الزراعة الحراجية والحدّ من الحراثة واستعادة الأراضي، وإنتاج الطاقة الحيوية من الكتلة الحيوية واستراتيجيات التخفيف من تغير المناخ الخاصة بقطاع الحراج، فسيكون إجمالي انخفاض غاز ثاني أكسيد الكربون من 4-18 مليار طن، وهي كمية كافية لتحقيق التوازن مع انبعاثات هذا القطاع (الجدول 4-1).

المؤطر 4-13: النظم الرعوية في الأراضي الجافة وتغير المناخ

تمتلك النظم الرعوية إمكانية هائلة للتآزر بين التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه. إذ تحتل ثلثي مناطق الأراضي الجافة على الصعيد العالمي، بينما ينتمي سكان الريف فيها إلى شريحة أفقر نسبياً من تلك في نظم أخرى. كما تتسم بمعدلات تصحر أعلى من نظم استخدام أخرى للأراضي وهذا ما يؤثر سلباً في تراكم الكربون في التربة. أما الإدارة المحسنة للمراعي المزروعة والمراعي الطبيعية في مناطق الأراضي الجافة الواسعة فتسهم في تراكم الكربون وتخزينه بدرجة كبيرة.

ويعتبر الرعي المحسن استراتيجية مثبتة لاستعادة التربة وزيادة مرونة الأراضي بالترافق مع بناء خزان الكربون. وتعمل إحدى أكثر الاستراتيجيات فعالية لحجز الكربون على تعزيز أنواع النباتات الدائمة عميقة الجذور في الأراضي المستخدَمة للزراعة، من خلال دورات زراعية تشمل بور الحشائش أو مراعي الحشائش، وإدخال محاصيل أو أشجار أو أنواع رعوية دائمة أخرى في الدورات الزراعية، أي صون النظم الخليطة بين المحاصيل والحيوانات والأشجار.

وتتسم الممارسات الإدارية التي تقوم بحجز الكربون بإمكانية توليد منافع اقتصادية للأسر التي تعيش في المناطق الجافة المتدهورة، وذلك من خلال الدفع مقابل حجز الكربون وكذلك من خلال منافع مشتركة تتعلق بتعزيز الإنتاج وزيادة عمليات النظام الإيكولوجي والاستخدام المستدام للموارد وبالتالي تعزيز التكيف مع تغير المناخ. وبينما تكون الدفعات مقابل حجز الكربون مقتصرة في الوقت الراهن على أسواق طوعية للكربون، إلا أن المفاوضات بخصوص الاتفاقات المستقبلية العالمية المتعلقة بتغير المناخ وكذلك التشريعات المحلية الجديدة في كثير من البلدان المتقدمة ستزيد عاجلاً من الطلب على تخفيض الانبعاثات الناجمة عن أنشطة إدارة المراعي الطبيعية في البلدان النامية (Lipper *et al.*، 2010).

وتعتمد الجدوى الاقتصادية لحجز الكربون في الأراضي الرعوية على سعر الكربون. إذ تلاحظ الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2007) أنه عند سعر 20 دولار أمريكي لمكافئ طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، تكون إدارة أراضي المراعي واستعادة الأراضي المتدهورة ذات قدرة على حجز حوالي 300 مليون طن لمكافئ غاز ثاني أكسيد الكربون حتى عام 2030؛ وعند سعر 100 دولار أمريكي لمكافئ طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، فتكون قدرتها على حجز حوالي 400 1 مليون طن لمكافئ غاز ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة ذاتها.

