الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية

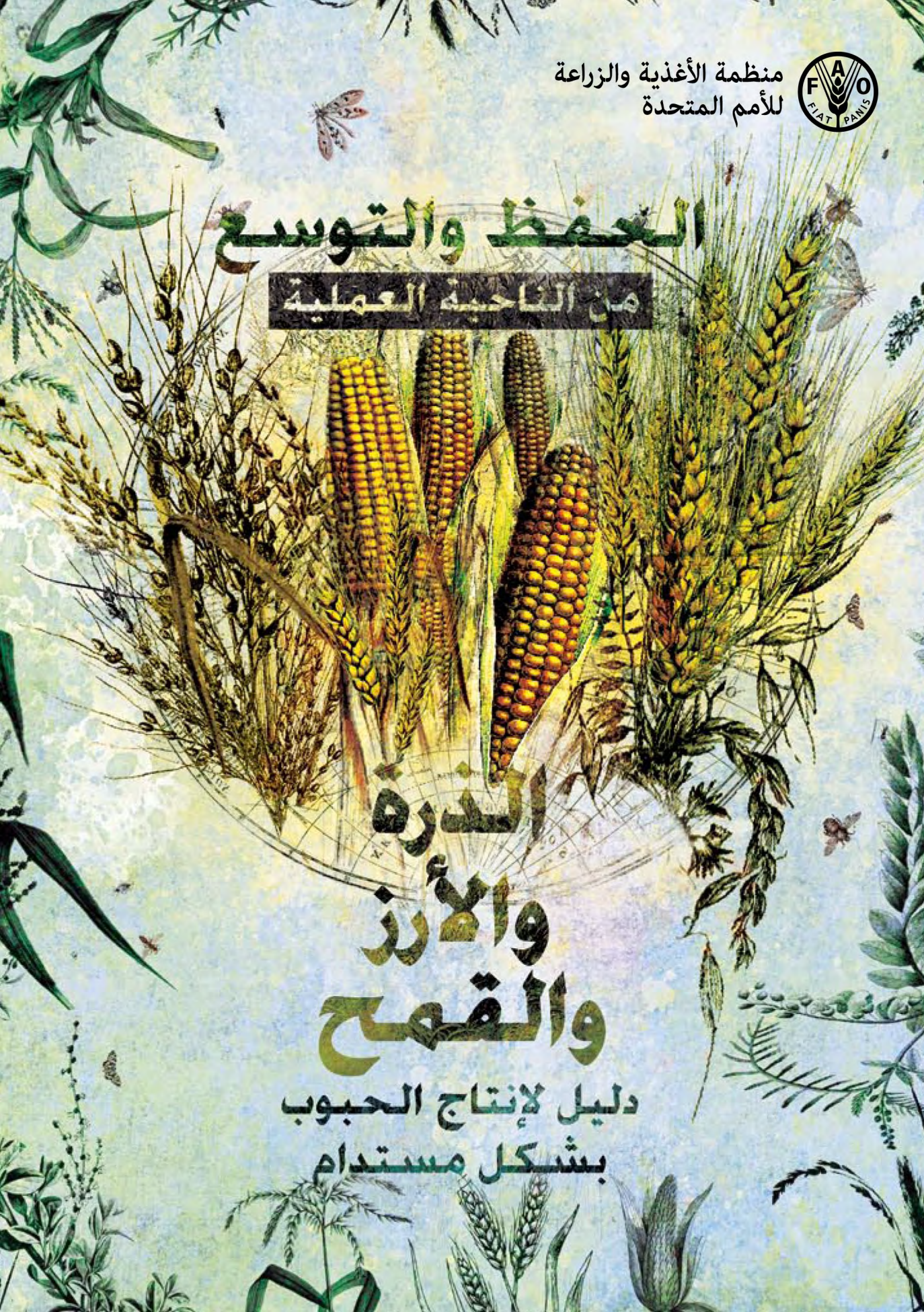
المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

منظمة الأغذية والزراعة
للأمم المتحدة

الحفظ والتوسع

من الناحية العملية



الذرة والأرز والقمح

دليل لإنتاج الحبوب بشكل مستدام

يعرض هذا الدليل وصفا للتطبيق العملي لنموذج منظمة الأغذية والزراعة "الحفظ والتوسع" لتكثيف الإنتاج المحصولي المستدام بالنسبة إلى المحاصيل الرئيسية لتحقيق الأمن الغذائي في العالم، وهي: الذرة والأرز والقمح. ويبين الدليل، بالاستعانة بأمثلة من أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية، كيف أن نظم الزراعة القائمة على النظم الإيكولوجية تساعد المزارعين أصحاب الحيازات الصغيرة على زيادة محاصيل الحبوب، وتعزيز سبل كسب عيشهم، والحد من الضغط على البيئة، وبناء القدرة على الصمود أمام تغير المناخ. وسيكون هذا الدليل مرجعا قيّما لصانعي السياسات والعاملين في مجال التنمية خلال الفترة الانتقالية العالمية إلى أغذية وزراعة تتسم بالاستدامة.

الحفظ والتوسع من الناحية العملية الذرة والأرز والقمح

دليل لإنتاج الحبوب بشكل مستدام

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
روما، 2016

الأوصاف المستخدمة في هذه المواد الإعلامية وطريقة عرضها لا تعبر عن أي رأي خاص لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة في ما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو في ما يتعلق بسلطاتها أو بتعيين حدودها وتخومها. ولا تعبر الإشارة إلى شركات محددة أو منتجات بعض المصنعين، سواء كانت مرخصة أم لا، عن دعم أو توصية من جانب منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة أو تفضيلها على مثيلاتها مما لم يرد ذكره.

تمثل وجهات النظر الواردة في هذه المواد الإعلامية الرؤية الشخصية للمؤلف (المؤلفين)، ولا تعكس بأي حال وجهات نظر منظمة الأغذية والزراعة أو سياساتها.

ISBN 978-92-5-608519-1
© FAO, 2016

تشجع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة استخدام هذه المواد الإعلامية واستنساخها ونشرها. وما لم يذكر خلاف ذلك، يمكن نسخ هذه المواد وطبعها وتحميلها بغرض الدراسات الخاصة والأبحاث والأهداف التعليمية، أو الاستخدام في منتجات أو خدمات غير تجارية، على أن يشار إلى أن المنظمة هي المصدر، واحترام حقوق النشر، وعدم افتراض موافقة المنظمة على آراء المستخدمين وعلى المنتجات أو الخدمات بأي شكل من الأشكال.

ينبغي توجيه جميع طلبات الحصول على حقوق الترجمة والتصرف وإعادة البيع بالإضافة إلى حقوق الاستخدامات التجارية الأخرى إلى العنوان التالي: www.fao.org/contact-us/licence-request أو إلى: copyright@fao.org.

تتاح المنتجات الإعلامية للمنظمة على موقعها الإلكتروني التالي: www.fao.org/publications، ويمكن شراؤها بإرسال الطلبات إلى: publications-sales@fao.org.

المحتويات

شكر وتقدي	ث
تمهيد	ج
نظرة عامة	خ
الفصل 1 الحبوب ونحن: حان الوقت لتجديد ارتباط موغل في القدم	1
الفصل 2 نحو إنتاج الحبوب المستدامة	17
الفصل 3 نظم الزراعة التي تحفظ وتتوسع	37
الفصل 4 طريق المضي قُدُماً	83
المراجع	99
مسرد المصطلحات (داخل الغلاف الخلفي)	

شكر وتقدير

أُعدّ هذا الكتاب تحت إشراف William Murray، نائب مدير شعبة الإنتاج النباتي ووقاية النباتات في منظمة الأغذية والزراعة، وقدمت التوجيهات من قبل Clayton Campanhola، قائد البرنامج الاستراتيجي الخاص بالزراعة المستدامة في المنظمة، ومن قبل مشاورة فنية بشأن الحفظ والتوسع: الذرة والأرز والقمح، عقدت في مقر المنظمة في روما في الفترة من 15 إلى 17 ديسمبر/كانون الأول 2014.

المؤلفون الرئيسيون

Timothy G. Reeves، Graeme Thomas، Gordon Ramsay

التحرير الفني النهائي

Shivaji Pandey

أعد الورقات لهذا الكتاب:

الذرة Gregory Edmeades (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح- سابقاً)
Kaushal K. Garg (المعهد الدولي للبحوث المتعلقة بمحاصيل المناطق المدارية شبه القاحلة)
Bharat Sharma (المعهد الدولي لإدارة المياه)
Suhas P. Wani (المعهد الدولي للبحوث المتعلقة بمحاصيل المناطق المدارية شبه القاحلة)

الأرز Roland J. Buresh (المعهد الدولي للبحوث المتعلقة بالأرز)
Jonne Rodenburg (المركز الأفريقي للأرز)
Marco Wopereis (المركز الأفريقي للأرز)

القمح محمود الصلح (المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق القاحلة)
Hans Braun (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح)
Wuletaw Tadesse (المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق القاحلة)

استعراض الأقران

Jesse Binamira (وزارة الزراعة، الفلبين)، Prem Bindraban (المركز العملي للبحوث المتعلقة بالأسمدة، الولايات المتحدة الأمريكية)، Hans Braun،*Simone Borelli (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح)، Erik Busch – Petersen (منظمة الأغذية والزراعة/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)، Tony Fischer،*Sandra Corsi (زميل، منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية، أستراليا)، Raj Gupta (معهد بورلوغ لجنوب آسيا، الهند)، Theodor Friedrich*، M.L. Jat (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح)، Zeyaur Khan (المركز الدولي لفسيولوجيا وإيكولوجيا الحشرات، كينيا)، Gurdev Khush (الجائزة العالمية للغذاء، 1996)، Andrew MacMillan (منظمة الأغذية والزراعة – سابقاً)، Leslie Lipper*، Harinder Makkar*، Chikelu Mba*، Alexandre Meybeck*، Joyce Mulila-Mitti*، Patrick Mulvany (مجلس أخلاقيات، المملكة المتحدة)، Rebecca Nelson (جامعة كورنيل، الولايات المتحدة الأمريكية)، Godfrey Nzamujo (مركز سونغاي، بنن)، Rodomiro Ortiz (الجامعة السويدية للعلوم الزراعية)، Ivan Ortiz- Monasterio (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح)، Mark Peoples (منظمة الكومنولث للبحوث العلمية والصناعية، أستراليا)، B.M. Prasanna (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح)، Jules Pretty (جامعة إسكس، المملكة المتحدة)، Sanjay Rajaram (الجائزة العالمية للغذاء، 2014)، Idupulapati Rao (المركز الدولي للزراعة المدارية)، Bharat Sharma (المعهد الدولي لإدارة المياه)، Norman Uphoff (جامعة كورنيل، الولايات المتحدة الأمريكية)، Stephen Waddington (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح – سابقاً)، Dennis Wichelns (جامعة ولاية كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية).

*منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

ساهم في إعداد هذا المطبوع

Moujahed Achouri*، Almalinda Abubakar*، Aracely Castro Zuniga*، Caterina Batello*، Ivan Cruz (هيئة البحوث الزراعية، البرازيل)، Swapan Kumar Datta (مجلس البحوث الزراعية، الهند)، Muhammad Dost*، Aziz El-Behri*، Gualbert Gbehounou*، Kevin Gallagher، Toby Hodgkin*، Barbara Herren*، Matthias Halwart (المنظمة الدولية للتنوع البيولوجي –سابقا)، Ljupcho Jankuloski*، Allan Hruska (الوكالة الدولية للطاقة الذرية)، Xianping Jia (جامعة شمال غرب الصين للزراعة والغابات)، Amir Kassam (جامعة ريدينغ، المملكة المتحدة)، Muratbek Karabayev (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح)، Josef Kienzle*، Rachel Bezner Kerr (جامعة كورنيل، الولايات المتحدة الأمريكية)، Hafiz Muminjanov*، Adam Prakash*، Yongfan Piao*، Alberto Pantoja، Yashpal Saharawat (مجلس البحوث الزراعية، الهند)، Derli Prudente Santana (هيئة البحوث الزراعية، البرازيل)، William Settle*، Brian Sims*، Christian Thierfelder (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح)، Luana Swensson*، Michael Turner*.

*منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

الخرائط

أعد خرائط مناطق العالم المنتجة للذرة والأرز والقمح والبقول لهذا الكتاب John Latham و Renato Cumani (منظمة الأغذية والزراعة) من مجموعات بيانات المناطق الزراعية الإيكولوجية العالمية، المتاحة على بوابة بيانات منظمة الأغذية والزراعة/المعهد الدولي لتحليل النظم التطبيقية:
http://www.fao.org/nr/gaez

تصميم الكتاب: Thomas&Sansonetti
الغلاف: Giancarlo de Pol
الرسوم التوضيحية: Cecilia Sanchez

تمهيد

فلنتصور معاً عالماً مختلفاً في سنة 2030 – عالم أفضل لأبنائنا ولأولادهم من بعدهم. عالم لا جوع ولا فقر فيه. عالم فيه نظم غذائية منتِجة ومستدامة. عالم تكون فيه مجتمعاتنا جامعة ومدننا آمنة وفرص العمل كريمة لجميع العمال وعالم تحققت فيه أخيراً المساواة بين الجنسين.

إنّ هذه الرؤية لعام 2030 مكرّسة في أهداف التنمية المستدامة وفي خطة التنمية العالمية التي اعتمدتها الأمم المتحدة مؤخراً. وسوف يعتمد تحقيق هذه الأهداف بشكل أساسي على التقدم المحرز في الزراعة. ويعيش غالبية من يعانون الجوع والفقر المدقع في العالم في المناطق الريفية ومن بينهم ملايين المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة الذين يتحملون عبء التغيرات العالمية الكبرى التي يشهدها عالمنا اليوم والمتمثلة في اتساع عدم المساواة الاقتصادية والتدهور المستمر للنظم الإيكولوجية التي يعتمد عليها إنتاج الأغذية وتسارع وتيرة تغير المناخ، مما يهدد غلال المحاصيل في العالم أجمع.

ويتطلّب تحقيق أهداف التنمية المستدامة الانتقال إلى زراعة أكثر إنتاجية وشمولية واستدامة – زراعة تعزز سبل العيش في الريف وتكفل الأمن الغذائي للجميع بموازاة خفض طلبات القطاع الزراعي على الموارد الطبيعية وبناء القدرة على الصمود في وجه تغير المناخ.

ويساهم هذا الكتاب في بناء العالم الذي نصبو إليه. فالذرة والأرزّ والقمح أساسية للأمن الغذائي العالمي. ومع أنّ المحصول العالمي من الحبوب في سنة 2014 سجّل رقماً قياسياً لا سابق له، إلا أنّ القسم الأكبر منه تمّت زراعته في عدد قليل من مناطق الإنتاج الرئيسية حيث يدفع المزارعون ثمن عقود من المحاصيل الأحادية المكثّفة كان نتيجتها تدهور التربة واستنزاف المياه الجوفية وتباطؤ وتيرة الزيادات في الغلال. وبالكاد حصل المزارعون في مناطق شاسعة من العالم النامي على قسم ضئيل من الغلال المرتقبة بفعل القيود المفروضة على الموارد الطبيعية والافتقار إلى فرص النفاذ إلى المعرفة والتكنولوجيا التي من شأنها أن تزيد إنتاجيتهم. ويضيف تغير المناخ من الضغوط المفروضة على الحبوب، بما في ذلك ارتفاع درجات الحرارة وازدياد حالات تفشي الآفات والأمراض والجفاف والفيضانات.

ويجدر بنا حماية الإنتاج في أحزمة الحبوب وأوعية إنتاج الأرزّ في العالم وزيادة الغلال في البلدان التي يجدر فيها إحداث تحسّن ملحوظ في الإنتاج بفعل النمو السكاني. ويتطلّب هذا وجود معادلة جديدة لإنتاج الحبوب، معادلة تكون في الوقت نفسه منتجة ومستدامة من الناحية البيئية. وإنّ نظام الفاو للزراعة المستندة إلى النظم الإيكولوجية ويسمى "الحفظ والتوسع"، يلبي هذه الحاجة من خلال نظم زراعية تجمع بين الزراعة المحافِظة على الموارد والتربة السليمة وتحسين المحاصيل والأصناف والاستخدام الكفؤ للمياه والإدارة المتكاملة للآفات.

وهذا الدليل العملي للإنتاج المستدام للحبوب يستعرض ما أُحرز من تقدم في اعتماد ممارسات "الحفظ والتوسع" من جانب المزارعين أصحاب الحيازات الصغيرة في العالم النامي. ويستعرض من ثمّ أمثلة على النظم الزراعية القائمة على "الحفظ والتوسع" والتي تُنتج كمية أكبر من الحبوب للهكتار الواحد وتدرّ مزايا اجتماعية واقتصادية وبيئية هامة. وهو يبيّن الطرق التي ساعدت من خلالها ممارسات "الحفظ والتوسع" في إعادة تنشيط الإنتاج في المناطق المنتجة للقمح في مناطق عدة من الهند وكازاخستان حيث تراجعت تكنولوجيات الثورة الخضراء وأدّت إلى زيادة إنتاجية نظم إنتاج الذرة المعتمدة على مدخلات قليلة من قبل المزارعين في أمريكا الوسطى وأفريقيا الشرقية.

وقد سلّطت هذه الأمثلة الضوء على فوائد الدمج بين إنتاج الحبوب والإنتاج الحيواني والحراجة. وفي آسيا، تجني أسر المزارعين التي تقوم بتربية الأسماك في حقول الأرزّ الخاصة بها كمية أكبر من الأرزّ وتتبع حمية غذائية مغذية أكثر. وفي البرازيل، يحلّ نظام قائم على الذرة / الثروة الحيوانية محلّ الزراعة الأحادية غير المستدامة لفول الصويا. وفي زامبيا، تُعتبر المحافظة على خلو الأشجار من النتروجين في حقول الذرة أكثر مردودية تكاليفية مقارنة بالأسمدة المعدنية.

ولقد أثبت نظام الحفظ والتوسع جدواه في حقول المزارعين. ويكمن التحدي الآن في تكرار هذه التجربة في البرامج الوطنية. ولكنّ هذا يتطلّب تنشيط الشراكة العالمية للتنمية وإجراء زيادات كبرى في الاستثمارات في القطاع الزراعي. ومن شأن هذا الالتزام أن يمكّن نظام الحفظ والتوسع من مساعدتنا في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. وهو سيزيد إنتاج الحبوب ويحافظ على سلامة النظم الإيكولوجية ويعزز القدرة على الصمود في وجه تغير المناخ ويحسّن تدريجياً نوعية الأراضي والتربة. وسوف يؤدي، من خلال زيادة إنتاجية أصحاب الحيازات الصغيرة ودخلهم، إلى تشجيع النمو الاقتصادي على أن يكون شاملاً من أجل تحرير الملايين من سكان الريف من الفقر المدقع. ومن شأن الربط بين الإنتاج الصغير الحجم وبرامج الحماية الاجتماعية الحسنة التصميم أن يكفل الأمن الغذائي والتغذية للفئات الأشد ضعفاً وأن يساعد في استئصال الجوع وسوء التغذية إلى غير رجعة.

وإنّ البشرية جمعاء لديها من المعرفة والتكنولوجيا وحسّ الهدف المشترك ما يمكّنها من ترجمة الرؤية الخاصة بعالم متحرر من الجوع إلى واقع ملموس. فهيا بنا إلى العمل.

جوزيه غرازيانو دا سيلفا
المدير العام
منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

نظرة عامة

1. الحبوب ونحن: حان الوقت لتجديد ارتباط قديم

يهدد تغير المناخ وتدهور البيئة وركود الإنتاجية إنتاج الحبوب والأمن الغذائي في العالم. يمكن أن يساعد التكثيف المستدام للإنتاج المحصولي على تغذية العالم بينما يحمي موارده الطبيعية

بحلول عام 2050، يتوقع أن يصل الطلب العالمي السنوي على الذرة والأرز والقمح إلى حوالي 3.3 مليار طن، أي ما يزيد بمقدار 800 مليون طن على حصادها مجتمعة لعام 2014 الذي بلغ مستوى قياسيا. ولا بد من أن يُلّبى الجزء الكبير من هذه الزيادة في الطلب من الأراضي الزراعية الحالية. لكن ثلث هذه الأراضي متدهور، وتتعرض حصة المزارعين من المياه إلى ضغط متزايد من القطاعات الأخرى.

ويمكن أن تكون لتغير المناخ آثار كارثية على إنتاجية القمح، كما أنه قد يخفض إنتاجية الذرة في أفريقيا بنسبة 20 في المائة. وفي آسيا، يهدد ارتفاع مستويات سطح البحر إنتاج الأرز في دلتا الأنهار الكبرى. كما أن إمكانات الزيادات في إنتاج الحبوب يقيدها كذلك ركود الإنتاجية وتناقص عائدات نظم الإنتاج ذات المدخلات المرتفعة.

وسيؤثر سيناريو "بقاء الأمور على حالها" تأثيراً غير متناسب على 500 مليون من المزارعين الأسريين من أصحاب الحيازات الصغيرة في العالم النامي، وأيضاً على سكان المناطق الحضرية من ذوي الدخل المنخفض. وإذ يدفع تغير المناخ زراعة القمح في آسيا إلى مناطق بعلية أقل إنتاجية، سيواجه المستهلكون زيادات حادة في أسعار الأغذية. وقد يزيد النمو السكاني اعتماد أفريقيا على الأرز المستورد، كما قد يؤدي ارتفاع الطلب على الذرة وتدني الإنتاجية إلى زيادة واردات الذرة في العالم النامي بمقدار ثلاث مرات بحلول عام 2050.

وتشكّل زيادة إنتاجية الأراضي الزراعية الحالية زيادة مستدامة الخيار الأفضل لتجنّب حدوث زيادات كبيرة في أسعار الأغذية وتحسين الاقتصادات الريفية وسبل عيش المزارعين وتقليل عدد المعرضين لخطر الجوع وسوء التغذية. ويهدف نموذج "الحفظ والتوسع" لتكثيف إنتاج المحاصيل، الذي اقترحته منظمة الأغذية والزراعة، إلى زيادة الإنتاجية والجودة التغذوية على حد سواء، مع خفض التكاليف على المزارعين وعلى البيئة.

يشرح هذا الدليل مفاهيم وممارسات "الحفظ والتوسع" ويقدم أمثلة على تطبيقها عمليا في إنتاج الذرة والأرز والقمح، ويحدد السياسات والمؤسسات والتكنولوجيات وبناء القدرات اللازمة للارتقاء بالدروس المستفادة من البرامج الوطنية والإقليمية.

2. التقدم المحرز في الإنتاج المستدام للحبوب

تنبغي إعادة تشكيل النظم الزراعية لتحقيق التكثيف المستدام في جميع أنحاء العالم. وقد بدأ مزارعو الحبوب بالفعل عملية الانتقال هذه باعتماد مكونات وممارسات "الحفظ والتوسع" الرئيسية

- **الزراعة المحافظة على الموارد.** يقوم مزارعو الذرة والقمح بخفض التكاليف وزيادة الإنتاجية والمحافظة على الموارد الطبيعية بتقليل إرباك التربة إلى الحدّ الأدنى واستخدام مهاد واق سطحي وتناوب المحاصيل. كما أخذ المزارعون في نظم زراعة الأرز المروية بالانتقال إلى البذْر الجاف دون حرث. كذلك يقوم مزارعو الحبوب بتنويع المحاصيل ودمج الأشجار والثروة الحيوانية وتربية الأحياء المائية في نظم إنتاجهم سعياً إلى زيادة دخلهم وبناء قدرتهم على التكيّف والصمود في مواجهة تغير المناخ.
- **صحة التربة.** تحسّن ممارسات الزراعة المحافظة على الموارد محتوى المادة العضوية والخصائص المادية للتربة، ما يقلل تآكلها ويعزز كفاءة استخدام المياه. وتحسّن البقول المثبتة للنيتروجين خصوبة التربة وتقلل الحاجة إلى أسمدة معدنية. ويساعد التوفيق بين عرض مغذيات المحاصيل والطلب عليها المزارعين على خفض استخدام الأسمدة والأضرار البيئية.
- **تحسين المحاصيل والأصناف.** لرفع الإنتاجية وتعزيز الأمن الغذائي والتغذية، تستخدم نظم "الحفظ والتوسع" مجموعات محاصيل متنوعة وتكميلية وأصنافها المحسّنة. وتزرع الآن في حقول المزارعين أصناف حبوب أكثر قدرة على مقاومة الإجهادات الأحيائية واللاأحيائية. وينبغي أن يقابل تطوير حبوب أكثر إنتاجية وتغذية نظم الإكثار السريع للبذور ذات الجودة.
- **كفاءة إدارة المياه.** لإنتاج "محاصيل أكثر مقابل كل قطرة مياه"، خفّض العديد من مزارعي الأرز غمر الحقول بالمياه، ما يؤدي أيضاً إلى خفض انبعاثات غاز الميثان. وتخفض زراعة الأرز دون الغمر استخدام المياه بما يصل إلى 70 في المائة. وقد ضاعف الري التكميلي للقمح، باستخدام مياه الأمطار المُخزّنة، إنتاجية المياه بأربع مرات. وتوفر النُّلم المروية مع أحواض الزرع المرتفعة المياه وتنتج غلات أعلى من القمح والذرة.
- **الإدارة المتكاملة للآفات.** خط الدفاع الأول ضد الآفات والأمراض هو النظام الزراعي الإيكولوجي الصحي. وقد خفض مزارعو الأرز الذين تدربوا على الإدارة المتكاملة للآفات إلى حد كبير استخدام مبيدات الحشرات – دون تكبد أية خسارة في الغلات. وتساعد زراعة البقول جنبا إلى جنب مع الذرة على القضاء على الأعشاب الطفيلية. وقد تغلب مزارعو القمح على أوبئة الصدأ بإدخال أصناف مقاومة للإصابة ومكافحة آفات الحشرات بتناوب المحاصيل.

ومع أن كل عنصر من هذه العناصر يساهم في تحقيق الاستدامة، لا يتحقق القدر الأقصى من المنافع إلاّ إذا أدرجت العناصر هذه جميعها إدراجاً كاملا في نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع".

3. نظم الزراعة التي تحفظ وتتوسع

ما هو التكثيف المستدام للإنتاج المحصولي؟ هذه الأمثلة، المستقاة من بلدان نامية حول العالم، تصف نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" في الممارسة

1 **في شرق أفريقيا**، تم التغلب على آفتين من أخطر آفات الذرة في المنطقة بزراعة نباتين محليين اثنين في حقول الذرة. وينتج نظام "الدفع والجذب" هذا منافع أخرى، بما في ذلك أعلافاً للماشية رفيعة الجودة.

2 **من مدغشقر** انتشرت ممارسات نظام تكثيف إنتاج الأرز إلى آسيا حيث يساعد هذا النظام المزارعين على إنتاج كميات أكبر من الأرز وتوليد مزيد من الدخل باستخدام كميات أقل من المياه والأسمدة والبذور.

3 **في أمريكا الوسطى**، اعتمد المزارعون نظام إنتاج، يدعى نظام "اقطع وافرش"، يقوم على فرش المهاد الواقي ويصون الأشجار والشجيرات ويحافظ على التربة والمياه ويضاعف غلات الذرة والفول، بل ويقاوم الأعاصير أيضا.

4 **على مستوى العالم أجمع**، يزرع مزارعو القمح البقول لتوفير مصدر طبيعي من النيتروجين الذي يعزز غلات القمح. ويمكن أن تساعد الزراعة المحافظة على الموارد على تحقيق المنافع الكاملة لتناوب زراعة القمح والبقول.

5 **في أمريكا اللاتينية**، حسّنت عشبة استوائية أفريقية الأصل إنتاجية الثروة الحيوانية تحسيناً هائلا. فقد أدخل المزارعون البرازيليون عشبة *البراكياريا* باستخدام نظام بذر مباشر للذرة بدل الزراعة الأحادية لفول الصويا.

6 **في السهول الواقعة قرب نهر الغانج في الهند في جنوب آسيا**، تنتج تكنولوجيات حفظ الموارد غلات مرتفعة من القمح وفي الوقت نفسه تخفض تكاليف المزارعين بنسبة 20 في المائة. ومن شأن الانتقال إلى زراعة الأرز زراعة تحفظ الموارد خلق تآزرات إيجابية لإنتاج المحصولين كليهما.

7 **في أرجاء العالم النامي**، البسلة الهندية واللوبيا والفول السوداني وفول الصويا والفاصوليا السيفية محاصيل شائعة في حقول ذرة المزارعين. والإنتاجية العالية لنظم زراعة الذرة والبقول معاً تجعلها مناسبة للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة بصورة خاصة..

8 **في آسيا**، يساعد استزراع الأسماك في حقول الأرز على مكافحة آفات الأرز وتسميد محصول الأرز. وتؤدي زيادة الغلات والدخل من مبيعات الأسماك وتحقيق وفورات في الكيماويات الزراعية إلى رفع دخل المزارعين بنسبة 50 في المائة.

9 **في أفريقيا الجنوبية**، توفر الأشجار والشجيرات البقولية المزروعة مع الذرة مخلفات عالية الجودة وغنية بالنيتروجين تزيد خصوبة التربة وتعزز الغلات وتولّد مصادر دخل جديدة.

10 **في آسيا الوسطى**، يساعد عدم الحرث وتغطية التربة ومناوبة المحاصيل العديد من البلدان على عكس تآكل التربة وإنتاج المزيد من الأغذية. وقد أحرز مزارعو القمح في كازاخستان تقدماً ملحوظاً في الانتقال إلى زراعة تحفظ الموارد حفظاً كاملا.

11 **في جنوب آسيا وجنوب شرقها**، يزرع الملايين من مزارعي الأرز الذرة في المواسم الجافّة، باستخدام أنواع هجينة عالية الغلة تستهلك قدراً أقلّ من المياه وتولّد مداخيل أعلى. نظرة عن كثب إلى بنغلادش.

4. آفاق المستقبل

يتطلب اعتماد أصحاب الحيازات الصغيرة نهج "الحفظ والتوسّع" إجراءات منسّقة على جميع المستويات بمشاركة الحكومات والمنظمات الدولية والقطاع الخاص والمجتمع المدني

باستخدام "الحفظ والتوسع"، يزيد مزارعو الحبوب الإنتاج، في ظروف زراعية تكون في أحيان كثيرة صعبة، ويحسّنون سبل عيشهم ودخلهم، وفي الوقت ذاته يحافظون على الموارد الطبيعية ويبنون قدرتهم على التكيف والصمود في وجه المناخ. لكن معدل اعتماد الممارسات التي تحقق الاستدامة لا يزال منخفضا نسبيا، وينبغي القيام بالمزيد إذا كان للزراعة أن توفر المنافع الكاملة الناتجة عن استخدام "الحفظ والتوسع".

يتطلب الانتقال إلى التكثيف المستدام للإنتاج المحصولي إجراء تغييرات أساسية في حوكمة الأغذية والزراعة. ويعتمد إجراء تلك التغييرات على تقييم واقعي للتكاليف الكاملة لإجراء التحولات اللازمة، كما يتطلب تكييف الممارسات الزراعية المستدامة والتكنولوجيات للظروف الخاصة تكييفاً دقيقاً.

وينبغي للسياسات التمكينية والبيئة القانونية والمؤسسية أن تحقق التوازن المناسب بين مبادرات القطاع الخاص والعام والمجتمع المدني، وضمان المساءلة والإنصاف والشفافية وسيادة القانون. ويمكن أن توجه رؤية منظمة الأغذية والزراعة للأغذية والزراعة المستدامتين صياغة السياسات والاستراتيجيات والبرامج الوطنية التي تهدف إلى تيسير الانتقال إلى تكثيف إنتاج الحبوب العالية الإنتاجية والمجدية اقتصاديا والسليمة بيئيا والقائمة على الإنصاف والعدالة الاجتماعية.

وتشمل بالتالي التحديات الرئيسية التي يواجهها واضعو السياسات تيسير الانتقال إلى "الحفظ والتوسع" ضمن تحولات هيكلية أوسع نطاقا؛ ووضع سياسات تدعم اعتماد المزارعين نظم إنتاج مستدامة، وتركيز الاستثمارات في الزراعة على توفير السلع العامة وتشجيع استثمار المزارعين في الإنتاج المحصولي المستدام، وإنشاء وحماية حقوق المنتجين في الموارد، وتعزيز أسواق وسلاسل قيمة أكثر عدلاً وكفاءة، وزيادة الدعم للبحث والتطوير الزراعي الطويل الأجل، وتشجيع الابتكارات التكنولوجية المكيفة مع احتياجات أصحاب الحيازات الصغيرة، وإنعاش التعليم والتدريب الزراعي، وتعزيز نظم البذور الرسمية وغير الرسمية، وزيادة التعاون مع المنظمات والصكوك والآليات الدولية.

الفصل 1

الحبوب ونحن: حان الوقت لتجديد ارتباط قديم

يهدد تغير المناخ وتدهور البيئة
وركود الإنتاجية إنتاج الحبوب والأمن الغذائي
في العالم. يمكن أن يساعد التكثيف المستدام للإنتاج
المحصولي على تغذية العالم
بينما يحمي موارده الطبيعية

تعتبر حبوب الذرة والأرز والقمح، التي يبلغ محصولها السنوي مجتمعة حوالي 2.5 مليار طن، أوسع المحاصيل المزروعة انتشاراً في العالم وأساس الأمن الغذائي العالمي. ففي كل يوم، يستهلك الإنسان ملايين الأطنان من هذه الحبوب في أشكال مألوفة لا نهاية لتنوعها تقريبا – من طاسات الأرز المطهو بالبخار وصحون عصيدة الذرة إلى الخبز ورقائق التورتيلا المكسيكية والخبز الهندي النان والشاباتي والمعكرونة والبيتزا والفطائر والمعجنات. ويصلنا ملايين الأطنان من هذه الحبوب بطريقة غير مباشرة إذ تطعم أولاً للأبقار والخنازير والطيور التي تنتج أكثر اللحوم والحليب والبيض المستهلك في العالم[1، 2].

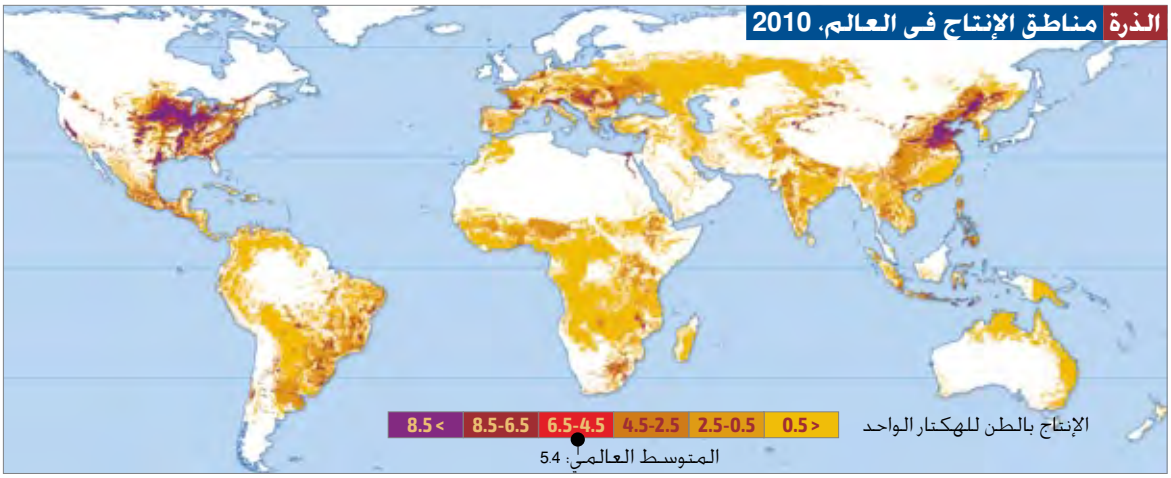
وتشكل حبوب الذرة والأرز والقمح معاً العنصر الأهم في النظام الغذائي البشري، إذ تستأثر بنحو 42.5 في المائة من إمدادات السعرات الحرارية الغذائية في العالم. وعلى الصعيد العالمي، تأتي مساهمتها في إمدادانا بالبروتينات – حوالي 37 في المائة – في المرتبة الثانية بعد المنتجات السمكية والحيوانية. وتزيد إمدادات القمح من البروتينات وحدها عن مجموع إمدادات الدواجن والخنازير ولحوم البقر. ويوفّر كل من الذرة والأرز وحتى القمح 6 في المائة من الدهون في نظمنا الغذائية.

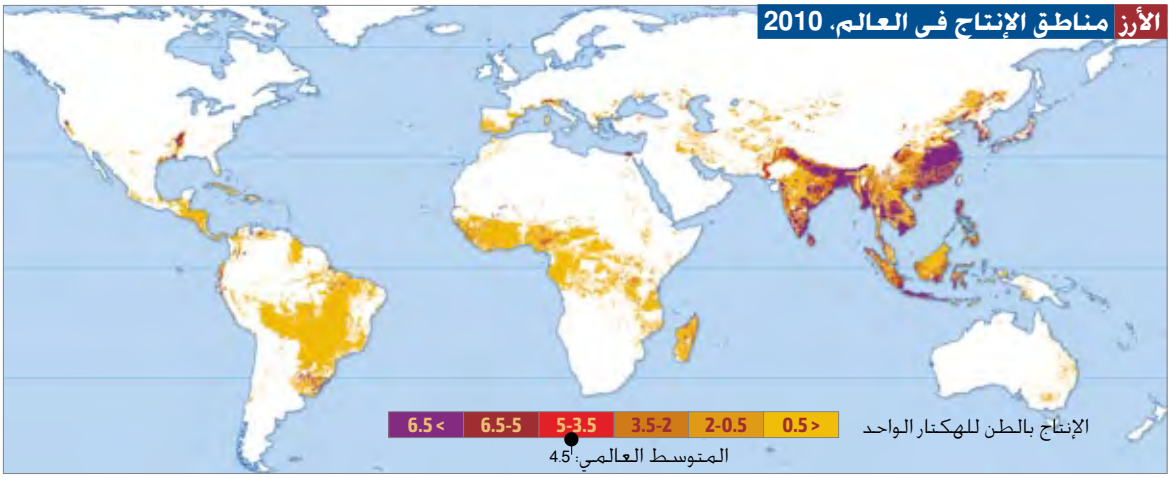
وأهمية الحبوب الثلاثة حاسمة للأمن الغذائي في المناطق النامية. فهي تشكّل في أفريقيا الجنوبية نصف إمدادات السعرات الحرارية. وفي غربي آسيا، يزود القمح حوالي 40 في المائة من البروتينات. ويستأثر القمح والأرز في جنوب آسيا بنصف السعرات الحرارية والبروتينات جميعها وبنسبة 9 في المائة من الدهون. وفي كل منطقة من المناطق النامية، باستثناء أمريكا اللاتينية، توفر الحبوب من البروتينات أكثر مما توفره اللحوم والأسماك والحليب والبيض مجتمعة.

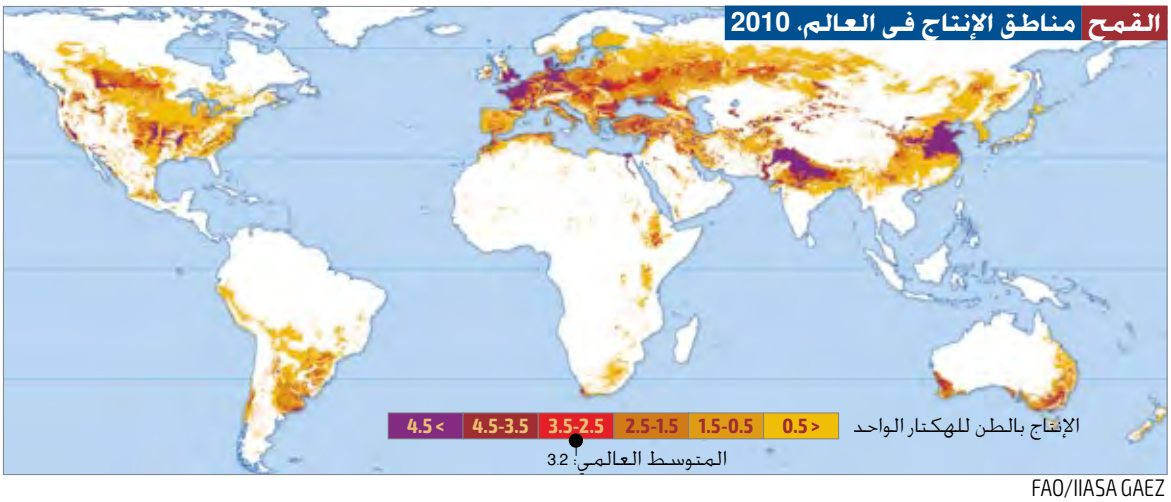
وحتى في أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية، حيث تزود المنتجات الحيوانية ثلثي إمدادات البروتين تقريبا، لا يزال القمح يوفر أكثر من 20 في المائة من إمدادات البروتين. وتمثّل الحبوب بشكل غير مباشر أكثر من ذلك بكثير: ففي الولايات المتحدة الأمريكية، تطعم الثروة الحيوانية حوالي ٤٠ في المائة من إمدادات الذرة المحلية، أي ما يعادل حوالي ١٣٠ مليون طن في عام 2014 [2، 3].

وقد بدأت الحبوب تهيمن على التغذية البشرية منذ أن بدأ المزارعون الأوائل بزراعتها قبل فجر التاريخ. وفي الواقع، تعود أصول الثورة الزراعية وكل ما تبعها – باختصار، العالم الذي نعيش فيه – إلى روابط غريبة دائمة أنشئت أول مرة قبل حوالي 10 000 سنة بين مجتمعات الصيادين – الجامعين وبين الأعشاب البرية الوفيرة من الفصيلة القبئية Poaceae. وكان من بين الأعشاب الأولى التي زرعت وحصدت في الشرق الأوسط أنواع *الحنطة Triticum* التي أدّت بعد فترة 2 500 عام إلى قمح الخبز[4].

وكان ما وفرته الحبوب المحصودة للصيادين – الجامعين مصدر طاقة مركّز وبروتينات ومغذيات أخرى يمكن تخزينها بسهولة. وجرى الاكتشاف نفسه في شرق آسيا وغرب أفريقيا، حيث دُجّن نوعا الأرز *Oryza sativa* و *Oryza glaberrima* من أنسال برية قبل ما بين 9 000 و3 000 سنة[5، 6]. وتعود أصول 2 500 صنف من أصناف الذرة التجارية اليوم إلى حوالي 7 000 سنة إلى أمريكا الوسطى في عشبة من جنس الذرة الصفراء *Zea* تسمى الذرة المعمّرة البرية *teosinte* [4].







FAO/IIASA GAEZ

وشكّل اختراع الري في بلاد ما بين النهرين قبل 8 آلاف عام خطوة أولى بالغة الأهمية في تكثيف إنتاج الحبوب، إذ سعى سكان المناطق الحضرية الآخذة في التوسع إلى تلبية احتياجاتهم من الأغذية برفع مستوى الإنتاجية. وقبل 3 آلاف سنة، مورست زراعة الأرز المكثفة في الصين[4]، وطوّرت المستوطنات في المكسيك نظم ريّ للذرة[7].

وإذا كانت الحبوب قد وفرت الأمن الغذائي الذي أتاح نمو عدد السكان من 10 ملايين إلى 300 مليون في أول 000 8 سنة من الزراعة[8]، فإن النقص في إنتاجها أو إمداداتها أدى إلى كوارث. فقد انهارت الحضارات المبنية على الزراعة المروية في أودية نهري الإندوس وتيغراي نتيجة ترسب الطمي في القنوات وتملح التربة.[9] ودمرت المجاعة روما القديمة عندما أوقف أعداؤها شحنات الحبوب من شمال أفريقيا[10]. وانهارت حضارة المايا الكلاسيكية ربما لانتشار وباء فيروس تبرقش الذرة[11]. وفي أوروبا، تبع نهاية الفترة الدافئة في القرون الوسطى قبل 700 سنة صيف رطب أثار طفرة في الأمراض الفطرية للقمح، ما أدى إلى مجاعة أودت بحياة الملايين[12].

وكانت الثورة الزراعية في بريطانيا، التي بدأت في أواخر القرن السابع عشر، معلماً آخر في مسار تكثيف إنتاج الحبوب والأمن الغذائي. فقد ساعدت المحاريث المحسّنة والأصناف الأكثر إنتاجاً وتناوب محاصيل الحبوب مع البقول المزارعين على تعظيم استخدام الموارد في المزارع ومضاعفة إنتاجية القمح بين عامي 1700 و1850 من طن واحد إلى طنين اثنين للهكتار. وفي الفترة نفسها، ارتفع عدد سكان إنكلترا من 5 ملايين إلى 15 مليونا[13، 14].

وتسارع النمو السكاني وتكثيف الزراعة في القرن العشرين. وشهدت السنوات التي أعقبت الحرب العالمية الثانية نقلة نوعية في مجال الزراعة في البلدان الصناعية، نحو تطبيق علم الوراثة والكيمياء الحيوية والهندسة على نطاق واسع في إنتاج المحاصيل. وتحققت زيادات كبيرة في الإنتاجية باستخدام الآلات الزراعية الثقيلة التي تعمل بالوقود الأحفوري، جنباً إلى جنب مع أنواع مختلفة من المحاصيل العالية الإنتاجية والري والكيماويات الزراعية[15].

وبدأ تكثيف الإنتاج المحصولي في البلدان النامية جدياً في الستينات، إذ أدى النمو السكاني المتسارع، إلى جانب النقص الخطير في إنتاج الحبوب، إلى انتشار الجوع.[15] ففي عام 1970، كان ما يقدر بنسبة 37 في المائة من سكان العالم النامي أو ما يقرب من مليار نسمة، يعانون نقص التغذية [16، 17]. وفي مواجهة خطر الأزمة الغذائية العالمية، احتشد المجتمع الدولي لدعم البحوث الزراعية والتنمية ومبادرات نقل تكنولوجيا التي أصبحت تعرف باسم "الثورة الخضراء". وكان التركيز على تكثيف إنتاج المحاصيل الثلاثة الأساسية للأمن الغذائي العالمي: الذرة والأرز والقمح.

الثورة الخضراء وما بعدها

كانت الثورة الخضراء مدفوعة في البداية بعمل عالم الأحياء الأمريكي Norman Borlaug والعلماء في المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح في المكسيك، والمعهد الدولي لبحوث الأرز في الفلبين. واكتسبت زخما خلال الستينات، مع إدخال أصناف أرز وقمح شبه قزمة عالية الغلة إلى جنوب آسيا. ففي سنوات قليلة، أنتجت هذه الأصناف، مدعومة ببرامج حكومية لتوسيع البنية التحتية للري والإمداد بالمواد الكيميائية الزراعية، زيادات في الغلة ماثلت ما حققته الثورة الزراعية في بريطانيا في أكثر من قرن[1].

وبفضل الثورة الخضراء أساساً، شهد العالم قفزة كبيرة في الإنتاج الغذائي. فقد نما الإنتاج العالمي السنوي من الحبوب من 640 مليون طن في عام 1961 إلى 1.8 مليار طن تقريباً بحلول عام 2000. وحُققت المكاسب الأكبر في العالم النامي: فقد ارتفع إنتاج الذرة بنسبة 275 في المائة والأرز 194 المائة والقمح 400 في المائة. وكان سبب جزء كبير من الزيادة في إنتاج الأرز الآسيوي ارتفاع كثافة المحاصيل، مع تحول المزارعين من زراعة محصول واحد في السنة إلى زراعة ما يصل إلى ثلاثة محاصيل في السنة.[18]

ومع أن عدد سكان العالم النامي ازداد بأكثر من الضعف بين عامي 1960 و 2000، عزز العالم النامي حصة الفرد الواحد من إمداد الحبوب من الإنتاج المحلي في الفترة نفسها بنسبة 50 في المائة.[17، 1] وانخفضت نسبة من يعانون نقص التغذية من أكثر من ثلث السكان في عام 1970 إلى 18 في المائة مع نهاية القرن[19].

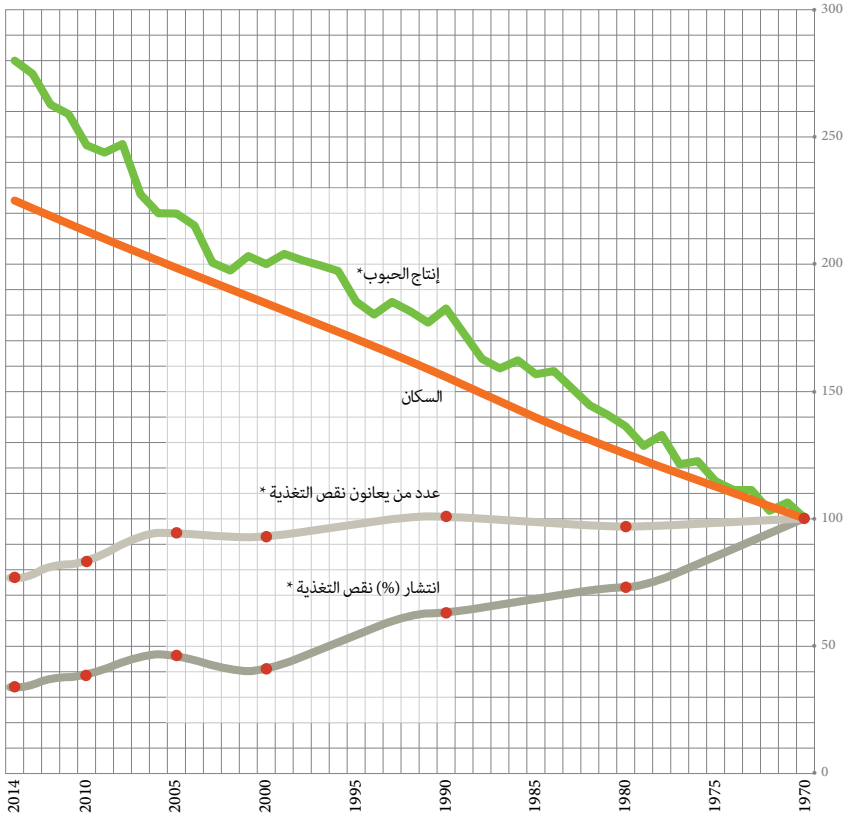
وأدى انخفاض تكلفة إنتاج الوحدة الواحدة من الحبوب إلى ارتفاع إيرادات المزارعين، وساهم ذلك في انخفاض كبير في معدل الفقر في المناطق الريفية في آسيا.[20] واستفاد المستهلكون في المناطق الحضرية من استقرار أسعار الحبوب وانخفاضها النسبي لعقود من الزمن[21]. وأدى تكثيف الإنتاج إلى زيادة إنتاج الحبوب في العالم بنسبة 250 في المائة بين عامي 1960 و2000، وتحقق ذلك بتوسيع المساحة المحصودة بنسبة 44 في المائة فقط، ما أدى إلى خفض الحاجة إلى تحويل الموائل الطبيعية إلى أراضٍ زراعية[1].

واليوم، تستأثر البلدان النامية بثلثي الإنتاج العالمي من الحبوب[1]. وتُزرع الأصناف المُحسّنة على معظم أراضي القمح في آسيا وشمال أفريقيا[22] وفي حقول الأرز في آسيا الاستوائية[23]. وفي غرب أفريقيا، ساعدت زراعة أصناف مبكرة النضج على مضاعفة إنتاج الأرز والذرة منذ عام 2000[1].

ولا يمكن إنكار مساهمة الثورة الخضراء في الأمن الغذائي |الشكل 1-1|. فقد انخفضت حالات الإصابة بنقص التغذية لدى سكان العالم النامي إلى 12.9 في المائة[24]. وفي عام 2014، بلغ الإنتاج العالمي من الحبوب ما يقدر بـ 2.5 مليار طن، ما دفع الأسعار الدولية إلى أقل بكثير من ذروتها في عام 2011[25]. وهناك إمكانية لمواصلة زيادة الإنتاج – فإنتاجية المحاصيل الغذائية الرئيسية، بما في ذلك الحبوب، في العالم النامي تبلغ نصف ما يمكن الحصول عليه تقنياً بالاستغلال الأمثل للمدخلات والإدارة المثلى[26].

الشكل 1-1 إنتاج الحبوب، النمو السكاني، عدد من يعانون نقص التغذية، وانتشار نقص التغذية في العالم النامي، 1970–2014

المؤشر (1970=100)



المصدر: بيانات مخصصة حصل عليها عن طريق الموقع الإلكتروني[1]

المصدر: بيانات مخصصة حصل عليها عن طريق الموقع الإلكتروني[17]

المصدر: مقتبس من الشكل 38، الصفحة 118[16] والجدول 1، الصفحة 8[24]

* البيانات لعام 2014 مؤقتة

المشكلة هي أن الأداء الزراعي السابق ليس مؤشرا على العوائد في المستقبل. فتكثيف إنتاج المحاصيل، القائم على الزراعة الأحادية وارتفاع مستويات المدخلات الخارجية، أحدث اضطراباً في خدمات التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية – بما في ذلك التنوع الوراثي في المحاصيل وتكوين التربة وتثبيت النيتروجين الحيوي – إلى درجة تهدد استدامة الإنتاج الغذائي نفسها[27، 28]. وفي أحيان كثيرة، تحققت القفزة النوعية في الثورة الخضراء في إنتاج الحبوب على حساب تدهور التربة وتملّح المناطق المروية والإفراط في استخراج المياه الجوفية وتزايد مقاومة الآفات وأضرار على البيئة الأوسع، من خلال زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتلوث المسطحات المائية بالنترات[15].

وتؤدي ممارسة الزراعة الأحادية المكثفة للأرز مرتين وثلاث مرات في آسيا إلى استنزاف المغذيات الدقيقة في التربة وزيادة سمية التربة وارتفاع الإصابة بالآفات والأمراض[18]. وقد

استقرت زيادة إنتاجية محصول الأرز في شرق وجنوب شرق آسيا، الذي يمثل 60 في المائة من الإنتاج العالمي[29]. وأكدّت دراسات تراجع نمو الإنتاجية في ولايات الهند الرئيسية التي تزرع الأرز وفي مناطق إنتاج الأرز في شرق آسيا. وتكثر الأدلة التي تشير إلى تناقص عائدات الأصناف الحديثة، رغم استخدام مدخلات عالية[20].

وينظر إلى ركود الإنتاجية في مناطق إنتاج القمح الرئيسية على أنه نتيجة لمجموعة معقدة من العوامل، بما فيها تباطؤ معدلات التحسين الوراثي وفقدان خصوبة التربة وتناقص كفاءة استخدام المدخلات والإجهادين الأحيائي واللاأحيائي[22]. وقد زاد خطر صدأ القمح مع ارتفاع التكثيف المحصولي والزراعة الأحادية، في حين تتزايد مسؤولية آفات الحشرات عن فواقد محصول القمح[30].

وفي كثير من الأحيان، أدى تكثيف الإنتاج المحصولي إلى بيئات خصبة مؤاتية للغاية للآفات، ما أدى إلى تعاظم الحاجة أكثر من أي وقت مضى إلى مبيدات الآفات مع تزايد مقاومة الحشرات والأعشاب الطفيلية والممرضات. وتستخدم الزراعة اليوم حوالي 2.5 مليون طن من مبيدات الآفات في السنة[31]. وقد تبين منذ وقت مبكر يعود إلى تسعينات القرن الماضي أن التكاليف الصحية الناجمة عن الإفراط في استخدام مبيدات الآفات في حقول الأرز الآسيوية أعلى من المنافع الاقتصادية المتأتية عن مكافحة الآفات[32]. فهناك في العالم حوالي 220 من أنواع الأعشاب الطفيلية التي طوّرت مقاومة لمبيد للأعشاب واحد أو أكثر، ما يشكّل خطراً خاصا على الحبوب[33].

وأدى اعتماد أصناف الحبوب العالية الإنتاجية في العالم إلى فقدان التنوع الوراثي النباتي على نطاق واسع وإلى تدهور التنوع البيولوجي بشكل عام. فمثلاً، أدت الثورة الخضراء في إندونيسيا إلى استبدال حوالي ألف صنف من أصناف الأرز المحلية بأصناف حديثة، وهذه، نظراً لقاعدتها الوراثية الضيقة، أكثر تعرضاً للآفات والأمراض. كما خفضت الزراعة الأحادية التنوع البيولوجي الزراعي والغذائي عموما، بحلولها محل الزراعة المختلطة لمحاصيل الحبوب والبقول ومحاصيل الحبوب الزيتية[18، 20].

ويساهم تكثيف الإنتاج المحصولي إلى حد كبير في غازات الاحتباس الحراري المسؤولة عن تغير المناخ. فقد تضاعفت تقريباً الانبعاثات من الزراعة ومن تغير الغطاء الأرضي أساسا بسبب الزراعة على مدى 50 سنة [34] وباتت تمثل الآن ما يصل إلى 25 في المائة من إجمالي الانبعاثات البشرية المنشأ[35]. ونمت الانبعاثات المباشرة من إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية بين عامي 2001 و2010 من 4.7 مليار طن إلى أكثر من 5.3 مليار طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، وحدثت معظم الزيادة في البلدان النامية[34].

كذلك يساهم إنتاج الحبوب، كمستخدم رئيسي للأسمدة المعدنية، مساهمة كبيرة في انبعاثات أكسيد النيتروز من الزراعة، التي تبلغ 58 في المائة من إجمالي الانبعاثات؛ كما أن زراعة الأرز بالغمر، إلى جانب تربية الماشية، مصدر لما يقرب من نصف انبعاثات الميثان جميعها[36، 37].

ويذهب بعض النقاد إلى أن الثورة الخضراء أفادت أساساً المزارعين الذين لديهم أراضٍ تحظى بموارد أفضل والذين يسهل وصولهم إلى الأسواق وحصولهم على مدخلات، وأنها أخفقت في الوصول إلى أغلبية المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة الذين يفتقرون إلى الموارد[38]. وهم يشيرون إلى مفارقة هائلة هي: إن ثلاثة أرباع الفقراء والجياع في العالم يعيشون في المناطق الريفية ويعملون أساسا في الزراعة وإنتاج الأغذية[39، 40، 41].

كما وجه انتقاد آخر لنموذج الثورة الخضراء، نموذج الزراعة المكثفة، وهو أن تكاليفها الباهظة على البيئة ستتكبده الأجيال المقبلة. ولم تنشأ حتى الآن أية وكالة لتجمع تعويضات تستثمر في إعادة تأهيل البيئة. ولو كانت التكلفة الكاملة للإنتاج قد انعكست في أسعار المزرعة – بحيث تدفع الزراعة عملياً مقابل الأضرار البيئية التي تتسبب بها – لما تسنى للأسعار أن تظل منخفضة جداً فترة طويلة[15].

هناك أمر واضح: رغم الانخفاض المطرد في نسبة من يعانون نقص التغذية من سكان العالم، أخفقت نظم الأغذية والزراعة الحالية في تزويد الجميع بالأغذية التي يحتاجونها للعيش حياة نشطة صحية. *والعدد المطلق* لمن يعانون نقصاً مزمناً في التغذية في العالم أقل اليوم بنسبة 20 في المائة فقط مما كان عليه قبل نصف قرن[24].

في هذه الأثناء، يعاني ما يقدر بملياري شخص من سوء التغذية بالمغذيات الدقيقة نتيجة نقص الفيتامينات والمعادن في نظمهم الغذائية. وقد تزامنت زيادات الإنتاجية التي نتجت عن استخدام الأسمدة المعدنية على نطاق واسع والتي توفر أساساً النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، مع انخفاض المحتوى التغذوي للحبوب[42] وحتى لمحاصيل الخضراوات[43، 44].

وتتشكل النظم الغذائية الرتيبة للأسر المعيشية ذات الدخل المنخفض في المناطق الريفية خاصة عادة من أغذية نشوية في الأساس، أما الأغذية الغنية بالمغذيات الدقيقة، مثل اللحوم ومنتجات الألبان والبقول والفاكهة والخضروات الكافية، فهي غير متوفرة عموماً. وقد تكون خمسون عاماً من الإنتاج المكثف للذرة والأرز والقمح حسّنت إمدادات الطاقة الغذائية لكنها لم تحقق تحسينات مماثلة في التغذية البشرية عموماً[45].

لقد كان نموذج الثورة الخضراء لتكثيف الإنتاج المحصولي الجواب الصحيح للأزمة الغذائية التي واجهت الإنسانية في الستينات. لكن العالم دخل الآن "عصر ما بعد الثورة الخضراء".

أكثر من 3 مليارات طن بحلول عام 2050

تواجه الزراعة في العالم، ويواجه ارتباط البشرية الوطيد بالذرة والأرز والقمح، "تضافراً غير مسبوق للضغوط"[46]. أحد هذه الضغوط هو تزايد الطلب على الأغذية والمنتجات الزراعية الأخرى أكثر من أي وقت مضى في التاريخ. ويتوقع أن ينمو عدد سكان العالم من الآن وحتى عام 2050 من 7.3 مليار إلى أكثر من 9.6 مليار نسمة، وسيكون معظم هذه الزيادة في المناطق النامية؛ فقد تضاعف عدد السكان في البلدان الـ 48 الأقل نمواً ليصل إلى 1.8 مليار نسمة[17]. ومن ناحية أخرى، دفع التحضر والثراء المتزايد إلى "تحول تغذوي" في البلدان النامية نحو استهلاك للبروتينات الحيوانية أعلى بكثير، ما يتطلب زيادات كبيرة في الإنتاج الحيواني واستخدامه المكثف للموارد.

وتقدر دراسة جديدة لمنظمة الأغذية والزراعة ومنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي أن الاستهلاك العالمي للحبوب سيزيد بين عامي 2014 و2024 بمقدار 390 مليون طن. وسيكون المحرك الأساسي للزيادة ارتفاع الطلب على العلف الحيواني، وستستأثر الحبوب الخشنة – التي تشكل الذرة 70 في المائة منها – بأكثر من نصف الإجمالي. وبحلول عام 2024، ستستهلك البلدان النامية 170 مليون طن إضافية من الذرة والأرز والقمح[47].

وقدرت منظمة الأغذية والزراعة أنه على الأجل الطويل سيصل الطلب العالمي السنوي على الحبوب الثلاثة بحلول عام 2050 إلى ما يقرب من 3.3 مليار طن. وسيذهب جزء كبير من هذه الزيادة لدعم الإنتاج السنوي لحوالي 455 مليون طن من اللحوم[48]، أي أكثر بنسبة 50 في المائة مما أنتج منها في عام 2012[1]. ويتوقع أن يزيد استخدام الحبوب كمادة وقود حيوي من 130 مليون طن في السنة حالياً إلى 182 مليون طن بحلول عام 2020[48]؛ وبحسب سيناريو آخر، قد يصل إلى ما يقرب من 450 مليون طن بحلول عام 2050 [49، 50].

ولا حاجة إلى تلبية الطلب على الذرة والأرز والقمح بالكامل بزيادة الإنتاج. ففي كل عام، يفقد أو يهدر ثلث كافة الأغذية التي تنتج للاستهلاك البشري، بما في ذلك ما يصل إلى 30 في المائة من الحبوب، مع ما لذلك من آثار سلبية هائلة على توفر الغذاء وعلى ارتفاع التكاليف البيئية[51]. ومن شأن الخفض الكبير للفاقد والمهدر من الأغذية، إلى جانب التحول إلى نظم غذائية صحية ومستدامة أقل اعتماداً على البروتينات الحيوانيت، تقليل الحاجة إلى زيادة إنتاج الحبوب.

مع ذلك، يتطلب حجم الطلب في المستقبل وجود نظم لزراعة الحبوب أكثر إنتاجية واستدامة من الناحية البيئية على حد سواء. ولا بدّ أن يحدث حوالي 80 في المائة من النمو في إنتاج المحاصيل في المستقبل في البلدان النامية عن طريق التكثيف؛ وسيمثل التكثيف في جنوب آسيا وغرب آسيا وشمال أفريقيا ما بين بين 90 و100 في المائة من الزيادات[48]. وسيعتمد النمو الزراعي أكثر من أي وقت مضى على تحقيق مكاسب في الإنتاجية من خلال زيادة غلات المحاصيل[50].

غير أن تحقيق زيادات في غلة الحبوب سيكون أكثر صعوبة مما كان عليه في الماضي. فقد استنزف الكربون العضوي، وهو أساس خصوبة التربة، في تربة معظم النظم الإيكولوجية الزراعية في العالم[52]. وثلث الأراضي الزراعية معتدل التدهور إلى شديد التدهور نتيجة التآكل والملوحة والإجهاد والتلوث الكيميائي للتربة[53]. وإذا استمر تآكل التربة بمعدله الحالي في شمال شرق الصين، فإن إنتاج الحبوب سينخفض عن معدله الحالي في 93 مليون هكتار من الأراضي الزراعية بنسبة 40 في المائة في غضون 50 سنة[54]. وتعاني مناطق إنتاج القمح المروية في العالم من تزايد الملوحة والتشبع بالمياه[22]. وفي آسيا وأمريكا اللاتينية، ليس التوسع في إنتاج الذرة قابلاً للاستدامة نظراً لارتفاع التكاليف البيئية وخطر زيادة تدهور الأراضي[55].

في الوقت نفسه، يتعرض نصيب الزراعة من عمليات سحب المياه العذبة في العالم – حاليا حوالي 70 في المائة – لضغط متزايد من قطاعات منافسة. فالعديد من نظم زراعة المحاصيل البعلية والمروية تقترب من حدود إمكاناتها الإنتاجية، ويتجاوز سحب المياه الجوفية معدلات التجديد الطبيعية في مناطق زراعة الحبوب الرئيسية في العالم[53]. وفي شمال أفريقيا وغرب آسيا، قد يكون شح المياه عاملاً يحدّ من إنتاجية المحاصيل أكثر من عامل ندرة الأراضي[56]. وفي بعض البلدان الآسيوية، تخفض منافسة الاستخدامين المنزلي والصناعي على المياه مساحات زراعة الأرز[23]. ويتوقع أن يؤدي شح المياه إلى تحويل الري من القمح إلى محاصيل عالية القيمة، ما سيدفع بزراعة القمح إلى مناطق بعلية أقل إنتاجية[57].

ويشكّل التباطؤ الملحوظ في معدل تزايد إنتاجية الذرة والأرز والقمح عائقاً آخر أمام زيادة الإنتاج. فقد تراوح متوسط نمو إنتاجية هذه الحبوب الثلاثة بين 2 و3 في المائة سنوياً خلال الثورة الخضراء. بينما يبلغ متوسط النمو العالمي لإنتاجية الذرة حالياً 1.5

في المائة سنوياً فقط، ويعود ذلك أساسا إلى المكاسب في الولايات المتحدة. وحسب أحد التقديرات الأخيرة، انخفض معدل النمو إلى 1 في المائة لكل من الأرز والقمح – وذلك أقل من الحد الأدنى المطلوب لضمان الأمن الغذائي في العالم في عام 2050[50].

ويرتبط بطء نمو إنتاجية الحبوب بتخفيض الحوافز والطلب على التكنولوجيات المعززة للغلات، نظراً إلى الانخفاض الكبير في الأسعار الحقيقية للسلع الزراعية من أوائل الستينات إلى أوائل الألفية الثانية[58]. وثمة عامل آخر هو عدم كفاية الدعم المقدم للزراعة. فقد نجحت الثورة الخضراء إلى حد كبير من خلال البحث والتطوير، ونظم الإمداد بالمدخلات وخدمات الإرشاد التي تمولها الحكومات[15]. لكن معدل نمو الإنفاق العام على البحث والتطوير في الزراعة في العالم المتقدم تباطأ – وتحول إلى معدل سلبي في الولايات المتحدة في عام 2004 – ما أدى إلى خفض انتقال التكنولوجيا إلى البلدان النامية[59، 60].

وفي حين ازداد التمويل العام السنوي للبحث والتطوير على الصعيد العالمي بنسبة 22 في المائة بين عامي 2000 و2008، ليصل إلى 31.7 مليار دولار أمريكي [61]، كانت الصين والهند مسؤولتين عما يقرب من نصف هذه الزيادة؛ بينما بلغ الإنفاق الزراعي على البحث والتطوير في البلدان المنخفضة الدخل في عام 2009 ما نسبته 2.1 في المائة فقط من المجموع العالمي، أي أقل مما كان عليه في عام 1960[26].

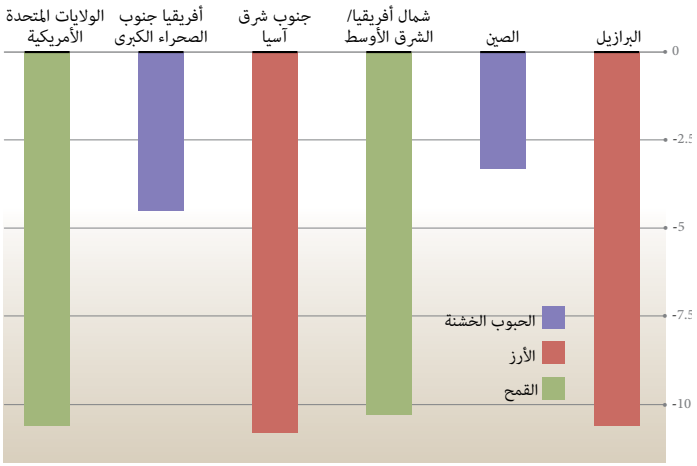
آثار تغير المناخ

تغير المناخ، هو أخطر التحديات البيئية التي تواجه البشرية، ويتوقع أن تكون له آثار بعيدة المدى على الذرة والأرز والقمح على الصعيد العالمي. ويقدر أن ارتفاع درجات الحرارة وتغير أنماط هطول الأمطار منذ عام 1980 خفضا غلات القمح بنسبة 5.5 في المائة والذرة بنسبة 3.8 في المائة بالمقارنة مع المستويات التي كانت ستبلغها لو ظل المناخ مستقراً[62]. ويتوقع أن تشهد العقود المقبلة المزيد من تصاعد درجة الحرارة وارتفاع مستويات سطح البحر وضغوطاً أشدّ من الآفات والأمراض ونقصاً في المياه وظواهر جوية متطرفة وفقداناً للتنوع البيولوجي[63]. ووجدت دراسة حديثة لآثار تغير المناخ على الزراعة، أنه دون تكيف المزارعين، ستكون غلات المحاصيل العالمية في عام 2050 أدنى بنسبة 6.9 في المائة من الغلات المقدرة دون تغير المناخ؛ وستكون غلات الحبوب أقل بنسبة 10 في المائة في المناطق المتقدمة والنامية على حد سواء |الشكل 1-2|[64].

ولأن الذرة أساساً من المحاصيل البعلية، سيزيد تفاقم تقلب هطول الأمطار من الخسائر بسبب الجفاف والفيضانات في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وفي آسيا[65، 66]. وستشاهد الآثار السلبية في المناطق التي تكون فيها التربة متدهورة إلى درجة أنها لم تعد قادرة على حماية المحاصيل من الجفاف وإجهاد الحرارة[55]. ويتوقع أن يخفض تغير المناخ غلات الذرة نتيجة تزايد الإصابة بالأمراض الفطرية وشدتها وتوزيعها، ما يشكل أيضا تهديداً لسلامة الأغذية[67].

ويتوقع أن ينخفض إنتاج الأرز في المناطق المدارية. فأصناف الأرز الوفيرة الغلة الحالية أقل تحملاً للإجهادات الحيوية الرئيسية التي يحتمل أن تتفاقم بسبب تغير المناخ، مثل ارتفاع درجات الحرارة والجفاف والملوحة. وسيشكّل ارتفاع مستويات البحار وزيادة تواتر العواصف تهديداً خاصاً للنظم القائمة على الأرز في المناطق الساحلية[68]. وبما أن دلتا

الشكل 1-2 الانخفاضات المتوقعة في غلات الحبوب بسبب تغير المناخ في عام 2050، دون تكيّف (%)*



* بالنسبة إلى قيم خط الأساس في عام 2050 دون تغير المناخ؛ متوسط نتائج ثلاثة نماذج دوران عام

المصدر: مقتبس من الشكل 2، الصفحة 4[64]

الأنهار في بنغلاديش وفييت نام وميانمار كانت مسؤولة عن نصف زيادات إنتاج الأرز على مدى السنوات الـ 25 الماضية. فإن حدوث خسارة جسيمة لقدرتها الإنتاجية سيؤدي إلى "أزمة أمن غذائي رئيسية في العالم"[69].

ويمكن أن تكون لزيادة تواتر ارتفاع درجات الحرارة القصيرة الأجل آثار كارثية على غلات القمح. فمن المتوقع أن تعاني الأراضي المزروعة قمحاً في جنوب وغرب آسيا وشمال أفريقيا أكثر من غيرها من الإجهاد الحراري وندرة المياه والزيادة السريعة في الحشرات الضارة ومسببات الأمراض التي تحملها التربة. وسهول نهر الجانج في الهند في جنوب آسيا هي حالياً بيئة ضخمة مواتية للقمح، لكن أكثر من نصف إجمالي مساحتها قد يعاني بحلول عام 2050 من الإجهاد الحراري وارتفاع معدلات الأمراض الفطرية. كما يمكن أن يخفّض تغير المناخ أيضاً المحتوى الغذائي للقمح[22، 70].

كذلك ستؤثر على إنتاج الحبوب الضغوط المتزايدة الرامية إلى تخفيض مساهمة الزراعة نفسها في تغير المناخ. فالتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من حدته سيتطلبان من مزارعي الحبوب الحدّ من التوسع في الأراضي الزراعية واستخدام كميات أقلّ من الأسمدة المعدنية وخفض انبعاثات غاز الميثان من حقول الأرز باستخدام كميات أقلّ من المياه[37].

وللوصول إلى الهدف المتمثل بتزويد 3.3 مليار طن من الحبوب سنوياً بحلول عام 2050، ليس من الضروري تحسين غلات الذرة والأرز والقمح بالمعدلات المذهلة ذاتها التي سجلت خلال الثورة الخضراء. فالمسألة تكمن في مدى عمق تأثير الركود في غلات الحبوب و"تضافر الضغوط غير المسبوق" – تدهور الموارد الطبيعية ومحدودية التوسع في الأراضي المزروعة وشح المياه والآثار الكارثية لتغير المناخ – على إنتاج الحبوب والأمن الغذائي العالمي.

الآثار الأشد قسوة على الفئات الأكثر عرضة للمخاطر

تشير السيناريوهات المستقبلية إلى أن الضغط باتجاه تخفيض إنتاج الحبوب سيؤثر أكثر وبشكل غير متناسب على من هم أكثر عرضة للمخاطر. وهؤلاء يشكلون جزءا كبيراً من المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة والمزارعين الأسريين، البالغ عددهم 500 مليون في البلدان النامية الذين ينتجون ما يقدر بنسبة 80 في المائة من الأغذية في العالم[26]. ومليارات الأشخاص من ذوي الدخل المنخفض الذين يعتمدون يومياً على الحبوب للبقاء على قيد الحياة.

وفي حين تستخدم الذرة في العالم المتقدم النمو أساساً لإطعام الماشية وإنتاج الوقود الحيوي، فإنه يُستهلك في العديد من البلدان النامية أساساً كغذاء. ويزرع المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة في كل من أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وأمريكا الوسطى الذرة كمحصول غذائي لاستهلاك الأسر المعيشية وللبيع في الأسواق في المدن. ومحصول الذرة هام خصوصاً في النظم الغذائية للفقراء في المناطق الريفية والمناطق الحضرية في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى وأمريكا اللاتينية[55]. ويمكن أن يؤدي ارتفاع الطلب على الذرة وانخفاض إنتاجيتها بحلول عام 2050 إلى زيادة بمقدار ثلاثة أضعاف في واردات الذرة في العالم النامي، بتكلفة سنوية تبلغ 30 مليار دولار أمريكي [71].

ويُعدّ الأرز غذاءً رئيسياً لأكثر من 3.5 مليار نسمة في العالم، ويتجاوز نصيب الفرد الواحد السنوي من استهلاك الأرز 100 كغم في كثير من البلدان الآسيوية وبعض البلدان الأفريقية. وفي المنطقتين كلتيهما، الأرز أساساً محصول المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة، إذ ينتج جميعه تقريباً في حيازات تتراوح بين 0.5 و3 هكتارات[23]. وفي أفريقيا، يلبى طلب المستهلكين المتزايد على الأرز في المناطق الحضرية بواسطة الواردات عوضاً عن الإنتاج المحلي؛ فقد تضاعفت واردات الأرز المقشور بين عامي 2000 و2012 ثلاث مرات تقريبا لتصل إلى 13.8 مليون طن. ويستأثر غرب أفريقيا وحده بحوالي 20 في المائة من تجارة الأرز الدولية[72]. وسيزيد النمو السكاني تبعية المنطقة، ما يجعل المستهلكين الإفريقيين أكثر عرضة لزيادات الأسعار من أي وقت مضى[23].

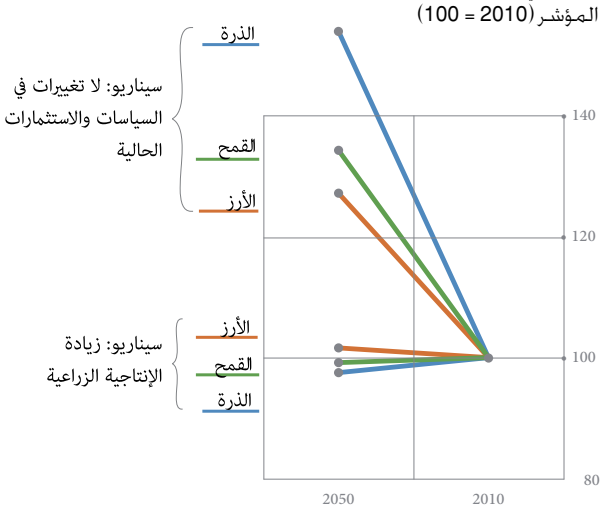
وسيؤثر انخفاض إنتاجية القمح وارتفاع أسعاره بشدة على البلدان التي ترتفع فيها معدلات الفقر ودرجة الاعتماد عليه في تحقيق أمنها الغذائي[30]. وفي جنوب آسيا، حيث يُستخدم أكثر من 90 في المائة من إمدادات القمح كغذاء، يعيش حوالي 60 في المائة من السكان بأقل من دولارين أمريكيين يوميا؛ وفي آسيا الوسطى، حيث نصيب الفرد الواحد من استهلاك القمح 160 كغم في السنة، تصل معدلات الفقر إلى 40 في المائة[2، 73]. وتعتمد البلدان الأفريقية بشكل متزايد على واردات القمح، التي بلغت في عام 2013/2014 رقماً قياسياً قدره ٤١ مليون طن[74]. وإذ يدفع تغير المناخ الإنتاج إلى مناطق خطوط العرض الأعلى المفضلة، ستتصاعد أيضاً المخاطر التي تهدد سبل عيش مزارعي القمح من أصحاب الحيازات الصغيرة[22].

وقد زاد تأثير تضخم أسعار الحبوب في عام 2008 على السكان الأكثر فقراً في العالم الوعي لهشاشة النظام الغذائي العالمي[23]. فقد أثار مثلاً ارتفاع أسعار القمح أحداث شغب في مناطق حضرية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا[30]. ويتوقع أن يكون الانخفاض الحالي في أسعار الحبوب قصير الأجل، إذ لا بد من أن تتجه الأسعار إلى الاستقرار فوق المستويات المنخفضة نسبياً التي سادت قبل عام 2008[47].

ووجدت دراسة أجراها المعهد الدولي لبحوث سياسات الأغذية أنه في إطار سيناريو "بقاء الأمور على حالها"، دون أي تغيير في السياسات الزراعية والاستثمارات الحالية، يمكن أن يرتفع السعر الحقيقي للحبوب إلى حد كبير بين عامي 2010 و 2050، ما سيبطئ خفض عدد المعرضين لخطر الجوع في العديد من المناطق.

لكن هذه الدراسة عرضت سيناريو آخر أكثر تفاؤلاً: فإذا ما توفرت مستويات استثمار كافية في *زيادة غلات الأراضي الزراعية الحالية على نحو مستدام*، سيبقي ارتفاع الإنتاجية أسعار الحبوب المعدّلة حسب التضخم في عام 2050 قريبة جداً من أسعار عام 2010 |الشكل 3-1|. وسيؤدي انخفاض أسعار الذرة إلى انخفاض كبير في تكلفة الحليب واللحوم،

الشكل 1-3 التغييرات المتوقعة في الأسعار العالمية للحبوب،
بين عامي 2010 و 2050، حسب سيناريوين*
المؤشر (2010 = 100)



* الأسعار معدلة لأخذ آثار التضخم بالاعتبار

المصدر: مقتبس من الشكل 2، الصفحة 92 & الشكل 4، الصفحة 94 [21]

في حين ستخفض تكلفة الأرز الأقل الأعباء على المستوردين الصافين للأغذية، وعموما، ستحسّن مكاسب الإنتاجية الأمن الغذائي في جميع المناطق، ما سيؤدي إلى خفض عدد المعرضين لخطر الجوع في العالم بحوالي 40 في المائة[21].

الحفظ والتوسع: إنتاج المزيد بتكلفة أقل

جوهر نموذج منظمة الأغذية والزراعة، "الحفظ و التوسع"، لتكثيف الإنتاج المحصولي هو زيادة الغلات زيادة مستدامة في الأراضي الزراعية الموجودة حاليا. ويهدف هذا النموذج إلى التغلب على التحديات الراهنة المتقاطعة: تعزيز إنتاجية المحاصيل وضمان الأمن الغذائي والتغذوي للجميع، مع الحدّ من متطلبات الزراعة من الموارد الطبيعية وآثارها السلبية على البيئة ومساهمتها الرئيسية في تغير المناخ[15]. وقد أظهرت مجموعة متينة من الأدلة أن الممارسات الزراعية التي تحافظ على الموارد الطبيعية تزيد أيضاً إنتاجية المحاصيل وتحسّن دفق خدمات النظام الإيكولوجي[75–77].

يسلّم نهج "الحفظ والتوسع" بأن الأمن الغذائي سيتوقف على ضمان الاستدامة وبالقدر ذاته على رفع إنتاجية المحاصيل.[78] وهو يسعى إلى تحقيق الهدفين كليهما عبر تعزيز الممارسات الزراعية والتكنولوجية التي تحمي البيئة وتستخدم الموارد الطبيعية بكفاءة أكبر وتحد من زخم تغير المناخ وتساهم في سبل العيش الريفية وتفيد صحة الإنسان[31، 79].

وإنتاج المحاصيل القائم على النظام الإيكولوجي هو في جوهره ذكي مناخياً، إذ أنه يساعد المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة على التكيّف مع تغير المناخ بجعل نظمهم الإنتاجية أكثر قدرة على التكيف والصمود في وجه الإجهادات البيئية، كالجفاف وارتفاع درجات الحرارة وتزايد الآفات والأمراض[37]. كما أنه يصون واستخدام مجموعة متنوعة من الممالك والأنواع ومجموعات الجينات في النظم الإيكولوجية الزراعية، يزيد الإنتاجية والقدرة على الصمود والتكيّف[27].

ويملك نهج "الحفظ والتوسع" إمكانات كبيرة للتخفيف من حدة تغير المناخ: فهو بالاستفادة من العمليات البيولوجية الطبيعية يقلل استخدام الأسمدة المعدنية ويخفض انبعاثات أكسيد النيتروز 'في المصدر'؛ كما أنه بزيادة كفاءة استخدام المياه، يمكن أن يساعد على خفض انبعاثات غاز الميثان من حقول الأرز المروية[37]. ويمكن للممارسات الإدارية التي تعيد للتربة صحتها أن تحجز في التربة حوالي 1.8 طن من الكربون للهكتار سنوياً[80]. ولاحتباس الكربون القدرة على موازنة انبعاثات الوقود الأحفوري بما يصل إلى 1.3 مليار طن من الكربون سنوياً، أي ما يعادل 15 في المائة من انبعاثات الوقود الأحفوري عالمياً[81].

وينبغي إيلاء اهتمام أكبر بكثير ليس فقط لكمية الأغذية التي تنتج وتستهلك، بل أيضاً *لجودتها*. ويعزز "الحفظ والتوسع" تنوع إنتاج أصحاب الحيازات الصغيرة لتشمل أغذية يرتفع فيها محتوى المغذيات وتواجدها الحيوي – اللحوم ومنتجات الألبان والدواجن والأسماك – فتعالج النقص المتعدد في المغذيات، بالإضافة إلى البقول الفواكه والخضروات الورقية. ويزيد التنويع من توفر مجموعة واسعة من الأغذية الكثيفة تغذوياً، ما يساهم مباشرة في تغذية الأسرة المعيشية وأمنها الغذائي[31].

وأخيراً، يُعتبر تحقيق إنتاجية أعلى في الحيازات الزراعية الصغيرة المفتاح للتنمية الاجتماعية والاقتصادية المنصفة على نطاق واسع في المناطق الريفية. فارتفاع الإنتاجية يزيد دخل المنتجين والطلب على اليد العاملة وينوّع مصادر دخل الأسرة المعيشية ويحسّن إمكانية الحصول على الغذاء ويشجّع الصناعات الريفية. وتبين الأدلة التجريبية أن النمو الزراعي في العديد من البلدان الفقيرة الموارد والمنخفضة الدخل يمكن أن يكون أكثر فعالية بخمسة أضعاف في خفض الجوع والفقر من النمو في قطاعات أخرى[82].

لقد حان الوقت لتجديد الارتباط بين الإنسانية والحبوب. تعتقد منظمة الأغذية والزراعة أن نظام "الحفظ والتوسع" هو الطريق إلى المضي قدماً – بل هو في الواقع الخيار الوحيد – لزيادة إنتاج الذرة والأرز والقمح زيادة مستدامة. ويصف *الفصل* 2 من هذا الكتاب مكونات وممارسات وتكنولوجيات نظام الزراعة القائم على "الحفظ والتوسع"، ويستعرض التقدم الذي أحرزه مزارعو الحبوب من أصحاب الحيازات الصغيرة في البلدان النامية في اعتمادهم له. ويعرض *الفصل* 3 أمثلة على نظم "الحفظ والتوسع" المتكاملة، في الممارسة، من كافة أنحاء العالم النامي. ويختتم *الفصل* 4 الكتاب بعرض موجز للسياسة العامة والأطر المؤسسية والابتكارات في مجال التكنولوجيات والتعليم وبناء القدرات اللازمة للارتقاء بالدروس المستفادة في البرامج الوطنية والإقليمية.

الفصل 2

نحو إنتاج الحبوب المستدامة

تنبغي إعادة تشكيل النظم الزراعية
لتحقيق التكثيف المستدام في جميع أنحاء العالم.
وقد بدأ مزارعو الحبوب بالفعل عملية الانتقال
هذه باعتماد مكونات وممارسات
"الحفظ والتوسع" الرئيسية

تزيد نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" إنتاجية المحاصيل وتنوع الإنتاج الغذائي بينما تقوم في الوقت نفسه باستعادة وتعزيز رأس المال الطبيعي وخدمات النظام الإيكولوجي. وهي تفعل ذلك برفع معدلات كفاءة استخدام المدخلات الزراعية – ومنها المياه والمغذيات والطاقة واليد العاملة – وتعزيز القدرة على الصمود في مواجهة الإجهادات الأحيائية واللاأحيائية والاقتصادية وتغير المناخ.

ويوفر التكثيف المستدام، من خلال "الحفظ والتوسع"، للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة والمجتمع ككل مجموعة من المنافع الإنتاجية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية، منها: ارتفاع واستقرار الإنتاج والربحية؛ وارتفاع دخل المزارعين وتحسن سبل العيش الريفية؛ وزيادة توفر واستهلاك مجموعة متنوعة من الأغذية اللازمة لاتباع نظام غذائي صحي؛ والتكيف مع تغير المناخ وغيره من الصدمات والحدّ من الانكشاف عليها؛ وتحسين النظم الإيكولوجية وخدماتها؛ وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن الزراعة وكذلك "الأثر الكربوني" للزراعة[1].

وعلاوة على ذلك، سيساهم "الحفظ والتوسع" في التحول العالمي نحو الأغذية والزراعة المستدامتين – ما سيضمن الأمن الغذائي العالمي، ويوفر فرصاً اقتصادية واجتماعية، ويحمي ويعزز خدمات النظم الإيكولوجية التي تعتمد عليها الزراعة[2].

وتستند نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" إلى خمسة عناصر تكميلية والممارسات المتصلة بها[1]:

- **الزراعة المحافظة على الموارد** بالتقليل إلى الحد الأدنى من تكدير التربة، واستخدام المهاد السطحي وتناوب المحاصيل والإنتاج المتكامل للمحاصيل والأشجار والحيوانات؛
- **التربة الصحية** من خلال الإدارة المتكاملة لتغذية التربة التي تعزز نمو المحاصيل وتقوي تحمّل التربة للإجهاد وترفع كفاءة استخدام المدخلات؛
- **تحسين المحاصيل والأصناف** المكيفة مع نظم الحيازات الزراعية الصغيرة والتي تكون عالية الغلة وقادرة على الصمود في مواجهة الإجهادات الأحيائية واللاأحيائية وذات نوعية تغذوية رفيعة؛
- **الإدارة الفعالة للمياه** التي توفر الـ "مزيد من المحاصيل من قطرات مياه أقل" وتحسن كفاءة اليد العاملة وكفاءة استخدام الطاقة وتساعد على خفض التلوث الزراعي والمائي؛
- **الإدارة المتكاملة للآفات** المستندة إلى ممارسات زراعية جيدة وأصناف أكثر قدرة على الصمود والأعداء الطبيعيين والاستخدام الحكيم لمبيدات أكثر أمنا نسبيا عند الضرورة.

وقد أجرت منظمة الأغذية والزراعة لغرض إصدار هذا المطبوع استعراضاً واسعاً للتقدم الذي أحرزه منتجو الذرة والأرز والقمح من ذوي الحيازات الصغيرة في العالم النامي في اعتمادهم الممارسات المستدامة والمحافظة على الموارد. وأكد الاستعراض النتائج الحديثة العهد التي تم التوصل إليها وهي أن بعض أهم الخطوات التي اتخذت على مدى العقدين الماضيين في الانتقال إلى التكثيف المستدام اتخذه مزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة في البلدان النامية[3].

يصف هذا الفصل كل مكون من مكونات نظام الزراعة القائم على "الحفظ والتوسع" والممارسات ذات الصلة به، ويقدم أمثلة على تطبيق منتجي الحبوب من ذوي الحيازات الصغيرة له بنجاح. ولكن ينبغي أن ينظر إلى المكونات والممارسات الفردية فقط على أنها اللبنات الأساسية للإنتاج المستدام للمحاصيل الثلاثة. وفي حين أن كلاً منها يساهم في تحقيق الاستدامة، إلاّ أن أقصى قدر من المنافع لا يتحقق إلا عندما تدرج المكونات، المبينة أدناه، كلها إدراجاً كاملا في نظم الزراعة القائمة على الحفظ والتوسع (أنظر الفصل 3).

الزراعة المحافظة على الموارد

يتضمن نظام "الحفظ والتوسع" ممارسات الزراعة المحافظة على الموارد الأساسية الثلاثة، وذلك نهج اعتمد في نحو 155 مليون هكتار من الأراضي الزراعية على نطاق العالم[4].

أولاً، يتجنب المزارعون التكدير الآلي للتربة. فالاستخدام المفرط للمحاريث والأمشاط والمعاول في إعداد الأرض يدفن الغطاء الواقي للتربة ويقتل الكائنات الحية فيها ويسبب التحلل السريع للمواد العضوية ويؤدي إلى نضوب خصوبة التربة وتدهور بنيتها. ثانيا، يحتفظ بمحاصيل التغطية أو المهاد العضوي على سطح التربة بشكل دائم لخفض تآكل التربة وزيادة رشح المياه والحفاظ على رطوبة التربة وإزالة الأعشاب الطفيلية وتشجيع انتشار الكائنات الحية التي تعزز صحة التربة وأداء المحاصيل في التربة. ثالثاً، يحافظ المزارعون على إمداد المحاصيل بالمغذيات وتقليل أحمال الآفات والأمراض وتعزيز استقرار النظام ككل بزراعة مجموعة أوسع من أنواع وأصناف النبات بالترافق مع تناوب المحاصيل، وكذلك بإدماج الحراجة وتربية الحيوان وتربية الأحياء المائية في نظم الإنتاج، حيثما كان ذلك مناسبا[1].