خفض انبعاثات الميتان والنتروجين

يتسم غازا الميتان والنتروجين المنبعثان من الإنتاج الزراعي بإمكانات كبيرة على إحداث احترار الأرض. لهذا فإن التخفيف من غازَي الاحتباس الحراري هذين من غير ثاني أكسيد الكربون يعد مسألة بالغة الأهمية. وفضلاً عن التدابير الخاصة بالحيوانات التي تأتي خارج نطاق كتابنا هذا، نجد أن خيارات التخفيف من تغير المناخ عن طريق خفض الميتان الناجم عن الزراعة تهم بشكل خاص تطوير نظم زراعة أكثر فعالية للأرز، بما في ذلك خفض الطلب على استخدام المياه (كزراعة الأرز الحيهوائية، والتي يتم فيها تجنب غمر الحقول المزروعة)، والتحولات من الأرز المشتول إلى نظم زراعة بذور الأرز بشكل مباشر، والنظم التبادلية بين الإنتاج الرطب والجاف (منظمة الأغذية والزراعة، 2006ج).

الجدول 4-1: إمكانات الزراعة والحراج للتخفيف من تغير المناخ عام 2030

	مليار طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون
الإمكانات العالمية للتخفيف من تغير المناخ	**25-15**
إمكانات الزراعة للتخفيف من تغير المناخ	**5.0-1.5**
تخفيض الغازات من غير ثاني أكسيد الكربون	(1.5-0.3)
الزراعة الحراجية	(2-0.5)
حجز الكربون المعزز في التربة	(1.5-0.5)
إمكانية الحراج للتخفيف من تغير المناخ	**12-1.5**
المبادرة المعززة لخفض الانبعاثات الناجمة عن إزالة الحراج وتدهور الحراج	(4-1)
الإدارة المستدامة للحراج	(5-01)
استعادة الحراج	(3-0.5)
إمكانات الطاقة الحيوية للتخفيف من تغير المناخ	**1.0-0.1**
إمكانات كامل القطاع للتخفيف من تغير المناخ	**18-4**
انبعاثات الناجمة عن كامل القطاع	**15-13**
•بما في ذلك إزالة الحراج وتشجير الحراج	

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، (2008) ; Tubiello و van der Velde، (2010)

وفي النظم الزراعية المكثفة ذات الإنتاج النباتي والحيواني، يمكن لانبعاثات أكسيد النتروجين الناجمة عن حقول مسمّدة وفضلات الحيوانات أن تسهم بأكثر من نصف إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن المزرعة. ونتيجة لانتشار انبعاثات النتروجين عبر الزمان والمكان، فإن التخفيف منها يعد مسألة صعبة. وتركز التقنيات الراهنة على الحدّ من الكميات المطلقة للسماد النتروجيني المستخدم في الحقول، بالترافق مع تقليص تراص التربة إلى الحدّ الأدنى (والتي تشكل ظروفاً لاهوائية تزيد من انبعاثات أكسيد النتروجين)، وكذلك بالترافق مع تغييرات في نظم تغذية الحيوانات.

ويمكن لاستراتيجية فعالة تعمل على التخفيف من غازات غير ثاني أكسيد الكربون في نظم زراعية خليطة بين إنتاج المحاصيل والحيوانات، كتلك الموجودة في أوروبا وأمريكا الشمالية، أن تشتمل على تغيير في الوجبات الغذائية للإنسان باتجاه التخفيف من استهلاك اللحوم، وتخفيض الانبعاثات المباشرة للميتان وأكسيد النتروجين، وكذلك تخفيض استهلاك الحيوانات للحبوب. إلا أن أنماط تطوير الثقافات والأذواق، وكذلك التغير في نمط الحياة والتغيرات السكانية، تسير بالاتجاه المعاكس نحو تغيرات أساسية في النظام الغذائي، لاسيما في البلدان النامية، حيث أن حصص اللحوم والدسم والسكر في إجمالي الاستهلاك من الأغذية تواصل ارتفاعها على نحو معنوي (Tubiello و van der Velde، 2010).

استدامة الزراعة والحراج

لعل كثير من ممارسات الإدارة الزراعية والزراعية–الحراجية المستدامة المُوصى بها لفترة طويلة لأسباب إيكولوجية واقتصادية أوسع تحمل تأثيراً في تغير المناخ، وذلك يعود بدرجة كبيرة إلى حجز الكربون. ولا تشكل الأشجار التي يتم إدخالها في النظم الزراعية كأحزمة واقية أو لحماية المنحدرات أو ككتل حيوية حراجية أو لإنتاج الثمار والمكسرات جزءاً من نهج الإدارة المستدامة للأراضي والمياه وحسب لتحسين احتفاظ التربة بالمياه وتقليص الانجراف، بل تتسم أيضاً بتأثير تثبيت الكربون (المؤطر 4-14). أضف إلى ذلك أن تحسين المناخ الجزئي من خلال زراعة الأشجار والشجيرات في نظم زراعية–حراجية يترافق مع غطاء أفضل للتربة للمساعدة على تنظيم المناخ والحدّ من تأثير الفعاليات الجوية المتطرفة، كتخفيف تأثير الرياح الشديدة في المناطق الرطبة والجافة، والحماية من درجات الحرارة المرتفعة والإشعاع، وكذلك من فقدان الرطوبة في المناطق الجافة والدافئة.

التآزر بين التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه

ترتبط كثير من استراتيجيات إدارة الأراضي والمياه التي نوقشت أعلاه بالتخفيف من تغير المناخ والتكيف معه (Tubiello *et al.*، 2007). فعلى سبيل المثال، لا يقتصر الحدّ من الحراثة واتباع الزراعة الحراجية واستراتيجيات أخرى لإدارة التربة والمياه عن طريق الممارسات الفضلى على تحسين الإنتاجية والاستدامة وحسب من خلال زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة وتحمل الانجراف بصورة أفضل، بل يؤدي أيضاً إلى إغناء التنوع البيولوجي في النظام الإيكولوجي من خلال تأسيس نظم محصولية أكثر تنوعاً. كما تعمل هذه الممارسات على تعزيز استقرار ومرونة النظم المحصولية على المدى البعيد في وجه تقلب المناخ، مما يساعد النظم المحصولية على تحمل موجات الجفاف والفيضانات الناجمة عن تغير المناخ (أي التكيف معه). أضف إلى ذلك أنها تسهم في حجز الكربون في التربة (أي التخفيف من تغير المناخ). ويوضح (المؤطر 4-15) كيف تؤدي الاستثمارات الزراعية المستدامة في إقامة حواجز نباتية في الرمال إلى حماية الأراضي الزراعية من الانجراف (تكيف) في حين تقوم بتثبيت الكربون (تخفيف). وعلى نحو مشابه، فإن تجنب إزالة الحراج وتحسين تقنيات حفظ الحراج وإدارتها لا يقود فقط إلى مزيد من النظم الإيكولوجية المرنة والصحية، بل أيضاً إلى تأثيرات مهمة على مستوى التكيف مع تغير المناخ والتخفيف منه.

المؤطر 4-14: إعادة التشجير المجتمعية في البرازيل: استجابة للفيضانات والانزلاقات الأرضية

انتقل كثير من سكان المناطق الداخلية في البرازيل إلى مدنٍ مثل ريو دي جانيرو، حيث نراهم اليوم يعيشون في أحياء فقيرة داخل بيوت مبنية بشكل سيء عند سفوح هضاب شديدة الانحدار. وقد أدى انتشار هذه الأحياء الفقيرة كالنار في الهشيم إلى إزالة الحراج وانجراف التربة وانزلاقات أرضية، والتي بدورها أحدثت مناطق ترسبات وفيضانات ومناطق رطبة ينتشر فيها البعوض. وقد أحدثت المدينة مشروع إعادة تشجير المجتمع عام 1986، الذي هدف إلى مكافحة الانجراف وتقليص مخاطر الانزلاقات الأرضية والفيضانات الناجمة عنه من خلال إعادة تشجير المناطق المعرضة للانجراف في المدينة. ويقوم المشروع بتوظيف السكان كما يعيد إدخال أنواع الأشجار الواطنة المناسبة لمكافحة الانجراف.