وتقوم الزراعة المحافظة على الموارد، من خلال تحسين صحة التربة والتقليل من ضغط الآفات والمُمرضات وخفض التآكل وزيادة توفر المياه والمغذيات وتخزين الكربون في التربة، بتعزيز قدرة المحاصيل على الصمود في وجه ارتفاع درجات الحرارة والجفاف والفيضانات ودعم خدمات النظام الإيكولوجي والمساعدة على التخفيف من آثار تغير المناخ. كما أنها تقلل تكاليف الإنتاج عبر تحقيق وفورات في الآلات واليد العاملة والوقود الأحفوري والري والأسمدة المعدنية ومبيدات الآفات. غير أن الزراعة المحافظة على الموارد ليست "مقاسا واحداً يلائم الجميع" – إذ تختلف الأساليب المستخدمة لتحقيق ممارساتها الأساسية باختلاف المحاصيل والظروف المحلية[5–9].

على مدى العقدين الماضيين، انخفض إلى حد كبير الحرث في مساحات كبيرة تستخدم لإنتاج القمح والذرة، وفي بعض الحالات ألغي كلياً. ففي سهول نهر الجانج في الهند، جنى مزارعو القمح الذين اجتنبوا الحرث أو قللوه إلى أدنى حد منافع تمثلت بارتفاع غلات الحبوب وتعزيز المحافظة على التربة والمياه. ويعتبر عدم الحرث أكثر تكنولوجيات الزراعة المحافظة على الموارد نجاحا في السهول[10، 11] (أنظر الفصل3، الصفحة 58). فهو، فضلاً عن زيادة متوسط الغلات بنسبة 7 في المائة، وفّر على المزارعين ما يصل إلى 30 يوم عمل و 52 دولاراً أمريكياً من تكاليف إعداد الأرض للهكتار الواحد وزاد متوسط دخلهم الصافي بمقدار 97 دولاراً أمريكياً للهكتار | الشكل 2-1|[12].

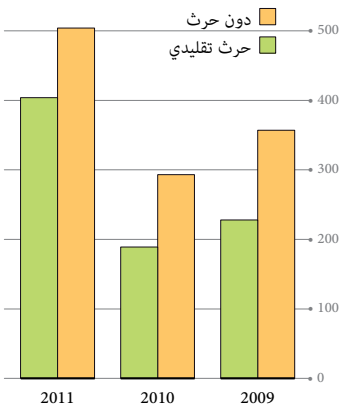
وفي المغرب، حيث سببت الزراعة المكثفة والحرث العميق وقلب التربة تدهوراً سريعاً للتربة وفقدان خصوبتها، توجد الآن نظم زراعة محافظة على الموارد لإنتاج القمح في مجموعة من الظروف الحقلية، ما أدى إلى تحسين غلات الحبوب وتحسين إنتاجية المدخلات. ويمارس عدم الحرث لمحاصيل شتوية أخرى وللتناوب مع البقول والمحاصيل الزيتية والمحاصيل الحقلية الخاضعة للري[13].

ويتمثل نجاح عدم الحرث أو خفض الحرث في إنتاج الذرة باعتماد نظم زراعة قائمة على البَذْر المباشر وفرش المهاد الواقي في أمريكا اللاتينية على نطاق واسع. فقد ازدادت في العقود الأخيرة المساحات الخاضعة لهذا النظام بشكل دائم فوصلت إلى أكثر من 50 في المائة من مجموع المساحة المزروعة في البرازيل وباراغواي والأرجنتين[4، 14]. وفي أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، تحتفظ نظم زراعة الذرة المحافظة على الموارد بكميات أكبر من رطوبة التربة خلال فترات الجفاف الموسمية، كما أنها أكثر إنتاجية من النظم القائمة على الحراثة التقليدية باستخدام المحاريث والأمشاط والمعاول[15].

وسيستمر إنتاج قدر كبير من الأرز في آسيا الاستوائية في موسم الأمطار عندما تكون التربة مشبعة جداً إلى درجة تستحيل معها زراعة محاصيل أساسية أخرى. لكن الممارسة التقليدية في آسيا القائمة على زراعة الأرز في تربة موحلة كثيفة العمالة والمياه والطاقة، كما أنها في نظم زراعة الأرز والقمح تؤخر زراعة القمح وتلحق أضراراً ببنية التربة. ومع تناقص توفر اليد العاملة والمياه، أخذ مزارعون كثر في نظم زراعة الأرز المروية يتحولون إلى البذر الجاف للأرز دون حرث، ما يلغي تَوَحُّل التربة. وقد بيّن العديد من الدراسات أن البذر الجاف يستخدم مياه ري أقل بنسبة 33 في المائة ويقلل تكاليف الإنتاج بمقدار 125 دولاراً أمريكياً للهكتار، مقارنة بالإنتاج في حقول موحلة[16].

ولا يزال اعتماد البذر الجاف متفاوتاً إلى حد كبير في آسيا، ولكنه تبيّن في إحدى المناطق الواقعة في شمال شرق الهند أن نسبة المزارعين الذين اعتمدوا هذا النظام تجاوزت 50 في المائة[17]. وتستفيد الجهود المبذولة لتشجيع الزراعة المحافظة على الموارد في زراعة الأرز في الهند من تكنولوجيات جديدة، طورت في المنطقة، لتسوية الأراضي ومكافحة الأعشاب الطفيلية والبذر بالمثقاب، الذي يضع بذور الأرز والأسمدة على عمق مثالي[16].

الشكل 2-1 صافي العائدات من زراعة القمح دون حرث وبحرث تقليدي،
ولاية هاريانا، الهند (دولار أمريكي/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدول 5، الصفحة 13[12]

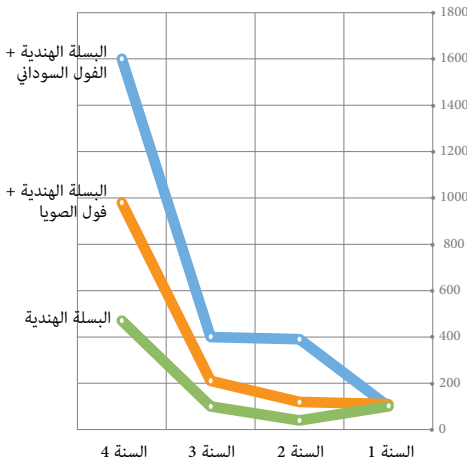
في نظم الزراعة التي تعتمد الحفظ والتوسع، لا تعتبر زراعة الحبوب نظام زراعة أحادي المحصول بل مكوناً من مكونات تناوب زرع المحاصيل والزراعة المختلطة. وقد اعتمد المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة في بيئات شديدة الإجهاد تقليديا على تناوب زراعة المحاصيل والأعلاف وأنواع الأشجار وأدمجوا إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية، بغية الحد من مخاطر فشل المحاصيل. ويجعل التنويع على نطاقات أوسع نظم الزراعة أكثر قدرة على الصمود وذلك بالحد من الخسائر لتقتصر على تلك الناجمة عن الإجهادات الأحيائية أو اللاأحيائية المحددة التي تؤثر على أنظمة الزراعة الأحادية المتسقة وراثيا[18].

ولتنويع الإنتاج منافع أخرى: فهو يزيد توفر مخلفات النباتات التي يمكن أن تستخدم كمهاد سطحي واق ويعيد تدوير المغذيات والمواد العضوية في المزارع من خلال السماد الحيواني. كما يتيح لمزارعي الحبوب تنويع مصادر دخلهم شريطة أن تكون الأسواق متاحة للسلع الأخرى التي ينتجونها.

ويزرع القمح بالتناوب مع محاصيل أخرى في جميع مناطق الإنتاج، إذ يمارس نظام تناوب زراعة القطن والقمح المروي على ما يقدر بنسبة 1.4مليون هكتار في الهند و2.6 مليون هكتار في باكستان[19]. وهناك نظم مشابهة هامة في أوزبكستان وتركيا وطاجيكستان ومصر. وتقليدياً، في جنوب آسيا، دفع وقت حصاد القطن المتأخر زراعة القمح إلى أواخر ديسمبر/كانون الأول، ما يعرض بدوره محصول القمح للإجهاد الحراري، إذ تنضج النوى في أواخر أبريل/نيسان ومايو/أيار. وقد تم التغلب على هذه العقبة من خلال مناوبة زراعة القمح مع محصول القطن القائم، دون حرث، ما يؤدي إلى تقديم وقت بذر القمح بنحو 44 يوما ويعزز الغلات بما يقدر بنسبة 40 في المائة[20، 21].

وينتج نظام تناوب الذرة – القمح في سهل شمال الصين أكثر من 50 في المائة من القمح في البلاد وحوالي 33 في المائة من الذرة[22]. وفي الهند، أكثر نظم القمح – الذرة إنتاجية وربحية هي تلك التي تقوم على أحواض الزرع الدائمة المرتفعة غير المحروثة التي تبذر بالمثقاب بخرق مخلفات المحاصيل[23]. ويمارس بتزايد تناوب القمح مع بقول حَبِّية – تشمل الحمص والعدس والفول – في مناطق إنتاج القمح البعلية، خاصة في التربة ذات مستويات النيتروجين المنخفضة، مثَل غرب آسيا وشمال أفريقيا. وتنوع زراعة البقول الإنتاج وتثري التربة من خلال تثبيت النيتروجين البيولوجي وتعزيز كفاءة استخدام المياه وتعطيل دورة حياة الأعشاب الطفيلية والآفات وعوامل الإمراض.

الشكل 2-2 عدد المزارعين الذين يعتمدون البقول في إنتاج الذرة بعد تجارب، إكويندبني، ملاوي



المصدر: مقتبس من الشكل 2، الصفحة 446[24]

وفي السنوات الأخيرة، أحيا مزارعون كثر من أصحاب الحيازات الصغيرة في جنوب أفريقيا ممارسة تقليدية هي زراعة البقول، مثل الفول السوداني وفول الصويا والبسلة الهندية، إلى جانب الذرة |الشكل 2-2|[24–26]. وفي كثير من الأحيان، تقدر البقول كمصدر للغذاء والدخل أكثر مما تقدر لمساهمتها في خصوبة التربة – فقلّة فقط من المزارعين يعتمدون استخدام البقول السنوية كسماد أخضر.

وزراعة الذرة بالتناوب مع محاصيل أخرى – وإدماجها في نظم إنتاج الثروة الحيوانية والحراجة الزراعية – راسخة تماماً وتعد خصوصاً بزيادة كفاءة استخدام الموارد[27]. ففي مناطق السافانا في أفريقيا، في كثير من الأحيان، يزرع المزارعون الذرة تحت أشجار الأكاسيا *Faidherbia albida*، التي تطرح أوراقاً غنية بالنيتروجين تستخدم كمهاد سطحي وسماد طبيعي وعلف حيواني (أنظر الفصل 3، الصفحة 71). وقد ساعد تطوير "الزراعة المحافظة على الموارد مع الأشجار" على نشر الزراعة المحافظة على الموارد في نظم المحاصيل والثروة الحيوانية في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى[28].

وفي البرازيل، ساعد إدخال زراعة الذرة دون حرث بالتناوب مع فول الصويا على اعتماد الزراعة المحافظة على الموارد على نطاق واسع. وفي منطقة السافانا الاستوائية،

تزرع الذرة بين صفوف الأشجار لأول سنتين أو ثلاث سنوات بعد غرس الأشجار، ثم تزرع المنطقة بعد ذلك بأعلاف تتداخل مع الذرة. وحالما ينشأ المرعى، ترعاه الماشية إلى أن تصبح الأشجار جاهزة للحصاد[29، 30] (أنظر الفصل 3، الصفحة 55). ويخفف هذا التنويع من تأثيرات تقلب المناخ والسوق على دخل المزارع. كما يقلل إزالة الغابات لغرض الزراعة ويحمي التنوع البيولوجي ويوقف تآكل التربة ويحسن بنيتها وخصوبتها[31–32].

وقد أصبحت النظم القائمة على زراعة الأرز منوّعة على نحو متزايد. فعلى مدى العقدين الماضيين، توسّع تناوب الأرز والذرة بسرعة في بنغلاديش[33]. وإنتاج البطاطا دون حرث آخذ في التوسع في مناطق زراعة الأرز في الأراضي الواطئة في فييت نام، إذ تجفف حقول الأرز باستخدام الأثلام، وتوضع درنات البطاطا على أحواض الزرع المرتفعة التي تنجم عن ذلك. وبعد إضافة الأسمدة إلى التربة حول الدرنات، تغطى الأحواض بقش من مخلّفات محصول الأرز[34] . كذلك ينوّع المزارعون في الوديان الداخلية في غرب أفريقيا نظم الأرز بإنتاج الخضروات[35].

وتدمج زراعة الأرز مع إنتاج الأسماك والثروة الحيوانية في آسيا. وتعزز تربية الأحياء المائية في خنادق محفورة حول حقول الأرز الإنتاجية بزيادة إمداد النباتات بالمغذيات، وتوفر مصدراً إضافياً من الطعام المغذي لأسر المزارعين[36]. ويزرع المزارعون في بنغلاديش الذرة وأعشاب نابير بين موسمي زراعة الأرز الرئيسيين كوسيلة فعالة لإنتاج الأغذية والعلف للماشية وتوليد دخل نقدي، خاصة في المناطق التي تعاني ندرة الأراضي. وقد ولّد نظام الأرز والعلف متوسط عائد اقتصادي صاف للمزارعين يبلغ 2 630 دولاراً أمريكياً للهكتار، مقارنة بـ 1815 دولاراً أمريكياً عندما يزرع الأرز وحده[37].

صحة التربة

تعرّف "صحة التربة" بأنها قدرة التربة على العمل كنظام حيّ يحافظ على إنتاجية النبات والحيوان ويحافظ على جودة المياه والهواء أو يحسنها ويعزز صحة النبات والحيوان[38]. وفي نظام "الحفظ والتوسع"، صحة التربة ضرورية لكفاءة استخدام النباتات لمدخلات الإنتاج الطبيعية والخارجية، كما أنها تعزز قدرة المحاصيل المعرضة للإجهادات الأحيائية واللاأحيائية المتزايدة بفعل تغير المناخ على الصمود.

وكي تعتبر التربة الزراعية بصحة جيدة، ينبغي أن تدار الكائنات الحية في التربة بطرق تتيح للتربة دعم تنمية جذور سليمة ونمو النبات، وتقديم معظم خدمات النظام الإيكولوجي التي بوسعها توفيرها وهي في حالتها الطبيعية. وتدمر الزراعة المفرطة والمكثفة بنية التربة بتكسير الحصى وتخفيض محتوى المادة العضوية والمسامية وتعطيل وظائف الرطوبة ورشح المغذيات والاحتفاظ بها وإطلاقها[6].

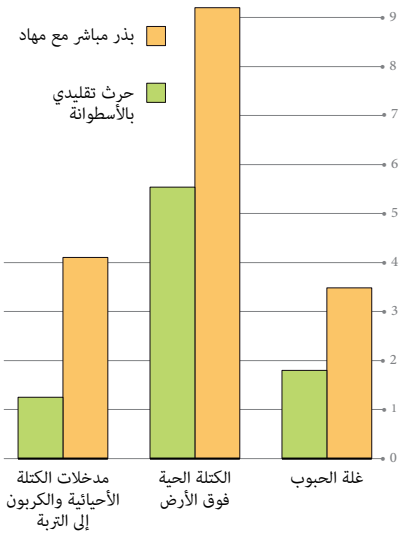
ويعزز عدد من الممارسات الزراعية الجيدة صحة التربة ويحسّن خصوبتها ويعزز إنتاجية المحاصيل واستدامتها على المدى الطويل. وتشمل هذه الممارسات الاستخدام الحكيم للمعادن والأسمدة العضوية، والممارسات الزراعية المحافظة على الموارد، بما في ذلك الزراعة دون حرث واستخدام المهاد الواقي من مخلفات المحاصيل ومحاصيل التغطية المختلطة الأنواع.

إن تلك الممارسات ضرورية بصورة ملحّة في كثير من مناطق إنتاج الأرز والقمح والذرة الرئيسية، وذلك لتصحيح أوجه القصور في المغذيات الكبرى والدقيقة وزيادة

مستويات الكربون العضوي في التربة[39، 40]. وبناء مخزونات الكربون مكلف من حيث الوقت والمدخلات – مثل التعديلات العضوية – التي تكون مطلوبة. ولذا من المهم حماية مستويات الكربون العضوي في التربة من خلال التوصيات المتعلقة بصحة التربة في نظام "الحفظ والتوسع".

وقد وجدت دراسات في مناطق زراعة القمح في المغرب أن عدم الحرث والاحتفاظ بمخلفات المحاص على سطح التربة أديا إلى ارتفاع محتوى الكربون العضوي في التربة وزيادة أخلاط التربة التي تحتفظ بالمياه، بالمقارنة مع الأراضي المحروثة[13، 41، 42]. كما وجدت دراسات لنظم الزراعة الكثيفة للأرز والقمح من جهة والذرة والقمح من جهة أخرى في سهول نهر الجانج في الهند تحسناً كبيراً في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة في إطار الزراعة المحافظة على الموارد[43].

الشكل 2-3 تأثير إدارة الحرث والمخلفات على غلات الذرة، مخزون الكربون في التربة والكتلة الحيوية، لا تيناجا، المكسيك (طن/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجداول 4-6، الصفحة 429[44]

وفي نظم الإنتاج القائمة على الذرة في غرب المكسيك، كانت لزراعة محصول الذرة بالبَذْر المباشر واستخدام مخلفات المحاصيل كمهاد واقٍ سطحي منافع كبيرة لصحة التربة، تمثلت أساساً بتقليل الخسائر الناجمة عن جريان المياه وتآكل التربة. كما زادت مستويات الكربون في التربة على مدى فترة خمس سنوات بما يقرب من 30 في المائة وتضاعفت تقريباً غلات الذرة |الشكل 2-3|[44].

ومنذ زمن طويل تزرع البقول قبل محاصيل الحبوب أو معها كوسيلة لتحسين صحة التربة وإنتاجيتها. ومن خلال تثبيت النيتروجين البيولوجي، تضيف البقول إلى التربة ما يصل إلى 300 كغم من النيتروجين للهكتار كل سنة. ولهذا السبب ينتج القمح الذي يزرع بعد البقول غلات أعلى (انظر الفصل 3، الصفحة 52). وفي المكسيك، تساهم زراعة البقول بالتناوب مع الذرة بمواد عضوية ونيتروجين ما يساعد على زيادة غلة الذرة بـ 25 في المائة (أنظر الفصل 3، الصفحة 64).

وفي لومبوك في إندونيسيا، تزرع أسيجة الأرز مع الأشجار الكبيرة الأزهار *Sesbania grandiflora* التي تتميز بأعلى قيمة تغذوية بين أشجار البقول. فتساعد أوراق الأشجار المتساقطة الغنية بالنيتروجين على تحسين مستويات المغذيات في التربة وإنتاجية المحاصيل. وقد أصبحت هذه الممارسة منتشرة على نطاق واسع في أجزاء أخرى من آسيا[45]. وفي أوغندا، حيث نقص النيتروجين في التربة هو العامل الأكثر تقييداً في نظم الزراعة، زادت زراعة الفاصوليا المخملية قبل زراعة محصول الأرز غلات محاصيل حبوب الأرز من 1.5 طن إلى 2.3 طن للهكتار، وذلك تحسين يساوي ما يتحقق باستخدام أسمدة معدنية[46].

تلعب الأسمدة العضوية وغير العضوية على حد سواء أدواراً هامة في المحافظة على تربة صحية ومنتجة. وقد بينت ثماني سنوات من البحوث على نظام زراعة الأرز والقمح في الهند أن الجمع بين استخدام السماد المنتج في المزرعة (وهو خليط من السماد الحيواني ومخلفات المحاصيل) والسماد الأخضر بمعدل 5 إلى 6 أطنان للهكتار، جنباً إلى جنب مع 90 كغم من النيتروجين المستخدم كسماد معدني، حافظ على استدامة إنتاجية القمح وفي الوقت ذاته خفض استخدام الأسمدة المعدنية بمقدار النصف[47].

ولأن الأسمدة المعدنية تكون في أحيان كثيرة مكلفة جداً للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، اعتمد كثيرون على "الإدارة المتكاملة لخصوبة التربة"، التي تكمل المغذيات الاصطناعية بمدخلات عضوية يحصل عليها من خلال: تحسين إعادة تدوير النفايات وإعداد السماد من مخلفات المحاصيل؛ واستخدام السماد الحيواني؛ ودمج البقول الحَبِّية والأشجار والشجيرات عن طريق تداخل المحاصيل والتناوب والتحريج الزراعي[48، 49].

وفي النظم التي تجمع بين إنتاج المحاصيل والحيوانات الزراعية، تطعم الماشية في أحيان كثيرة بموارد محلية، مثل المراعي ومخلفات المحاصيل والأشجار والشجيرات العلفية. ويعيد روث وبول الماشية تدوير المغذيات والمواد العضوية التي تساعد على الحفاظ على خصوبة التربة وبنيتها. وتزيد الزراعة المختلطة إنتاجية المزارع وتوفر على المزارعين أموالاً بتكثيف دورات المغذيات والطاقة.

غير أن السماد العضوي قد لا يكون متوفراً دائماً بالكميات المطلوبة، ويجعل التفاوت الكبير في محتواه من المغذيات من الصعب على المزارعين احتساب معدلات الاستخدام. ففي زمبابوي، حيث تعاني تربة مساحات كبيرة من الأراضي من نقص النيتروجين والفوسفور، خلصت دراسة شملت 450 مزرعة ذرة إلى أن منافع الغلة من الزراعة المحافظة على الموارد لا يمكن أن تتحقق بالكامل دون استعمال الأسمدة المعدنية[50]. وهناك حاجة ماسة إلى تحسين إدارة الأسمدة المعدنية – بما في ذلك استخدام الجرعات الصحيحة وتوقيت الاستعمال – وتحسين الممارسات الزراعية الاقتصادية لزيادة كفاءة استخدام الأسمدة أو الناتج من الحبوب لكل وحدة أسمدة تستعمل.

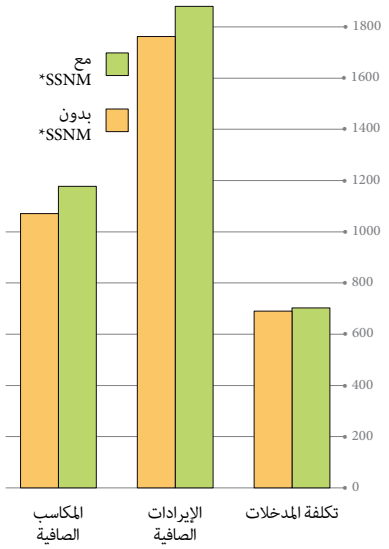
وفي ملاوي، في أحيان كثيرة، يحقق مزارعو الذرة الذين يحصلون على مشورة إرشادية في مكافحة الأعشاب الطفيلية وتناوب المحاصيل والزراعة البينية وتوقيت استعمالات الأسمدة، غلة حبوب أكثر من ضعف المعدل الوطني بالكمية ذاتها من السماد[51].

كذلك تحسّنت كفاءة استخدام الأسمدة تحسّناً ملحوظاً في إنتاج الأرز مع إدارة المغذيات الخاصة بالموقع، وهي استراتيجية تحسّن استعمال مغذيات التربة الموجودة وتسد العجز بأسمدة معدنية[52]. وفي التجارب الميدانية، ازدادت غلة الهكتار من الأرز بـ 0.2 طن في فييت نام و0.3 طن في الفلبين و0.8 طن في الهند. وكانت الفائدة الصافية للهكتار من الأرز للمزارعين الذين استخدموا إدارة المغذيات الخاصة بالموقع في الفلبين أكثر بنسبة 10 في المائة من تلك التي حققها من لم يستخدموها |الشكل 2-4|[53].

وفي جنوب الهند، أتاحت إدارة المغذيات الخاصة بالموقع لمزارعي القمح خفض استعمالات الأسمدة مع تحقيق غلات محاصيل حبوب كانت أعلى بـ 23 في المائة من تلك التي تم الحصول عليها باستخدام معدلات الأسمدة الموصى بها[54]. كما تبين أن إدارة المغذيات الخاصة بالموقع مفيدة لإنتاج الذرة. ففي إندونيسيا والفلبين وفييت نام، سجل المزارعون زيادات غلة تتراوح من 0.9 إلى 1.3 طن للهكتار[53].

وتلعب المغذيات الدقيقة، مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت والحديد والزنك، دوراً هاماً في تحسين صحة التربة والمحاصيل الإنتاجية والمحتوى الغذائي للحبوب. وهناك أدلة على أن استخدام الأسمدة التي تحتوي مغذيات دقيقة يحسّن إلى حد كبير نوعية المحاصيل الغذائية، وكذلك غلة المحاصيل وإنتاج الكتلة الأحيائية ومقاومة الآفات والأمراض والجفاف[55].

الشكل 2-4 اقتصادات إدارة المغذيات المحددة بالموقع في إنتاج الأرز المروي، لوزون الوسطى، الفلبين (دولار أمريكي/هكتار/في السنة)



*إدارة المغذيات المحددة بالموقع

المصدر: مقتبس من الجدول 9 الصفحة 19 والجدول 10، الصفحة 21[53]

وتدعم الابتكارات التكنولوجية الأخيرة تحسين إدارة المغذيات في نظم إنتاج الذرة والأرز والقمح. وكجزء من إدارة المغذيات الخاصة بالموقع، ساعد المعهد الدولي للبحوث المتعلقة بالأرز الشركاء في بنغلاديش على إدخال "رسم بياني للون الأوراق" من بلاستيك منخفض التكلفة يتيح لمزارعي الأرز تحديد متى ينبغي استعمال اليوريا لتحقيق الفائدة القصوى. فبدلاً من قيام المزارعين بنثر سماد اليوريا عدة مرات وبكميات كبيرة خلال موسم النمو، يقارن المزارعون لون أوراق الأرز مع لوحات ألوان تتطابق مع حالات نقص النيتروجين لمحاصيل محددة. وقد خفضت الرسوم البيانية استعمال اليوريا بحوالي 20 في المائة بينما أنتجت زيادات في الغلة وصلت إلى 31 في المائة. ويقدر مجموع المنافع بمقدار 22.8 مليون دولار أمريكي[52، 56].

وتحققت زيادة الكفاءة في بنغلاديش باستخدام أكثر دقة بوضع سماد اليوريا في قوالب على أعماق تبلغ 7 إلى 10 سم. وبحلول عام 2012، كان يتبع هذه الممارسة أكثر من 400 ألف من مزارعي الأرز، ما أدى إلى زيادة متوسط الإنتاج بمقدار 250 كغم للهكتار، وقلّل استخدام الأسمدة بمقدار 7 000 طن ووفّر على الحكومة 1.6 مليون دولار أمريكي كانت تقدّم على شكل معونات دعم للأسمدة[57].

وقد تحسّنت كفاءة استخدام الأسمدة تحسّناً ملحوظاً باستخدام جهاز استشعار بصري محمول باليد وطريقة احتساب للمحاصيل تقيس في الوقت الحقيقي قوة محصول القمح وتعدّل استعمال النيتروجين تبعاً للمتطلبات. وفي المكسيك، ساعدت إدارة النيتروجين المستندة إلى جهاز استشعار على الاعتدال في استعمالات الأسمدة عند الغرس وخلال النمو المبكر، ووجهت الاستعمال إلى مراحل النمو اللاحقة[58]. وفي سهول نهر الجانج في الهند، استخدم النظام نفسه مع الزراعة المحافظة على الموارد للتوفير في استعمالات الأسمدة وفي الوقت نفسه إنتاج غلات من القمح أعلى وخفض الآثار البيئية على خارج المزرعة[59].

محاصيل وأصناف محسّنة

استخدام الأصناف المحسنة وسيلة أخرى هامة لزيادة إنتاجية الذرة والأرز والقمح. وتتطلب النظم القائمة على "الحفظ والتوسع" أصنافاً أكثر إنتاجاً وتستخدم المغذيات والمياه استخداماً أكفأ ولديها قدرة أكبر على مقاومة الآفات الحشرية والأمراض. كما أنها أكثر تحملاً للجفاف والفيضانات ودرجات الحرارة المرتفعة. وهناك حاجة إلى أصناف مكيّفة للمناطق ونظم الإنتاج الأقل مؤاتاة تنتج أغذية ذات قيمة تغذوية أعلى وتساعد على تحسين توفر خدمات النظام الإيكولوجي.

وستُستخدم تلك المحاصيل والأصناف الجديدة في نظم إنتاج متزايدة التنوع يكون ما يرتبط بها من تنوع بيولوجي زراعي – كالثروة الحيوانية والملقّحات وضواري الآفات ومتعضيات التربة وأشجار تثبيت النيتروجين – هاماً أيضا. وينبغي أن تكون الأصناف الملائمة للحفظ والتوسع قابلة للتكييف مع ممارسات الإنتاج والنظم الزراعية المتغيرة ومع الإدارة المتكاملة للآفات[1].

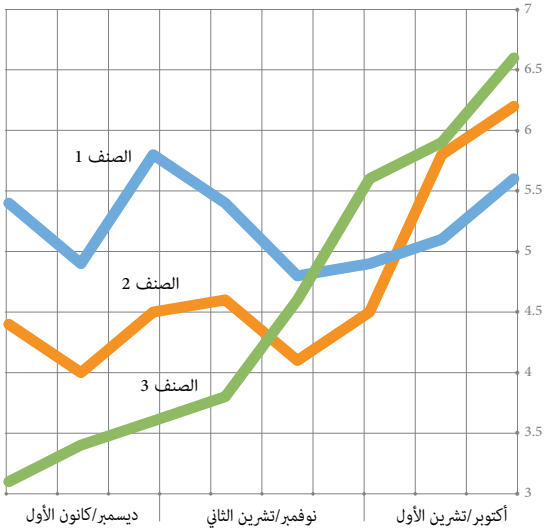
ومع تغير المناخ، سيصبح تحمل الحرارة والجفاف سمة هامة جداً في الحبوب، وخاصة في المناطق المدارية[60]. وقد طور مشروع الذرة المتحملة للجفاف لأفريقيا، الذي يقوده المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح، أصنافاً مختلفة، منها أصناف هجينة، تتفوق في الغلة على الأصناف التجارية بنسبة 25 في المائة تحت ظروف جفاف محددة. كما يتحمل بعضها الحرارة، وينتج غلة أكثر بنسبة 27 في المائة من الأصناف التجارية[61].

وقد أطلق في عدد من البلدان صنف قمح يتحمل الحرارة، يستند إلى جبلة وراثية يحتفظ به المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق القاحلة (إيكاردا). وتقوم شبكة لتحسين القمح يرعاها المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح باستكشاف تطوير أصناف قمح عالية الغلة يمكن أن تتكيف مع حرارة أشهر الصيف الآخذة بالتزايد في كازاخستان (أنظر الفصل 3، الصفحة 75).

وتخفض الأصناف التي تكون عالية الغلة في موسم نمو أقصر التعرض للإجهاد الحراري في أواخر الموسم. وكان لهذه الأصناف دور أساسي في تطوير عمليات تناوب زراعة الحبوب الثلاثة جميعا. ففي جنوب آسيا، أتاح زرع أصناف أرز تنضج في وقت مبكر في موسم الرياح الموسمية المطيرة زراعة أبكر للقمح والذرة ومحاصيل موسم الجفاف الأخرى اللاحقة. ويقوم المستنبتون أيضا بتحديد أصناف قمح تناسب الزراعة المبكرة |الشكل 2-5|[62].

وفي بنغلاديش، أثبتت زراعة ذرة هجينة عالية الغلة كمحصول موسم جاف بأنها استراتيجية جيدة للتأقلم مع ارتفاع درجات الحرارة وتزايد ندرة المياه (انظر الفصل 3، الصفحة 79).

الشكل 2-5 غلة الحبوب من أصناف القمح النخبة
حسب تاريخ الزراعة، بيهار ومادهيا براديش، الهند (طن/هكتار)



المصدر: مقتبس من الشكل 16، الصفحة 23[62]

والأثر الآخر المتوقع لتغير المناخ هو تزايد حدوث الفيضانات، التي تشكل تهديدا خاصا لإنتاج الأرز في آسيا[63]. وقد اعتمد المزارعون بسرعة لم يسبق لها مثيل، بفضل الدعم الحكومي القوي، أصناف 'Sub-1' التي طورها مؤخراً المعهد الدولي للبحوث المتعلقة بالأرز والتي تتحمل الغمر فترة تصل إلى 18 يوما[52]. كذلك طورت لسهول الجانج في الهند ذرة تتحمل إجهادات متعددة ثبتت جودة أدائها في ظل كل من الجفاف والتشبع بالمياه[61].

وتوفر الأصناف التي لديها مقاومة للإجهادات الأحيائية أو قدرة تحمل لها الوسيلة الأكثر اقتصادا ومراعاة للبيئة للسيطرة على طفرات مشاكل الآفات والأمراض. ولمكافحة تهديد Ug99، وهو نوع خبيث من مرض صدأ الساق في القمح، قام المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق القاحلة ونظم البحوث الزراعية الوطنية بتحديد مواد مقاومة أدرجت في أصناف عالية الغلة ونشرت في بلدان عديدة[64]. كما عملت الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الأغذية والزراعة، جنبا إلى جنب مع العديد من البلدان على تطوير أصناف قمح طافرة وراثياً مقاومة لهذا النوع من الصدأ نفسه[65].

كذلك طوّر المركز الأفريقي للأرز صنف "أرز جديد لأفريقيا" وساعد على نشره على نطاق واسع. ويجمع هذا الصنف سمة الغلة العالية وغيرها من سمات الأرز الآسيوي مع المقاومة التي تتميز بها أنواع الأرز الأفريقية للعشبة الطفيلية *Striga*، وهي آفة أرز وذرة ضارة منتشرة في المنطقة[66، 67]. ولمقاومة آفة الأرز الرئيسية، وهي فطريات اللفحة، يقوم المركز الأفريقي للأرز بضم جينات سلالات معينة مختلفة في نوع الأرز نفسه. ويمكن أن تكون الزراعة البينية لأنواع مختلفة من الأرز أيضاً أداة فعالة في إدارة فطريات اللفحة. ففي الصين، تحول زراعة الأرز اللزج مع هجين مقاوم لفطريات اللفحة دون تراكم عدوى الفطريات، ما يؤدي إلى تخفيض كبير في استخدام المبيدات[68].

وهناك مجال واعد آخر للاستنبات هو التقوية البيولوجية التي تزيد المحتوى التغذوي للأغذية من خلال التحسين الوراثي. وقد عزز برنامج "هارفست بلس Harvest Plus" الذي أطلقته الجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية، التقوية البيولوجية لسبعة محاصيل، منها الذرة والأرز والقمح. وأطلقت بنغلاديش أول أرز غني بالزنك في العالم، ووصلت أصناف الذرة الغنية بفيتامين ألف إلى أكثر من 500 000 أسرة معيشية في أفريقيا[69]. كما تحسّنت تحسناً كبيراً القيمة التغذوية في "الذرة ذات الجودة البروتينية" التي تحتوي على ما يقرب من ضعف كمية البروتين الذي يمكن استخدامه الموجود في الذرة التقليدية[70، 71].

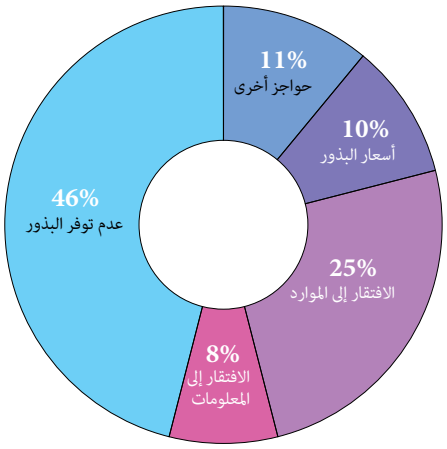
لتطوير أصناف مناسبة لنظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" يحتاج المستنبتون إلى أوسع المصادر الممكنة للصفات المفضلة الموجودة في مجموعات الحبوب في بنوك الجينات وفي السلالات المحلية في حقول المزارعين وفي الأقارب البرية للمحاصيل. وهناك حاجة إلى توصيف أكثر كثافة للموارد الوراثية للحبوب بغية تحديد السمات الصالحة للزراعة القائمة على النظام الإيكولوجي وإدماجها في استنبات المحاصيل[72]. فمثلاً، يمكن أن توفر السلالات المحلية في حقول المزارعين سمات هامة للقدرة على تحمل الجفاف والحرارة، من مثل إنتاج كتلة حيوية أعلى، ما يحسن إلى حد كبير تكيف الحبوب مع تغير المناخ في أنحاء كثيرة في العالم[73].

ومن بين الاتجاهات الناشئة الأخرى في الاستنبات تحسين مكونات الأنظمة البيئية القائمة على الحبوب. فقد قدمت البحوث الأخيرة فهماً أفضل للتفاعل بين الأنماط الجينية للمحاصيل والأنواع، بما في ذلك آليات تجنّب الآفات والأمراض. وبالتضافر مع استنبات يجمع بين سمات نباتات مختلفة لتحسين الأداء العام، يمكن أن تعزز الزراعة البينية للمحاصيل استدامة طويلة الأجل للإنتاج الغذائي بمدخلات منخفضة في أجزاء كثيرة من العالم[74، 75].

ويتزايد الاهتمام أيضا بالتحسين الوراثي للجودة التغذوية لمخلفات نباتات الحبوب. فبعد حصاد حبوب الذرة، يستخدم المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة في أمريكا الوسطى وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى عادة معظم أوراق وسيقان النبات لتغذية الماشية. وتشير الدراسات في المكسيك إلى أن مجموعات الجبلة الجرثومية تحتفظ بإمكانات هائلة لم تستغل بعد لتحسين قيمة علف الذرة، ما سيتيح للمزارعين الاحتفاظ بمخلفات أكثر في الحقل كغطاء للتربة[76].

ومن شأن جمع ممارسات من مثل الزراعة المحافظة على الموارد مع الأصناف المحسنة التي تستخدم المياه والمغذيات بكفاءة أكثر تعزيز إنتاجية وربحية معظم أنظمة زراعة المحاصيل. فالأصناف الأكثر كفاءة في استخدام الأسمدة يمكن أن تساعد على تخفيض الخسائر من مغذيات الأسمدة من الحقول، التي تقدر حاليا بنسبة 50 في المائة من النيتروجين و45 في المائة من الفوسفور المستخدمين[77، 78].

الشكل 2-6 الحواجز الرئيسية في وجه اعتماد أصحاب الحيازات الصغيرة الذرة القادرة على تحمل الجفاف في إثيوبيا*



* نتائج مسح الأسر المعيشية الزراعية

المصدر: مقتبس من
Fisher, M., Abate, T., Lunduka, R., Asnake, W., Alemayehu, Y. & Madulu, R. 2015. Drought tolerant maize for farmer adaptation to drought in sub-Saharan Africa: Determinants of adoption in eastern and southern Africa. Climate change. DOI 10.1007/s10584-015-1459-2. Figure 2

وينبغي أن يقترن استنبات حبوب أكثر إنتاجية وكفاءة وغنى بالمغذيات بنظم بذور رسمية تكفل الإكثار السريع وإمداد بذور محسنة للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة ودعم المبادرات الخاصة للمزارعين لحفظ وتعزيز التنوع البيولوجي الزراعي المحلي. وستكون النظم الرسمية والمجتمعية على حد سواء أساسية في توزيع أصناف حبوب مناسبة لنهج "الحفظ والتوسع"[1].

وفي العديد من البلدان، يحول الافتقار إلى نظم بذور كفؤة دون اعتماد المزارعين أصنافاً جديدة (الشكل 2-6). وإنتاج البذور حاسم بشكل خاص لمحاصيل الهجائن الملقّحة، من مثل الذرة. وهناك اتجاه متزايد إلى إقامة شراكات بين القطاع العام والقطاع الخاص لتحسين إمدادات البذور. ففي الصين، ينتج القطاع الخاص ويسّوق بذور أرز هجين طوّره القطاع العام[79]، وقد بدأ القطاع الخاص في الصين الآن إنتاج وبيع بذور قمح في الهند وبلدان أخرى.

وقد كان لمؤسسة البحوث الزراعية في البرازيل سبق الريادة في إقامة شراكات مع القطاع الخاص لتسويق هجائن الذرة التي طورتها، ومن خلال هذه العملية ولدّت موارد إضافية لمواصلة البحث والتطوير[80]. وفي عام 2014، يسّر مشروع "الذرة المتحملة للجفاف لأفريقيا" إنتاج وتقديم حوالي 40 000 طن من بذور الذرة المحسنة بشراكة مع 110 من شركات البذور من القطاعين العام والخاص والمنظمات غير الحكومية ومنظمات المزارعين[81].

وبما أن القمح محصول ذاتي التلقيح، لا يزال استخدام البذور الموفّرة من مواسم الحصاد السابقة سائداً ولا تزال معدلات استبدال الأصناف متدنية، خاصة في المناطق البعلية والنائية. ولزيادة فرص الحصول على أصناف محسّنة، ساعد المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق القاحلة الشركاء الوطنيين على تسريع اختبار وإطلاق أصناف مقاومة للصدأ. كما ساعد تسريع إكثار البذور وإنتاجها على نطاق واسع، بالتعاون مع برامج تنفّذ على المستوى الوطني ومع مجموعات المزارعين، على تقديم 000 80 طن من البذور المعتمدة إلى مزارعي الحبوب[82].

وتلعب بنوك وشبكات البذور في المجتمع المحلي دوراً مكملاً لدور نظم البذور الرسمية بالمحافظة على البذور من مجموعة متنوعة من المصادر وتحسينها، بما في ذلك التبادلات بين المزارعين وفي الأسواق المحلية. ويمكّن الاستنبات في المجتمعات المحلية وإكثار أصناف الحبوب المنافسة من ناحية الغلة والمكيّفة تماماً مع الظروف المحلية من الحصول على مجموعة أوسع نطاقا مما هو متاح عادة من المواد الزراعية، ما يساهم في الأمن الغذائي والحفاظ على التنوع البيولوجي الزراعي على حد سواء. كما تقدم أصناف المزارعين أيضا مواد أساسية لبرامج تحسين المحاصيل الرسمية – وقد أنشئ بعض بنوك البذور المجتمعية بالشراكة مع معاهد الاستنبات[83].

وفي غرب أفريقيا، حيث استنباط الأصناف بطيء، تتخصص منظمات النساء المزارعات في إنتاج البذور الأساسية والمعتمدة لأصناف الأرز العطري الذي يزرع في وادي نهر السنغال[52]. وقد تسارع إنتاج بذور الذرة وتداولها من خلال منتجي البذور في المجتمعات المحلية في نيبال[84] وفي تيمور-ليشتي[85].

الإدارة الكفؤة للمياه

أصبح التنافس على الموارد المائية شديداً في العديد من مناطق إنتاج الحبوب في العالم. وأدى عدم كفاءة استخدام المياه في إنتاج المحاصيل إلى نضوب المياه الجوفية وانخفاض تدفقات الأنهار، ولم تعد في العديد من أحواض الأنهار مياه كافية لتلبية احتياجات الزراعة والصناعة والمراكز الحضرية. وبالإضافة إلى ذلك، أدى الإفراط في استخدام الأسمدة ومبيدات الآفات المعدنية إلى تلوث الأنهار والبحيرات والمناطق الساحلية والإضرار بالصحة البشرية والنظم الإيكولوجية الأرضية والمائية[86].

ومع احتدام الطلبات المتنافسة على المياه العذبة، يتحتم على مزارعي الحبوب تحسين إنتاجية المياه في نظمهم الزراعية إلى حد كبير وخفض الآثار السلبية لإنتاج الحبوب على نوعية الأرض والمياه السطحية.

وليس هناك من نهج واحد يمكن أن يتغلب على التحدي المتمثل في إنتاج المزيد من الأغذية والعلف والألياف مع تناقص توفر ونوعية المياه. فهناك حاجة إلى مزيج من التكنولوجيات المقتصدة للمياه في الري والاستخدام المتوازن لموارد المياه السطحية والمياه الجوفية وممارسات الإدارة الزراعية وإدارة التربة الجيدة، مثل عدم الحرث والاحتفاظ بمخلفات المحاصيل وزراعة الأحواض المرتفعة وتنويع المحاصيل[87].

وقد عزز المعهد الدولي لبحوث المحاصيل في المناطق المدارية شبه القاحلة في المناطق البعلية مجموعة من ممارسات إدارة المياه تشمل جمع المياه وتخزينها، وإعادة الغطاء النباتي واستراتيجيات غطاء التربة الأخرى، وإدارة أفضل للأراضي ومغذيات التربة.

وفي الهند، تخفض بنى جمع مياه الأمطار خلال موسم الرياح الموسمية المطيرة الجريان السطحي بنسبة 40 في المائة وفقدان التربة بنسبة 50 في المائة وتزيد كثافة المحاصيل بنسبة 180 في المائة[88، 89]. وفي هندوراس، ضاعف إدخال المهاد الواقي وغيره من تقنيات حفظ التربة غلة الذرة في نظم زراعة متحولة، وحدّ من تآكل التربة وزاد نوعية وتوفر المياه للمستخدمين النهائيين (أنظر الفصل 3، الصفحة 48).