المصدر: مركز التنمية والبيئة (2010)

المؤطر 4-15: حواجز نباتية في الرمال لمنع الانجراف الريحي في محافظة جانسو، الصين

حواجز نباتية

يعاني شمال الصين من تصحر شديد في الأراضي يسفر عن خسائر اقتصادية تصيب الزراعة في المناطق الجافة، فضلاً عن الضرر الذي يحدثه هذا التصحر في الخط الحديدي. وقد قامت مؤسسة الخطوط الحديدية بجمع الأموال لإنشاء حواجز حية مرتفعة، تتألف من شجيرات وأشجار ذات مستوى من الارتفاع وقوة اختراق التربة يناسب الظروف الجافة والرملية. إذ تساعد هذه الحواجز على حماية الحقول والبنى التحتية من الرمال المنجرفة.

المصدر: مركز التنمية والبيئة، (2010)، الصورة لـ Yang Zihui

توقعات تتعلق بالتنفيذ

إن تزايد الضغط على الموارد من الأراضي والمياه سيضع، في بعض المناطق، معوقات هائلة أمام جهود تكثيف الإنتاج الزراعي بصورة مناسبة لتلبية الاحتياجات المتوقعة من الأغذية. وتضمن نظم الإنتاج "المعرضة للمخاطر" التي تشهد تلك الظروف اليوم أو تلك المتوقعة مستقبلاً الإجراء العلاجي المناسب. وعلى إجراءات الإدارة العلاجية ألا تقتصر على خيارات فنية لتحفيز التكثيف المستدام وتقليص المخاطر وفقاً للوصف الوارد في هذا الفصل، بل يجب أن تترافق أيضاً مع ظروف تمكينية مطلوبة للحدّ من الآليات المؤسساتية التي تعزز انعدام الكفاءة وغياب العدالة الاجتماعية وتدهور الموارد، وأن تقترن بتبادل المعرفة والبحوث، وفقاً للمعالجة التي وردت في فصول أخرى من هذا التقرير، (انظر المؤطر 4-16).

المؤطر 4-16: انتشار ناجح للري الفردي الخاص في النيجر

استخدمت في النيجر لفترة طويلة أساليب ري تقليدية صغيرة النطاق عن طريق تقنيات بسيطة لرفع المياه (الشادوف، الدلو)، إلا أن إدخال المضخات أدى إلى توسيع نطاق الري وتكثيفه بشكل سريع. وبحلول عام 2006، كانت المساحة التي يغطيها الري الخاص صغير النطاق 000 16 هكتار. أما قطع الأراضي فعادة ما تكون أصغر مساحة من هكتار واحد (0.1–0.75 هكتار). ويكون جلّ الإنتاج على شكل محاصيل بستنة تباع في الأسواق، حيث يختص المنتجون في بعض المناطق بمحاصيل محددة (كالبصل والفلفل والثوم والطماطم). أما الطلب على الإنتاج فقوي من جانب الأسواق المحلية وأسواق التصدير على حد سواء.

وفي عام 1996، قررت الحكومة دعم نمو الري الخاص صغير النطاق، وشجعت على تأسيس رابطة شاملة لحرفة الري التابعة للقطاع الخاص، حيث عملت هذه الرابطة، بدعم من المشروع، على مساعدة المزارعين في الحصول على التكنولوجيا الجديدة، ولاسيما مضخات المِدْوَس، وحفزت إحداث تغييرات في أنماط تربية المحاصيل وزراعتها. وظهرت صناعات حرفية ماهرة، اشتملت على عمال حفر وفنيي آبار وصناع مضخات وعمال تصليح. كما تم الترويج إلى ما يمكن الحصول عليه من تمويل صغير، وخدمات استشارية زراعية تابعة للقطاع الخاص، ومدخلات بإدارة المزارعين. إذ زاد صافي دخل المزارعين من 159 دولاراً أمريكياً إلى 560 دولاراً أمريكياً (في بلد يبلغ فيه متوسط الدخل السنوي للفرد 60 دولاراً أمريكياً). أما توزيع المنافع فواسع النطاق، إذ عمّت المنفعة على أكثر من 000 26 أسرة فقيرة. ولعل هذا البرنامج يقدم إسهاماً جيداً في النمو والصادرات ودخل الأسر والحدّ من وطأة الفقر.

المصدر: البنك الدولي، (2008)