تعزز نظم الأحواض المرتفعة إنتاجية المياه في الذرة الصفراء في المناطق البعلية. ونظام 'الحوض الواسع والثلم'، الذي يروج له المعهد الدولي لبحوث المحاصيل في المناطق المدارية شبه القاحلة، هو تكنولوجيا لحفظ التربة والرطوبة والصرف في *الموقع* مناسبة للتربة الطينية التي كثيرا ما تتشبع بالمياه خلال موسم الأمطار. ويمكن أن يزرع ما يصل إلى أربعة صفوف من المحاصيل بآلات بذارة دقيقة في أحواض منحدرة ما من شأنه حفظ المياه في التربة وتوجيه الجريان السطحي الزائد إلى خزانات صغيرة للاستخدام في وقت لاحق[90].

وهناك عدة استراتيجيات يمكنها تحسين كفاءة استخدام المياه في المناطق البعلية، وهي تشمل تطبيق ممارسات الزراعة المحافظة على الموارد التي تخفض الخسائر الناجمة عن البخر من التربة وتعزز قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه. ورغم أنه ليس من السهل زيادة تلك القدرة، يمكن تحقيق تحسينات صغيرة ولكن طويلة الأجل بالإدارة الجيدة للتربة والمحاصيل. وأصناف القمح التي تنضج بقوة مبكراً وتستخرج مياه تربة أعمق وتتحمل بعض الإجهاد للمياه والتربة وتحمل نسبة مئوية أعلى من الحبوب عند الحصاد هي عادة أكثر كفاءة من ناحية استخدام المياه[64، 91]. وتتوفر الآن على نطاق واسع أصناف أرز وذرة أكثر كفاءة، فضلا عن الهجائن. كما أن توفر مستويات كافية من مغذيات المحاصيل، وخاصة البوتاسيوم، يحسّن أيضاً كفاءة استخدام المياه[92].

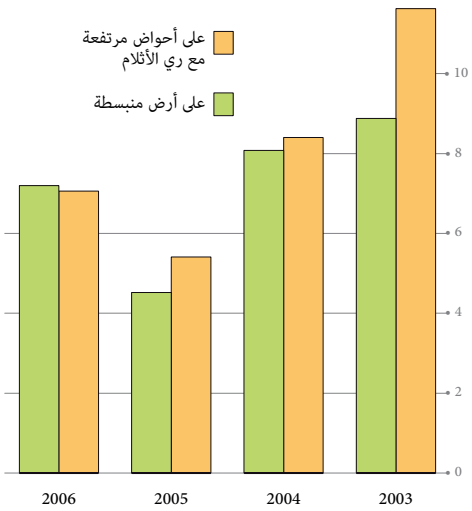
وفي حال عدم كفاية هطول الأمطار، يشكّل جمع وتخزين مياه الجريان السطحي، ثم استخدامها بكميات محدودة خلال مراحل نمو المحصول الحاسمة، خياراً مجدياً. ففي الجمهورية العربية السورية، زاد اللجوء إلى هذا 'الري التكميلي' مرة إلى ثلاث مرات في الربيع وبمعدلات تتراوح من 100 إلى 300 مم إنتاج القمح من 2 إلى 6 طن للهكتار وزاد إنتاجية المياه بمقدار أربعة إضعاف؛ ويشكّل ذلك عائداً كبيراً جداً لكمية صغيرة من المياه[64].

وتيسّر الاستراتيجية ذاتها زراعة القمح في وقت أبكر لتجنّب الجفاف والصقيع في وقت لاحق في موسم النمو. وقد أظهرت البحوث في تركيا وجمهورية إيران الإسلامية أن بذر القمح مبكراً، بمساعدة استخدام 50 إلى 70 مم من الري التكميلي، يزيد الغلات بأكثر من 2 طن للهكتار[93].

كفاءة استخدام المياه في الري هي عادة 50 في المائة أو أقل. ومن شأن استخدام الكمية المثلى للمياه اللازمة لمحصول أو صنف محدد، إلى جانب الممارسات الإدارية الجيدة، تعزيز كفاءة استخدام المياه[94].

وقد قدرت دراسة أجريت مؤخرا أن متوسط ناتج الأرز في سهول نهر الجانج في الهند هو 0.7 كغم من الحبوب للمتر المكعب من مياه الري المستخدمة. أما في ولاية البنجاب في الهند، فقد أدى وجود بنية تحتية للري والصرف مناسبة وممارسات إدارية جيدة إلى متوسط إنتاجية المياه بلغ 1.5 كغم للمتر المكعب[95].

الشكل 2-7 كفاءة استخدام المياه للحمص المزروع مع الأرز المروي، مادهيا براديش، الهند
(كغم/هكتار لكل ملليمتر)



المصدر: مقتبس من الجدول 7، الصفحة 469[98]

وتؤدي زراعة الأحواض المرتفعة مع ري الأثلام، أي ري التربة بين صفين من المحاصيل، إلى زيادة ملحوظة في مسامية التربة ومحتوى الكربون ومعدلات الرشح، وبالتالي إلى تحسين كفاءة استخدام المياه في زراعة القمح ومحاصيل أخرى[64]. ويمكن تعزيز منافع الأحواض المرتفعة أكثر عندما لا تحرث. ففي مصر، روّج المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق القاحلة والمعاهد الوطنية لزراعة الأحواض المرتفعة كجزء من نظام إنتاج متكامل في "دلتا النيل". وبعد إدخال مثاقب البَذْر وتحسين إدارة المحاصيل، ازدادت غلة القمح عموما بنسبة 25 في المائة وازدادت كفاءة استخدام المياه بأكثر من 50 في المائة[96].

وفي باكستان، أفاد مزارعون بأن غلة محصول الذرة على أحواض مرتفعة غير محروثة مروية بواسطة ري الأثلام ازدادت بنسبة 30 إلى 50 في المائة بالمقارنة مع الغلة التي تنتجها زراعة الأرز على أرض منبسطة مروية[97]. وفي الهند، أتاح النظام للمزارعين زيادة الإنتاجية لكل وحدة بإقحام زروع الحمص والبسلة الهندية وفول الصويا مع الذرة الشكل 2-7|[98].

ولزيادة كفاءة استخدام المياه في إنتاج الأرز المروي، يستخدم المزارعون مجموعة متنوعة من تقنيات "الحفظ والتوسع". ففي جنوب آسيا، اعتمد مزارعون في ما يقدر بـ ٤ ملايين هكتار من الأراضي المروية طريقة تمهيد الأرض بمساعدة تقنية الليزر الدقيقة، ما أدى، بالمقارنة مع الطريقة التقليدية وهي التمهيد بلوحات خشبية، إلى تحقيق وفورات في المياه وزيادة الإنتاجية بنسبة 16 في المائة[12، 43].

ومن بين التكنولوجيات المقتصدة للمياه في زراعة الأرز المروي تقنية السواتر الطرفية، التي تحسن استخدام مياه الأمطار وتقلل الاعتماد على إمدادات مياه القنوات، والبذر الجاف دون حراثة، والتعاقب بين التجفيف والترطيب، والري المتقطع، والزرع المبكر للشتلات[16، 99].

وفي غرب أفريقيا، حيث يزرع معظم الأرز على المنحدرات وقيعان الأودية دون توفر ري وصرف كافيين، يروج المركز الأفريقي للأرز لنهج "الوديان الذكية"، وهو نهج منخفض التكلفة يستخدم بُنى ترابية بسيطة مثل السواتر، جنبا إلى جنب مع بنية تحتية أساسية للري والصرف. وإلى جانب زيادة المقاومة للجفاف، تقلل السواتر ويخفض تمهيد الأرض من مخاطر انجراف الأسمدة المستخدمة بسبب الأمطار الغزيرة[100، 101].

وأدى اتباع نهج "الوديان الذكية" الذي طُوّر وجرّب في بنن وتوغو بمشاركة كاملة من المزارعين إلى تحقيق متوسط إنتاج تراوح ما بين 3.5 و4 أطنان للهكتار، ما أدى إلى تحسّن في دخل المزارعين. وقد أدمجت بنن هذا النهج في استراتيجيتها الوطنية لتنمية الوديان الداخلية[52].

وفي آسيا، خفض تعاقب الترطيب والتجفيف، الذي يمكن من خلاله ترك حقل الأرز دون ري مدة تصل إلى 10 أيام، من احتياجات المياه من 15 إلى 30 في المائة، دون تكبد أية خسارة في الغلة[102]. ويقلل تعاقب الترطيب والتجفيف، وهو أسلوب مناسب لمناطق أرز الأراضي المنخفضة، بالاقتران مع إمدادات مياه موثوقة، من الإنفاق على الوقود لضخ

المياه، كما يخفض انبعاثات غاز الميثان من حقول الأرز بما يصل إلى 70 في المائة[103]. وقد أدرجت هذه الممارسة في البرامج الوطنية في بنغلاديش وميانمار والفلبين وفييت نام. وإذا ما نفذ تعاقب الترطيب والتجفيف على النحو الأمثل، فإنه يمكن أن يتيح التحول في بعض المناطق من زراعة محصول واحد من الأرز إلى زراعة محصولين في وقت واحد[52].

وتخفض ممارسة "نظام الإنتاج المكثف للأرز" استهلاك المياه للهكتار الواحد إلى ما يقرب من نصف استهلاك حقول الأرز المروية بالغمر، وذلك بإتاحة فترات جفاف بين فترات الري ما يقلل إلى حد كبير من مستوى الغمر (أنظر الفصل 3، الصفحة 44).

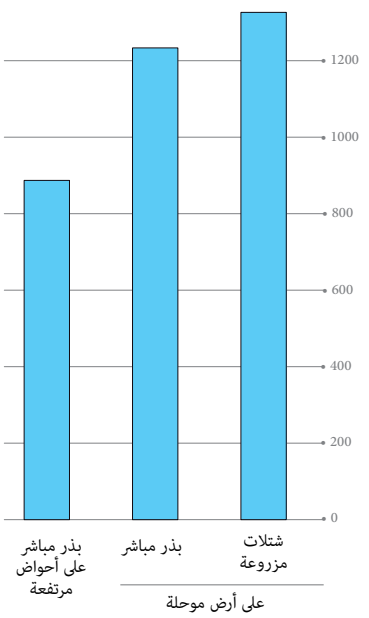
وفي كثير من المناطق، استبدلت ممارسة غرس شتلات الأرز في تربة موحلة بالبذر المباشر – تنثر البذور في حقول رطبة أو موحلة أو تبذر بالمثقاب دون حرث مسبق. وبالمقارنة مع زرع الشتلات، ينتج البذر المباشر غلة مشابهة مع تقليل استخدام مياه الري بما يصل إلى الثلث |الشكل 2-8|[16].

وهناك ممارسة أخرى مناسبة لإنتاج الأرز في الموسم الجاف هي 'الأرز الهوائي' الذي يزرع في تربة جافة ولا يُستخدم الري إلا عند الضرورة فقط. وقد اختبر هذه التكنولوجيا واعتمدها مزارعون في شمال الصين والفلبين، وهي تستخدم أصنافاً مكيفة جيدا للتربة المجففة غير الموحلة وغير المشبعة في المناطق البعلية والشحيحة المياه[104].

ويمكن أن تصل غلات الأرز الهوائي الذي تدار زراعته جيداً إلى حوالي 75 إلى 80 في المائة من غلات حقول الأرز المروية، ولكن باستخدام للمياه أقل بنسبة 50 إلى 70 في المائة. كما أن المتطلبات من اليد العاملة أقل[52]. وفي مناطق التربة السوداء في الهند، وفرت زراعة الأرز بالبذر الجاف من خلال مهاد واقي سطحي قبل موسم الرياح الموسمية بديلاً مربحاً للمزارعين الذين كانت ممارستهم الاعتيادية ترك الأراضي بورا لإراحتها[62].

الشكل 2-8 مياه الري في نظم إنتاج الأرز المبذور مباشرة وزراعة الشتلات

(ملليمتر) *



* مقتبسة من دراسات لـ 44 بلدا

المصدر: مقتبس من الجدول 8، الصفحة 339[16]

الإدارة المتكاملة للآفات

تسبب آفات الحشرات والأمراض والأعشاب الطفيلية خسائر كبيرة للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة في حقول الذرة والأرز والقمح – تتراوح بين 20 و50 في المائة[105]. كما يمكن أن تؤدي أيضا إلى خفض نوعية الحبوب وإلى فواقد ما بعد الحصاد نتيجة الإصابة والتلف. وفي حالة الأعشاب الطفيلية، التخلص منها يدوياً إحدى المهام الأكثر استهلاكاً للوقت التي يواجهها المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة، وهي وظيفة تقوم بها المرأة عادة.

وإن خط الدفاع الأول ضد الآفات والأمراض في الزراعة هو النظام الإيكولوجي والزراعي الصحي. ويستخدم نهج "الحفظ والتوسع" الإدارة المتكاملة للآفات واستراتيجية "تجنّب المشاكل" التي تستند إلى العمليات البيولوجية والتنوع البيولوجي المرتبط بالمحاصيل. وقد طُور هذا النهج كرد على الإفراط المنتشر على نطاق واسع في استخدام مبيدات الآفات، الذي يخفض مجموعات الأعداء الطبيعيين للآفات ويؤدي إلى تفشي آفات ثانوية ونشوء مقاومة لمبيدات الآفات ويزيد المخاطر

التي يتعرض لها البشر وتتعرض لها البيئة. وقد وجدت دراسة حديثة أنه ليست هناك حاجة إلى ما لا يقل عن 50 في المائة من مبيدات الآفات المستخدمة في معظم النظم الإيكولوجية الزراعية[106].

وفي برامج الإدارة المتكاملة للآفات، يُدرّب المزارعون على إسناد قراراتهم المتعلقة بإدارة الآفات إلى عتبة اقتصادية تحدد مستوىً مقبولاً من الأضرار بحيث لا تكون تكلفة تدابير السيطرة على الآفات أعلى من أن تعوضها الزيادة في الإنتاجية. والاستراتيجية الأساسية هي توقع المشاكل وتجنّبها، وإذا تعذّر ذلك، يكفي الكشف عنها في وقت مبكر لضبطها بوسائل طبيعية وبكميات أقل من المبيدات الأكثر أمنا نسبيا والتي تستخدم فقط كملاذ أخير[1].

وقد كان أول تطبيق للإدارة المتكاملة للآفات في حقول الأرز الآسيوي لمكافحة جنادب النباتات ذات اللون البنيّ، وهي سبب رئيسي للخسائر في المحاصيل. وقد تسبب في تفشي جنادب النباتات الرش العشوائي للمبيدات الحشرية الواسعة الطيف، الذي أدى إلى قتل الأعداء الطبيعيين لهذه الآفة فأتاح النمو السريع لمجموعاتها[107، 108].

واستجابة لإحدى حالات تفشي هذه الآفة في فييت نام، دعمت منظمة الأغذية والزراعة المجتمع المحلي لمكافحة هذه الآفة والأمراض المرتبطة بها باستخدام الإدارة المتكاملة للآفات. وكان من بين التدابير التي وضعتها قيام المزارعين برصد أعداد جناديب النباتات والضواري الطبيعية لها في حقول الأرز وإزالة النباتات المصابة والتوقيت الأمثل للبذر والاستخدام الأمثل للأسمدة وزراعة أصناف أكثر مقاومة[52]. وقد خفض المزارعون الفيتناميون استخدامهم للمبيدات الحشرية بحوالي 70 في المائة، وبدعم حكومي قوي، فتوسعت منطقة زراعة الأرز في إطار الإدارة المتكاملة للآفات في إحدى المقاطعات بسرعة مطردة |الشكل 2-9|[109].

وحيث يدمج إنتاج الأرز مع تربية الأحياء المائية، تتغذى الأسماك على الآفات الحشرية والفطريات الممرضة والأعشاب الطفيلية، ويقلل ذلك من الحاجة إلى استخدام الكيماويات لمكافحة الآفات. ويستخدم مزارعو الأرز والأسماك مبيدات أقل مما يستخدم المزارعون الذين ينتجون الأرز وحده بما يصل إلى 68 في المائة للهكتار (أنظر الفصل 3، الصفحة 68).

وقد أبرزت دراسات في جميع أنحاء آسيا مزايا إجراء تدريب على الإدارة المتكاملة للآفات من خلال مدارس المزارعين الميدانية، وهي شكل من أشكال تعليم الكبار يشجع مزارعي الأرز على تكييف ممارسات الإدارة المتكاملة للآفات مع الظروف البيئية المتنوعة المتغيرة. ويخفض المزارعون الذين يحضرون المدارس الميدانية عادة استخدامات المبيدات الحشرية في كل موسم من ثلاثة استخدامات إلى استخدام واحد، ويفيدون أنهم حققوا زيادة عامة في الغلات. وفي إحدى المناطق في إندونيسيا، ألغى المزارعون تماماً تقريباً المبيدات الحشرية وحققوا زيادات في الغلة بمقدار 21 في المائة. كما اكتسبوا مهارات اجتماعية وحسّنوا العلاقات مع مقدمي الخدمات[110، 111].

ويمكن أن يقلل التدريب المكثف للمزارعين إلى حدّ كبير استخدام مبيدات الآفات في إنتاج الذرة. ففي نيكاراغوا، رشّ المزارعون المدربون محاصيلهم مرات أقل بكثير من المزارعين غير المدربين واستخدموا مبيدات حشرات أقل من ١٠ في المائة من الكمية

المعتادة (الشكل 2-10)[112]. وتتوفر أيضا نهج غير كيميائية فعالة جداً للسيطرة على آفات الذرة. فالمزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة في جبال الأنديز في بيرو وإكوادور وبوليفيا يدهنون زيتاً معدنيا أو زيتاً صالحاً للأكل على جدلات وحرائر الذرة لخفض تفشي الآفات الحشرية بما يصل إلى 76 في المائة[113–115]. ولمكافحة دودة الحشد الخريفية، طوّر العلماء في البرازيل مبيدين حيويين فعالين للغاية وأقل سمية وأفضل استهدافاً من المجموعة الواسعة من المبيدات الاصطناعية. ومكونات هذين المبيدين الناشطة هي مستخلصات من بكتيريا وفيروس يمكن أن تخفض أعداد دودة الحشد بأكثر من 95 في المائة[116–118].

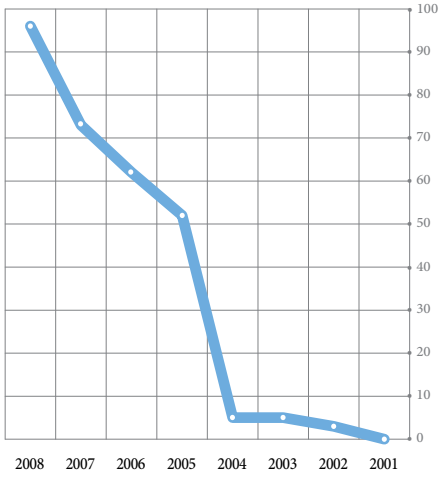
وفي حقول الذرة في أفريقيا، استخدم تناوب المحاصيل وتحسين إدارة التربة للسيطرة على أعشاب ستريغا *Striga* الطفيلية، التي تسبب خسائر كبيرة في المحاصيل في المزارع الصغيرة[119]. وفي مدغشقر، تزرع الذرة مع محاصيل غطاء للأرض بقولية تحفز إنبات بذور ستريغا *Striga* ثم تظلل الأعشاب الناشئة فتقتلها[52]. ويزرع الأرز في وقت لاحق من خلال مخلفات البقول ويساعد البذر المباشر على منع اختلاط بذور الأعشاب الطفيلية في منطقة الجذر ويزيد قدرة النظام على التكيف والصمود عموماً وعلى استقراره، وهو فعال بشكل خاص عندما يقترن مع أصناف أرز الأراضي المرتفعة، نيريكا Nerica[66، 67، 120]. وفي شرق أفريقيا، يستخدم نظام الإدارة المتكاملة للآفات التفاعلات الكيميائية بين نباتين محليين لإعاقة نمو أعشاب ستريغا *Striga* وتدمير ثقّابات سويقات الذرة (أنظر الفصل 3، الصفحة 40).

وفي إنتاج القمح، تستند الإدارة المتكاملة للآفات بشكل أساسي على ممارسات إدارة المحاصيل واستخدام أصناف لديها قدرة على المقاومة. ويتأثر القمح بمجموعة من الأمراض. فيسبب العفن الدقيقي خسائر في المحاصيل تصل إلى 45 في المائة[121]، في حين يخفض فطر *Septoria tritici* المحصول بمقدار النصف[122]. كما يسبب الصدأ المخطط خسائر في المحاصيل تصل في وسط وغرب آسيا وشمال أفريقيا إلى 80 في المائة[64].

وقد ساعد تطوير أصناف القمح المقاومة ونشرها السريع في إثيوبيا على التغلب على تفشي صدأ الساق، الذي قضى تقريباً على محصول القمح في منطقة باله. وزرعت أصناف مقاومة على ما يقدر بنسبة 80 في المائة من مساحة القمح في البلاد فسجلّت في عام 2014 محصول قمح قياسيا[64].

وفي حين أن الأصناف المقاومة، جنباً إلى جنب مع الغرس المبكر، فعالة في السيطرة على ذبابة هسين Hessian fly، تتطلب السيطرة على الآفات الحشرية الأخرى استراتيجية إدارة متكاملة للآفات أكثر تعقيداً. فتتضمن توصيات مكافحة آفة السونة Sunn رشاً للأراضي هادفاً، وزراعة نباتات طبية تجتذب الضواري الطبيعية لهذه الآفة

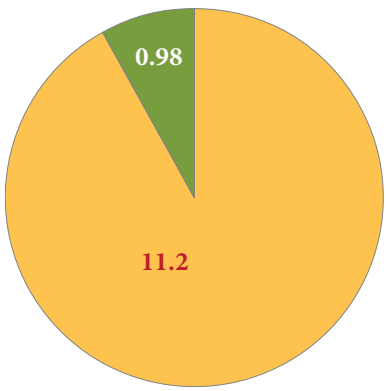
الشكل 2-9 اعتماد الإدارة المتكاملة للآفات في منطقة زراعة الأرز في مقاطعة غيانغ، فيبت نام (% من إجمالي المساحة)



المصدر: مقتبس من الشكل 6، الصفحة 218 [109]

الشكل 2-10 آثار التدريب على متوسط استعمالات مزارعي الذرة لمبيدات الحشرات.

نيكاراغوا (لترات/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدول 1، الصفحة 196 [112]

واستخدام مستحضرات فطرية تقتلها في ملاجئها الشتوية. وقد حسّنت السيطرة على الذبابة المنشارية sawfly التي تصيب جذع القمح باستخدام الأصناف المقاومة والغرس المتأخر وتناوب المحاصيل وأشباه الطفيليات[64].

وتستخدم النهج التشاركية مثل مدارس المزارعين الميدانية أيضا على نطاق واسع لنشر خيارات الإدارة المتكاملة لآفات القمح. فعقب نجاح إدخالها لمكافحة أفة السونة، أصبحت الإدارة المتكاملة للآفات من خلال مدارس المزارعين الميدانية استراتيجية حماية النباتات السائدة في جمهورية إيران الإسلامية[123].

كذلك فإن السيطرة على الأعشاب الطفيلية عنصر هام في نهج "الحفظ والتوسع" في ما يتعلق بالحبوب، وسيصبح هذا العنصر أكثر أهمية مع تزايد مقاومة الأعشاب الطفيلية لمبيدات الأعشاب. وتجنّب تكدير التربة والحفاظ على غطائها وممارسة تناوب المحاصيل والحيلولة دون تبذر الأعشاب الطفيلية جميعها تدابير فعّالة لخفض ضغط الأعشاب الطفيلية على إنتاج المحاصيل.

وكما أظهر الاستعراض المذكورة أعلاه، زاد مزارعو الحبوب في العالم إنتاجهم باستخدام مكون أو أكثر من مكونات نظام الزراعة القائم على "الحفظ والتوسع"، مثل الزراعة المحافظة على الموارد واستخدام أصناف محسنة وتحسين إدارة التربة الصحية وزيادة كفاءة استخدام المياه والإدارة المتكاملة للآفات. كما جعل كثيرون منهم نظم إنتاجهم أكثر قدرة على التكيف والصمود بتنويع المحاصيل ودمج المحاصيل مع الإنتاج الحيواني والحراجة. ويعرض *الفصل* 3 في ما يلي 11 مثالا على ممارسة "الحفظ والتوسع" – نظم زراعة الحبوب التي أدمجت جميع أو معظم مكونات وتوصيات نظام "الحفظ والتوسع".

الفصل 3

نظم الزراعة التي تحفظ وتتوسع

ما هو التكثيف المستدام للإنتاج المحصولي؟
هذه الأمثلة، المستقاة من بلدان نامية حول العالم،
تصف نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" في الممارسة

النقاط الرئيسية

1 الذرة/الثروة الحيوانية، شرق أفريقيا: يكافح نظام "الدفع-الجذب" آفات الذرة، ويزيد إنتاج الحليب.

نظام جديد للإدارة المتكاملة للآفات

يستخدم التفاعلات الكيميائية بين نباتين محليين اثنين لتدمير ثقّابات سويقات الذرة وإعاقة نمو أعشاب ستريغا *Striga* الطفيلية. وبالإضافة إلى توفير غطاء للتربة على مدار العام، ينتج هذا النظام أعلافاً عالية الجودة، ما يجعل نظام 'الدفع-الجذب' أساساً لإنتاج المحاصيل/الثروة الحيوانية المستدامة بمدخلات متدنية. الصفحة 40

2 الأرز، آسيا: غلات أعلى من نباتات صحية في تربة صحية. أنتج نظام

تكثيف إنتاج الأرز من الزراعة المتباعدة في تربة مهوّاة ضعف غلات حقول الأرز المغمورة. وبتركيزه على صحة التربة، يحسن نظام التكثيف من إمكانية حصول نبات الأرز على المغذيات، في حين تساعد احتياجاته المتدنية من الري على خفض انبعاثات غاز الميثان. كما يمكن أن يخفض الابتكار التكنولوجي ارتفاع متطلبات النظام من اليد العاملة. الصفحة 44

3 الذرة/الحراجة، أمريكا الوسطى: ذرة أكثر وتآكل أقل على سفوح الجبال المدارية. تزرع محاصيل الذرة

والفول بنظام "اقطع وافرش" في تربة غير محروثة مخصبة بمخلفات تشذيب الأشجار. ويبني النظام مخزون التربة من المغذيات ويقلل الوقت اللازم لتحضير الأرض وإزالة الأعشاب الطفيلية وينتج ضعف غلات الزراعة التقليدية. وقد نوّع الكثيرون من مزارعي "اقطع وافرش" إنتاجهم في حدائق منزلية وفي تربية الثروة الحيوانية. الصفحة 48

4 القمح/البقول، في أنحاء العالم: المنافع الإضافية من زراعة البقول قبل القمح. تضيف

مخلفات البقول إلى التربة ما يصل إلى 300 كغم من النيتروجين للهكتار. ونتيجة لذلك، غلات القمح الذي يزرع بعد البقول أعلى ومحتوى البروتينات فيها أعلى أيضا. وبالإضافة إلى ذلك، يفرز بعض البقول أحماضاً تتيح امتصاص جذور القمح للفوسفور بسهولة أكبر وغازاً يحسن نمو النبات ككل. الصفحة 52

5 الذرة/الثروة الحيوانية، أمريكا اللاتينية: تطعم "مضخات المغذيات" الماشية وتغذي الذرة.

مراعي براكياريا *Brachiaria* عنصر أساسي في نظم الذرة والثروة الحيوانية المستدامة. فهي تمنع انضغاط التربة، كما أنها مغذية أكثر من أعشاب السافانا الأصلية. وينتج نظام عدم الحرث الذي يستخدم هذه الأعشاب ما يصل إلى ثلاثة محاصيل حبوب في السنة. وتعاقب زراعة *البراكياريا* مع الذرة يستخدم موارد الأراضي استخداماً أمثل ويقلل تدهورها. الصفحة 55

للاطلاع على المصطلحات المستخدمة في هذا الفصل أنظر مسرد المصطلحات في الغلاف الخلفي

6 الأرز/القمح، سهول نهر الجانج في الهند: الزراعة المحافظة على الموارد هي مفتاح الأمن الغذائي

– في سلة غذاء جنوب آسيا، يتبع المزارعون نظام عدم الحرث لخفض التكاليف وزراعة كمية أكبر من القمح. ويساعد تعاقب الترطيب والتجفيف في حقول الأرز على خفض استهلاك المياه بما يصل إلى 50 في المائة. وتتحسّن غلات الأرز والقمح على حد سواء بعد تمهيد الأرض بمساعدة تقنية الليزر. ويوفر المزارعون السماد بإدارة النيتروجين على أساس الاحتياجات ويستخدمون البقول للقضاء على الأعشاب الطفيلية. الصفحة 58

7 الذرة/البقول، في أنحاء العالم: النظام التقليدي يستعمل الأراضي استعمالاً أكثر إنتاجية.

يؤدي التناوب والزراعة المتداخلة وتعاقب زراعة البقول مع زراعة الذرة إلى ارتفاع إنتاجية الأراضي، ما يجعل نظم زراعة الذرة والبقول مناسبة بشكل خاص للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة. فالتناوب بين زراعة البقول والذرة يزيد غلات الذرة بنسبة 25 في المائة. وتنتج زراعة الذرة المتداخلة مع البقول في إطار الزراعة المحافظة على الموارد كمية أكبر من الحبوب بنسبة 33 في المائة من الزراعة الأحادية المحصول. الصفحة 64

8 الأرز/تربية الأحياء المائية، آسيا: محصول أكثر ثراء من حقول الأرز.

يمكن أن يعطي هكتار واحد من الحقل ما يصل إلى 9 أطنان من الأرز و750 كيلوغراما من الأسماك في السنة. وتساهم الأسماك التي تربى في حقول الأرز في تحسين النظم الغذائية للأسر وتوفر مصدراً طبيعياً من المغذيات النباتية وتكافح الآفات. وبفضل ارتفاع غلات الأرز ومبيعات الأسماك والتوفير في استخدام المواد الكيميائية الزراعية، ارتفع الدخل المتأتي من استزراع الأسماك في حقول الأرز بما يصل إلى 400 في المائة بالمقارنة مع زراعة محصول الأرز وحده. الصفحة 68

9 الذرة/الحراجة، جنوب أفريقيا: حيث الأشجار والشجيرات أقل تكلفة من الأسمدة.

شجيرات البقول والأشجار جزء لا يتجزأ من نظم إنتاج الذرة في زامبيا وملاوي. فقد زادت على مدى أكثر من عامين مستويات النيتروجين في التربة بمقدار 250 كغم للهكتار، ما ساعد على زيادة إنتاج الذرة بأربعة أضعاف. ونظام الذرة/الحراجة أكثر قدرة على التكيف والصمود في وجه الجفاف وأكثر ربحية من زراعة الذرة باستخدام الأسمدة. الصفحة 71

10 القمح، آسيا الوسطى: توقف المزارعون عن الحرث في سهوب كازاخستان.

كازاخستان من أوائل من اعتمدوا الزراعة المحافظة على الموارد في العالم. والأراضي التي تستخدم البذر المباشر ولا تُحرث تنتج محاصيل قمح أكثر مما تنتجه الأراضي المحروثة وبتكاليف إنتاج أقل. ويولد تناوب زراعة القمح مع محاصيل أخرى دخلاً إضافياً ويترك مخلفات تحافظ على رطوبة التربة ويمنع إنبات بذور الأعشاب الطفيلية. الصفحة 75

11 الأرز/الذرة، آسيا: هجائن عالية الغلة تساعد على التكيف مع تغير المناخ.

يخفض المزارعون بزراعة الذرة بدلاً من الأرز في الموسم الجاف من الضغط على المياه الجوفية ويضاعفون أرباحهم. كما ضاعف كثيرون دخلهم أيضاً بزراعة الذرة والخضار معاً. ويستخدم مزارعو الذرة المدربون على إدارة المحاصيل المحافظة على الموارد أسمدة معدنية أقل ويحصلون على غلات تبلغ ضعف المتوسط على المستوى الوطني. الصفحة 79

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
استوائية تتغذى بالأمطار

الحبوب الرئيسية الذرة

المحاصيل/المنتجات الأخرى
اللحوم، الحليب، العلف، البقوليات، الخضروات

1 • الذرة/الثروة الحيوانية شرق أفريقيا

يكافح نظام "الدفع-الجذب" آفات الذرة ويزيد إنتاج الحليب

تم التغلب على آفتين من أخطر آفات الذرة في المنطقة بزراعة نباتين محليين اثنين في حقول الذرة. وينتج نظام "الدفع-الجذب" منافع أخرى، منها أعلاف للماشية رفيعة الجودة.

ثقّابات السويقات وأعشاب ستريغا *Striga* الطفيلية هما لعنة حقول الذرة في أفريقيا. فثقّابات السويقات، وهي يرقات عث محلي، تأكل سويقات الذرة النضرة وتلتهمها من الداخل فتسبب خسائر في المحاصيل تتراوح من 20 إلى 80 في المائة. وفي أحيان كثيرة، أوصت وزارات الزراعة باستخدام المبيدات الاصطناعية للسيطرة على ثقّابات السويقات، لكن المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة لا يستطيعون تحمل تكاليفها[1].

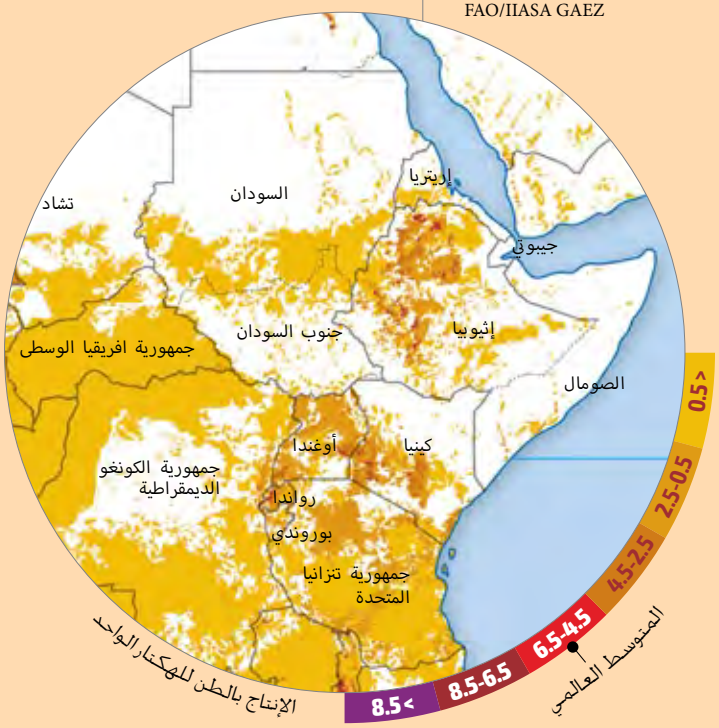
أما أعشاب ستريغا الطفيلية فتلتصق بجذور محاصيل الحبوب وتمتص المياه والمغذيات، وهي تنمو على حوالي 40 في المائة من الأراضي الصالحة للزراعة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، وتصيب في غربي كينيا ما يصل إلى 76 في المائة من الأراضي المزروعة بالذرة والذرة الرفيعة، مسببة خسائر سنوية تقدر قيمتها بأكثر من 40 مليون دولار أمريكي. وفي بعض الأحيان، يمكن أن يؤدي انتشارها إلى فشل المحاصيل فشلاً كاملاً. والسيطرة عليها أمر بالغ الصعوبة، ذلك أن كل نبتة منها تنتج آلاف البذور الصغيرة التي يمكن أن تبقى في التربة سنوات عديدة. وعندما يتخلى المزارعون عن المناطق الموبوءة جداً بهذه الأعشاب ويتحولون إلى زراعة أراضي جديدة فإنها تتبعهم[1]. في عام 1993، بدأ المركز الدولي لفسيولوجيا وإيكولوجيا الحشرات في نيروبي العمل مع معهد البحوث الزراعية في كينيا ومركز بحوث روثامستيد Rothamsted Research في المملكة المتحدة وشركاء آخرين على إيجاد سبل صديقة للبيئة ميسورة لمكافحة ثقّابات السويقات. فأسفرت أعمال هذه المراكز عما أصبح يعرف الآن باسم نظام "الدفع-الجذب" للإدارة

أكبر 5 منتجين للذرة، 2013
(بملايين الأطنان)

إثيوبيا	6.67
كينيا	3.39
أوغندا	2.75
بوروندي	0.16
رواندا	0.67

المصدر: FAOSTAT

مناطق إنتاج الذرة في شرق أفريقيا
FAO/IIASA GAEZ



عشب نابير Napier (على اليسار) ونبات ديسموديوم *Desmodium* (على اليمين) يحميان الذرة من ثقّابات السويقات والأعشاب الطفيلية

المتكاملة للآفات التي تكافح ثقّابات السويقات باستخدام تفاعلات كيميائية معقدة بين النباتات والحشرات في نظام إيكولوجي زراعي متنوع بيولوجيا[1].

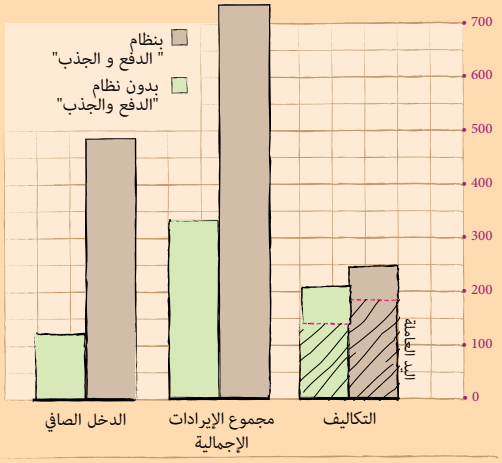
تزرع الذرة في نظام "الدفع-الجذب" مع نبات ديسموديوم *Desmodium* البقلي، بينما يزرع محصول علفي رائج، هو أعشاب نابير *Napier*، حول حدود الحقل. وينتج نبات الديسموديوم مواداً كيميائية متطايرة تجذب ضواري آفات الذرة. والأهم من ذلك، أنها بإعطائها إشارة كاذبة للعث بأن المجال موبوء بالفعل، "تدفع" هذه المواد الكيميائية العث المنتج للبيوض إلى البحث عن موائل تواجه فيها يرقاته منافسة أقل على الأغذية[1].

بعد ذلك يأتي دور أعشاب نابير *Napier*. فهي تنتج أيضا مواد كيميائية متطايرة "تجتذب" العث، ثم ينضح مادة لزجة تصيد يرقات ثقّابات السويقات، فلا ينجو إلى سن البلوغ غير القليل من اليرقات. كذلك تجذب أعشاب نابير ضواري ثقّابات السويقات، كالنمل وحشرات أبو المقص والعناكب[1]. وقد بينت التجارب أن عدد بيوض ثقّابات السويقات والضرر الناتج عن تغذيها أعلى بكثير في قطع الأراضي المزروعة بمحصول الذرة وحده مما في الحقول المزروعة وفقاً لنظام "الدفع-الجذب"[2].

يسخر النظام تفاعلات كيميائية معقدة بين النباتات والحشرات

وجد الباحثون في المركز الدولي لفسيولوجيا وإيكولوجيا الحشرات أثناء عملهم اكتشافاً مذهلاً: يلعب نبات ديسموديوم أيضاً دور "مضيف كاذب" لأعشاب ستريغا *Striga* الطفيلية، فهو ينضح أولاً مواد كيميائية تحفز إنبات بذور هذه الأعشاب، ثم يطلق مواد كيميائية أخرى تحول دون نمو جذورها[1]. وقد بينت تجارب نظام "الدفع-الجذب" أن قطع الأراضي المزروعة بالذرة لم تتضرر من ثقّابات السويقات إلا قليلاً فحسب ولكنها أيضاً تحررت من

الشكل 3-1 اقتصاديات إنتاج الذرة، منطقة كيسي، كينيا
(دولار أمريكي/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدول 1، الصفحة 6[1]

أعشاب ستريغا *Striga* تماماً تقريبا بعد موسمين[3]. ويوفر نظام "الدفع-الجذب" لمكافحة الآفات منافع أخرى. فنبات *الديسموديوم* وأعشاب نابير محاصيل معمرة توفر غطاءً للتربة على مدار العام، ما يساعد على الاحتفاظ بالرطوبة في التربة وتحسين بنيتها والحيلولة دون تآكلها ويجعل النظام الإيكولوجي الزراعي أكثر مقاومة للجفاف وغيره من الظواهر الجوية المتطرفة. وبما أن نبات *الديسموديوم* بقلي *فإنه* أيضا يثبت النيتروجين في التربة ويتيحه لمحصول الذرة.

وبدءاً من عام 1997، أخذ المركز الدولي لفسيولوجيا وإيكولوجيا الحشرات وشركاؤه يعرّفون مزارعي الذرة والذرة الرفيعة في كينيا وشرق أوغندا على نظام "الدفع-الجذب" باستخدام "مزارعين معلمين" يساعدون على تعميمه. وبحلول عام 2010، اعتمد هذا النظام أكثر من 25 000 مزارع حول بحيرة فيكتوريا.

ثقّاب سويقات الذرة الشره يسبب خسائر في المحاصيل تصل إلى 80 في المائة

وقد وجد تقييم للأثر أجري في 24 قرية أن 19 في المائة من المزارعين اعتمد نظام "الدفع-الجذب" في الأساس لمكافحة الآفات، وخاصة أعشاب ستريغا *Striga*، ولزيادة إنتاجية المحاصيل. وقال خمسة وسبعون في المائة من أولئك المزارعين أن غلاتهم كانت أكثر بثلاث إلى أربع مرات مما كانت عليه من قبل. فبعضهم يحصد 5 أطنان من الذرة للهكتار من حقول كانت في السابق تنتج أقل من طن واحد[3]. وفي مقاطعة كيسي، بلغ دخل مزارعي الذرة الذين يطبقون نظام "الدفع-الجذب" للهكتار الواحد ثلاثة أضعاف دخل جيرانهم |الشكل 3-1|[1].

وقد كيّف نصف المزارعين تقريباً نظام "الدفع-الجذب" لإتاحة زرع الذرة مع الفول والبقول الأخرى، كالفول السوداني وفول الصويا واللوبيا، والخضروات كالكرنب. ولا يخفّض دمج هذه في النظام تأثير الديسموديوم على أعشاب ستريغا *Striga* وثقّابات السويقات[3].

وبالإضافة إلى مساعدة المزارعين على زيادة إنتاج الأغذية، عززت أعشاب نابير *Napier* المستخدمة في النظام إمدادات العلف للماشية. وفي الواقع، تبين من تقييم المركز الدولي لفسيولوجيا وإيكولوجيا الحشرات أن إنتاج الأعلاف كان عاملاً مهماً في تحفيز المزارعين على اعتماد نظام "الدفع-الجذب"[3]. فمثلاً، لم يكن بإمكان المزارعين في إحدى المقاطعات الواقعة على بحيرة فيكتوريا تلبية أكثر من نصف الطلب على الحليب المحلي بسبب الافتقار إلى أعلاف من نوعية جيدة. وبعد اعتماد 700 مزارع نظام "الدفع-الجذب"، ازداد إنتاج الحليب من 7 ملايين إلى 8 ملايين لتر في السنة[1].

ويعني تزايد علف الماشية توفر المزيد من السماد للمزارعين للاستخدام في الحقول، ما يقلل الحاجة إلى الأسمدة المعدنية. كذلك كان بوسع المزارعين الذين يستخدمون نظام "الدفع – الجذب" تنويع إنتاجهم بطرق أخرى – مثلاً، من خلال بيع المنتجات العضوية وتربية الدواجن. وأفاد المزارعون الذين أُجريت معهم مقابلات لغرض التقييم الذي أجراه المركز الدولي لفسيولوجيا وإيكولوجيا الحشرات أنهم استخدموا الدخل الإضافي من ارتفاع الإنتاج لمجموعة متنوعة من الأغراض، من بينها دفع الرسوم المدرسية للأطفال وتحسين السكن[3].

مع ذلك، وجد التقييم أن بعض المزارعين لم يعتمد على "الدفع-الجذب" لأنه لم يكن لديهم ما يكفي من المعلومات حول هذا الموضوع. وعلى الرغم من أن النظام يوفر اليد العاملة بتقليل الحاجة إلى إزالة الأعشاب الطفيلية، لم يكن بعض المزارعين يملك ما يكفي من اليد العاملة الأسرية – أو ما يكفي من الأموال لتوظيف مساعدين إضافيين – لإنشاء هذا النظام في حقولهم. وبالإضافة إلى ذلك، كان المزارعون بعقود إيجار للأراضي لسنة واحدة مترددين في الاستثمار في تكنولوجيا لا تنتج منافع سريعة، كما حدّ الافتقار إلى بذور الديسموديوم وتكلفتها العالية أيضا معدلات اعتمادها[3].

بحلول عام 2014، كان ما لا يقل عن 70 000 مزارع من أصحاب الحيازات الصغيرة في إثيوبيا وكينيا وجمهورية تنزانيا المتحدة وأوغندا – أكثر من نصفهم من النساء – يكافحون أعشاب ستريغا بزراعة نبات الديسموديوم مع المحاصيل[4].

وقد كيّف المركز الدولي لفسيولوجيا وإيكولوجيا الحشرات وشركاؤه نظام "الدفع-الجذب" ليتلاءم مع مناطق أكثر جفافاً ومع تغير المناخ بتحديد نباتين مصاحبين يتحملان الجفاف وإدراجهما في النظام، وهما نبات ديسموديوم أخضر الورق وعشب براكيارا كنبات يزرع حول حدود الحقل[5].

وينظر الآن إلى نظام "الدفع-الجذب" على أنه أساس لنظام إنتاج محصول – حيواني متكامل لا يتطلب مستويات عالية من المدخلات الخارجية ويمكن أن يحسّن الأمن الغذائي في شرق أفريقيا إلى حد كبير. وقد وجد مسح أجري مؤخراً وشمل 900 مزارع في إثيوبيا وكينيا وجمهورية تنزانيا المتحدة إمكانات كبيرة لاعتماد النظام، وخاصة بين النساء وبين من هم على علم بالأضرار التي تسببها أعشاب ستريغا ولديهم إمكانات جيدة للحصول على المدخلات[6].

وسيتطلب إنشاء نظام "الدفع-الجذب" كجزء دائم في الزراعة في المنطقة دعماً مستمراً من خدمات الإرشاد الحكومية واستخدام استراتيجيات الإرشاد المجتمعية، مثل المدارس الميدانية ومناسبات المزارعين المعلمين والاجتماعات العامة المحلية[3].

وسيتطلب أيضا إمدادات مضمونة من بذور نبات *ديسموديوم وعشب براكياريا*، جنبا إلى جنب مع بذور من أصناف ذرة محسنة وهجينة.

بفضل نظام "الدفع والجذب"، ازداد إنتاج الحليب بمقدار مليون لتر في السنة

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
نظم موسمية أستوائية مروية
ونظم مرتفعات
المحبوب الرئيسية الأرز

2 • الأرز آسيا

غلات أعلى من نباتات صحية في تربة صحية

يعتمد مزارعو الأرز ممارسات لإدارة المحاصيل والتربة والمياه تنتج المزيد من الأرز والدخل باستخدام كميات أقل من المياه والأسمدة والبذور

تقليديا، كان الأرز ولا يزال يزرع في معظم أنحاء آسيا على النحو التالي: أولاً، تغمر الحقول بالمياه ثم تحرث لإنشاء تربة طينية لينة وفي أحيان كثيرة على طبقة كثيفة مضغوطة تحد من فقدان المياه نزولاً إلى أسفل[1]. ثم تزرع شتلات أرز عمرها 20 إلى 60 يوما في الحقول في كتلتين إلى أربع كتل موزعة عشوائياً أو في صفوف متباعدة على مسافات ضيقة.

وللقضاء على الأعشاب الطفيلية، يغمر حقل الأرز باستمرار بكمية مياه تتراوح من 5 إلى 15 سم إلى أن ينضج المحصول[2, 3].

وقد مكّن نظام زراعة الأرز هذا لآلاف السنين من إنتاج غلات منخفضة لكنها مستقرة نسبيا[4]. ولكن عندما أدخلت الثورة الخضراء أصنافاً عالية الغلة والأسمدة ومكافحة الآفات كيميائياً تضاعفت إنتاجية الهكتار الواحد في العديد من حقول الأرز الآسيوي في غضون 20 عاماً[5].

أما مجموعة ممارسات إدارة المحاصيل والتربة والمياه المعروفة بـ "نظام تكثيف إنتاج الأرز" فتتبع نهجاً مختلفاً بشكل لافت، إذ تزرع شتلات عمرها 8 أيام إلى 15 يوما منفردة، في كثير من الأحيان على نمط شبكة بتباعد بين النباتات يبلغ 25 x 25 سم. ولتأمين تربة رطبة لكن مهواة، تتبع الري المتقطع فترات جفاف تمتد من 3 إلى 6 أيام. وتُزال الأعشاب الطفيلية على فترات منتظمة، ويفضل استخدام السماد الحيواني والسماد الأخضر على الأسمدة المعدنية. وعندما تزهر النباتات، يحتفظ بالحقل تحت طبقة رقيقة من المياه إلى ما قبل 20 يوما من موسم الحصاد[6, 3].

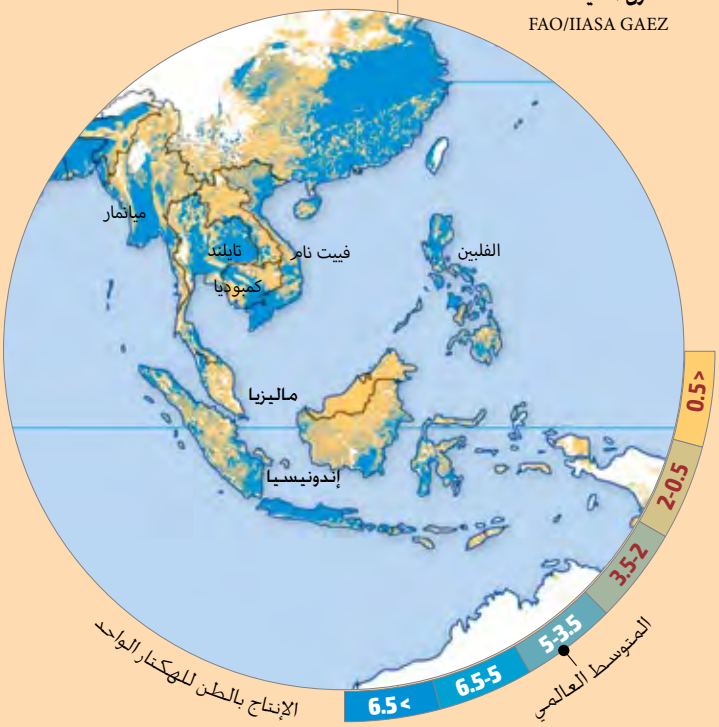
ومنذ أن طوّر نظام تكثيف إنتاج الأرز لأول مرة في مدغشقر في الثمانينات، أظهرت تجارب عديدة أن الغلات في هذا

كبر 5 منتجين للأرز، 2013
(بملايين الأطنان)

إندونيسيا	71.3
فييت نام	44.0
تايلند	38.8
ميانمار	28.0
الفلبين	18.4

المصدر: FAOSTAT

مناطق إنتاج الأرز في جنوب شرق آسيا
FAO/IIASA GAEZ



النظام تتجاوز غلات الأرز المروي التقليدي، بينما ينخفض استخدام المياه والبذور والأسمدة ومبيدات الحشرات[2]. كما تبين أن النظام حسّن الغلات بالمقارنة مع نظم الغمر بنسبة 40 في المائة في الهند[7] والعراق[8] وبما يقرب من 200 في المائة في غامبيا[9] |الشكل 3-2|. وفي تجارب مقارنة مع ممارسات محسّنة راهنة في الصين، زادت أساليب نظام تكثيف زراعة الأرز الغلات بأكثر من 10 في المائة[10]. واستهلكت زراعة الأرز وفقاً لنظام التكثيف قدراً أقل من المياه بنسبة تتراوح بين 25 إلى 47 في المائة مما تستهلكه نظم الغمر في الهند[11] والصين[12، 13]، كما أنها تتطلب كمية أقلّ من البذور بنسبة 10 إلى 20 في المائة من النظم التقليدية في نيبال[14].

أدخلت حكومات كمبوديا والصين وإندونيسيا وفييت نام – حيث ينتج معظم الأرز في العالم نظام تكثيف إنتاج الأرز في برامجها للأمن الغذائي الوطني واعتمد ملايين المزارعين هذا النظام[2]. ويفاد أن أكثر من مليون مزارع من فييت نام يطبقه، وأن متوسط دخلهم للهكتار الواحد زاد بمقدار 110 دولارات أمريكية، بفضل انخفاض تكاليف الإنتاج بنسبة 40 في المائة[15]. وقد استفاد المزارعون الذين تلقوا تدريباً في إدارة المغذيات في فييت نام من تحقيق دخل سنوي إضافي يصل إلى 78 دولاراً أمريكياً للهكتار[16].

وفي مقاطعة مورانغ في نيبال، ذكرت مجموعة من المزارعين أن نظام تكثيف إنتاج الأرز أدى في كثير من الأحيان إلى مضاعفة غلاتهم. وبالإضافة إلى ذلك، نضج محصولهم من الأرز في وقت أبكر بما يصل إلى أربعة أسابيع، ووفر المياه وخفض مخاطر فقدان المحاصيل وأتاح الأراضي لزراعة محاصيل أخرى[14]. وفي

الشكل 3-2 غلات الأرز المزروع بنظام الغمر المتواصل ونظام تكثيف الأرز (طن/هكتار)

المصدر: مقتبس من الجدول 3، الصفحة 84[7]؛ الجدول 9، الصفحة 127،[8]؛ الجدول 1، الصفحة 9[9]

منطقة تمبكتو في مالي، أنتج المزارعون الذين يستخدمون النظام ضعف ما ينتجه جيرانهم من الأرز للهكتار الواحد. وبما أن نظام تكثيف إنتاج الأرز يمكّن من حصاد المحصول في وقت أبكر يتراوح بين 10 إلى 15 يوما، تحوّل المزارعون من الأصناف المتدنية الغلة والقصيرة الدورة إلى أصناف متوسطة الدورة تنتج كميات أكبر من الحبوب[2].

ويمكن أن يساعد نظام تكثيف إنتاج الأرز على التغلب على العديد من المصاعب التي تواجه قطاع الأرز. فهو بتركيزه على مصادر عضوية لتغذية النباتات وعلى رفع كفاءة استخدام الأسمدة، يوفر نظام تكثيف إنتاج الأرز السبل لخفض التلوث البيئي الناجم عن فقدان النترات من الحقول[17]. ويمكن أن يتيح للمزارعين الاستمرار في زراعة الأرز في مناطق بعلية،

مثل شمال شرق تايلاند، التي تتأثر بالجفاف بصورة متزايدة، وفي المناطق الرئيسية لزراعة الأرز المروي في الصين وباكستان والهند، حيث يتوقع ألا تكون إمدادات المياه كافية لتلبية الطلب بحلول عام 2025[18].

كما يمكن أن يخفض هذا النظام خفضاً هائلاً انبعاثات الميثان من نظم الري[19]. ففي الوقت الحاضر، أكثر من 90 في المائة من الأرز في العالم يحصد من حقول مغمورة، ينبعث منها غاز ميثان يبلغ مجموعه حوالي 625 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً[20]. ويمكن أن تنخفض الانبعاثات بحوالي السدس من جميع حقول الأرز المغمورة باستمرار إذا ما صرّفت منها المياه مرة واحدة على الأقل خلال موسم النمو[21]. ووفقاً لنظام تكثيف إنتاج الأرز، يتم ذلك عدة مرات خلال موسم النمو[6].

ويبحث العلماء عن تفسيرات دقيقة لانخفاض

استخدام نظام تكثيف إنتاج الأرز للموارد وارتفاع إنتاجيته، كما أنهم ينظرون في الطرق التي يتبع بها المزارعون الخطوط التوجيهية[3].

ومن أهم ما يركز عليه نظام تكثيف إنتاج الأرز تحسين التربة. فالري المتقطع واستخدام السماد العضوي والمهاد الواقي يزيد أعداد البكتيريا المفيدة في التربة في منطقة الجذور زيادة كبيرة[22، 23]. وبما أن شتلات الأرز تزرع في هذا النظام منفردة في تربة صحية مهواة توفر مجالاً أكبر لاستيعاب الطاقة الشمسية، فإن ذلك يمكن النبتات من تطوير نظم جذور أكبر تؤدي إلى عدد أكبر من السويقات[24]. وقد تكون للنبتات سنابل أطول وحبوب أكثر في كل سنبلة ونسبة مئوية عالية من الحبوب الناضجة[7].

وقد يعود ارتفاع الغلات إلى زيادة توفر المغذيات وشروط الزرع الأفضل التي تعزز النمو الفسيولوجي للنبات[9]. وهناك تفسير أكثر عمومية هو أن نظام تكثيف إنتاج الأرز يستغل الإمكانات الوراثية لنبات الأرز استغلالاً كاملاً[2، 6]. غير أن استعراضاً أجري مؤخراً للتقارير عن الغلات العالية الناجمة عن استخدام النظام وجد أن هناك تنوعاً كبيراً في الممارسات يجعل من الصعب استخلاص استنتاجات عامة حول أثر استخدامه "كحزمة تكنولوجية منفردة"[3].

يمكن أن تقلل الابتكارات التقنية متطلبات اليد العاملة لنظام تكثيف الأرز

وبتركز كثير من النقاش حول الطلب المتزايد على اليد العاملة في هذا النظام. ففي غامبيا، بلغت تكاليف العمالة لزرع الشتلات ضعف إلى ثلاثة أضعاف

أكثر من 1 مليون مزارع من مزارعي الأرز في فيبيت نام يطبقون ممارسات نظام تكثيف الأرز

تكاليف العمالة في زراعة الأرز المغمور التقليدي[9]. ووجدت دراسة أجريت مؤخراً في الهند أن كلفة الإنتاج مرتفعة بسبب كثافة استخدام العمالة، وأنه لذلك "لم يكن بالفعل اقتصاديا"[25].

غير أن أنصار النظام يرون أنه يولّد فرص عمل. فقد وجد أن النظام في ولاية تاميل نادو (الهند)، هو الخيار الأكثر ملاءمة لتوظيف اليد العاملة للأسر التي تكون بخلاف ذلك عاطلة عن العمل أثناء الموسم الجاف[11].

ويمكن تخفيض متطلبات النظام من اليد العاملة بالابتكارات التقنية، مثل صواني الشتلات التي تُبسّط إعداد الشتلات وزرعها[9]. وهناك خيار آخر هو الاستعاضة عن زرع الشتلات تماما بنظام البذر المباشر، الذي أنتج في نيبال غلات أعلى بنسبة 50 في المائة من نظام زراعة الشتلات[14]. وفي مقاطعة سيتشوان في الصين، تجري زراعة الشتلات على أحواض مرتفعة دائمة غير محروثة تروى أثلامها تحت مهاد عضوي أو طبقة من البلاستيك[26].

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
تلال استوائية، بعلية

المحبوب الرئيسية الذرة

المحاصيل/المنتجات الأخرى
اللحوم، الحليب، الأخشاب، حطب الوقود، الفاكهة، البقوليات، الخضروات

3 • الذرة/الحراجة أمريكا الوسطى

ذرة أكثر وتآكل أقلّ للتربة على سفوح الجبال المدارية

طوّر المزارعون نظام إنتاج "اقطع وافرش" الذي يحافظ على الأشجار والشجيرات ويحفظ التربة والمياه ويضاعف غلات الذرة والفاصوليا، بل ويقاوم الأعاصير أيضا

أدى نظام "اقطع واحرق"، وهو نظام الزراعة المتبع تقليدياً للذرة والفاصوليا ومحاصيل غذائية أخرى في تلال جنوب غرب هندوراس شديدة الانحدار، إلى إزالة الغابات على نطاق واسع وإلى تدهور بيئي. فقد تخلى العديد من المزارعين عن ممارسة قديمة كانت متبعة هي ممارسة إراحة الحقول مدة كافية تتيح نمو الأشجار التي تستخدم كغطاء وتؤدي إلى تعافي التربة.

وبدون الأشجار التي تثبت التربة المستنزفة، ازداد تآكل التربة وانخفضت نوعية المياه، كما انخفض توفرها للمستخدمين النهائيين. ومع انخفاض الإنتاجية الزراعية، ارتفعت معدلات الفقر وسوء التغذية في المناطق الريفية[1، 2].

وإذ أدرك المزارعون في محافظة لمبيرا في هندوراس أن زراعة "اقطع واحرق" غير مستدامة، طوّروا نظاماً منخفض التكلفة

مناطق إنتاج الذرة في أمريكا الوسطى
FAO/IIASA GAEZ

أكبر 5 منتجين للذرة، 2013
(بملايين الأطنان)

المكسيك	22.66
غواتيمالا	1.73
السلفادور	0.87
هندوراس	0.60
نيكاراغوا	0.55

المصدر: FAOSTAT

ويحافظ على الموارد[1]. فبدلاً من إزالة الغابات وحرق الغطاء النباتي، اعتمدوا نهج "اقطع وافرش". فبدأوا بنثر بذور الذرة الرفيعة أو الفاصوليا في منطقة غابة ثانوية متجددة طبيعياً متطورة جيداً. وقاموا بعد الغرس بقص وتشذيب الأشجار والشجيرات انتقائياً وبنشر الأوراق والفروع الصغيرة على سطح التربة لإنشاء طبقة من المهاد الواقي. وتركوا أشجار الأخشاب والفاكهة وخشب الوقود ذات القيمة العالية لتنمو.[1، 2]

وحالما تحصد الذرة الرفيعة والفاصوليا، تزرع الذرة (لا تستخدم الذرة كمحصول "أول" لأن المهاد يبطئ ظهور الشتلات). ويواصل المزارعون تشذيب الأشجار لضمان حصول المحاصيل على ما يكفي من أشعة الشمس، بينما تستخدم الأوراق والفروع ومخلفات المحاصيل للحفاظ على غطاء تربة شبه دائم. ولا تحرث الأرض، كما لا تستخدم الأسمدة إلا فقط عند الحاجة إليها[2].

في أوائل التسعينات، بدأت منظمة الأغذية والزراعة العمل عن كثب مع مزارعين محليين ومجموعات مزارعين محلية لتطوير ونشر تلك الممارسات، التي أصبحت تعرف باسم "نظام كويزونغال Quezungual للقطع والفرش في الزراعة الحراجية"[1]. ومنذ ذلك الحين، اعتمد النظام أكثر من 6 000 مزارع من ذوي الدخل المنخفض في جنوب غرب هندوراس[2].

وتمكّن المزارعون باستخدام هذا النظام من مضاعفة إنتاجهم من الزراعة المتحوّلة – فقد ارتفعت غلة الذرة من 1.2 طن إلى 2.5 طن للهكتار، وغلة الفاصوليا من 325 إلى 800 كغم[1]. وحسّنت زيادة الإنتاجية الأمن الغذائي وأتاحت للمزارعين تخصيص مساحة في حقولهم لاستكشاف الخيارات المختلفة لإنتاج الغذاء. ويستخدم ما يقرب من نصف المزارعين الذين اعتمدوا النظام جزءاً من أراضيهم ودخلهم الإضافي لتنويع الإنتاج، أساسا في حدائق منزلية وفي تربية الماشية[2].

وقد احتضن المزارعون في هندوراس هذا النظام لأنه يقوم على ممارسات

اعتمد نظام اقطع وافرش أكثر من 6 000 مزارع من أصحاب الحيازات الصغيرة

باستخدام نظام اقطع وافرش في الزراعة الحرجية، زاد المزارعون غلات الفاصوليا من 325 كيلوغراماً إلى 800 كيلوغرام للهكتار

زراعية مألوفة للسكان الأصليين، وهو أكثر إنتاجية وأكثر ربحية من زراعة "اقطع واحرق" ويوفر العديد من المزايا الأخرى. فمن خلال الاحتفاظ برطوبة التربة والحيلولة دون التآكل، جعل النظام المزارع أكثر قدرة على التكيف والصمود في وجه الظواهر الجوية المتطرفة، مثل الجفاف في عام 1997 وإعصار ميتش في عام 1998. كذلك يقلل النظام الوقت اللازم لإعداد الأراضي والسيطرة على الأعشاب الطفيلية – وذلك أحد الاعتبارات الهامة في منطقة تشكّل فيها ندرة اليد العاملة عقبة رئيسية أمام تحسين الإنتاجية الزراعية.

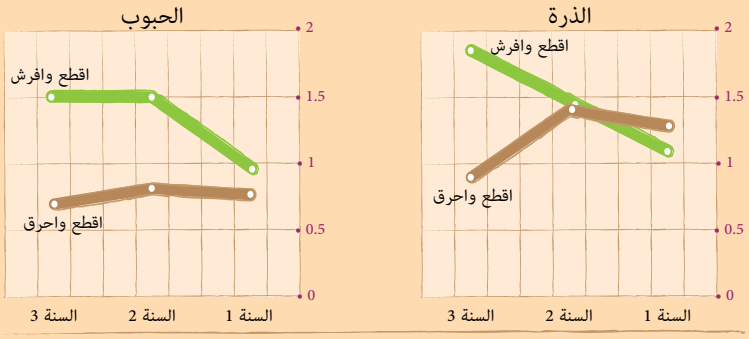
وتستفيد المجتمعات الريفية أيضا من تحسين نوعية المياه ومن زيادة توفرها خلال الموسم الجاف من نوفمبر/تشرين الثاني إلى أبريل/نيسان. وتلبي الأشجار في المزارع التي تنتهج هذا النظام حوالي 40 في المائة من احتياجات الأسر المعيشية من حطب الوقود[2].

ويعود نجاح النظام أيضاً إلى تشجيع المجتمعات المحلية والعاملين في مجال الإرشاد على تبادل الأفكار والتعلم بعضهم من بعض. وبفضل هذه العملية التشاركية، وصل أثر النظام إلى خارج حقول المزارعين. وما أن أصبح المزارعون أكثر إدراكا للمشاكل الناجمة عن إزالة الغابات، حظرت مؤسسات المجتمع المحلي استخدام نظام "اقطع واحرق"[2]

وفي عام 2005، نفّذ المركز الدولي للزراعة الاستوائية مشروعاً مدته أربع سنوات يرمي إلى تعزيز تطوير النظام وتحسين سبل عيش فقراء الريف. وسعى المركز إلى تحديد المبادئ الرئيسية لإدارة النظام، والفوائد الفيزيائية الحيوية التي تجعله قادراً على الصمود والتكيف، والعوامل الاجتماعية التي تؤدي إلى القبول به، والمناطق المنتجة للذرة الأخرى التي يمكنها اعتماده.

وفي أثناء إجراء تجارب على 15 قطعة أرض، برز الفرق بوضوح بين نظام "اقطع واحرق" و نظام "اقطع وافرش" بمقاييس الاستدامة والقدرة على الصمود. فدورة إنتاج نظام "اقطع وافرش" إذ تتيح حوالي 10 إلى 12 سنة من الزراعة السنوية للمحاصيل، تليها سبع سنوات من إراحة

الشكل 3-3 متوسط غلات الحبوب التي يحصل عليها عن طريق نظام "اقطع واحرق" ونظام "اقطع وافرش" في الزراعة الحراجية، سوموتيليو، نيكاراغوا (طن/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدول 3-4، الصفحة 48[2]

الأرض، بينما تبدأ غلات نظام "اقطع واحرق" في الانخفاض من السنة الثانية من زراعة المحاصيل (الشكل 3-3). وبتناقص محتوى النيتروجين في التربة المزروعة تبعاً لنظام "اقطع واحرق" بمرور الوقت، لكنها تزيد زيادة هامة في القطع المزروعة تبعاً لنظام "اقطع وافرش". كذلك وجد المركز الدولي للزراعة الاستوائية، بقياس انبعاثات غاز الميثان وأكسيد النيتروز ومخزونات الكربون المحتبس في التربة والأشجار، أن المساهمة المحتملة لنظام 'اقطع وافرش' في الاحترار العالمي لا تتعدى ربع المساهمة المحتملة لنظام "اقطع واحرق"[2].

وقد انتشر نظام إنتاج الذرة هذا إلى مناطق أخرى من هندوراس والسلفادور وغواتيمالا ونيكاراغوا، وفي كثير من الأحيان كيّف المزارعون ممارساته الأساسية – التشذيب التدريجي والغطاء الدائم للتربة وتقليل تكدير التربة إلى الحد الأدنى وكفاءة استخدام الأسمدة المعدنية – مع الظروف المحلية[3].

وفي تجارب أجريت في غواتيمالا، ارتفعت غلة الذرة من 11 إلى 25 في المائة في التربة المخصبة بنواتج تشذيب أشجار *Gliricidia sepium*. وبلغت نسبة اعتماد هذه الممارسة 88 في المائة في المناطق التي شجّع فيها استخدام هذا النظام[2].

وفي نيكاراغوا، حيث تعلّم المزارعون عن نظام "اقطع وافرش" من مزارعين زائرين من هندوراس، كانت غلات الذرة في المواقع التي تم التحقق من تطبيقها لهذا النظام أكثر من ضعف غلات مواقع "اقطع واحرق" وازدادت الربحية بنسبة 83 في المائة. ونتيجة لذلك وبحلول عام 2010، اعتمد أكثر من نصف المزارعين في أحد المجتمعات المحلية في نيكاراغوا نظام "اقطع وافرش". ويقوم معهد نيكارغوا للتكنولوجيا الزراعية بالترويج لهذا النظام[4].

ينظر إلى نظام اقطع وافرش في الزراعة الحراجية كبديل للزراعة القائمة على "اقطع واحرق" في التلال شبه الرطبة في المناطق المدارية[3]. ويقدر أنه في 18 بلدا في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية، يبلغ احتمال إيجاد ظروف مشابهة في مواقع يمكن فيها اختبار النظام 50 في المائة، ويقع أكبر هذه المناطق في البرازيل والسلفادور وجمهورية الكونغو الديمقراطية[4].

ينظر إلى النظام بوصفه مناسباً لمناطق التلال شبه الرطبة عبر المناطق الاستوائية

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
بعلية معتدلة شبه استوائية ومروية
المحبوب الرئيسية القمح
المحاصيل الأخرى
الحبوب والأعلاف البقولية

4 • القمح/البقول في أنحاء العالم

المنافع الإضافية من زراعة البقول قبل القمح

يزرع المزارعون البقول لتحسين صحة التربة وتوفير مصدر طبيعي للنيتروجين الذي يعزز غلات القمح. وهناك حاجة إلى الزراعة المحافظة على الموارد لتحقيق المنافع الكاملة من تناوب زراعة القمح والبقول

يمكن أن تشكّل زراعة البقول استثماراً جيدا جداً بحد ذاتها. وبما أن بقول الحبوب والعلف تستمد 70 إلى 80 في المائة من النيتروجين من الغلاف الجوي بتثبيت النيتروجين البيولوجي في عقيداتها الجذرية، فإنها عموماً لا تحتاج إلى أسمدة نيتروجينية لتحقيق الإنتاج الأمثل[1]. وتحتوي بقول الحبوب على نسبة عالية من البروتينات والألياف الغذائية والفيتامينات والمعادن ومضادات الأكسدة والاستروجين النباتي[2] ويمكن أن تباع لتوليد الدخل.

أما البقول العلفية كالبرسيم فيمكن استخدامها في المزارع غذاءً للحيوانات.

وعندما تزرع البقول قبل القمح، فإنها تنتج منفعة هامة أخرى – يقلل النيتروجين الموجود في مخلفات البقول الحاجة إلى استخدام الأسمدة النيتروجينية لمحصول القمح[3]. ويقدّر أن حوالي 190 مليون هكتار من بقول الحبوب تساهم بحوالي 5 إلى 7 ملايين طن من النيتروجين في التربة[4]. وبفضل "التسميد الطبيعي"، تنتج زراعة القمح بعد البقول غلات ذات محتوى أعلى من البروتين مما في حالة القمح الذي يزرع بعد محصول قمح آخر[5].

وقد أدرك مزارعو القمح في غرب آسيا وشمال أفريقيا منذ ألفي عام أن تناوب القمح والبقول يؤدي إلى ارتفاع الإنتاجية. ويشمل التناوب القائم على زراعة القمح البعلي البقول الحبية والحمص والعدس والفول البقول العلفية كالكرسنة والبرسيم وأنواع الفصة *Medicago* [6–8].

واختيار نوع البقول المناسب لنظام محدد لزراعة القمح أمر بالغ الأهمية، ذلك أن أنواع وأصناف البقول المختلفة التي تنمو في الموقع نفسه يمكن أن تختلف اختلافاً كبيرا في إنتاج المادة الجافة وفي تثبيت ومراكمة النيتروجين وفي

مناطق إنتاج القمح والبقول* في أوروبا الغربية
FAO/IIASA GAEZ

* تشمل الفاصوليا، الحمص، اللوبيا، البازلاء الجافة، البسلة الهندية

أكبر 5 منتجين للقمح، 2013
(بملايين الأطنان)

فرنسا	38.61
ألمانيا	25.01
المملكة المتحدة	11.92
بلجيكا	1.80
لتمسا	1.59

المصدر: FAOSTAT

نوعية المخلفات. وتختلف قيم النيتروجين المترسب من بقول الحبوب اختلافاً كبيراً، لكنها قد تغطي ما بين 20 و40 في المائة من احتياجات القمح للنيتروجين[3]. وفي حين تضيف بقول الحبوب إلى التربة ما بين 30 و40 كغم من النيتروجين للهكتار، إلاّ أن البقول التي تزرع كمحصول سماد أخضر أو كعلف للمواشي تراكم النيتروجين بوتيرة أسرع بكثير، ويمكن أن تثبت ما يصل إلى 300 كغم من النيتروجين للهكتار[9].

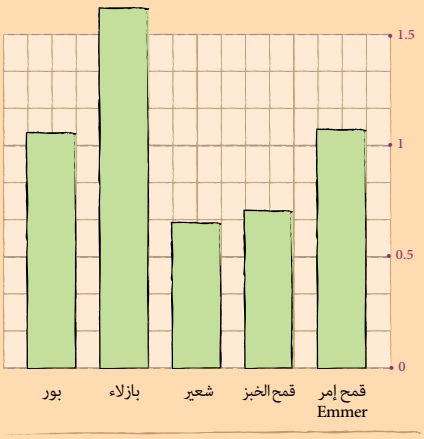
وتعزز البقول امتصاص القمح لمغذيات أخرى. إذ تميل نظم جذور للقمح الذي يزرع بعد البقول إلى أن تكون أكثر صحية منها في زراعة القمح بعد محصول قمح ما يجعلها قادرة على استخدام المغذيات المتوفرة الأخرى استخداماً أفضل. وتفرز جذور الحمص والبسلة الهندية أحماضاً عضوية تمكن من حشد أشكال من فوسفور التربة ثابتة وتوفيرها بسهولة أكبر[5].

وتطلق البقول أيضاً غاز الهيدروجين في التربة، بمعدلات تصل إلى 5 000 لتر للهكتار يومياً. وتؤكسد الهيدروجين، وهو منتج ثانوي ناجم عن تثبيت النيتروجين، ميكروبات التربة المحيطة بنظام جذور النبات، ما يؤدي إلى تغييرات في بيولوجيا التربة تحسّن نمو نبات القمح[1،5]. وتساعد البقول ذات الجذور العميقة، كالبسلة الهندية ولوبيا اللبلاب والفاصوليا المخملية، على بناء بنية التربة والمسامات الحيوية التي تحسّن الصرف والتهوية[10].

والقمح المزروع في الخريف متبوعاً بإراحة الأرض في الصيف هو نظام الإنتاج السائد في المناطق الجافة. ففي منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، في العادة، تترك الحقول بوراً بسبب الافتقار إلى الرطوبة الكافية للمحافظة على إنتاج محاصيل صيفية بعلية موثوقة. غير أن تطوير أصناف بقول مبكرة النضج، يمكّن

الشكل 3-4 غلات قمح الخبز مزروعاً كمحصول ثان يلي سلائف منتقاة، منطقة باله، إثيوبيا

(طن/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدول 4، الصفحة 140[17]

المزارعين من أن يستبدلوا فترات الإراحة الطويلة بزراعة محاصيل بقول، ما يتيح استخداماً للأراضي أكثر إنتاجية[11،12]. ولا تساعد زراعة بقول الأغذية في فصل الصيف على تحسين خصوبة التربة وكفاءة استخدام المياه فحسب، بل تعزز أيضاً غلات محصول القمح اللاحقة[13].

وتزرع البقول في مرتفعات إثيوبيا بالتناوب مع الحبوب أو كمحاصيل بينية لتخفيف مخاطر الجفاف وتحسين خصوبة التربة[14–16]. وفي منطقة باله، تتجاوز غلات القمح بعد زراعة البسلة الحقلية إلى حد كبير الغلات الناتجة عن تناوب القمح مع القمح، أو مع الشعير (الشكل 3-4)[17]. وقد أدى نظام تناوب الفول مع القمح إلى زيادة غلات القمح بما يصل إلى 77 في المائة مع تقليل الحاجة إلى أسمدة نيتروجينية[18]. وأظهر تناوب زراعة الحبوب مع البقول في جمهورية إيران الإسلامية أنه أكثر إنتاجية وأكثر ربحية من زراعة القمح وحده[19].

بعد محصول البازلاء، تتحسّن غلات القمح تحسناً ملحوظا

فول الصويا المزروع في حقول القمح الدائم أكثر إنتاجية

يحفظ بذر بذور القمح بالمثقاب عبر مخلفات البقول بنية التربة والرطوبة والمغذيات

إدارة البقول لتحقيق نتائج تعود بالمنفعة على الجميع – تحقيق إنتاج مربح من البقول وأقصى قدر من المنافع لمحصول القمح اللاحق أمر معقد بالنسبة إلى كثير من المزارعين. فزراعة البقول تعتبر عموماً أكثر مخاطرة من زراعة القمح أو الحبوب الأخرى. ويعود ذلك جزئيا إلى أن البقول تكون في كثير من الأحيان أكثر عرضة للإجهادات الأحيائية واللاأحائية، التي يمكن أن تقلل الغلات والكتلة الأحيائية النباتية. فإذا عجزت البقول عن إنتاج كتلة حيوية تكفي لإنتاج غلة أفضل وأيضاً ترك ترسبات من النيتروجين في مخلفات القش والجذور، يفقد أصحاب الحيازات الصغيرة الدخل في موسم زراعة واحد دون التعويض في الموسم المقبل. وبالإضافة إلى ذلك، أسعار بقول الحبوب أكثر تقلباً في كثير من الأحيان من أسعار الحبوب.

ولا يزيل بعض محاصيل البقول بسبب قصر موسم نموه من مياه التربة قدر ما يزيل محصول القمح، فيترك لمحصول القمح اللاحق مقداراً من الرطوبة أكبر، غير أن هذه الرطوبة يمكن أن تُفقد بسهولة إذا ما جرى رعي مخلفات البقول بكثافة كبيرة أو أزيلت لأغراض أخرى. ولذا يوصى بترك المخلفات كغطاء سطحي وأن يبذر القمح بالمثقاب كي لا يحدث تكدير للتربة إلاّ بالحدّ الأدنى[5].

وينصح المزارعون لإدارة المخاطر بزراعة البقول فقط عندما تكون هناك رطوبة كافية مخزنة في تركيبة التربة أو تكون متوفرة بالري. وفي حين يعزز الزرع المبكر إنتاج الكتلة الأحيائية وتثبيت النيتروجين، فإنه قد يزيد أيضاً التعرض للممرضات. ولتحقيق المنافع الكاملة من تناوب القمح والبقول ينبغي الاحتفاظ بالمخلفات على سطح التربة وزرع البقول ومحاصيل القمح دون حرث للحفاظ على بنية التربة ومياهها والمغذيات فيها.

5 • الذرة/الماشية أمريكا اللاتينية

"مضخات المغذيات" تطعم الماشية وتغذي الذرة

زاد عشب *البراكياريا*، وهو من أعشاب أفريقيا الاستوائية الأصلية، إنتاجية الثروة الحيوانية في أمريكا اللاتينية زيادة كبيرة. ويدمج المزارعون البرازيليون الآن هذا العشب في نظام البذر المباشر لزراعة الذرة ليحل محل الزراعة الأحادية لفول الصويا

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
السافانا الاستوائية

الحبوب الرئيسية الذرة

المحاصيل/المنتجات الأخرى
اللحوم، الحليب، العلف، الأرز، الدخن، والذرة الرفيعة

يتسم إنتاج الثروة الحيوانية بأهمية خاصة في نظم زراعة الحيازات الزراعية الصغيرة على مراعي السافانا في أمريكا اللاتينية. غير أن الإنتاج لكل وحدة من الحيوانات في المناطق الاستوائية أقل بكثير منه في المناطق المعتدلة. والعائق الرئيسي هو كمية العلف ونوعيته، وهو مصدر تغذية رئيسي في نظم الحيوانات المجترة. وتساهم في انخفاض الإنتاجية الممارسات الزراعية التي تستنزف مغذيات التربة والإفراط في الرعي والافتقار إلى أنواع الأعلاف التي تتكيف على نحو أفضل مع الإجهادات الأحيائية واللاأحيائية. وسيساعد تحسين نوعية وإنتاجية أعلاف المراعي على زيادة إنتاج اللحوم والحليب[1].

وقد اعتمد العديد من مربي المواشي في أمريكا اللاتينية نظام الإنتاج الحيواني المستدام الذي يدمج الأعلاف مع الحبوب. ويشكّل عشب *البراكياريا*، وهو من أعشاب أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى الأصلية ينمو جيداً في التربة الفقيرة ويتحمل الرعي الجائر ويخلو نسبياً من الآفات والأمراض، عنصراً أساسياً في هذا النظام.

وعشب *براكياريا* بفضل جذوره القوية فعال جداً في استعادة بنية التربة ويساعد على الحيلولة دون تراص التربة الذي يقلل تسرب مياه الأمطار ويعيق نمو الجذور. ولديه أيضاً القدرة على تحويل ترسبات فوسفور التربة إلى أشكال عضوية وتوفيرها لمحصول الذرة الذي يزرع في وقت لاحق[2].

وقد حدد المركز الدولي للزراعة الاستوائية سمة لعشب *براكياريا* خاصة أخرى وهي آلية كيمائية موجودة في جذور نوع واحد من أنواع *البراكياريا* تحول دون انبعاثات أكسيد

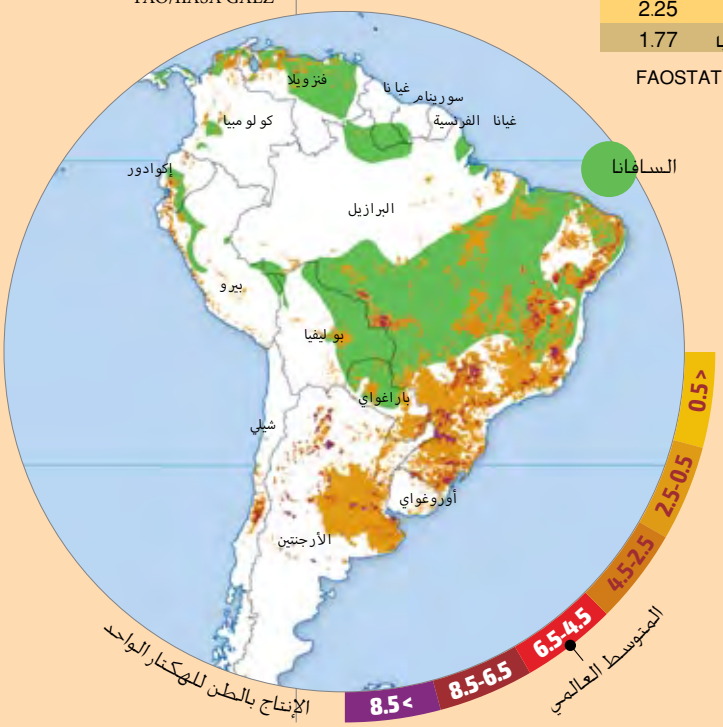
أكبر 5 منتجين للذرة، 2013
(بملايين الأطنان)

البرازيل	80.54
الأرجنتين	32.12
باراغواي	4.12
فنزويلا	2.25
كولومبيا	1.77

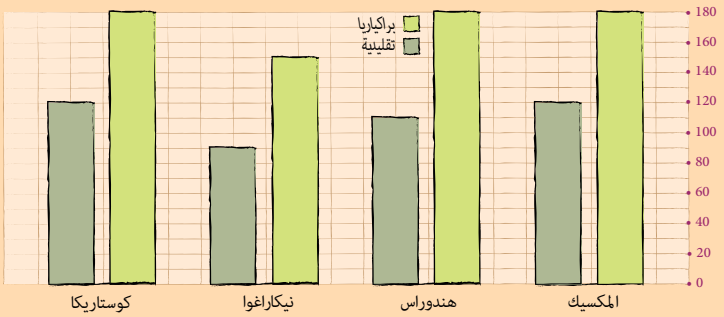
المصدر: FAOSTAT

مناطق إنتاج الذرة في أمريكا الجنوبية

FAO/IIASA GAEZ



الشكل 3-5 مستويات إنتاجية لحوم البقر في مراع تقليدية ومراع مزروعة بأعشاب *براكياريا* (كغم/هكتار/في السنة)



المصدر: مقتبس من الجدول 1[5]

تصبح الأرض بعد الزراعة الأحادية المكثفة لفول الصويا متراصة وعرضه للتآكل

النيتروز من التربة الذي يستمد أساسا من الأسمدة المعدنية، وهو أحد أقوى غازات الاحترار الذي يسبب تغير المناخ [3].

ويزرع عشب *البراكياريا* المتعدد الاستعمالات الآن في ما يقدر بنحو 80 مليون هكتار من الأراضي في أمريكا اللاتينية[4]. وفي حين أدى تكيّفه للتربة المنخفضة الخصوبة إلى استعماله على نطاق واسع في المراعي المنخفضة المدخلات، فإنه أيضاً مناسب للمراعي المدارة إدارة مكثفة[1].

وإنتاجية الحيوانات التي تتغذى على مراعي *براكياريا* في المكسيك وأمريكا الوسطى أعلى بنسبة 60 في المائة من إنتاج الحيوانات التي تتغذى على نباتات المنطقة الأصيلة |الشكل 3-5|. وقد قدرت قيمة الإنتاج الإضافي بمليار دولار أمريكي في السنة[5]. وفي البرازيل، قدرت المنافع الاقتصادية السنوية بنحو 4 مليارات دولار أمريكي[6].

يتزايد تناوب المحاصيل السنوية مع المراعي في منطقة سيرادوس الإيكولوجية في البرازيل، حيث قطعان الأبقار مصدر رئيسي لدخل العديد من المزارعين. فقد أدت ممارسات الإدارة الرديئة للقطعان والرعي المفرط وعدم الاستبدال الكافي لمغذيات التربة إلى تدني الإنتاجية وانخفاض الربحية في نظم الإنتاج الحيواني التقليدية[1، 7، 8].

وحيث استبدلت النظم الإيكولوجية الطبيعية بالزراعة الأحادية المكثفة لفول الصويا أصبحت التربة في جزء كبير منها متراصة وعرضة للتآكل بفعل هطول الأمطار الغزيرة. وفي تلك الظروف، ثبت أن التقنيات التقليدية لمكافحة تآكل التربة مثل زراعة الكفاف غير فعالة[9].

استجابة لذلك، اعتمد العديد من المزارعين نظم عدم الحرث التي تزيد غطاء التربة وتجلب منافع بيئية أخرى. ففي أوائل التسعينات، في منطقة سيرادوس، كانت المساحة التي لا تحرث أقل من 10 في المائة، فأصبحت بحلول عام 1996 تشكل 33 في المائة، وإذا ما أضيف توسع المناطق المحصودة، يكون إجمالي المساحة التي لا تحرث في منطقة سيرادوس قد زاد 17 مرة[10].

ويُقدّر أن حوالي 50 في المائة من إجمالي المناطق المزروعة بمحاصيل في البرازيل يتبع نظم الزراعة القائمة على المهاد والبذر المباشر، وهذه النظم تدعم عادة زراعة ثلاثة محاصيل في السنة، جميعها بالبذر المباشر المستمر[11]. وفي منطقة سيرادوس، يزرع أكثر من 4 ملايين هكتار باستخدام نظم الزراعة القائمة على المهاد والبذر المباشر، التي حلت محل الزراعة الأحادية لفول الصويا القائمة على الحرث وغير الفعالة، والتتالي النموذجي هو زراعة الذرة (أو الأرز)، ثم نوع آخر من الحبوب مثل الدخن أو الذرة الرفيعة أو عشب *Eleusine*. وفي الوقت نفسه تزرع بينياً أنواع علف مثل *البراكياريا*[11، 12].

وتعمل الأعلاف بمثابة 'مضخات مغذيات'، إذ تنتج كميات كبيرة من الكتلة الحيوية في موسم الجفاف يمكن أن تُرعى أو تستخدم سماداً أخضر. ويؤدي الجمع بين الذرة وعشب *البراكياريا* في نهاية موسم الأمطار إلى امتصاص مياه التربة على

عشب براكيارا يصلح بنية التربة ويساعد على منع الارتصاص

عمق يزيد عن مترين، ويعزز التمثيل الضوئي النشط في وقت لاحق خلال الموسم الجاف. وتنجم عن ذلك استعادة الغطاء النباتي بعد الأمطار الأولى في الموسم التالي أو بعد سقوط الأمطار أثناء موسم الجفاف، ما يضمن توفير غطاء دائم للتربة[13].

لأن عشب *البراكيارا* يشكل علفاً ممتازاً، يمكن للمزارعين أن يختاروا تحويل المنطقة إلى مراعٍ أو حفظها لإنتاج الحبوب لعام آخر. وتوجد هذه النظم في المناطق التي تخضع للري وفي المناطق الرطبة ذات الأمطار الغزيرة المتكررة التي تعيد تغذية احتياطيات المياه العميقة. وتبلغ متوسطات إجمالي الإنتاج السنوي للمادة الجافة، فوق التربة وأسفلها، في أفضل النظم القائمة على المهاد والبذر المباشر حوالي 30 طناً للهكتار مقارنة بـ 4 إلى 8 أطنان في المناطق الخاضعة لنظام الزراعة الأحادية[14].

وللتقليل من تنافس المحاصيل، طوّرت نظم مبتكرة للزراعة البينية للمحاصيل. ففي نظام سانتا في "Santa Fé" لزراعة الذرة وعشب *البراكيارا*، الذي طور في البرازيل، يترك العشب لينبت بعد محصول الذرة، إما بتأخير زراعته أو غرسه على مستوى أعمق. وتظلل الذرة نبات *البراكيارا* الصغير الذي لا ينافس الحبوب. ولكن عند حصاد الذرة، ينخفض التظليل وينمو المرعى بسرعة كبيرة على مخلفات الذرة[15].

ويؤدي هذا التكامل الوثيق بين محاصيل العلف ومحاصيل الحبوب إلى استخدام أفضل لإجمالي منطقة الزراعة واستخدام أكثر كثافة للمراعي، مقترناً بتدني تدهورها. ويجري اختبار لنظم مهاد وبذر مباشر مشابهة في أجزاء أخرى من العالم، بما في ذلك أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى[11].

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
موسمية شبه استوائية ومروية

المحبوب الرئيسية الأرز والقمح

المحاصيل الأخرى
الذرة، البطاطا، قصب السكر، القطن، البقوليات

6 • الأرز/القمح سهول نهر الجانج في الهند

الزراعة المحافظة على الموارد مفتاح الأمن الغذائي

تنتج تقنيات الزراعة المحافظة على الموارد غلات قمح عالية في حين تخفض التكاليف التي يتكبدها المزارعون بنسبة 20 في المائة. ومن شأن التحول إلى زراعة الأرز زراعة محافظة على الموارد أن يحدث تآزرات إيجابية في إنتاج المحصولين كليهما

تمتد السهول المحيطة بنهر الجانج 2.25 مليون كيلومتر مربع عبر جنوب آسيا، من بنغلاديش مروراً بالهند ونيبال إلى باكستان، وهذه السهول هي وعاء أرز وسلة غذاء 1.8 مليار نسمة[1، 2]. فعلى مدى السنوات الثلاثين الماضية وبفضل الثورة الخضراء وتحسين الأصناف وحزم التكنولوجيا، طوّر المزارعون هناك نظام تناوب للمحاصيل ينتج الأرز خلال موسم الأمطار الصيفية والقمح خلال فصل الشتاء القصير. ويطبق اليوم نظام زراعة الأرز والقمح على حوالي 13.5 مليون هكتار وينتج سنوياً نحو 80 مليون طن من الأرز و70 مليون طن من القمح[3، 4].

أكبر 5 منتجين للأرز والقمح، 2013
(بملايين الأطنان)

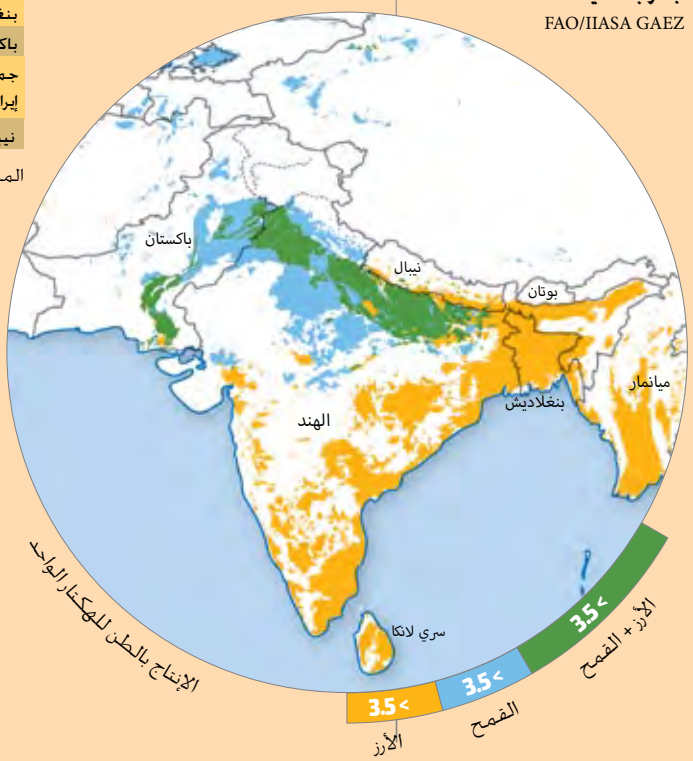
الهند	252.71
بنغلاديش	52.76
باكستان	34.03
جمهورية إيران الإسلامية	16.54
نيبال	6.23

المصدر: FAOSTAT

وفي الجزء الأكثر إنتاجاً من السهول – وهي ولايات البنجاب وهاريانا وغرب أوتار براديش في شمال غرب الهند – أتاح التوسع في مناطق زراعة الأرز والقمح وأتاحت زيادة الغلات 3 في المائة سنوياً زيادة إنتاج الهند من القمح من 20 مليون طن في عام 1970 إلى 65 مليون طن بحلول عام 1995. ولكن في ذلك الوقت تقريباً، بدأت إنتاجية الأرز والقمح بالركود، وانخفضت الغلات ما بين 30 و70 في المائة دون مستوى إمكاناتها. وعزي الانخفاض إلى "إجهاد التربة" الناجم عن عقود من الزراعة المكثفة، والانخفاض المستمر في كفاءة استخدام المدخلات، ونضوب المياه الجوفية، وارتفاع درجات الحرارة[5، 6].

واستجابة لذلك، أطلق اتحاد الأرز – القمح، وهو مبادرة بيئية إقليمية تضم نظم البحوث الزراعية الوطنية والجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية، في عام 1995 جهداً متضافراً لترويج

مناطق إنتاج الأرز والقمح في جنوب آسيا
FAO/IIASA GAEZ



نظام الأرز والقمح في سهول الجانغ الهندية ينتج 150 مليون طن من الحبوب في السنة

تكنولوجيات المحافظة على الموارد لإنتاج الحبوب. وشملت التكنولوجيات عدم الحرث وتمهيد الأرض باستخدام الليزر والاحتفاظ بمخلفات المحاصيل وزراعة الأحواض الدائمة والزرع الجاف للبذور والزرع السطحي للقمح[3].

وفي الهند وباكستان، تزايد بسرعة مطردة معدل اعتماد العديد من تلك التكنولوجيات[1، 5]. ففي ولاية هاريانا مثلاً، زادت مساحة المنطقة المزروعة بالقمح دون حراثة بين عامي 1997 و 2002 من لا شيء إلى 300 000 هكتار. وفي الهند ككل، طبقت في عام 2005 ممارسة عدم الحرث أو الحرث القليل على ما يقدر بنحو 1.6 مليون هكتار[7].

القيد الرئيسي على إنتاجية القمح، في السهول الشرقية، هو الزرع المتأخر، إذ يبدأ غرس شتلات الأرز في يوليو/تموز، لكنه يستمر في كثير من الأحيان حتى أواخر أغسطس/آب نظراً لعدم التيقن من هطول الأمطار والتكلفة العالية لضخ المياه الجوفية ونقص اليد العاملة. وتؤدي هذه التأخيرات إلى حصاد متأخر، ويؤجل ذلك بدوره زراعة محصول القمح الذي يليه كثيراً عن الوقت الأمثل لزراعته. ويخسر المزارعون وقتاً ثميناً أيضا بسبب ممارسة الحرث التام لحقول الأرز المحصودة التي ترصّ في أحيان كثيرة بالتَوَحُّل المتكرر وثقل الحاصدات الدارسات[1، 6].

وفي العديد من المناطق، قُدّمت أوقات زراعة القمح عن طريق البذر المباشر – إذ تبذر البذور بعد حصاد الأرز دون حرث مسبق[6، 8]. وتنثر البذور والأسمدة على تباعد وعمق في التربة مناسبين، ويقلل إلى أدنى حد تكدير التربة، باستخدام مثاقب بذر مصنوعة محلية محمولة على جرارات[1].

ويساهم عدم الحرث في زيادة غلات القمح من 6 إلى 10 في المائة، لأنه يتيح بذر البذور في الوقت المناسب، ويحسّن

سهول الجانج الهندية التي تمتد بموازاة جبال الهيمالايا هي سلة الخبز ووعاء الأرز لـ 1.8 مليار نسمة

استقامة المحصول، ويحقق وفورات كبيرة في عمليات الجرارات والوقت والوقود (الشكل 3-6)[9]. ويوفر المزارعون أيضاً ما مقداره 50 إلى 70 دولاراً أمريكياً للهكتار من تكلفة المياه[6, 10]. وفي بعض المناطق، ارتفعت إنتاجية المياه بنسبة 65 في المائة بالمقارنة مع الممارسات التقليدية[2].

وتتحسّن إنتاجية المياه حتى أكثر عندما يزرع القمح على أحواض مرتفعة غير محروثة[6]. ويوفر ري الأثلام بالتناوب بين الأحواض المياه ويتيح أيضا استخدام مياه أكثر ملوحة – إذ يتراكم الملح على جانبي الأثلام الجافة وتظل منطقة الجذر خالية نسبيا من الملح[11]. وتشمل المزايا الأخرى لزراعة القمح على أحواض مرتفعة خفض تشبع التربة بالمياه وخفض معدلات البذور وإتاحة مجال أكبر لوضع الأسمدة بدقة والتعشيب الميكانيكي والزراعة المتداخلة للمحاصيل ومناوبة زرع اللوبيا الذهبية[12].

وقد خفض اعتماد ممارسة عدم الحرث في إنتاج القمح في سهول الجانج الغربية التكاليف التي يتكبدها المزارعون للهكتار الواحد بنسبة 20 في المائة وارتفع صافي الدخل بنسبة 28 في المائة، في حين انخفضت انبعاثات غازات الدفيئة[13].

وفي السهول الشرقية، حيث تصريف المياه رديء، يقوم بعض المزارعين الآن بزراعة بذور القمح المنقوعة مسبقاً بالمياه بنثرها أو بواسطة أسطوانة دون حراثة. و"البذر السطحي" هذا تكنولوجيا منخفضة التكلفة مناسبة خاصة للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة الذين يفتقرون إلى الموارد اللازمة لإعداد الأرض؛ إذ تتيح لهم زراعة القمح في حقول كانت بخلاف ذلك ستبقى بورا[6, 11]. ورغم أن غلات القمح ليست أعلى من الغلات الناتجة عن نثر بذور القمح على أرض محروثة بالطرق التقليدية، إلا أن هناك مكاسب في الدخل بفضل توفير تكاليف الحرث[14].

البذر الجاف للأرز يقلل استخدام المياه وتكاليف الطاقة ومتطلبات اليد العاملة

بالنسبة إلى الأرز، شجع اتحاد الأرز-القمح استبدال الأصناف الطويلة الموسم بأصناف قصيرة الموسم والبذر الجاف المباشر، الذي يؤدي، بإلغاء الحاجة إلى زرع الشتلات، إلى تقليل استخدام المياه وتكاليف الطاقة ومتطلبات اليد العاملة. وتعدّ الحقول تبعاً لنظام البذر الجاف في يونيو/حزيران ويزرع محصول الأرز القصير الموسم بعد الري لتثبيته قبل بداية الرياح الموسمية في يوليو/تموز[6].

وأثناء نمو المحاصيل، يشجع اتباع نهج مختلفة لمساعدة المزارعين على زيادة إنتاج الأرز بنفس الكمية من المياه أو استخدام كميات أقل من المياه دون خفض الغلات. أحد هذه النهج هو التناوب بين الترطيب والتجفيف، إذ يغمر حقل الأرز، ثم تجفف المياه، قبل غمرها مجددا. ونهج آخر وهو الأرز الهوائي، حيث تزرع البذور مباشرة في التربة الجافة ثم تُروى. ويؤدي النهجان كلاهما إلى تحقيق وفورات مياه تتراوح من 30 إلى 50 في المائة[6]. كما أن الزراعة في أحواض مرتفعة تنتج أيضا غلات من الأرز أعلى بكثير[12].

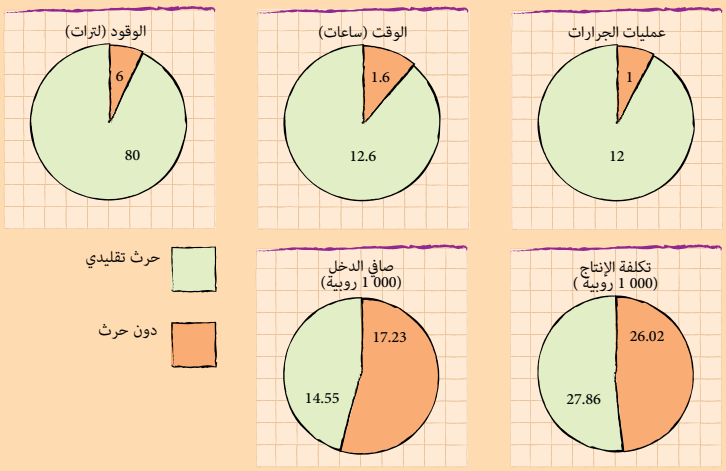
وأدخلت على سهول الجانج تكنولوجيا أخرى محافظة على الموارد هي تسوية الأرض باستخدام الليزر. فكثير من أسطح الحقول غير مستوية، ما يؤدي إلى هدر المياه وإلى إنبات دون المستوى الأمثل وإلى تدني المحاصيل. وكان المزارعون يقومون تقليدياً بتسوية حقولهم باستخدام كاشطات وألواح خشبية. أما الآن فتقوم الجرارات الموجهة بأشعة الليزر والتي يشغّلها مقاولون من القطاع الخاص بتسوية أكثر دقة للحقول وبأسعار ميسورة يمكن أن يتحملها المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة. وقد وجدت دراسات حديثة العهد في شمال غرب الهند أن التكنولوجيا الآن أكثر كفاءة بكثير من التسوية التقليدية، وتخفض استخدام المياه بما يصل إلى 40 في المائة، وتحسّن كفاءة استخدام الأسمدة، وتعزز غلات الأرز والقمح من 5 إلى 10 في المائة. وهي مربحة بقدر متساو في جميع أحجام المزارع [1، 14–16].

أدخل المزارعون أيضاً تناوبات محاصيل جديدة

تعطّل دورات حياة آفات الحشرات والأعشاب الطفيلية وتعزز صحة التربة. ويناوب المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة في مقاطعة البنجاب الباكستانية زراعة الأرز

الشكل 3-6 اقتصاديات نظامي عدم الحرث والحرث التقليدي في إنتاج القمح.

هاريانا، الهند (لكل هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدولين 1 و 2، الصفحة 93[9]

مع نفل البرسيم، وهو علف يحسّن خصوبة التربة ويسيطر على الأعشاب الطفيلية التي قد تصيب بخلاف ذلك محاصيل الحبوب التي ستزرع لاحقا[17]. وفي السهول الشرقية، حيث تظل الحقول عموماً بوراً مدة 80 يوما بعد حصاد القمح، ينتج محصول اللوبيا الذهبية الصيفي المزروع على أرض غير محروثة 1.45 طن للهكتار، تبلغ قيمتها 745 دولاراً أمريكياً. كما تضيف اللوبيا الذهبية النيتروجين إلى التربة بتثبيت النيتروجين الحيوي[14].

ولتخفيض الهدر في استخدام الأسمدة، شجّع اتحاد الأرز- القمح إدارة النيتروجين القائمة على الاحتياجات بإدخال رسم بياني للون الأوراق يشير إلى أنسب وقت للتسميد. وقد صممت المخططات في الأصل للأرز، لكن المزارعين قاموا بتكييفها للقمح[18]. وقد خفّض المزارعون باستخدام هذه الرسوم البيانية استعمالات الأسمدة بما يصل إلى 25 في المائة دون أن تنخفض الغلة[1].

ووجدت مسوح أجريت في قرى السهول

يوفر المقاولون من القطاع الخاص تسوية الأرض باستخدام الليزر بأسعار متيسرة للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة

في عام 2009 أن ثلث الأسر المعيشية الزراعية اعتمدت تكنولوجيا واحدة على الأقل من تكنولوجيات المحافظة على الموارد، وكانت أعلى معدلات الاعتماد – تقريبا 50 في المائة – في الشمال الغربي. وقد تعرّف المزارعون على التكنولوجيات من مجموعة متنوعة من المصادر، بما فيها من مزارعين آخرين ومن الشركات المصنّعة للمعدات، وأدمجها معظمهم في ممارسات إدارة المحاصيل التقليدية. وفي شمال غرب الهند، كانت مثاقب البذر دون حرث أكثر بنود المعدات الزراعية شيوعاً بعد الجرارات[18]. ويعود ارتفاع معدل اعتمادها إلى توفر هذه المثاقب التي طورها القطاع الخاص بدعم قوي من الدولة والحكومات المحلية[7].

وينعكس أثر ممارسات وتكنولوجيات "الحفظ والتوسع" في الزيادات الأخيرة في إنتاج القمح في الهند. فعقب الغلات الرديئة في الفترة من عام 2003 إلى عام 2007 في ولاية البنجاب، ازدادت، مثلاً، إنتاجية القمح زيادة مطردة ليتجاوز متوسط الإنتاج 5 أطنان للهكتار في عام 2012 [19]. وبلغ إجمالي إنتاج القمح في الهند عام 2014 رقماً قياسياً هو 96 مليون طن[4].

ويتعين عمل الكثير لتحقيق انتقال كامل إلى التكثيف المستدام لإنتاج الحبوب في سهول الجانج، لكن المنافع المحتملة هائلة. فحتى الآن، اعتمد نهج عدم الحرث أساساً لعنصر القمح في نظام الأرز والقمح. وسيؤدي تطبيقه على الأرز إلى تخفيضات ملّحة أخرى في استخدام مياه الري[7]. كما أن تجارب عديدة لزراعة الأرز دون حرث وبالبذر المباشر بيّنت أن التَوَحُّل ليس ضرورياً لارتفاع الغلات[12].

وقد اقترحت عدة استراتيجيات لزيادة الإقبال على البذر الجاف في إنتاج الأرز، بما في ذلك الزرع المتداخل مع نبات *Sesbania*.

عدم الحرث في الممارسة: "البذّار السعيد" يبذر القمح عبر أحمال ثقيلة من مخلفات محصول الأرز

الذي يقلل تفشي الأعشاب الطفيلية ويعزز الغلة في حقول الأرز غير الموحّلة[9]. لكن ما يحول دون اعتماد البذر الجاف على نطاق واسع هو افتقار المزارعين إلى المعدات المناسبة. فقد وجدت دراسة أجريت مؤخراً في شمال شرق الهند أن 57 في المائة من المزارعين مارسوا البذر الجاف في عام 2012. وبما أن 10 في المائة فقط من المزارعين امتلكوا مثاقب بذر، اعتمد معظمهم على مقدمي الخدمات. ولم يتمكّن العديد من المزارعين القيام بالبذر الجاف لأن الطلب على الخدمات تجاوز الإمدادات[20].

ومن شأن التحول الحاسم إلى ممارسات الزراعة المحافظة على الموارد في زراعة الأرز – خاصة الاحتفاظ بمخلفات المحاصيل – أن يودي إلى تآزرات إيجابية في إنتاج محصولي الأرز والقمح. ففي حين اعتمد العديد من المزارعين في زراعة القمح طريقة البذر بالمثقاب بخرق مخلفات محصول الأرز الذي سبق زراعة القمح، يواصل معظم المزارعين حرق قش الأرز بعد موسم الحصاد ما يؤدي إلى تلوث الهواء تلوثاً خطيراً[19]. ولتثبيط الحرق وتشجيع الزراعة القائمة على عدم الحرث وعلى المهاد، تقوم حكومتا ولايتي هاريانا والبنجاب برفع مستوى تكنولوجيا جديدة تسمى "البذار السعيد"، التي تمكّن من زراعة بذور القمح بالمثقاب بخرق مخلفات أرز ثقيلة[21، 22]. ويعتمد تسارع الإقبال على تكنولوجيات المحافظة على الموارد أيضاً على تحسين دعم السياسات والمعرفة التقنية والبنية التحتية وإمكانية الحصول على مدخلات ومخرجات الأسواق. وهناك حاجة إلى نهج نظمي، بدلاً من تكنولوجيات تركز على السلع وتؤدي إلى تكثيف استخدام اليد العاملة والمياه والطاقة على نحو غير مستدام. وسيمكّن تلاقي التكنولوجيات مع الممارسات من تسخير المنافع الكاملة للزراعة المحافظة على الموارد[23].

يوفر تنويع المحاصيل للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة فرصاً لتحقيق دخل أعلى

أخيراً، لعلّ الوقت قد حان كي يقوم المزارعون في سهول الجانج بزيادة تنويع الإنتاج، بعيداً عن مجرد زراعة الأرز والقمح. وسيؤدي التنويع والتحول عن الزراعة الأحادية للحبوب نحو زراعة محاصيل ذات قيمة عالية إلى تقليل الضغوط الأحيائية واللاأحيائية على النظام وحفظ التربة والمياه[6، 24]. كما يوفر تنويع المحاصيل للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة فرصاً لتحقيق دخل أعلى[7]. وفي الشمال الغربي، تزرع الآن محاصيل قصب السكر واللوبيا الذهبية والنعناع والذرة والبطاطا كجزء من نظام التناوب في زراعة الأرز والقمح. وفي السهول الشرقية، حيث فصول الشتاء أقصر، هناك توجه متزايد نحو استبدال القمح استبدالاً كاملاً بمحصولي البطاطا والذرة، اللذين يوفران عوائد اقتصادية أعلى[1].

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
بعلية معتدلة شبه استوائية ومروية

المحبوب الرئيسية الذرة

المحاصيل الأخرى
المحبوب والأعلاف البقولية

7 • الذرة/البقول في أنحاء العالم

النظام التقليدي يجعل استعمال الأراضي أكثر إنتاجية

البسلة الهندية واللوبيا والفول السوداني والفاصوليا السيفية محاصيل شائعة في حقول الذرة. والإنتاجية العالية لنظم الذرة والبقول تجعلها مناسبة خاصة للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة

تأتي نظم الذرة والبقول على هيئة ترتيبات أساسية ثلاثة. أولها هو الزرع المتداخل، إذ تزرع الذرة والبقول في وقت واحد في الصفوف نفسها أو في صفوف متناوبة. وثانيها هو زراعة المحاصيل بالتتابع، إذ تزرع الذرة والبقول في تواريخ مختلفة، لكن الصنفين ينموان معا على الأقل في جزء من دورة حياتهما. أما الثالث فهو زرع محصولي الذرة والبقول كلٌ وحده بالتناوب، إذ تزرع الذرة في الحقل نفسه ولكن بعد حصاد البقول.

هذه النظم شائعة في أنحاء العالم النامي جميعا. وتشمل البقول المزروعة عادة الفاصوليا والبسلة الهندية واللوبيا والفول السوداني وفول الصويا التي تزرع أساسا للغذاء، والبقول غير الصالحة للأكل، مثل الفاصوليا المخملية والفاصوليا السيفية، التي تستخدم علفاً للمواشي. وكلها يساعد على تثبيت النيتروجين في التربة، كما أنها مفيدة كمصادر للمخلفات التي يمكن الاحتفاظ بها على سطح التربة كمهاد.

أكبر 5 منتجين للذرة، 2013
(بملايين الأطنان)

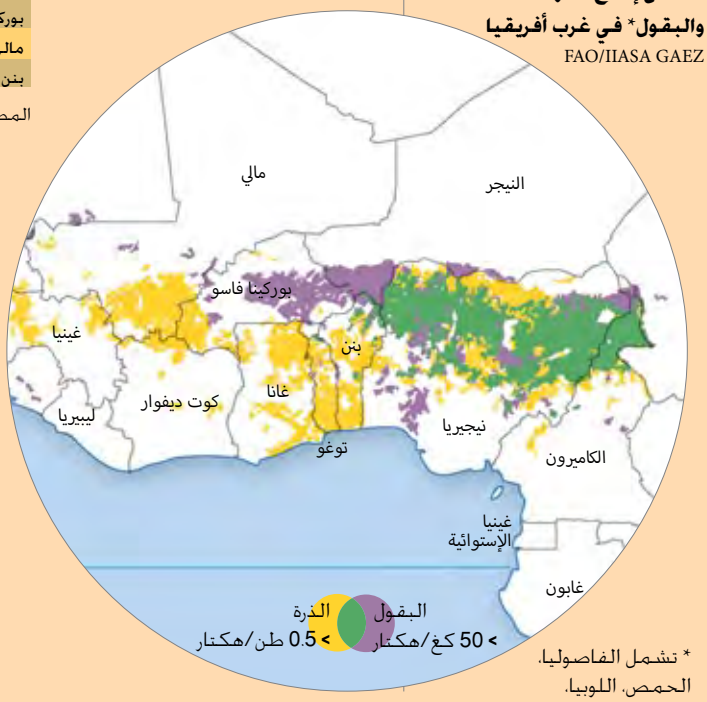
نيجيريا	10.40
غانا	1.76
بوركينا فاسو	1.71
مالي	1.50
بنن	1.35

المصدر: FAOSTAT

زراعة الذرة والفاصوليا ممارسة تقليدية بين صغار المزارعين في أمريكا اللاتينية، وخاصة في المرتفعات التي تندر فيها الأراضي الصالحة للزراعة. ففي بيرو تزرع الفاصوليا كلها عملياً إلى جانب الذرة، وفي إكوادور يزرع حوالي 80 في المائة منها على هذا النحو. وفي أمريكا الوسطى حيث هطول الأمطار قليل ومحدود، تتداخل زراعة الفاصوليا الحقلية عادة مع الذرة[1,2].

وعندما تتداخل زراعة الذرة مع زراعة الفاصوليا، تكون غلاتهما عموما أقل من غلات الذرة والفاصوليا عندما يزرع كل منها على حدة، فقد وجدت دراسات أن الذرة تنتج 5.3 طن للهكتار عندما تزرع على حدة و5.2 طن للهكتار عندما تزرع بالتداخل مع نبات

مناطق إنتاج الذرة والبقول* في غرب أفريقيا
FAO/IIASA GAEZ



* تشمل الفاصوليا، الحمص، اللوبيا، البازلاء الجافة، البسلة الهندية

الفاصوليا القصير و3.7 طن عندما تزرع مع نبات الفاصوليا المتسلق[3]. لكن تكلفة الإنتاج في الزراعة المتداخلة للمحاصيل لكل وحدة من الناتج تكون عادة أقل، ولأن الفاصوليا تباع بأربعة أضعاف سعر الذرة فإن دخل المزارعين أعلى وأكثر استقرارا[4].

ولأن البسلة الهندية تتحمل الجفاف فإنها تزرع في أحيان كثيرة مع الحبوب في نظم المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة في آسيا وأفريقيا ومنطقة البحر الكاريبي. واللوبيا أيضاً عميقة الجذور، ولذا فإنها لا تتنافس مع الذرة على المياه، كما أنها بطيئة النمو في مراحلها المبكرة ما يتيح للذرة أن تترسخ بشكل صحيح.

ومثلما عندما تزرع الذرة والفاصوليا معاً، تنتج الذرة والبسلة الهندية عندما تزرعان معاً غلات أقل بقليل مما لو زرع كل منهما على حدة. ولكن بالمقابل تتجاوز الغلات الكلية الناتجة عن الزراعة المتداخلة تلك التي كانت ستنتج بالزراعة الأحادية للمحصول. فقد وجدت دراسة شاملة للزراعة المتداخلة للذرة والبسلة في جنوب أفريقيا أن هذا النظام كان ينتج ما يقرب من ضعف إنتاج الزراعة الأحادية لكل وحدة من المساحة المزروعة[5]. وفي نظم زراعة الذرة والبسلة في الهند وسري لانكا، أدت زراعة أربعة صفوف من الذرة إلى جانب صفين من البسلة إلى أعلى العائدات الصافية[6].

ووجدت دراسة أجريت لمدة ثلاث سنوات في وسط ملاوي أن الزراعة المتداخلة للذرة والبسلة ضمن الزراعة المحافظة على الموارد تنتج تقريبا ضعف الكتلة الحيوية النباتية، وفي سنوات الجفاف تنتج حبوب ذرة أكثر بنسبة 33 في المائة من حبوب الذرة التي تزرع زراعة أحادية وتحرث بطريقة تقليدية[7]. وفي موزامبيق، حسّنت الزراعة المتداخلة للذرة – والبقول وعدم الحرث على المدى الطويل تسرب مياه الأمطار خمسة أضعاف، وذلك بفضل إنتاج كتلة حيوية ذات نوعية جيدة وفرت مهادا[8]. وفي بنما، وفّرت زراعة الذرة على مهاد من الفاصوليا السيفية على المزارعين 84 كغم من استخدام النيتروجين للهكتار[9].

كل سنة، يحصد المزارعون الأفارقة نحو 11.5 مليون طن من الفول السوداني

تحقق الزراعة المتداخلة لمحصولي الذرة والبسلة الهندية لكل وحدة من مساحة الأرض إنتاجا يقرب من ضعف إنتاج الزراعة الأحادية

وتمارس زراعة المحاصيل بالتتابع في البرازيل وكولومبيا وأمريكا الوسطى، حيث تزرع الذرة في مايو/أيار – يونيو/حزيران، وتزرع الحبوب بين نباتات الذرة في أغسطس/آب – سبتمبر/أيلول وهذا يتيح للذرة إلى أن تنمو بشكل يكفي لتوفير دعم لنبات الفاصوليا المتسلق[3]. وفي شمال غانا، تنتج زراعة الحقول باللوبيا قبل زراعة الذرة بثلاثة إلى ستة أسابيع أغذية مغذية عندما لا تكون محاصيل أخرى قد نضجت بعد، كما أن الاحتفاظ بالمخلفات يوفر النيتروجين للتربة[10].

يساعد تناوب زراعة الذرة والبقول أيضا على الحفاظ على خصوبة التربة. فقد طوّر المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة في المكسيك نظاماً لزراعة الفاصوليا المخملية في حقول الذرة "خارج الموسم"، ما يؤدي إلى مستويات أعلى بقدر ملحوظ من حموضة التربة والمادة العضوية والنيتروجين. ويساهم ذلك بدوره في زيادة غلة محصول الذرة اللاحق بنسبة 25 في المائة. وخلصت الدراسة إلى أن نظام التناوب كان أكثر فعالية من الزراعة المتداخلة للمحاصيل[11].

ووجد برنامج يديره المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح يهدف إلى التكثيف المستدام لنظم زراعة

محاصيل الذرة والبقول في أفريقيا الشرقية والجنوبية أن أعلى زيادات في محصول الذرة ضمن الزراعة المحافظة على الموارد تحققت عندما تناوبت زراعة الذرة مع بقول مثل الفاصوليا واللوبيا وفول الصويا. وفي ملاوي، تبلغ غلات الذرة الناتجة عن الممارسة العادية للمزارعين 3.7 طن للهكتار؛ وفي الزراعة المحافظة على الموارد تصل الغلات إلى 3.9 طن؛ وتزيد الغلات في الزراعة المحافظة على الموارد والتي تزرع فيها الذرة بعد فول الصويا لتصل إلى 4.5 طن |الشكل 3-7|[12].

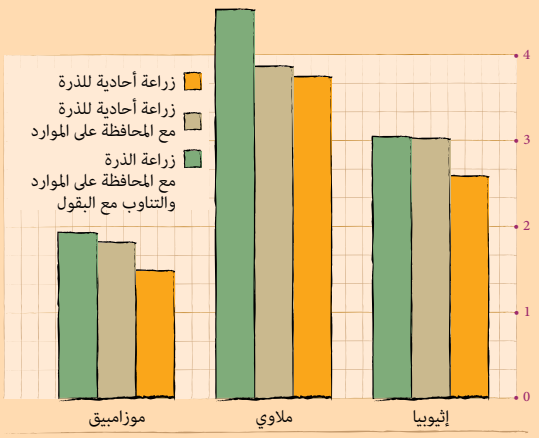
ويمارس في نيجيريا نظام تناوب عالي الإنتاجية لزراعة الذرة وفول الصويا، إذ يقلل فول الصويا بزراعته قبل الذرة تفشي أعشاب ستريغا *Striga* بحفزه للإنبات السابق لأوانه لبذورها. وينتج فول الصويا حوالي 2.5 طن من الحبوب و2.5 طن من الأعلاف للهكتار ومخلفات تزود 10 إلى 22 كغم من النيتروجين للهكتار. ويستخدم النيتروجين محصول الذرة الذي يزرع لاحقاً والذي ينتج غلة تصل إلى 2.3 أضعاف الغلات التي تنتج ضمن نظام الزراعة الأحادية للمحاصيل.

وقد ارتفع ناتج المزارعين النيجيريين من فول الصويا من أقل من 60 000 طن في عام 1984 إلى 600 000 طن في عام 2013 [13]، وشجعهم على ذلك تحقيق دخل أعلى إجمالي بنسبة 50 إلى 70 في المائة مما يمكن الحصول عليه من استمرار زراعة الذرة. كذلك ولّدت الزيادات في غلات فول الصويا وفي المنطقة المزروعة في السافانا الجافة في نيجيريا نيتروجيناً ثابتاً إضافياً قدرت قيمته بـ 44 مليون دولار أمريكي سنوياً[14].

وكثيراً ما تتناوب زراعة فول الصويا مع الذرة في البرازيل. ففي ولايات ماتو غروسو وبارانا في الجنوب، الذرة محصول موسم ثانٍ تزرع على مهاد من فول الصويا المبكرة النضج، ما يحسن توفر الرطوبة للذرة ويقلل تآكل التربة. ويتيح التناوب حصاد محصولين من الحقل نفسه ويخفف من ضغط الآفات على المحصولين كليهما، ما يؤدي إلى مزيد من الإنتاج المستدام وإلى تحسين دخل المزارعين وسبل كسب العيش[15].

يقلل التناوب بين زراعة الذرة وفول الصويا تآكل التربة ويخفف ضغوط الآفات على المحصولين كليهما

الشكل 3-7 تأثير الزراعة المحافظة على الموارد وتناوب زراعة البقول على غلات الذرة (طن/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجداول 1-3، الصفحة 380[12]

أصناف الذرة ذات الساق القوية تدعم ثقلاً أكبر من الفاصوليا المتسلقة

وفي حين أن منافع نظم زراعة الذرة والبقول معاً معروفة جيدا، يتردد المزارعون الذين يعتمدون على محاصيل الأغذية لتحقيق الأمن الغذائي للأسر المعيشية – وخاصة في أفريقيا – في أحيان كثيرة في ملء حقولهم ببقول غير صالحة للأكل لنصف سنة أو سنة كاملة، بغض النظر عن المنافع الطويلة الأجل[16]. كما أن اعتماد هذه النظم في أفريقيا مقيّد أيضاً بأسواق غير مهيأة لتناوب المحاصيل وبعدم توفر البذور وبمفهوم المزارعين للمخاطر[17].

وقد تستثمر الحكومات في تطوير نظم زراعة الذرة والبقول لأصحاب الحيازات الصغيرة كوسيلة لضمان الأمن الغذائي وتحسين دخل المزارعين وتحسين صحة التربة. وبما أن لدى البقول غير الصالحة للأكل، كالفاصوليا المخملية، إمكانية عالية لاحتباس الكربون، يمكن توفير التمويل المخصص لتخفيف آثار تغير المناخ لتشجيع اعتماد أصحاب الحيازات الصغيرة لهذا النظام.

كما أن أصناف الذرة والبقول التي تنتج غلة عالية في نظام الزراعة الأحادية تكون عموماً عالية الغلة في الزراعة المتداخلة. ومع ذلك لوحظت اختلافات في مدى ملاءمة بعض أصناف نظم زراعة الذرة والبقول. وينبغي أن تستغل جهود الاستنبات التفاعلات الناتجة، مثل سيقان الذرة القوية التي تدعم فاصوليا أثقل وزنا. وبصفة عامة، تظهر نظم الذرة والبقول أيضا خصوصية كبيرة حسب الموقع. ولذا، يتطلب النظام وتنوعاته إجراء تحقق واسع من النجاعة في حقول المزارعين.

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
نظم الأرز الموسمية

المحبوب الرئيسية
الأرز

المنتجات الأخرى
الأسماك، القشريات، القواقع

8 • الأرز/تربية الأحياء المائية آسيا

حصاد أكثر ثراءً من حقول الأرز

يربي كثير من مزارعي الأرز أسماكاً حول الحقول لإنتاج الغذاء ومكافحة الآفات وتسميد محصولهم من الأرز. النتيجة: تكاليف أقل وغلات أعلى وتحسين تغذية الأسرة

إن حقلاً مزروعاً بالأرز في مياه راكدة لهو أكثر من محصول – إنه نظام إيكولوجي يعج بالحياة، يعيش فيه البط والجمبري والأسماك والضفادع والقواقع وعشرات الكائنات المائية الأخرى. ومنذ آلاف السنين ومزارعو الأرز يحصدون تلك الثروة من التنوع البيولوجي المائي لتزويد أسرهم المعيشية بالطاقة وبأغذية غنية بالمغذيات متنوعة. وقد زوّد النظام الإيكولوجي الزراعي التقليدي لزراعة الأرز وتربية الأسماك المغذيات الدقيقة والبروتينات والأحماض الدهنية الأساسية الهامة في النظم الغذائية للحوامل والأطفال الصغار[1].

إنتاج تربية الأحياء المائية في حقول الأرز، 2010 (بالأطنان)

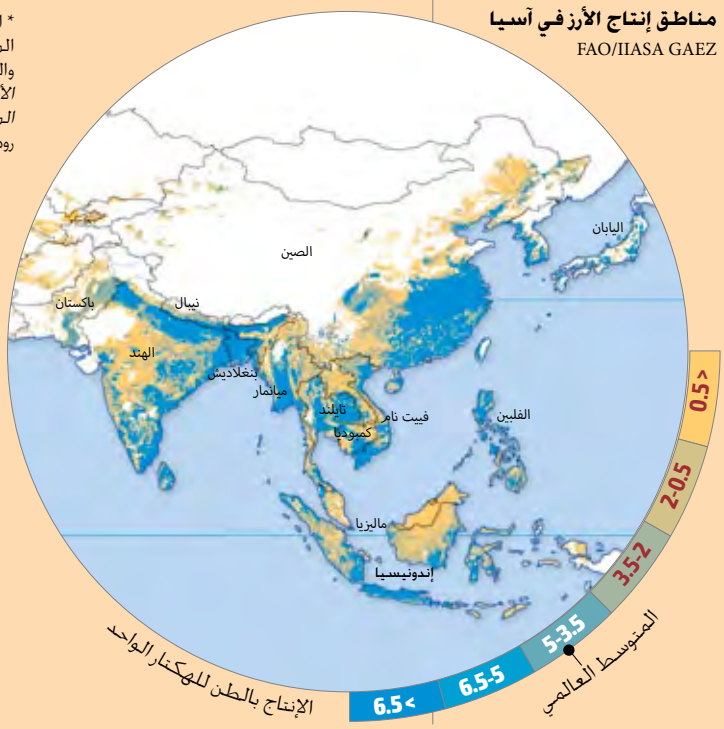
الصين	1 200 000
إندونيسيا	92 000
تايلند*	21 000
الفلبين	150
نيبال	45

* البيانات لعام 2008
المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، *حالة مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية في العالم 2012*، روما.

وخلال الستينيات والسبعينيات، بدأت النظم الزراعية التقليدية التي تجمع بين إنتاج الأرز وتربية الأحياء المائية تختفي، وقامت سياسات تشجيع زراعة أصناف أرز حديثة عالية الغلة – تقابلها زيادة في استخدام الكيماويات الزراعية – بتحويل نظم الزراعة الآسيوية. ومع اتضاح العواقب الاجتماعية والبيئية لهذا التحول، ظهر اهتمام متجدد بتربية الأسماك في حقول الأرز[2، 3].

وهناك نظامان رئيسيان لإنتاج الأرز والأسماك معا، أكثرهما شيوعاً هو الزراعة المتزامنة، إذ تربى الأسماك ويزرع الأرز في الحقل نفسه وفي الوقت نفسه؛ والأقل شيوعاً هو التناوب بحيث ينتج الأرز وتنتج الأسماك في أوقات مختلفة. ويمكن زراعة صنف الأرز ذي الساق القصيرة الحديث والصنف التقليدي ذي الساق الطويلة على حد سواء، كما تمكن زراعة أنواع الأسماك الهامة التي تربى في المياه العذبة كلها تقريباً والعديد من أنواع القشريات[2، 4].

مناطق إنتاج الأرز في آسيا
FAO/IIASA GAEZ



هكتار واحد من الأرز ينتج ما يصل إلى 750 كيلوغراما من الأسماك و9 أطنان من الأرز سنوياً

وفي الصين، يربي مزارعو الأرز الأسماك في خنادق يصل عرضها إلى 100 سم وعمقها إلى 80 سم تُحفر حول وحقول الأرز وعبرها وتشغل حوالي 20 في المائة من منطقة الحقل. وتَحول شاشات أو شبكات من الخيزران دون فرار الأسماك. وفي حين تتغذى الأسماك في نظم زراعة الأرز وتربية الأسماك معاً على الأعشاب الطفيلية والمنتجات الثانوية الناجمة عن معاملة المحاصيل، يتطلب الإنتاج الكثيف عادة علفاً تجاريا. وإذا ما توفرت الإدارة الجيدة، يمكن أن يحقق حقل الأرز للهكتار الواحد 225 إلى 750 كيلوغراما من غلات الأسماك الزعنفية أو القشريات في السنة مع الحفاظ على غلات أرز تتراوح من 7.5 طن إلى 9 أطنان[5].

المزج بين أنواع مختلفة من النباتات والحيوانات

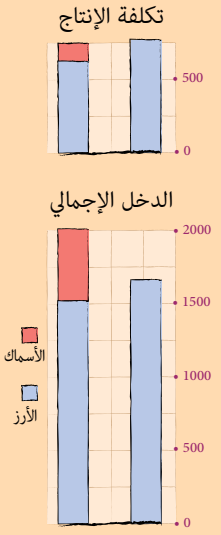
يجعل نظم زراعة الأرز وتربية الأسماك منتجة وغنية من الناحية التغذوية. وللتفاعلات بين أنواع النباتات والحيوانات التي تحسّن استدامة الإنتاج القدر نفسه من الأهمية. فقد وجدت دراسات في الصين أن آفة ثقّابات سويقات الأرز كانت أقل تواجداً بنحو 50 في المائة في حقول الأرز والأسماك. ويمكن لسمكة واحدة من سمك الكارب (الشبوط) العادي أن تلتهم بمفردها ما يصل إلى 1 000 من أحداث قواقع التفاح الذهبي كل يوم؛ كما يتغذى الكارب (الشبوط) العشبي على فطر يتسبب بمرض للسويقات[2].

كذلك فإن مكافحة الأعشاب الطفيلية أسهل عموماً في نظم زراعة الأرز وتربية الأسماك لأن مستويات المياه أعلى مما هي عليه في حقول الأرز وحده. كما أن الأسماك يمكن أن تكون أكثر فعالية في مكافحة الأعشاب الطفيلية من مبيدات الأعشاب أو العزق اليدوي[2]. فباستخدام الأسماك ضمن إدارة متكاملة للآفات، تحقق نظم زراعة الأرز وتربية الأسماك غلات تقارن بغلات الأرز الذي يزرع وحده أو تكون أعلى، بينما تستخدم مبيدات آفات أقل بما يصل إلى 68 في المائة. ويحمي ذلك نوعية المياه وكذلك التنوع البيولوجي[6].

كما تحسّن التفاعلات بين أنواع النباتات وأنواع الحيوانات في حقول الأرز والأسماك أيضا خصوبة التربة. فالمغذيات الموجودة في علف الأسماك يعاد تدويرها إلى الحقول مرة أخرى عن طريق فضلات الأسماك فتتوفر فوراً لمحصول الأرز. وتشير التقارير الواردة من الصين وإندونيسيا والفلبين إلى أن إنفاق مزارعي الأرز ومربي الأسماك معاً على الأسمدة أقل[2].

القواقع المحصودة من حقول الأرز الإندونيسية طعام محلي شهي

الشكل 3-8 اقتصادات زراعة الأرز والأسماك والزراعة الأحادية للأرز. إندونيسيا (هكتار/دولار أمريكي)



المصدر: مقتبس من الجدول 15، الصفحة 50[2]

إن زراعة الأسماك تقلل المساحة المتاحة لزراعة الأرز، غير أن ارتفاع غلات الأرز والدخل من مبيعات الأسماك والوفورات المحققة من خفض استخدام الأسمدة والمبيدات تؤدي جميعها إلى صافي عائدات أعلى من عائدات الأرز المزروع وحده |الشكل 3-8|[2]. وبوسع مزارعي الأرز الذين يزرعون أنواعاً مائية ذات قيمة عالية أن يحققوا هوامش ربح تصل إلى أكثر من 400 في المائة[6].

ولتربية الأسماك في حقول الأرز منافع صحية مجتمعية أيضاً. فالأسماك تتغذى على ناقلات الأمراض الخطيرة، خاصة البعوض الذي يحمل الملاريا. وقد وجدت مسوح ميدانية في الصين أن كثافة يرقات البعوض في حقول الأرز والأسماك كانت ثلث تلك الموجودة في نظم الزراعة الأحادية للأرز. وفي منطقة واحدة في إندونيسيا، انخفض انتشار الملاريا من 16.5 في المائة إلى ما يقرب من الصفر بعد أن أدمج إنتاج الأسماك في حقول الأرز[2].

كذلك يجعل الجمع بين الأرز وتربية الأحياء المائية استخدام المياه أكثر كفاءة. غير أن زراعة الأرز وتربية الأسماك معاً تتطلب من المياه مقداراً أكبر بحوالي 26 في المائة مما تتطلبه زراعة الأرز وحده[2]. ولذا لا يوصى بنظم زراعة الأرز وتربية الأسماك معاً في المناطق التي تكون فيها إمدادات المياه محدودة. غير أن منظمة الأغذية والزراعة قدرت أن حوالي 90 في المائة من الأرز يزرع في بيئات ملائمة لتربية الأسماك والكائنات المائية الأخرى[6].

وفي الصين، زادت تربية الأحياء المائية في حقول الأرز باطراد على مدى العقدين الماضيين، فبلغ الإنتاج في عام 2010 ما قدره 1.2 مليون طن من الأسماك والحيوانات المائية الأخرى[6]. ونشأت فرص جديدة لتنويع الإنتاج في إندونيسيا، فقد أصبحت القواقع من نوع توتوت tutut عنصراً تقليدياً في نظم الأغذية في المناطق الريفية وأصبحت غذاءً صحياً رائجاً بين المستهلكين في المناطق الحضرية[4]. وتعمل حكومة إندونيسيا الآن بنشاط على الترويج لنظام زراعة الأرز وتربية الأسماك معاً، وقد أطلقت مؤخراً "برنامج مليون هكتار من الأرز والأسماك"[7].

ومع أن هناك أدلة دامغة على المنافع الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لأنظمة تربية الأحياء المائية في أنظمة زراعة الأرز، لا زال معدل اعتمادها خارج الصين منخفضاً. ففي باقي آسيا، لا تزيد المنطقة الخاضعة لإنتاج الأسماك في حقول الأرز إلا قليلاً عن 1 في المائة من مساحة الأرز المروية الإجمالية. ومن المثير للاهتمام، أن مناطق زراعة الأرز وتربية الأسماك أكبر نسبياً خارج آسيا، فهي تقرب من 12 في المائة في مدغشقر[2].

وهناك أسباب عديدة لهامشية نظم زراعة الأرز وتربية الأسماك معاً، من بينها الافتقار إلى الوعي بمنافعها وإلى توفر مبيدات الآفات منخفضة التكلفة ومحدودية فرص حصول أصحاب الحيازات الصغيرة على قروض للاستثمار في إنتاج الأسماك[2]. ومن الصعب التغلب على هذه المعيقات لأن ذلك يتطلب سياسات متعددة القطاعات. وهناك حاجة إلى قيام واضعي السياسات الزراعية والخبراء الزراعيين الذين يدركون منافع دمج تربية الأحياء المائية مع زراعة الأرز بالمناداة بتبني هذا النظام وإيصال الرسالة إلى مجتمعات مزارعي الأرز. وتماماً مثلما روجت استراتيجيات التنمية الزراعية ذات مرة زراعة محصول الأرز وحده على نطاق واسع، بوسعها الآن المساعدة على تحقيق إمكانات نظم التكثيف المستدام لإنتاج الأرز والأسماك معاً.

9 • الذرة/الحراجة جنوب أفريقيا

حيث الأشجار والشجيرات أقل تكلفة من الأسمدة

توفر الأشجار والشجيرات البقولية المزروعة مع الذرة مخلفات عالية الجودة غنية بالنيتروجين تزيد خصوبة التربة وتعزز الغلات وتولّد مصادر دخل جديدة

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
بعلية استوائية

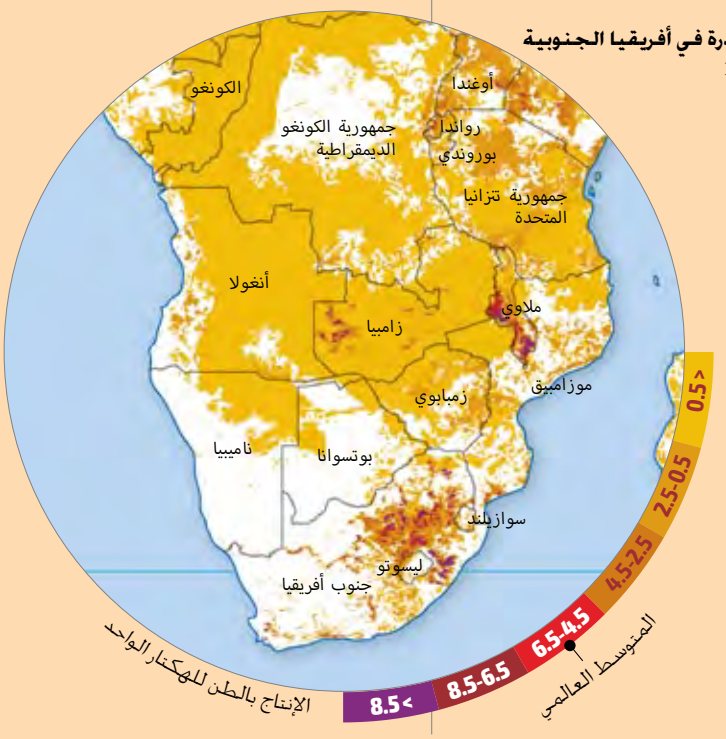
الحبوب الرئيسية الذرة

المحاصيل/المنتجات أخرى
اللحوم، الحليب، الأعلاف، الحطب

يعتمد الأمن الغذائي في ملاوي وزامبيا على إنتاج الذرة. غير أن متوسط الغلات في البلدين كليهما منخفض ويبلغ 1.2 طن للهكتار. ويزرع مزارع واحد من بين كل أربعة من أصحاب الحيازات الصغيرة في زامبيا ومزارع واحد من بين كل خمسة في ملاوي ما يكفي من الذرة للبيع في الأسواق، ذلك أن إنتاج الذرة كله تقريبا بعلي والمحصول شديد التأثر بتقلبات درجات الحرارة وهطول الأمطار. كما يحتمل أن يزيد التعرض للمخاطر مع تغير المناخ. وفي ملاوي، تسبب الجفاف في الفترة 2004–2005 في انخفاض متوسط غلات الذرة إلى 0.76 طن للهكتار، واحتاج 5 ملايين من الملاويين، أي ما يقرب من 40 في المائة من السكان، إلى معونة غذائية[1].

ومن أهم العقبات التي تعترض زيادة المزارعين لإنتاج الذرة انخفاض خصوبة التربة. فلا يستطيع العديد من مزارعي الذرة تحمل تكاليف الأسمدة المعدنية أو

مناطق إنتاج الذرة في أفريقيا الجنوبية
FAO/IIASA GAEZ



أكبر 5 منتجين للذرة، 2013
(بملايين الأطنان)

جنوب أفريقيا	12.37
جمهورية تنزانيا المتحدة	5.36
ملاوي	3.64
زامبيا	2.53
موزامبيق	1.63

المصدر: FAOSTAT

الحصول على كميات كافية من الأسمدة العضوية، مثل السماد الحيواني. وقد أدت ممارسة الزراعة المكثفة دون تسميد لعقود من الزمن إلى استنزاف المغذيات، خاصة النيتروجين، من التربة[1]. ولمعالجة هذه المشكلة، استكشف الاتحاد الوطني للمزارعين في زامبيا سبلاً لإدماج الأشجار المثبتة للنيتروجين في نظم إنتاج الذرة[2]. وكانت الشجرة المرشحة الأكثر وعداً بالنجاح هي شجرة *Faidherbia albida*.

الأوراق المتساقطة من أشجار *Faidherbia* تثري التربة بالنيتروجين والمواد العضوية

وهي من أشجار الأكاسيا الأفريقية ونمط نموها غير اعتيادي، إذ تكون نائمة في بداية الموسم الممطر وتفقد أوراقها بالضبط عندما تبدأ محاصيل الحقول تترسخ ولا تنمو الأوراق مرة أخرى إلا في نهاية موسم الأمطار. هكذا، تمكن زراعة الذرة مباشرة تحت أشجار *Faidherbia* العارية من الأوراق التي لا تنافس محصول الذرة بينما ينمو على الضوء أو المغذيات أو المياه[3].

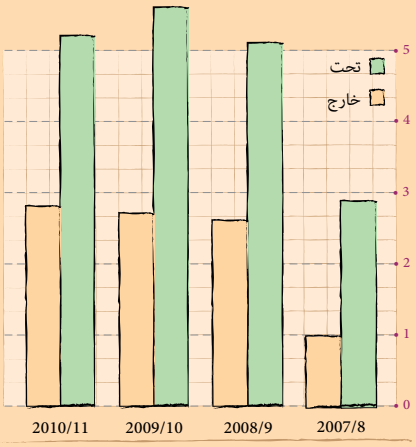
وبفضل الأوراق المتحللة، تحتوي هذه التربة تحت الأشجار على ما يصل إلى ضعفي المادة العضوية والنيتروجين. وتكون هناك أيضا زيادة ملحوظة في النشاط الميكروبيولوجي في التربة وفي القدرة على الاحتفاظ بالمياه[4].

وقد أشار العديد من الدراسات إلى تحقيق زيادة في الغلات عندما تزرع الذرة مع هذه الأشجار، وتكون هذه الزيادات أعلى عندما تكون خصوبة التربة منخفضة. ففي زامبيا، بلغ متوسط إنتاج الذرة المزروعة خارج مظلة هذه الأشجار 1.9 طن للهكتار، مقارنة بـ 4.7 طن عندما تزرع المحاصيل تحتها |الشكل 3-9|[5] ؛ وفي ملاوي، زادت غلات الذرة بنسبة 100 إلى 400 في المائة عندما زرعت مع أشجار *Faidherbia*[1].

ويشجع البلدان كلاهما زراعة أشجار *Faidherbia* كجزء من نظم الزراعة المحافظة على الموارد التي توفر للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة وسيلة لزيادة إنتاجية الذرة وكسب دخل أعلى من المبيعات. وتنص التوصيات الوطنية على زراعة 100 شجرة للهكتار على شكل شبكة 10م × 10م[1].

وتزرع أشجار *Faidherbia* الآن في نظم زراعة الذرة المحافظة على الموارد وتغطي حوالي 300 000 هكتار في زامبيا. وفي ملاوي، هناك حوالي نصف مليون

الشكل 3-9 متوسط غلات الذرة تحت أو خارج مظلة أشجار *Faidherbia albida* (طن/هكتار)



المصدر: مقتبس من الشكل 3، الصفحة 11[5]

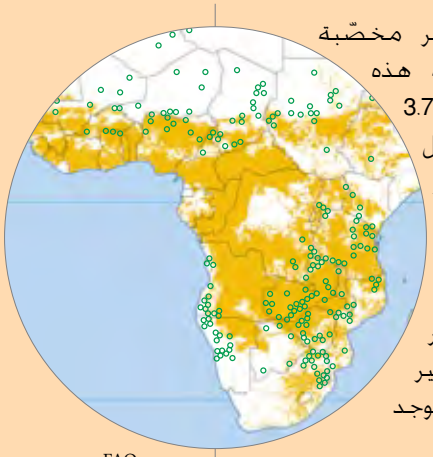
مزرعة توجد فيها هذه الأشجار. وقد تمكن المزارعون من زراعة معظمها عن طريق دعم التجدد الطبيعي لشتلات الأشجار على أراضيهم[6].

وعلى الرغم من أن هذه الأشجار هي إحدى أنواع أشجار الأكاسيا الأسرع نمواً، فإنها لا تشكّل حلاً سريعاً للخصوبة المنخفضة للتربة. ففي مسح أجري لـ 300 مزارع في زامبيا، قال ثلثهم إن الغلات زادت خلال فترة سنة إلى ثلاث سنوات، بينما قال 43 في المائة إنهم لم يروا أية منافع في الإنتاج قبل مضي ست سنوات[6].

إن زرع أشجار الأجمات البقولية، مثل *Gliricidia sepium*، التي يستغرق نموها وقتاً أقل، طريقة أخرى لزيادة إنتاج الذرة زيادة مستدامة. ويشجع المركز العالمي للحراجة الزراعية مزارعي الحيازات الصغيرة في جنوب ملاوي على اتباع نظام زرع هذه الأشجار في صفوف في حقول الذرة، وتشذيبها مرتين أو ثلاثة مرات في السنة ومزج الأوراق في التربة. وتشير نتائج دراسة دامت عقداً من الزمن أن متوسط الغلات في قطع أرض غير مخصّبة تداخلت فيها زراعة هذه الأشجار مع الذرة بلغ 3.7 طن/للهكتار، ووصل إلى 5 أطنان للهكتار في السنوات الجيدة، بينما يتراوح متوسط الغلات من 0.5 إلى طن واحد للهكتار في قطع الأراضي غير المخصّبة التي لا توجد فيها هذه الأشجار[1].

وفي المناطق ألتي تزيد فيها حيازات الأراضي عن هكتار واحد، تشكّل زراعة شجيرات بقولية مثل *Sesbania sesban* في الحقول البور خياراً آخر لإنعاش التربة وزيادة غلات الذرة. فالأشجار والشجيرات البقولية تضيف للتربة من 100 إلى 250 كغم من النيتروجين للهكتار في الحقول التي تترك بوراً مدة سنتين أو ثلاث سنوات. وعلى الرغم من أن الحقول تكون غير منتجة مدة سنتين من بين كل خمس سنوات، إلا أن إجمالي الإنتاج والعائد على الاستثمار أعلى مما هو عليه عندما تزرع الذرة بالتناوب مع أشجار وشجيرات مثبتة للنيتروجين[1].

وفي شرقي زامبيا، وجدت دراسة أن متوسط صافي الربح للمزارعين الذين يزرعون الذرة دون أسمدة يبلغ 130 دولاراً أمريكياً للهكتار و309 دولارات أمريكية عندما تزرع الذرة بالتناوب مع شجيرات *Sesbania*؛ و327 دولاراً أمريكياً عندما تزرع بالتداخل مع أشجار *Gliricidia*. وقد انتفع المزارعون الذين دمجوا زراعة الأشجار مع الذرة من عوائد أعلى لكل وحدة من الاستثمار مقارنة مع من استخدموا أسمدة معدنية مدعومة أو غير مدعومة بمعونات دعم لإنتاج الذرة باستمرار[7]. وأكدت الدراسة أن إنتاج الذرة في النظم القائمة على الحراجة الزراعية مربح اجتماعيا وتنافسي



FAO

توزيع أشجار *Faidherbia albida* في جميع مناطق زراعة الذرة في أفريقيا

الشجيرة البقلية
Sesbania sesban
تنشط التربة وتعزز غلات الذرة

المزارعون من ذوي الدخل المنخفض في أحيان كثيرة أسرع في تبني الحراجة الزراعية ممن هم أفضل حالاً

مالياً على حد سواء مقارنة بإنتاج الذرة باستخدام الأسمدة المعدنية وحدها[8].

وقد ساعد اعتماد ممارسات الحراجة الزراعية المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة في شرق وجنوب أفريقيا على التغلب على أحد العوائق في وجه اعتماد الزراعة المحافظة على الموارد وهو عدم وجود مخلفات محاصيل للحفاظ على غطاء متواصل للتربة. فلأن معظم المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة الأفارقة يربون ماشية أيضاً، فإنهم في كثير من الأحيان يستخدمون الكتلة الحيوية من مخلفات المحاصيل علفاً للحيوانات. أما مع نمو الأشجار على مزارعهم، فتتوفر لهم كتلة حيوية تكفي لتلبية احتياجات ثروتهم الحيوانية وتحسين غلات الذرة في آن معا.

وتوفر الأشجار أيضاً وقوداً للأسر المعيشية الريفية – ففي زامبيا، تمكن المزارعون من جمع 15 طناً من الحطب للهكتار من أشجار *Sesbania* بعد السنة الثانية من إراحة الأرض و21 طناً بعد السنة الثالثة[1].

وتحسّن الحراجة الزراعية بنية التربة ورشح المياه، ما يجعل المزارع، خاصة تلك التي تعتمد على الأمطار، أكثر قدرة على الصمود في وجه الجفاف وتأثيرات تغير المناخ. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تلعب دوراً مهما في التخفيف من تأثيرات تغير المناخ.

إذ تحتبس الزراعة المحافظة على الموارد بزراعة الأشجار 2 إلى 4 أطنان من الكربون للهكتار سنوياً، بالمقارنة مع 0.2 إلى 0.4 طن في الزراعة المحافظة عل الموارد دون أشجار. وبالإضافة إلى ذلك، عن طريق زيادة إنتاج الذرة وإمدادات حطب الوقود، يمكن أن تقلل الأنظمة الزراعية التي تدمج الأشجار مع الذرة الحاجة إلى تحويل الغابات إلى أراضٍ زراعية الذي يشكل مصدراً رئيسياً لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

وفي بلدان منطقة الساحل، مثل بوركينا فاسو والنيجر، ثبت أن الحراجة الزراعية تحسن غلات الحبوب الأخرى، مثل الدخن والذرة الرفيعة. ومع إجراء مزيد من البحوث وإشراك المزارعين، يمكن توسيع نطاق الزراعة المحافظة على الموارد مع زراعة الأشجار لتشمل طائفة أوسع من نظم زراعة المحاصيل في جميع أنحاء أفريقيا[1].

ولا تتطلب الحراجة الزراعية استثمارات مالية كبيرة. ففي الواقع، في كثير من الأحيان، يكون المزارعون من ذوي الدخل المنخفض أسرع في تبني الحراجة الزراعية ممن هم أفضل حالا منهم. فعلى الرغم من أن التحول إلى نظام الحراجة مع زراعة الذرة يتطلب في البداية المزيد من اليد العاملة، يمكن استخدام اليد العاملة بقدر من الكفاءة أكبر حالما يتقن المزارعون الممارسات الجديدة. غير أن إدماج الأشجار في إنتاج المحاصيل نشاط كثيف المعرفة، ولذا فإن دعم السياسات ومواصلة البحوث والخدمات الاستشارية الريفية التي تشرك المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة كلها هامة أهمية حاسمة لتوسيع نظم الزراعة التي تدمج الذرة والشجيرات والأشجار معاً[1].

10 • القمح آسيا الوسطى

المزارعون يتوقفون عن الحرث في سهوب كازاخستان

بوسع عدم الحرث وتغطية التربة وتناوب المحاصيل مساعدة العديد من البلدان على عكس مسار تدهور الأراضي وإنتاج المزيد من الأغذية. مزارعو القمح في كازاخستان قطعوا شوطاً بعيداً في التحول الكامل إلى الزراعة المحافظة على الموارد

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
معتدلة قارية وبعلية وثلجية

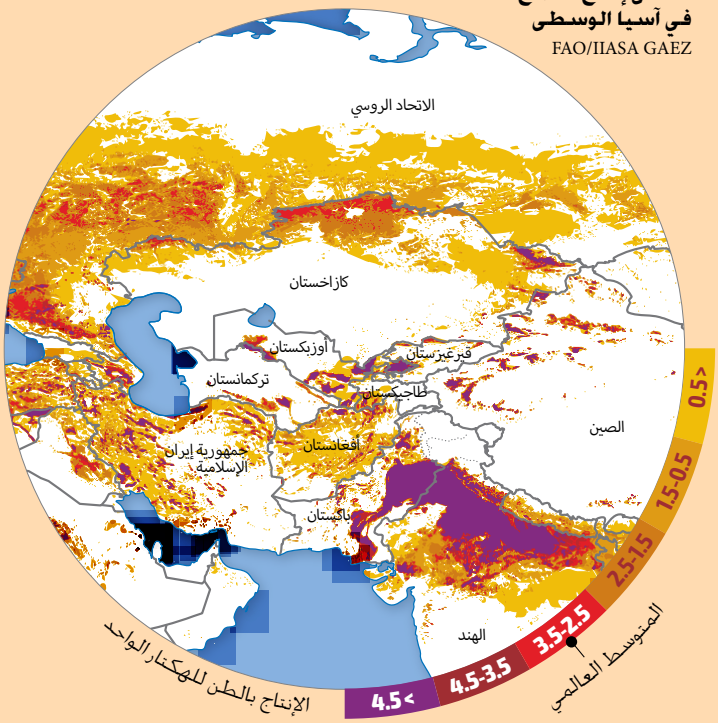
الحبوب الرئيسية القمح

المحاصيل الأخرى
الشوفان، الحنطة السوداء، الذرة الرفيعة، البذور الزيتية، البقوليات

في ربيع عام 2012، بينما كان المزارعون عبر سهوب كازاخستان الشمالية شبه القاحلة يزرعون محصولهم السنوي من القمح، كانت المنطقة تمر في إحدى أسوأ حالات الجفاف في تاريخها. ففي العديد من المناطق، لم تهطل الأمطار بين شهري أبريل/نيسان وسبتمبر/أيلول، ومما زاد الوضع سوءاً، ارتفاع درجات الحرارة اليومية في الصيف عدة درجات أعلى من معدلها الطبيعي[1]. في ذلك العام، فقد الكثير من المزارعين محاصيلهم كلها وانخفض محصول كازاخستان من القمح الذي كان بلغ 23 مليون طن في عام 2011 إلى أقل من 10 ملايين طن[2].

غير أن بعض المزارعين لم يفقدوا محاصيلهم. فقد كانوا من بين الأعداد المتنامية من مزارعي القمح في كازاخستان الذين اعتمدوا بالكامل الزراعة المحافظة على الموارد، ومنها الاحتفاظ بمخلفات المحاصيل على سطح التربة وتناوب زراعة المحاصيل[1]. فقد زادت هذه الممارسات مستويات الكربون العضوي في التربة وحسّنت بنية التربة في الحقول، ما أتاح رشحاً للمياه أفضل والحفاظ على الرطوبة التي احتبست من ذوبان الثلوج في فصل الشتاء[3]. ونتيجة لذلك حقق بعض المزارعين في مقاطعة كوستناي في عام 2012 غلات بلغت 2 طن للهكتار، أي ما يقرب من ضعف المعدل الوطني للسنوات الأخيرة[1].

مناطق إنتاج القمح في آسيا الوسطى
FAO/IIASA GAEZ



ويدار حوالي 2 مليون هكتار من أصل 19 مليون هكتار من أراضي المحاصيل في كازاخستان بالكامل تبعاً لنظام الزراعة المحافظة على الموارد. وفي 9.3 مليون هكتار، اعتمد المزارعون أدنى حد من الحرث باستخدام محراث حفار على أعماق ضحلة (الشكل 3-10)[4،5]. وكان اعتماد الزراعة

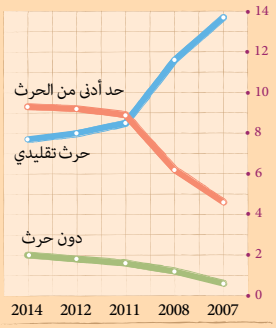
أكبر 5 منتجين للقمح، 2013
(بملايين الأطنان)

كازاخستان	13.94
أوزبكستان	6.84
أفغانستان	5.16
تركمانستان	1.25
طاجيكستان	0.92

المصدر: FAOSTAT

الشكل 3-10 التغييرات في مساحة المحصول بتكنولوجيات حرث مختلفة

في كازاخستان (مليون هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدول 2، الصفحة 4[4]

المحافظة على الموارد على نطاق واسع في حزام القمح شمال كازاخستان مدفوعاً بالضرورة. فبينما يتمتع البلد بموارد أراضي شاسعة مناسبة لإنتاج القمح، وهو أحد كبار منتجي ومصدري القمح والطحين من نوعية رفيعة في العالم[6]، إلاّ أن المحصول يعتمد كلياً على هطول الأمطار، وهو، لذلك، عرضة لمخاطر فقدان رطوبة التربة[1].

وفي الستينات، بدأ مزارعو القمح يقللون الحرث لمواجهة ارتفاع الفاقد من التربة بسبب التآكل الناجم عن الرياح. وبحلول نهاية القرن العشرين، شاعت ممارسة الحرث بالحد الأدنى. وفي عام 2000، أطلق المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح ومنظمة الأغذية والزراعة، جنبا إلى جنب مع العلماء والمزارعين في كازاخستان، برنامجاً لإدخال الزراعة المحافظة على الموارد في المناطق البعلية وزراعة الأحواض المرتفعة للقمح المروي في جنوب البلاد[7].

وأظهرت التجارب في الشمال أن الأرض غير المحروثة تنتج غلات أعلى بنسبة 25 في المائة من الأراضي المحروثة، بينما انخفضت تكاليف اليد العاملة بنسبة 40 في المائة وتكاليف الوقود بنسبة 70 في المائة. وأثبتت التجارب أيضا مزايا زراعة الشوفان في الصيف بدلاً من ترك الأراضي بورا. وبزراعة محصول الشوفان، ازداد إجمالي إنتاج الحبوب من مساحة الأرض نفسها بنسبة 37 في المائة، بينما انخفض تآكل التربة كثيرا[7].

تُعد كازاخستان اليوم من بين الرواد في مجال اعتماد نظام الزراعة دون حرث. فقد ارتفعت مساحة الأراضي التي لم تعد تحرث من لا شيء في عام 2000 إلى 1.4 مليون هكتار في عام 2008[8]. وتعزى تلك الزيادة إلى ارتفاع معدلات اعتماد عدم الحرث في المشاريع الزراعية الكبيرة التي تغطي أكثر من 50 ألف هكتار، حيث يسعى المديرون جاهدين إلى زيادة الإنتاج وتقليل التكاليف[9]. غير أن هذا النهج اعتمد أيضا في المزارع الصغيرة والمتوسطة الحجم، وهي فئة تتراوح مساحتها في كازاخستان، التي تتميز بقلة الكثافة السكانية، ما بين 500 و2 500 هكتار[10]. وكان معدل الاعتماد مرتفعاً بوجه خاص في المزارع ذات التربة السوداء الغنية، حيث توفر العائدات العالية رأس المال اللازم للاستثمار في آلات الزراعة المحافظة على الموارد[7].

وفي المناطق التي لا تحرث يسيطر على الأعشاب الطفيلية بمبيدات الأعشاب[11]. غير أن العديد من المزارعين وجد أن الجمع بين عدم الحرث والاحتفاظ بغطاء دائم للتربة يساعد على الحيلولة دون نمو الأعشاب الطفيلية، إذ يؤدي عدم الحرث إلى تضاؤل المخزون الطبيعي من بذور الأعشاب الطفيلية في التربة على مر الزمن. كما تطلق مخلفات المحاصيل المتحللة الأحماض الدبالية التي تحول دون إنبات البذور. وفي حين يتطلب عدم الحرث عادة زيادة استخدام مبيدات الأعشاب في السنوات القليلة الأولى من اعتماده، يتضاءل إلى حد كبير بعد أربع أو خمس سنوات تفشي الأعشاب وكذلك استخدام مبيدات الأعشاب[5].

وهناك ميزة أخرى للاحتفاظ بمخلفات المحاصيل في شمال كازاخستان، فهي تزيد من توفير المياه لمحصول القمح. ويتراوح هطول الأمطار السنوي من 250 إلى 350 مم، وتبلغ حصة الثلوج الشتوية منها حوالي 40 في المائة؛ وعندما تعصف الرياح بالثلج، يظل سطح التربة عارياً جافا. لكن الاحتفاظ بقش محصول القمح السابق على الأرض يحبس الثلج الذي يذوب عندما ترتفع درجة حرارة الطقس في التربة. ولذلك ميزتان: تتوفر رطوبة أكثر في تركيبة التربة وينخفض التآكل أو يزول. وقد وجدت بحوث أجريت على مستوى المزرعة أن استخدام المخلفات لحبس الثلج، جنبا إلى جنب مع عدم الحرث، يمكن أن يزيد الغلات بنسبة 58 في المائة[9].

كازاخستان أحد أكبر منتجي ومصدري القمح والطحين الرفيع النوعية

وكان التقدم المحرز أبطأ في اعتماد الركيزة الثالثة للزراعة المحافظة على الموارد، وهي تناوب المحاصيل المتنوعة الذي يزيد إنتاجية الأرض ويساعد المزارعين على تحسين إدارة آفات وأمراض القمح. ففترة النبات في السهوب الشمالية في الصيف قصيرة، كما ترتفع فيها وتيرة السنوات الجافة[12].

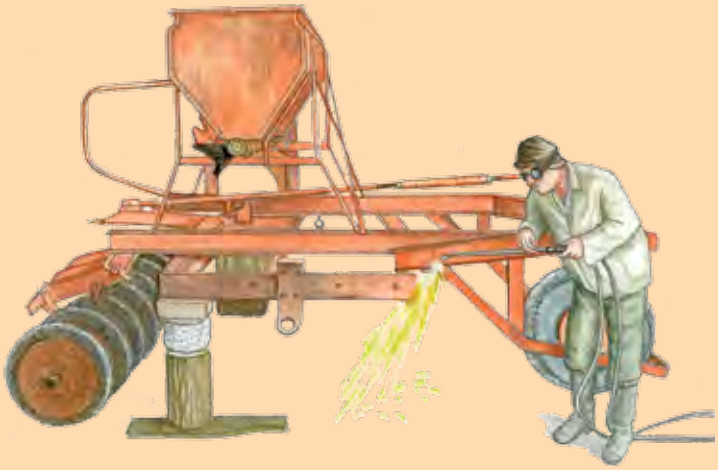
غير أن المناطق التي تترك فيها الأرض بوراً في الصيف تقليدياً آخذة في الانخفاض، إذ يستغل المزارعون هطول الأمطار – الوفيرة في بعض الأحيان– لزراعة الشوفان وعباد الشمس والكانولا.[7] وقد بيّنت الدراسات ارتفاع إمكانات زراعة محاصيل أخرى بالتناوب، من بينها البازلاء والعدس والحنطة السوداء والكتان[13].

ووجدت دراسة امتدت على ثلاث سنوات أن زراعة الذرة الرفيعة العلفية، التي تزرع في وقت متأخر من شهر مايو/أيار وتحصد في أغسطس/آب، لم توفر أعلافاً للبيع أو الحفظ فحسب، بل تركت أيضاً قشاً دائماً بعد الحصاد كان فعالاً للغاية في احتجاز ثلوج فصل الشتاء الثمينة[9].

ومكّن اعتماد الزراعة المحافظة على الموارد في كازاخستان من زيادة الإنتاج السنوي من القمح بمليوني طن تقريبا، يكفيان لإطعام حوالي ٥ ملايين شخص[10]. وستكون هناك إمكانات أكثر لتوفير زيادات أخرى مع استنباط أصناف قمح عالية الغلة أكثر ملاءمة لعدم الحرث وللشتاء القاسي والصيف الذي يتزايد احتراراً في الشمال. ويجري بحث هذا الخيار من خلال برنامج مع المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح، حيث يجري في المكسيك تهجين أصناف القمح الكازاخستاني المحلي مع أصناف مكسيكية وكندية وأمريكية[4].

تُعتبر الزراعة المحافظة على الموارد مناسبة جداً لجميع نظم المحاصيل الرئيسية في آسيا الوسطى، بدءاً من حزام القمح في شمال كازاخستان وصولاً إلى حقول القمح والأرز والقطن في حقول أوزبكستان وطاجيكستان. وعن طريق خفض التآكل وبناء تربة صحية، بوسع الزراعة المحافظة على الموارد أن تساعد على مكافحة تدهور الأراضي والتصحر اللذين يكلفان بلدان آسيا

يمكن أن يزيد عدم الحرث ومخلفات المحاصيل التي تلتقط ثلوج فصل الشتاء غلات القمح بنسبة 58 في المائة



استثمر مزارعو القمح في كازاخستان 200 مليون دولار أمريكي في معدات الحرث

ليس لدى معظم بلدان آسيا الوسطى حتى الآن سياسات لتشجيع الزراعة المحافظة على الموارد

الوسطى ما يقدر بـ 2.5 مليار دولار أمريكي سنوياً. وعن طريق تحسين كفاءة استخدام المياه، يمكن لها أن تكون مفيدة على وجه الخصوص في المناطق المروية – إذ تؤثر الملوحة، الناجمة أساسا عن الإفراط في استخدام الري، على 11 في المائة من الأراضي المروية في جمهورية قيرغيزستان و50 في المائة في أوزبكستان و96 في المائة في تركمانستان[14].

وفي السنوات الأخيرة، وصلت المزارعين في المنطقة معلومات عن الزراعة المحافظة على الموارد، ويبدو أن بعضهم شرع في ممارسة بعض أوجهها في حقولهم. ففي أوزبكستان، مثلاً، يزرع القمح الشتوي في حقول القطن المزروعة في حوالي 600 000 هكتار. وفي طاجيكستان، يمارس المزارعون البذر المباشر للقمح الشتوي بعد حصاد القطن، مع الحد الأدنى من تكدير التربة، في حوالي 50 000 هكتار[5]. وقد أقنعت تجارب أجراها مؤخراً مشروع تديره منظمة الأغذية والزراعة في أذربيجان المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة باعتماد الزراعة المحافظة على الموارد على 1 800 هكتار من الأراضي المروية[15].

غير أن الزراعة المحافظة على الموارد لا زالت محدودة خارج شمال كازاخستان، حتى في جنوب كازاخستان، ويعيق اعتماد عدم الحرث وزراعة الأحواض المرتفعة للقمح المروي الافتقار إلى معدات بذر مناسبة وافتقار المزارعين إلى تكنولوجيات الزراعة المحافظة على الموارد. ولا يملك معظم بلدان آسيا الوسطى سياسات تشجّع الزراعة المحافظة على الموارد، بل على العكس من ذلك، ليس لدى المزارعين في كثير من الأحيان غير القليل من الحوافز لاعتماد ممارسات الاقتصاد في استخدام المياه لأنهم لا يدفعون مقابل مياه الري[3]. وهناك في بعض البلدان أنظمة حراثة تمنع المزارعين من ترك مخلفات المحاصيل في الحقل[5]. وفي حين اختبرت مثاقب البذر في أوزبكستان بنجاح، إلاّ أنها ليست متوفرة تجارياً[11].

الانتقال إلى الزراعة المحافظة على الموارد في آسيا الوسطى ينبغي أن يبدأ بزيادة الوعي بمنافعها بين أصحاب المصلحة جميعا، بما في ذلك المزارعين والباحثين والمرشدين الزراعيين وصناع السياسات[14]. ويمكن أن تدعم الحكومات الانتقال عن طريق تيسير تطوير قدرات محلية لتصنيع معدات الزراعة المحافظة على الموارد، خاصة مثاقب بذر مكيّفة لتلائم التربة والظروف المناخية المحلية[15].

ويمكن أن تتعلم حكومات كثيرة من مثال كازاخستان، حيث تشجّع سياسة الدولة الزراعة المحافظة على الموارد وتعطى الأولوية القصوى في مجال البحوث الزراعية لتطوير ونشر التكنولوجيات المقتصدة للمياه. ففي عام 2011، قدمت كازاخستان معونات دعم لمعدات الزراعة المحافظة على الموارد تفوق بثلاث إلى أربع مرات ما قدمته للتكنولوجيات التقليدية[3]. وشجع دعم الحكومة المزارعين في شمال كازاخستان على الاستثمار بما يقدر بنحو 200 مليون دولار أمريكي لتزويد مزارعهم بالآت تزيل الحاجة إلى الحرث[16].

11 • الأرز/الذرة آسيا

هجائن عالية الغلة تساعد على التكيف مع تغير المناخ

تحول العديد من مزارعي الأرز إلى زراعة الذرة في الموسم الجاف، مستخدمين هجائن تقلل استهلاك المياه وتولد دخلاً أعلى. عن كثب: بنغلاديش

المنطقة الزراعية والإيكولوجية
بعلية تتغذى بالأمطار الموسمية ومروية في فصل الشتاء

المحبوب الرئيسية الأرز والذرة

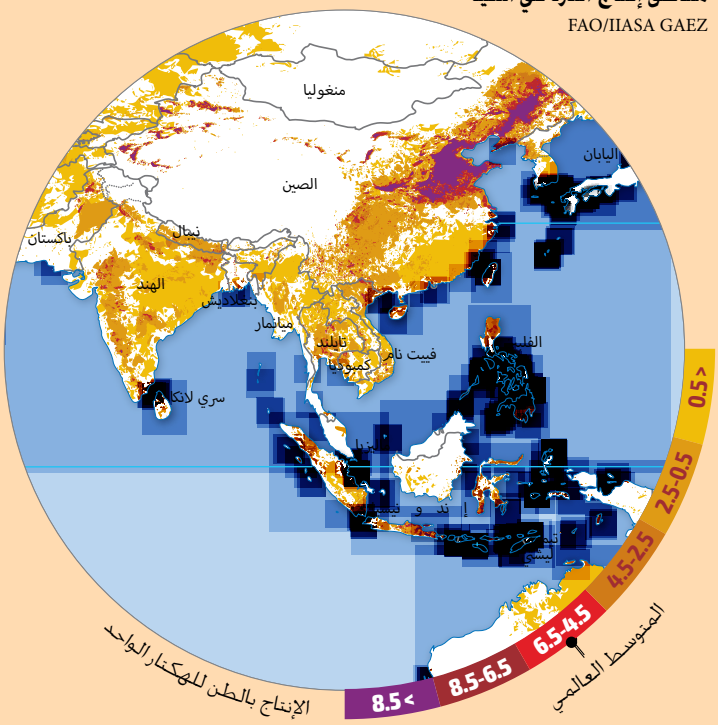
المحاصيل/المنتجات الأخرى
الخضراوات، البطاطس، البقوليات، اللحوم، البيض

تقليدياً، حافظ العديد من مزارعي الأرز الآسيويين على الإنتاج على مدار السنة عن طريق زراعة القمح أو الأرز في موسم الشتاء الجاف، بعد محصول الأرز في حقبة الأمطار الموسمية. غير أن نظم زراعة الأرز مع الذرة توسعت على مدى العقدين الماضيين بسرعة في جميع أنحاء آسيا، مدفوعة بطلب قوي على الذرة وبتطوير ذرة هجينة تلائم المناطق التي لا تملك ما يكفي من المياه للزراعة المستمرة للأرز[1].

وفي آخر إحصاء، تبين أن نظم زراعة الأرز مع الذرة تمارس على أكثر من 3.3 مليون هكتار من الأراضي في آسيا. وكانت أكبر مناطق الإنتاج في إندونيسيا (1.5 مليون هكتار) والهند (0.5 مليون) ونيبال (0.4 مليون). وكان التوسع الأخير الأسرع في مجال تناوب زراعة الأرز والذرة في بنغلاديش، حيث بدأ المزارعون زراعة الذرة لبيعها علفاً لصناعة الدواجن المزدهرة في البلاد. فقد ارتفع إنتاج الذرة بين عامي 2000 و2013 من 10 000 طن فقط إلى 2.2 مليون طن وزادت المساحة المحصودة من 5 000 هكتار إلى 320 000 هكتار[1، 2].

تنمو الذرة جيدا في التربة الغرينية الخصبة في بنغلاديش. والغلات هناك من بين أعلى المعدلات في المنطقة. وتزرع المحاصيل في بداية موسم رابي Rabi البارد، الذي يمتد من نوفمبر/تشرين الثاني إلى أبريل/

مناطق إنتاج الذرة في آسيا
FAO/IIASA GAEZ



نيسان، بعد حصاد محصول الأرز الذي يزرع في موسم رياح أمان Aman الموسمية في يوليو/تموز- ديسمبر/كانون الأول. وفي حين تزرع ذرة موسم رابي عموما كمحصول وحيد، بدأ العديد من المزارعين بزراعته بالتداخل مع البطاطا والخضروات التي تنضج مبكراً، مثل القطيفة الحمراء والسبانخ والفجل والكزبرة والفاصوليا الفرنسية. وتزرع البازلاء أيضاً مع الذرة نظراً

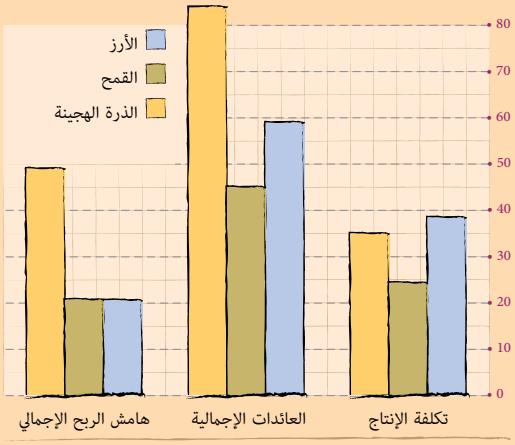
أكبر 5 منتجين للذرة، 2013
(بملايين الأطنان)

الصين	217.7
الهند	23.3
إندونيسيا	18.5
الفلبين	7.4
فييت نام	5.2

المصدر: FAOSTAT

الشكل 3-11 اقتصادات إنتاج الأرز والقمح وهجائن الذرة في المواسم الجافّة في بنغلاديش

(000`تاكا/هكتار)



المصدر: مقتبس من الجدول 2، الصفحة 41[3]

تنتج الأحواض المرتفعة غير المحروثة غلات أرز وذرة أعلى من الأراضي المحروثة

لأنها لا تنافسها على أشعة الشمس أو المغذيات أو الحيز[3].

ويستخدم المزارعون عادة الذرة الهجين العالية الغلة، ما يتطلب مدخلات هامة من المغذيات. والواقع أن تكلفة إنتاج الذرة أعلى من تكلفة إنتاج الحبوب الشتوية التقليدية الأخرى، ونتيجة لذلك يزرع المزارعون الأفقر الذرة على مساحة صغيرة من الأرض. لكن هامش الربح الإجمالي من بيع الذرة للهكتار الواحد أكبر بـ 2.4 مرة من بيع القمح أو الأرز [الشكل 3-11]. كما أن لدى الذرة أيضاً مشاكل آفات وأمراض أقل[3].

ويمكن أن يكون التنويع نحو زراعة الذرة أيضاً استراتيجية جيدة للتكيف مع تغير المناخ، لأن الذرة أكثر تحملاً لارتفاع درجات الحرارة، وهي مشكلة متنامية تواجهها زراعة القمح، وأقل عطشاً للمياه. ففي بنغلاديش، ينتج 850 لتراً من المياه كيلوغراماً واحداً من حبوب الذرة، بالمقارنة مع 1 000 لتر للكيلوغرام من القمح وأكثر من 3 000 لتر للكمية نفسها من الأرز. وبتقليله لاستخراج المياه الجوفية لأغراض الري، يساعد إنتاج الذرة أيضاً على تقليل تلوث التربة بالزرنيخ، وتلك مشكلة خطيرة في العديد من مناطق بنغلاديش[3].

وقد لاحظ المزارعون والمهندسون الزراعيون في بنغلاديش أن غلات الحبوب تميل إلى الانخفاض في الحقول التي زرعت فيها حبوب الذرة كمحصول موسم جاف مدة خمس سنوات أو أكثر. ولذا، لضمان استدامة نظم زراعة الأرز والذرة، ينبغي على المزارعين أن يوقتوا بعناية زراعة وحصاد كل محصول من المحاصيل وتحسين ممارسات إدارة التربة والمياه واستخدام بذور ذات جودة رفيعة[3].

متطلبات التربة لزراعة الأرز والذرة مختلفة جداً، ما يجعل توقيت زراعة الذرة صعبا. وتزرع شتلات أرز موسم أمان Aman عادة في تربة طينية رطبة موحلة تماماً، في حين أن من الأفضل زراعة الذرة في تربة صلصالية جيدة التهوية[3]. ولذا، بعد حصاد الأرز، يتضمن الإعداد التقليدي لحقول الذرة غالباً ثلاثة إلى خمسة تمريرات من حارث دوّار خلف جرار من عجلين. ويتطلب الحرث استثمارات كبيرة في الوقود والوقت والعمل، كما يتعين على المزارعين الانتظار مدة تصل إلى ثلاثة أسابيع قبل أن تجف حقول الأرز بما يكفي لحرثها[4]. وبدورها، يمكن أن تخفض زراعة الذرة متأخرة الغلات بنسبة 22 في المائة[3].

بنغلاديش

مناطق حددت كمناطق مناسبة لإنتاج الذرة في بنغلاديش

تقلل ممارسات الزراعة المحافظة على الموارد الحاجة إلى الحرث وبالتالي الحاجة إلى تأخير زراعة الأرز. وقد أنتجت زراعة الأرز والذرة على أحواض دائمة غير محروثة باستخدام القش مهادا غلات حبوب أعلى بمدخلات أقل مما تستخدمه المحاصيل المزروعة في أرض محروثة. وعززت زيادة الإنتاجية إلى ارتفاع مستويات النيتروجين في التربة وإلى تحسين ظروف التربة عموما. وفي الهند، أظهرت البحوث أن الأحواض الدائمة لم تنتج فقط غلات أعلى مما تنتجه الأرض المحروثة، بل إنها أيضاً فعلت ذلك بمياه ري أقل بنسبة 38 في المائة[4]. وفي بنغلاديش، توفير المياه أمر حاسم الأهمية خلال أشهر الجفاف التي تمتد من فبراير/شباط إلى مايو/أيار، عندما تجف في كثير من الأحيان الآبار الأنبوبية الضحلة[3].

وقد كيّف معهد البحوث الزراعية في بنغلاديش والمركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح مثاقب بذر طوّرت أصلاً

للقمح، لتستخدم لبذر الذرة والأرز دون حرث. وحصل المزارعون في شمال غرب بنغلاديش الذين يستخدمون هذه المثاقب على غلات أرز مشابهة لغلات الأرز المزروع على طريقة الشتلات، ولكن باستخدام قدر أقلّ من المياه واليد العاملة، كما كان باستطاعتهم حصاد المحصول قبل أسبوعين[3].

وقارنت دراسة في بنغلاديش الغلات والربحية الناتجة عن الزراعة مع حرث والزراعة دون حرث، فكانت إنتاجية زراعة الأرز والذرة معاً دون حرث 13.8 طن للهكتار، بالمقارنة مع 12.5 طن للزراعة بعد حرث الأرض. وكانت التكاليف السنوية لإنتاج الأرز والذرة على أحواض مرتفعة دائمة 1 532 دولاراً أمريكياً للهكتار، بالمقارنة مع 1 648 دولاراً أمريكياً للزراعة بالحرث التقليدي[4].

تدريب المزارعين حاسم الأهمية للاعتماد السريع والواسع النطاق لإنتاج الذرة المستدام

تتطلب الذرة الهجين كميات كبيرة من النيتروجين لإنتاج غلات عالية. لكن احتياطيات بنغلاديش من الغاز الطبيعي، الذي يستخدم لإنتاج سماد اليوريا محدودة وغير قابلة للتجديد. ومن بين الحلول الواعدة لمشكلة استنزاف المغذيات في التربة استخدام روث الدواجن، التي أصبحت وفيرة، إذ ينتج قطاع الدواجن في بنغلاديش الآن حوالي 1.6 مليون طن من الروث سنوياً[3].

وقد جرى الحصول على غلات من الذرة جيدة باستبدال 25 في المائة من الأسمدة المعدنية التي تستخدم عادة بروث الدواجن. ويمكن أيضا تجديد النيتروجين في التربة جزئياً بزراعة البقول، مثل اللوبيا الذهبية، بعد حصاد الذرة[3]. وفي المناخات الاستوائية الموسمية، تمتص محاصيل اللوبيا الذهبية الصيفية رواسب النيتروجين وتحول دون تلوث المياه الجوفية بالنترات[5].

وتتيح زراعة أصناف الأرز القصيرة الدورة للمزارعين زراعة الذرة في وقت مبكر. غير أن أصناف الأرز هذه تنتج غلات متدنية، وليس المزارعون عموما مستعدين للتضحية بإنتاج محصولهم الغذائي الرئيسي. ولذا يقوم معهد بحوث الأرز في بنغلاديش بتطوير أصناف أرز أمان Aman ذات الغلة العالية والدورة القصيرة. ويتوقف مستقبل الزراعة المستدامة للأرز والذرة في جنوب آسيا أيضا على تطوير هجين ذرة عالي الغلة ينضج بسرعة ويتحمل كلاً من التشبع بالمياه والجفاف[3].

وبالنسبة إلى العديد من المزارعين، لا تزال زراعة الذرة في بنغلاديش جديدة وسيستغرقهم وقتاً إدماجها تماماً في نظم زراعة المحاصيل التي تحقق الإنتاج الأمثل وتحسن صحة التربة. والأمر الحاسم لتحقيق اعتماد سريع وواسع النطاق لإنتاج الذرة على نحو مستدام هو تدريب المزارعين على دقة توقيت البذر وعلى إدارة أكثر فعالية للأسمدة المعدنية والري[6، 7].

وقد خفض إنتاج الذرة المحلية اعتماد بنغلاديش على الواردات. كما وفّر التحول إلى الذرة للمزارعين وسيلة لتنويع دخلهم ونظمهم الغذائية. ولا يبيع العديد من المزارعين محصولهم من الذرة بأكمله – فهم يغذون بعضه للدواجن الخاصة بهم، ويبيعون البيض واللحوم في الأسواق المحلية. كذلك يتزايد استهلاكهم للذرة كغذاء، وليس فحسب لتغذية الدواجن. ومع ارتفاع سعر دقيق القمح، تمزج أسر عديدة طحين الذرة مع دقيق القمح في صنع خبز الشاباتي[8].

الفصل 4

طريق المضي قُدُماً

يتطلب اعتماد أصحاب الحيازات الصغيرة نهج "الحفظ والتوسّع"
إجراءات منسّقة على جميع المستويات
بمشاركة الحكومات والمنظمات الدولية والقطاع
الخاص والمجتمع المدني

أوضحت ملخصات نظام "الحفظ والتوسع' في الممارسة، التي عرضت في *الفصل 3*، كيف تولّد نظم الزراعة التي تحافظ على الموارد المتكاملة عند تكييفها للسياقات الزراعية والإيكولوجية، والاجتماعية والاقتصادية منافع اجتماعية واقتصادية وبيئية هامة. وقد حقق المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة زيادات في إنتاج وإنتاجية الحبوب وحسّنوا سبل عيشهم ودخلهم، مع الحفاظ على الموارد الطبيعية وتعزيز خدمات النظام الإيكولوجي والتكيف مع تأثيرات تغير المناخ والتخفيف من حدتها. ونظام الزراعة القائم على "الحفظ والتوسع" هو في كثير من الأحيان أكثر فعالية في ظروف الزراعة الصعبة المتمثلة بشح المياه ونضوب المغذيات في التربة والأحوال المناخية المتطرفة.

وينبغي الآن الارتقاء بالتكثيف المستدام للإنتاج المحصولي من خلال اعتماد نهج نظام "الحفظ والتوسع" كمسألة ملحة لمواجهة "تضافر الضغوط غير المسبوق" الذي يتهدد على المدى الطويل البيئة والتنمية الاجتماعية الاقتصادية والأمن الغذائي في العالم.

يعاني اليوم ما يقرب من 800 مليون شخص الجوع المزمن[1] ويعاني 2 مليار شخص نقص المغذيات الدقيقة[2]. وتستنزف الأنشطة الزراعية الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها نظمنا الغذائية. فثلث الأراضي الزراعية جميعها معتدل التدهور إلى شديد التدهور من خلال فقدان المادة العضوية وإزالة الغابات ونضوب المغذيات وتآكلها[3]. وتواجه حصة الزراعة من عمليات سحب المياه العذبة في العالم منافسة شديدة، فبحلول عام 2025، يمكن أن يعيش ثلثا سكان العالم في ظروف إجهاد مائي[4]. ويقدر أن 75 في المائة من التنوع البيولوجي للمحاصيل قد فُقد، وأن ما تبقى منه في خطر، بينما يعرض ضيق القاعدة الوراثية للأصناف المحاصيل الرئيسية لآثار تغير المناخ[5].

وليس التأثر بـ "تضافر الضغوط" متجانسا، إذ تتأثر به البلدان والمجتمعات المحلية بأشكال مختلفة، وخاصة في المناطق الريفية في البلدان النامية حيث يعيش على الأقل 70 في المائة من سكان العالم الفقراء جداً[6]. وقد ثبت أن الفقر في حد ذاته هو أحد الأسباب الرئيسية لتدهور الموارد الطبيعية، كما أن توزيع الأراضي الصالحة للزراعة مختل أيضاً لغير صالح البلدان الأكثر حاجة إلى زيادة الإنتاج[3].

إن التحدي الذي نواجهه هو تحدي تلبية الطلب على الأغذية والمنتجات الزراعية الأخرى المتزايد اليوم أكثر من أي وقت مضى في التاريخ، وتحقيق ذلك بطريقة تحافظ على الموارد الطبيعية ولا تعرض للخطر قدرة الأجيال المقبلة على تلبية الاحتياجات. وليس الأمن الغذائي العالمي هو وحده الذي على المحك بل أيضاً آفاق السلام والاستقرار العالميين.

ويتطلب الانتقال إلى الاستدامة – ضمان الأمن الغذائي العالمي وتوفير الفرص الاقتصادية والاجتماعية وإبطاء معدل تغير المناخ وحماية الموارد الطبيعية وخدمات النظام الإيكولوجي– تغييرات أساسية في حوكمة الأغذية والزراعة[7]. كما يستدعي الموازنة بين احتياجات النظم البشرية واحتياجات النظم الطبيعية على حد سواء وبين الأهداف المتعددة للزراعة وبين الزراعة والقطاعات الأخرى.

ويتطلب ذلك بدوره إجراء تقييم واقعي للتكاليف الكاملة لتحقيق الانتقال، بما في ذلك الحاجة إلى بناء سياسات ومؤسسات تمكينية. كما يتطلب الاستهداف الدقيق لنظم زراعية متكاملة متكيفة مع الظروف الخاصة لكل موقع من المواقع. فتحقيق الاستدامة يتوقف على سياسات تمكينية وبيئة قانونية ومؤسسية تحقق التوازن المناسب بين مبادرات القطاع الخاص والقطاع العام وضمان المساءلة والإنصاف والشفافية وسيادة القانون[8].

بعض الدروس المستفادة

نستعرض أولاً بعض "الدروس المستفادة" من نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" التي عرضت في *الفصل* 3. والهدف هو تحديد الجهات الفاعلة والتدابير السياساتية والمؤسسية التي مكّنت وساندت اعتماد إنتاج الحبوب القائم على نظم إيكولوجية وكذلك تحديد القيود التي أعاقت التقدم.

لعبت المنظمات الوطنية والدولية دوراً هاما في تطوير النظم الزراعية المستدامة. فمثلاً، شجعّت منظمة الأغذية والزراعة إدخال الزراعة المحافظة على الموارد في كازاخستان ودعمت تدريب المزارعين في مجال تكثيف النظم القائمة على الأرز في فييت نام. ودعم البرنامج الإيكولوجي الإقليمي للجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية ومعاهد البحوث الوطنية في أربعة بلدان الزراعة المحافظة على الموارد في سهول نهر الجانج في الهند، ووفرت شراكات طويلة الأجل مشابهة التمويل والبحوث والمشورة التقنية لتطوير نظم الحراجة الزراعية للذرة في أمريكا الوسطى وأفريقيا الجنوبية.

وفي كثير من الأحيان، قاد *المزارعون وقادت منظمات المزارعين* الابتكار في مجال الإنتاج القائم على النظام الإيكولوجي. ففي هندوراس، بادر المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة إلى اتباع أسلوب "اقطع وافرش" في إنتاج الذرة، الذي اعتمد منذ ذلك الحين في البلدان المجاورة. وأدخل المزارعون ممارسات الزراعة المحافظة على الموارد مثل عدم الحرث إلى نظام تكثيف زراعة الأرز. وفي الهند، قاموا بتكييف أداة إدارة النيتروجين التي طورت في الأصل لزراعة الأرز لتستخدم في زراعة القمح، في حين قام المزارعون في كينيا بتكييف نظام "الدفع والجذب" في الإدارة المتكاملة للآفات إلى زراعة الفاصوليا وتوفير علف للماشية.

وكان دعم *الحكومة* حاسماً على جميع المستويات في تطوير مبادرات الإنتاج المستدام للمحاصيل. وتعد كازاخستان من بين البلدان الرائدة في العالم في تبني نظام عدم الحرث، وذلك بفضل سياسة وطنية تشجع الزراعة المحافظة على الموارد. وأطلقت حكومة إندونيسيا، بدعم من منظمة الأغذية والزراعة، "برنامج مليون هكتار من زراعة الأرز وتربية الأسماك"، الذي سيساهم مساهمة هامة في التغذية والتنمية الريفية. وموّلت حكومات الولايات نشر نظم عدم الحرث في زراعة الذرة في البرازيل ودعمت تزويد معدات عدم الحرث لزراعة القمح في الهند.

كان القطاع الخاص أيضاً ميسّراً رئيسياً للزراعة والإنتاج المستدامين في بعض البلدان. ففي الهند، تصنع المصانع المحلية مثاقب بذر للزراعة دون حرث ويوفر المقاولون من القطاع الخاص خدمات تمهيد للأراضي باستخدام الليزر. وفي كازاخستان، يمكن الحصول بسهولة على معدات نظام الزراعة المحافظة على الموارد، كمثاقب البذر المسحوبة بالجرارات، من تجار الآلات الزراعية، كما تحسّن الشراكات بين القطاعين العام والخاص إمدادات البذور في البرازيل والصين والهند.

وفي الوقت نفسه، جرى تحديد القيود التي تعيق اعتماد التكثيف المستدام للإنتاج المحصولي. ففي حين أن بوسع الزراعة المحافظة على الموارد أن تساعد على زيادة إنتاج الحبوب في آسيا الوسطى، ليس لدى معظم حكومات المنطقة سياسات لتشجيعها، والمعدات المناسبة غير متوفرة، وليس لدى المزارعين سوى حوافز قليلة لزيادة إنتاجية المياه.

وعلى الرغم من الأثر الإيجابي لنظام "الدفع والجذب" للإدارة المتكاملة للآفات على الإنتاج والدخل والاستدامة في شرق أفريقيا، إلا أن ما يعيق استخدامه هو حيازة الأراضي غير الآمنة، التي لا تشجع الاستثمار في المزارع. وبوسع إدخال محاصيل البقول تحسين غلة الذرة وصحة التربة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، لكن المزارعين يفتقرون إلى إمكانية الوصول إلى البذور وإلى أسواق مربحة لبيع منتجاتهم.

ويواصل العديد من الحكومات دعم أسعار المبيدات والأسمدة المعدنية، ما يؤدي إلى اكتسابها ميزة اقتصادية نسبية على حساب النظم الأكثر استدامة، مثل نظام الإنتاج المتكامل للأرز وتربية الأحياء المائية، الذي يستخدم الأسماك لمكافحة الأعشاب الطفيلية والآفات الحشرية ونظم زراعة الحبوب – البقول التي تستفيد من المصادر الطبيعية للنيتروجين. وبصفة عامة، لا يستثمر القطاع الخاص ما يكفي في تطوير التكنولوجيات المستدامة، كما أنه يعارض في كثير من الأحيان التدابير الرامية إلى تشجيع الإدارة المتكاملة للآفات.

ومن الشروط الأساسية الهامة لاعتماد نظام الزراعة القائم على "الحفظ والتوسع" تكيّفه مع الظروف الزراعية والإيكولوجية والاجتماعية والاقتصادية، بما في ذلك توفر اليد العاملة. فقد تبين مثلاً أن تكاليف اليد العاملة عامل يحد من توسع اعتماد نظام تكثيف زراعة الأرز في بعض المناطق.

وهناك عائق رئيسي آخر هو الوقت اللازم لتحقيق منافع الانتقال إلى ممارسات الإنتاج المستدام واستعادة خدمات النظام الإيكولوجي. ففي كازاخستان، تتضاءل مشاكل الأعشاب الطفيلية في حقول القمح على مدى فترة أربع إلى خمس سنوات بعد اعتماد عدم الحرث والاحتفاظ بمخلفات المحاصيل. وفي زامبيا، لم يتحقق المزارعون من منافع إنتاج زراعة الذرة مع أشجار *Faidherbia albida*. إلا بعد ست سنوات. وهذا يؤكد على الحاجة إلى التزام مؤسسي قوي – يشمل التمويل ولا يقتصر عليه – ولفترة مديدة لدعم الانتقال إلى نظام الزراعة القائم على "الحفظ والتوسع"[9، 10].

تحقيق الانتقال إلى "الحفظ والتوسع": عشر توصيات

بالاستفادة من دروس نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع' الواردة في *الفصل* 3 والنهج الأخرى القائمة على النظم الإيكولوجية التي تطبّق في العالم النامي، نورد في ما يلي 10 إجراءات موصى بها لتنظر فيها البلدان التي هي في سبيلها إلى التحول إلى نهج التكثيف المستدام لإنتاج الذرة والأرز والقمح.

1 تشجيع "الحفظ والتوسع" في التحول البنيوي

في إدارة الانتقال إلى الزراعة المستدامة – والتحول البنيوي الأوسع للاقتصادات والمجتمعات – التحدي الرئيسي لصانعي السياسات هو بناء وتعزيز المؤسسات والشراكات وتنسيق أعمالها. وهناك ضرورة لوضع إطار لسياسات متعددة القطاعات تنظر إلى الزراعة والنمو الزراعي في سياق إدارة الموارد الطبيعية وسياسات التوسع العمراني وأنماط الاستثمار العام وتخفيض المهدر من الأغذية والتحول إلى نظم غذائية أكثر استدامة وإنشاء عمالة غير زراعية في المناطق الريفية.

وفي هذه الرؤية للاستدامة، يصبح "الحفظ والتوسع" جزءاً من الانتقال العالمي إلى "الاقتصادات الخضراء"، التي تهدف إلى تحسين رفاه الإنسان وتحقيق العدالة الاجتماعية، بالتضافر مع التخفيف بقدر كبير من حدة المخاطر البيئية وحالات الندرة الإيكولوجية ووتيرة تغير المناخ. ويتوقع من تخضير الزراعة زيادة الغلات ومداخيل المزارعين، وفي الوقت نفسه إحداث تأثيرات إيجابية إضافية وتآزرات في المجالات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، مثل تحسين التغذية وخفض الاعتماد على واردات الأغذية وخفض التلوث البيئي[11]. وسيتطلب نهج كهذا تعاوناً وتكاملاً بين الوزارات الحكومية لضمان التوافق بين السياسات والبرامج القطاعية[12، 13].

وفي العديد من البلدان النامية، المؤسسات الضرورية للانتقال إلى "الحفظ والتوسع" – التعليم الزراعي، والبحوث والإرشاد، وصنع السياسات، وإنتاج البذور وإصدار شهادات لها – إما ضعيفة أو غير موجودة، وتنبغي إقامتها أو تعزيزها. وفي معظم البلدان، لا تنسق الوزارات والمؤسسات الوطنية في كثير من الأحيان الإجراءات التي تؤثر على الإنتاجية والاستدامة الزراعية، بل إنها في الواقع كثيراً ما تتبنى سياسات وإجراءات متعارضة.

وينبغي على الوزارات التي لها أهمية حاسمة لتعزيز الإنتاج المستدام للمحاصيل – مثل الوزارات الخاصة بالزراعة والثروة الحيوانية والبيئة والموارد الطبيعية والحراجة ومصايد الأسماك وتجهيز الأغذية والتسويق والعمل – مواءمة الاستراتيجيات والإجراءات للاستفادة القصوى وتحقيق الأثر المرجو. وينبغي على واضعي السياسات أيضاً تعزيز القدرة على تحليل المقايضات بين القطاعات الزراعية، وفي أحيان كثيرة ضمن قطاعات المحاصيل الفرعية، وتحقيق التوازن في ما بينها.

ويشارك العديد من الوكالات غير الحكومية أيضا في إنتاج الحبوب وتجهيزها وتسويقها. وتمثل منظمات المجتمع المدني جماهير متنوعة، منها جماهير المزارعين والعمال الزراعيين الذين لا يملكون أرضا والنساء والشباب والشعوب الأصلية. وهي تصل إلى الفئات الأكثر ضعفا في المجتمع وتدرج شواغلها في الحوار السياساتي وتصاميم البرامج والمشاريع. وقد نجحت منظمات المجتمع المدني، بما في ذلك الحركات الاجتماعية للمزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة، في إقامة حوار مع الحكومات

والجهات الفاعلة الأخرى على الصعيدين الإقليمي والعالمي وساهمت في تطوير نماذج جديدة للحوكمة. وينبغي أن تكون هذه المنظمات جزءاً لا يتجزأ من الحوارات الوطنية المتعددة أصحاب المصلحة وأن تشارك على أكمل وجه في تخطيط وتنفيذ السياسات العامة.

والقطاع الخاص، بما في ذلك منظمات المزارعين والمشاريع الصغيرة والمتوسطة الحجم والشركات الدولية والمؤسسات الخاصة، شريك هام أيضا، ذلك أن الزراعة تُعتبر نشاطاً رئيسياً من أنشطة المؤسسات الخاصة. ويمكن أن يدعم القطاع الخاص مبادرات المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة، ويساعد على ضمان الأمن الغذائي من خلال الاستثمار المنتج المسؤول واستحداث العمالة.

وينبغي تعزيز الشراكات بين منظمات المجتمع المدني والقطاع الخاص وبين هذين الطرفين وبين المؤسسات الوطنية ومواءمة الإجراء في ما بينها للتنفيذ الفعال "للحفظ والتوسع". وللاستفادة إلى الحد الأقصى، تنبغي صياغة خطط التنمية الوطنية بالتشاور مع أصحاب المصلحة الرئيسيين، من خلال عمليات تشاركية، لضمان دعمهم والتزامهم وتيسير الإجراءات المنسّقة.

2 تشجيع السياسات التي تسهل اعتماد المزارعين لنظام "الحفظ والتوسع"

لدى صانعي السياسات دور رئيسي يؤدونه في تهيئة بيئة مواتية لتكثيف الإنتاج المستدام للمحاصيل، إذ يتعين عليهم دعم البحث والإرشاد المناسبين والوصول إلى أسواق الائتمان والمدخلات/المخرجات وبناء قدرات أصحاب المصلحة في جميع أنحاء سلاسل القيمة للذرة والأرز والقمح. كما يتعين عليهم أن يقدموا حوافز للمزارعين لتنويع نظم الإنتاج عن طريق تشجيع الأسواق للمحاصيل التي تزرع بالتناوب وللمنتجات الحيوانية والحرجية[5]. وقد تبين أن للحصول على الأسمدة في الوقت المناسب أثر إيجابي كبير على غلات المحاصيل، بينما ييسر توفر بذور أصناف مكيّفة ذات جودة رفيعة وإمكانية الحصول عليها تنويع المحاصيل[14، 15].

ويمكن أن تقلل السياسات والاستثمارات الملائمة من المخاطر التي قد يواجهها المزارعون في التحول نحو "الحفظ والتوسع"[16]. وهذه تشمل الإعفاءات الضريبية للمؤسسات المالية التي تقدم خدمات في المناطق الريفية لدعم الزراعة المستدامة وسياسات التأمين الزراعي والحماية الاجتماعية للتخفيف من حدة المخاطر وتعزيز القدرة على الصمود والمدفوعات مقابل الخدمات البيئية والتمويل العام للبحوث الزراعية والتنمية والإرشاد[17].

وسيكون لاعتماد "الحفظ والتوسع" آثار إيجابية على البيئة ينبغي تمييزها ومكافأتها. فلا تزال المدفوعات مقابل الخدمات البيئية في الزراعة جديدة نسبيا، لكن قدرا كبيرا من العمل قد أنجز في هذا الموضوع في السنوات الأخيرة. فمثلاً، تربط الصين نظم الزراعة المحافظة على الموارد بالتمويل اللازم للتخفيف من تغير المناخ. وتقوم فييت نام، بدعم من منظمة الأغذية والزراعة، بوضع استراتيجيات تمويل توفر الدفع مقابل الخدمات البيئية[13].

ومن خلال برامج الشراء المؤسسي، يمكن أن تحسّن الحكومات الأمن الغذائي والتغذية للفئات المعرضة للمخاطر وإدماج المنتجين من أصحاب الحيازات الصغيرة في الأسواق كموردين. وبفضل التدريب الإداري وشراء المدخلات بالجملة والتسويق الجماعي، كان بوسع بعض منظمات المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة في كينيا منافسة المشاريع

الأكبر في عطاءات توريد الذرة لبرنامج الأغذية العالمي[18]. ويمكن أن تحفّز برامج الحماية الاجتماعية المصممة تصميماً جيداً أصحاب الحيازات الصغيرة على إنتاج الأغذية وإيجاد وضع يحقق فيه المستهلكون والمنتجون مكاسب على حد سواء[19، 20]. فمثلاً، اشترت البرازيل في عام 2013 حوالي 270 ألف طن من الأغذية من 95 ألف أسرة زراعية لتوزيعها مجاناً على شبكة المساعدة الاجتماعية في البلد وعلى من يعانون انعدام الأمن الغذائي[21].

وينبغي على السياسات معالجة النقص في العمالة في المناطق الريفية. ويتطلب انتشال الناس من الفقر من خلال الزراعة أيضاً زيادة العائدات من اليد العاملة، وليس فقط تحقيق غلات أعلى. فمن غير المرجح أن يعتمد المزارعون نظام "الحفظ والتوسع" إن لم تتوفر لهم عائدات تكون تنافسية مع تلك التي توفرها قطاعات أخرى. وسيعتمد نجاح التحول إلى "الحفظ والتوسع" على التكنولوجيات والسياسات التي تعزز ركائز الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية والتخفيف من المخاطر وتوفير اليد العاملة[13].

وقد يتعين على البلدان أيضا أن تعيد النظر في برامجها الحالية لدعم الزراعة بغية إلغاء "معونات الدعم الحمقاء" التي تشجع الممارسات الضارة – كالإفراط في استخدام الأسمدة والمبيدات والمياه وإزالة الأحراج التي تؤدي إلى مزيد من فقدان التنوع البيولوجي – وتوفر بدلاً من ذلك حوافز لاعتماد ممارسات مستدامة.

3 زيادة الاستثمارات في الزراعة

دعت منظمة الأغذية والزراعة إلى استراتيجية جديدة للاستثمار الزراعي تركز الموارد العامة على جميع المستويات على توفير السلع العامة وتشجيع الاستثمار في التكثيف المستدام. فالمزارعون هم بالفعل أكبر المستثمرين في الزراعة. لكنهم، في غياب الحوكمة الرشيدة وتوفر الحوافز المناسبة والسلع العامة الأساسية، لا يستثمرون ما يكفي. وفي أحيان كثيرة لا يستثمرون أبدا. في نظم الإنتاج المستدامة[17، 22].

ومن شأن الاستثمار من جانب الحكومات والشركاء في التنمية، عندما يوجه توجيهاً صحيحاً لتعزيز الإنتاجية الزراعية والعائدات للمزارعين على نحو مستدام، أن يكون وسيلة هامة لتعزيز النمو الاقتصادي وخفض الفقر وتحقيق الأمن الغذائي والتغذوي والاستدامة البيئية. ويمكن للاستثمار في البنية الأساسية الريفية وفي خدمات الائتمان وفي التعليم والإرشاد والتدريب وفي البحث والتطوير الخاص بالحيازات الزراعية الصغيرة أن يساعد على تحفيز زيادة الإمدادات الغذائية وإدخال تحسينات على كفاءة الأسواق الزراعية[17].

وهناك حاجة للاستثمار بشكل خاص في الطرق وسلاسل الإمداد المبردة والتجهيز والتعبئة والتغليف والتخزين والتسويق لخفض الفاقد والمهدر من الأغذية اللذين يقدران بثلث الإنتاج العالمي. وستنجم عن هذه الاستثمارات على المدى الطويل عوائد أعلى بكثير – من حيث الإنتاجية والنمو الاقتصادي – الأمر الذي سينطوي على نفقات أخرى مثل المعونات لدعم المدخلات[17].

وقد يتطلب الانتقال إلى نظام "الحفظ والتوسع" أن تستثمر البلدان استثمارات كبيرة في بناء بيئة مشجّعة، وأن يعتمد المزارعون ممارسات قد تستغرق سنوات عدة قبل أن تحقق عوائد إيجابية. ومع تسارع تغير المناخ، تدعو الحاجة إلى معالجة وافية لتزايد تعرض المزارعين للمخاطر إلى وضع استراتيجيات استثمارية تعطي أولوية أعلى لإدارة المخاطر[9، 10، 14].

4 إحقاق وحماية حقوق المزارعين في الموارد الطبيعية

يتطلب الانتقال إلى نظام "الحفظ والتوسع" أيضا اتخاذ إجراءات لحماية وتعزيز إمكان حصول أصحاب الحيازات الصغيرة على الموارد الطبيعية، خاصة الأراضي والمياه والتنوع البيولوجي الزراعي. ولا تزال ترتيبات حيازة الأراضي ضعيفة وغير متكافئة في أجزاء كبيرة من العالم، ويمكن أن يؤدي هذا الوضع إلى مصادرات وتشريد وطرد[23]. ووضع حقوق ملكية واضحة أمر ضروري لتعزيز توفير فرص متساوية في الحصول على الموارد الإنتاجية وكذلك لإدارتها إدارة مستدامة. ولن يعتمد المزارعون ممارسات "الحفظ والتوسع" إلاّ إذا تمكنوا من الاستفادة من الزيادة في قيمة رأس المال الطبيعي لفترة طويلة بدرجة كافية.[7]

وفي أحيان كثيرة، لا تكون حقوق المزارعين محددة بوضوح أو تكون متداخلة أو أنها لا تتخذ طابعاً رسمياً. ومن شأن تحسين حقوق المزارعين في الأراضي والمياه – وخاصة حقوق النساء، اللاتي يتزايد دورهن في اتخاذ قرارات الإنتاج – أن يشكّل حافزاً أساسياً لاعتماد الإنتاج المستدام للمحاصيل. وقد ركزت برامج حيازة الأراضي في كثير من البلدان النامية على إضفاء الطابع الرسمي على حقوق الأراضي وعلى خصخصتها، مع إيلاء اعتبار ضئيل فحسب لنظم الحيازة العرفية والجماعية. وينبغي أن تمنح الحكومات هذه النظم اعترافاً أكبر، لأن الأدلة المتزايدة تشير إلى أنها، حيثما توفر درجة من الأمن، يمكن أن تشكل حوافز فعالة للاستثمار[5].

وينبغي على الحكومات وشركائها في التنمية الاستفادة من *المبادئ التوجيهية الطوعية التي وضعتها اللجنة بشأن الإدارة المسؤولة لحيازة الأراضي ومصائد الأسماك والغابات في سياق الأمن الغذائي الوطني*[24] في سياساتها واستراتيجياتها الرامية إلى تعزيز الإنتاج المستدام للمحاصيل، حسبما يقتضي الأمر. وتشكل هذه المبادئ التوجيهية مرجعية موثقة لسن القوانين ووضع السياسات المتعلقة بحقوق الحيازة وإمكان الحصول عليها. وهي تزود المستثمرين والمطورين بمؤشرات واضحة لأفضل الممارسات، وتزود منظمات المجتمع المدني بمقاييس يمكنها استخدامها في عملها نيابة عن المجتمعات المحلية الريفية.

وتشمل المبادئ التوجيهية المفيدة الأخرى *مبادئ الاستثمار المسؤول في نظم الزراعة والأغذية*[22]، التي وضعتها أيضاً لجنة الأمن الغذائي العالمي، و*مبادئ الاستثمارات الزراعية الرشيدة التي تحترم الحقوق وسبل كسب العيش والموارد*[25]، التي وضعها في عام 2009 كل من منظمة الأغذية والزراعة والصندوق الدولي للتنمية الزراعية ومؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية والبنك الدولي.

ومن الضروري أيضاً لنظام "الحفظ ولتوسع" توفير إمكانية الحصول على التنوع البيولوجي واستخدامه المستدام. إذ لا يحتاج المزارعون إلى الحصول على مجموعة من الأنواع لتنويع نظم الزراعة فحسب، بل أيضاً إلى موارد وراثية محسّنة في الأنواع، كي ينتجوا المزيد بتكلفة أقل ويتمكنوا من مواجهة تحديات تغير المناخ. وينبغي على البلدان تعزيز برامجها الخاصة بها لحفظ التنوع البيولوجي واستخدامه المستدام، والانضمام إلى الصكوك الدولية مثل اتفاقية التنوع البيولوجي والمعاهدة الدولية بشأن الموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة وهيئة الموارد الوراثية للأغذية والزراعة، والتعاون تعاوناً وثيقاً مع مراكز الجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية.

5 تشجيع وجود سلاسل قيمة وأسواق أكثر كفاءة

تكتسي سلاسل القيمة الفعّالة أهمية حيوية بالنسبة إلى الأمن الغذائي والحد من الفقر واستدامة نظم الأغذية والزراعة. ولكي تكون سلسلة القيمة مستدامة اقتصاديا واجتماعياً وبيئياً، ينبغي أن تنشئ قيمة مضافة وترفع المداخيل وتيسّر توزيعاً أكثر إنصافا للمنافع وتقلّل الآثار الإيكولوجية في كافة أنحائها[26].

وسلاسل القيمة الغذائية المستدامة مبنية على التعاون بين جميع أصحاب المصلحة، بما في ذلك المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة والأعمال التجارية الزراعية والحكومات والمجتمع المدني. وفي البداية، ينبغي أن تركز سلسلة القيمة الغذائية أساسا على تحسين الكفاءة – بما في ذلك خفض خسائر ما بعد الحصاد – التي تؤدي إلى انخفاض أسعار المواد الغذائية وزيادة توفر الأغذية، ما يتيح للأسر المعيشية شراء المزيد من الأغذية. وصبح عندئذ تغيير الطلب على السلع الاستهلاكية محركاً أساسياً للابتكار ولإحداث القيمة، ما يؤدي إلى تحسين مستمر في الإمدادات الغذائية وزيادة المنافع للمستهلكين[26].

ويمكن أن تدعم الحكومات 'نماذج أعمال تجارية شاملة' من خلال الأطر القانونية التي تنشئ، مثلاً، ممارسات جيدة في الزراعة التعاقدية. ففي جمهورية تنزانيا المتحدة، حيث يرتفع الطلب بشدة على الأرز، يتعاون المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة وأصحاب مزارع الأرز الكبار من القطاع الخاص من خلال مشاريع التوريد من مزارعين مستقلّين[27]. غير أن تقليل اعتماد أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى على الأرز المستورد يتطلب إجراء تحسينات نوعية وكمية. وقد وجدت دراسة حديثة العهد أن المستهلكين في المناطق الحضرية في أفريقيا مستعدون لأن يدفعوا مقابل رفع مستوى جودة الأرز المنتج محلياً من خلال تحسينات على الأصناف والتجهيز الأفضل[28].

وستتيح البيئة القانونية والمؤسسية التي تشجع وتدعم التعاون بين المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة الاستفادة من وفورات الحجم في أنشطة مثل شراء المدخلات والتجهيز والنقل وبيع المخرجات[7]. ويمكن أيضا تيسير تسويق إنتاج أصحاب الحيازات الصغيرة عن طريق خطط إصدار الشهادات التي تكافئ المنتجين الذين يعتمدون نظم إنتاج مستدامة.

6 زيادة الدعم للبحوث والتنمية الزراعية

لقد تحوّل الموضع المركزي للبحوث الزراعية والتطوير الزراعي من الجمهور إلى القطاع الخاص الوطني والمتعدد الجنسيات. ومع تزايد الاستثمار الخاص، انخفض الاستثمار العام في مجال البحث والتطوير في ما يقرب من نصف البلدان المنخفضة الدخل في العالم[29]. وتميل الشركات الخاصة إلى التركيز على السلع الأساسية وهوامش الأرباح القصيرة الأجل،[30] وفي كثير من الحالات، على تعزيز التكنولوجيات – كالمكافحة الكيميائية للآفات – تعتمد على المدخلات الخارجية دون إيلاء اهتمام لاعتبارات الاستدامة[31].

وهناك حاجة إلى مبادرات من القطاع العام أطول أجلاً في المجالات المتعلقة بإدارة الموارد الطبيعية، بما في ذلك البحوث المتعلقة بالتربة والمياه والموارد الوراثية والاستدامة[30]. وسيحتاج العديد من الحكومات إلى صون أو تعزيز قدرته على إجراء البحوث التي قد لا تشمل فقط الاستثمار في مرافق البحوث والمعدات، بل أيضاً ضمان أن

تكون القدرة العلمية مجدية وملائمة لمعالجة احتياجات سياسات وتكنولوجيا الزراعة، بشكل عام، وقطاع أصحاب الحيازات الصغيرة خاصة.

وفي معظم البلدان النامية، تكون القدرة على إجراء البحوث ضعيفة خاصة في مجالات مثل التكنولوجيا الحيوية ووضع النماذج والتوقعات. واستخدام الاستشعار عن بعد عن طريق الأقمار الاصطناعية والاتصالات الحديثة ضروريان لتقديم استجابات سريعة وفعالة للتغير السريع في المتطلبات من الزراعة والآثار المتزايدة لتغير المناخ.

ولتوليد خيارات تكنولوجية جذابة للمزارعين، ينبغي أن يكون الابتكار القائم على العلم مبنياً على المعرفة التقليدية للمزارعين. وينبغي أن تلبي البحوث احتياجات المناطق الزراعية الطرفية، وأن تعمل على تحقيق منافع لأصحاب الحيازات الصغيرة عن طريق زيادة الإنتاجية الزراعية والحفاظ على الموارد الطبيعية، وعن طريق المساعدة على تنويع نظم زراعة الحبوب إلى منتجات ذات قيمة أعلى.

وينبغي أن ترتبط البحوث ارتباطاً أوثق بالإرشاد ومصادر المعرفة الأخرى. وسيدعم تعزيز قدرات النشر والتنفيذ تحقيق المزيد من التطوير لنظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" ولاعتمادها من المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة. وللمنظمات الدولية للبحوث الزراعية وكذلك التمويل دور هام تؤديه في دعم تلك الجهود الوطنية.

7 تشجيع الابتكار التكنولوجي

مزارعو الحبوب من أصحاب الحيازات الصغيرة هم في طليعة الجهود المبذولة لضمان الأمن الغذائي والتغذوي من مستوى الأسر المعيشية إلى المستويات العالمية. وسيحتاجون إلى الحصول على مجموعة كاملة من التكنولوجيات اللازمة لتكثيف الإنتاج المستدام للمحاصيل. مثلاً:

المكننة. تتطلب الزراعة المحافظة على الموارد أدوات وآلات تلائم جميع مستويات التكنولوجيا. في البرازيل، تنتج صناعة محلية مزدهرة معدات زراعة محافظة على الموارد تلائم مختلف أنواع التربة والظروف المناخية والنظم الزراعية[32]. وقد نُقل بعض تلك التكنولوجيات إلى أفريقيا وآسيا، حيث تنتج مصانع محلية آلات زراعية يدوية أو تجرها حيوانات للاستخدامات في نظام عدم الحرث ومعدات بذر مباشر تجرها جرارات[33، 34]. ويتعين على الحكومات اعتماد استراتيجيات لرفع مستوى الزراعة المحافظة على الموارد وغير ذلك من الممارسات المستدامة، وتحديد أدوار واضحة للقطاع الخاص في التصنيع والتوزيع والخدمات والتصليح وللقطاع العام في البحوث وبناء القدرات وتقديم الدعم لتنمية الأعمال التجارية[35، 36].

محاصيل وأصناف جديدة. الإسراع في تطوير أصناف محسّنة من المحاصيل أمر حاسم لمواجهة تحديات المستقبل، خاصة لأصحاب الحيازات الصغيرة، إذ يدعم تنويع النظم الزراعية تنوع محاصيلهم ويساهم في زيادة قدرتهم على الصمود في وجه تغير المناخ وغيره من الإجهادات. ويمكن لنُهج الاستنبات الجديدة، كالواسمات الجزيئية، أن تحسّن غلات الحبوب ومحتوى المغذيات ومقاومة الآفات والأمراض وتقلل الوقت اللازم لتطوير وإطلاق أنواع جديدة[37]. وهجائن الذرة العالية الغلة ذات أهمية متزايدة في نظم زراعة الحيازات الصغيرة، ويمكن أن يصبح القمح الهجين والأرز الهجين أكثر شيوعاً. وينبغي أن يتوجه استنبات المحاصيل إلى التحسين الوراثي لمكونات نظم الزراعة المتداخلة

للمحاصيل والجودة التغذوية لمخلفات نباتات الحبوب التي تستخدم لإطعام الماشية، كما أن تقديم الدعم للحفظ على مستوى المزرعة وتحسين أصناف المزارعين أمر حاسم الأهمية.

تحسين *كفاءة استخدام المياه* – ليس لدى المنتجين الرئيسيين لمحاصيل الذرة والأرز والقمح المروية أو لن تكون لديهم قريباً إمكانية الحصول على ما يكفي من المياه للحفاظ على مستويات الإنتاج الغذائي للفرد الواحد. وسيكون من الأهمية بمكان للإنتاج في ظروف تغير المناخ استخدام أصناف من المحاصيل أكثر كفاءة في استخدام المياه، واعتماد ممارسات الحفاظ على المياه كعدم الحرث ومحاصيل التغطية، وزيادة الاستثمار في تكنولوجيات ذات كفاءة مائية كتسوية الأراضي والري بالتنقيط وجمع مياه الأمطار. وقد حسّنت زراعة الأرز والقمح في أحواض مرتفعة مروية إلى حد كبير كفاءة استخدام المياه وعززت الغلات في مصر والهند والمكسيك. كما تعزز نظم الأحواض المرتفعة إنتاجية المياه، إلى جانب تحقيق مكاسب من خلال زيادة غلات إنتاج الذرة البعلية. وتعمل تكنولوجيات الري المحسّنة بشكل أفضل عندما تقيّم المياه وتسعّر بشكل مناسب[38]. وتنبغي حماية حقوق أصحاب الحيازات الصغيرة في المياه وكذلك في الأراضي.

أسمدة مبتكرة. لم يكن هناك أي استثمار تقريبا في البحث والتطوير المعنيين بالأسمدة على مدى العقود الخمسة الماضية. ومن شأن أخذ العمليات الفسيولوجية للنبات والتربة، بدلاً من الكيمياء، كنقطة انطلاق فمن شأن التحسينات في تصميم "تخزين" المغذيات واعتماد استراتيجيات أكثر كفاءة من أجل "تسليم" المغذيات أن يسرّع امتصاص النباتات لها. وستوفر الأسمدة المبتكرة – الموجهة إلى تغذية المحاصيل بدلاً من تغذية التربة – فوائد متعددة، بما في ذلك زيادة محتوى المغذيات في الحبوب واستعادة خصوبة التربة وزيادة قدرة النظام على التكيّف والاستدامة. وبوسع التحسينات في الأسمدة النيتروجينية أن تحمي صحة النظام الإيكولوجي عن طريق تخفيض انبعاثات أكسيد النيتروز في البيئة[39].

الإدارة المتكاملة للآفات. لأن الآفات الحشرية والأعشاب الطفيلية والأمراض تتطور وتنتقل بسهولة إلى مواقع جديدة، يتطلب التصدي للتحديات الناشئة المتعلقة بإنتاج الحبوب تطويراً مستمراً لتكنولوجيات الإدارة المتكاملة للآفات. ويشمل بعض الابتكارات الأخيرة: الاستنبات لاستعادة قدرة نظم جذور الذرة الطبيعية على طرد الآفات؛ ومبيداً حيوياً مشتقاً من بذور شجرة النيم يقضي على جنادب النباتات على محاصيل الأرز؛ وفطريات وديدان خيطية فعّالة جداً ضد الذبابة المنشارية التي تصيب سويقات القمح[40] [31]. ويتطلب الابتكار في الإدارة المتكاملة للآفات دعماً سياسياً قوياً ومشاركة فعّالة من المزارعين من خلال المدارس الميدانية للمزارعين.

تحسين *إدارة مرحلة ما بعد الحصاد*. ترتفع فواقد الحبوب في مرحلة ما بعد الحصاد بسبب الآفات والقوارض في نظم إنتاج أصحاب الحيازات الصغيرة. وفي المناخات الرطبة، تكتسب مرافق التجفيف أهمية خاصة في السيطرة على خطر الإصابة بالأمراض الفطرية[41]. ويمكن أن يحدد تحليل نظم ما بعد الحصاد التقليدية الثغرات وتقديم حلول مناسبة لها. ففي أفغانستان، ساعد استبدال صوامع الطين لتخزين الحبوب بصوامع معدنية حوالي 76 000 مزارع على خفض الفواقد من 20 في المائة من الحصاد إلى أقل

من 2 في المائة[42]. وفي أفريقيا، شجعّت منظمة الأغذية والزراعة نظام إدارة لتخزين الحبوب – يشمل طرقاً بسيطة لقياس رطوبة المحتوى ومكافحة غير كيميائية للآفات والأمراض – مكيّف لاحتياجات المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة المتضررين من الجفاف والفيضانات[43].

تكنولوجيات الجيل الجديد. يحتسب نظام لإدارة محصول الأرز قائم على هاتف ذكي طوره المعهد الدولي للبحوث المتعلقة بالأرز لإدارة محصول الأرز توصيات لإدارة المحاصيل والمغذيات على أساس الظروف المحلية ويرسلها إلى المزارعين عن طريق الرسائل القصيرة. وقد زادت هذه التوصيات الغلات بمعدل 0.4 طن والدخل بما مقداره 100 دولار أمريكي للهكتار[44]. ويقدم النشر الواسع النطاق للهواتف النقالة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى فرصاً مماثلة للربط بين الباحثين والمزارعين، كما بين المزارعين والأسواق. وتتوفر الآن لأصحاب الحيازات الصغيرة ابتكارات أخرى منخفضة التكلفة نسبيا، خاصة عندما تقدم من خلال التعاونيات أو من خلال استئجار الخدمات، وهي تشمل تسوية الأراضي باستخدام الليزر والرسوم البيانية للون الأوراق للمساعدة على توقيت استعمالات الأسمدة المعدنية وأجهزة استشعار إلكترونية تكتشف نقص نيتروجين النبات ومستويات المغذيات في مخلفات الحبوب. غير أنه ينبغي تقييم الآثار الاجتماعية والاقتصادية والبيئية المحتملة للابتكارات المقترحة قبل التوصية بها.

8 تحسين التواصل مع المزارعين والمساعدة على بناء قدراتهم

يعرف عن الزراعة الإيكولوجية وتكنولوجيات المحافظة على الموارد أقل بكثير مما يعرف عن استخدام المدخلات الخارجية في الإنتاج المحصولي المكثف[45].ويشكل الافتقار إلى المعلومات عن النهج القائمة على النظم الإيكولوجية وعن الحاجة إلى تكييفها مع الظروف الزراعية والإيكولوجية والاجتماعية والاقتصادية عائقا كبيرا أمام رفع مستوى نجاح نظام "الحفظ والتوسع".

والإنتاج المحصولي المكثف المستدام هو عموما تكثيف للمعرفة والإدارة. ولذا، من المهم دعم وتعزيز قدرة المزارعين على فهم وظائف النظام الإيكولوجي والبناء على معرفتهم التقليدية بغية تحديد وتكييف التكنولوجيات والممارسات المناسبة.

وينبغي أن يشدد الإرشاد الزراعي والتدريب والتعليم على نظم الإنتاج المتكاملة، كما يتعين أن يحدث هذا التغيير على جميع مستويات التعلم للتأكد من أن جميع أصحاب المصلحة على دراية ومعرفة بمبادئ الإنتاج المستدام للمحاصيل وبتطبيقه العملي من خلال نظام "الحفظ والتوسع".

وينبغي على الخدمات الاستشارية لدعم نظام "الحفظ والتوسع" التعاون بشكل وثيق مع منظمات المزارعين والشبكات وضمن شراكات بين القطاعين العام والخاص. وتساعد المنهجيات التشاركية المنتجين ومستشاريهم على تبادل الخبرات والمعارف والمهارات في إدارة النظم الزراعية. وتوفر المدارس الميدانية للمزارعين مثلاً، منابر للتجريب وللتواصل والتبادل بين المزارعين. وبما أن المرأة هي الدعامة الرئيسية للزراعة في العديد من البلدان، ينبغي أن تكون في صميم الجهود المبذولة في مجالي التدريب والإرشاد وأن تُدعم عن طريق تلبية احتياجاتها الأوسع المتمثلة في المساواة بين الجنسين وتوفير سبل العيش المستدامة وإمكانية الحصول على الموارد.

وينبغي أن ينظر إلى تقديم الدعم لبناء القدرات والتعليم والتدريب على أنهما جزء من جهد أوسع نطاقا لتنمية رأس المال الاجتماعي – أي القيمة المتولدة عن الأواصر والقواعد والمعايير والعقوبات الاجتماعية التي تمنح مجتمعات المزارعين الثقة للاستثمار في أنشطة جماعية وتجعل انخراطهم في أعمال القطاع الخاص غير المقيدة أقل احتمالاً مع ما يترتب على ذلك من نتائج سلبية مثل تدهور الموارد الطبيعية[46]. فمثلاً، لأن الإدارة المتكاملة للآفات تعتمد على كثافة المعرفة، تساعد المدارس الميدانية للمزارعين وأشكال تقاسم المعرفة التشاركية الأخرى على بناء رأس المال الاجتماعي وكذلك رأس المال البشري والطبيعي[31].

9 تعزيز نظم البذور

تحتاج نظم الزراعة القائمة على "الحفظ والتوسع" أصنافاً عالية الغلة وذات قدرة أكبر على الصمود وأفضل تكيفاً مع ممارسات الإنتاج القائم على النظام الإيكولوجي تحقق استخداماً أكثر فعالية للمدخلات. ويتطلب ضمان حصول المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة على بذور ذات جودة رفيعة من أصناف محسنة اتخاذ إجراءات لتعزيز نظم البذور الوطنية.

وفي العديد من البلدان النامية، نظم البذور إما غير موجودة أو غير فعالة، نظراً إلى ضعف الأطر التنظيمية والافتقار إلى التمويل ومحدودية القدرات التقنية والإدارية. وبينما يعتبر إمداد البذور في بعض الأحيان نشاطاً خاصاً بالقطاع الخاص، كثيراً ما لا ينتج القطاع الخاص ويبيع غير بذور محاصيل وأصناف تدر أقصى قدر من الأرباح ويتجاهل العديد من المحاصيل والأصناف البالغة الأهمية لتحقيق الأمن الغذائي والإنتاجية واستدامة الحيازات الزراعية.

وهناك حاجة إلى تعزيز نظم البذور الوطنية من خلال بناء القدرات واتباع مسار سريع لإطلاق الأصناف والإسراع في إكثار البذور وتقديم الدعم لحفظ البذور على مستوى المزرعة وإنشاء بنوك للبذور المجتمعية. كما أن هناك حاجة أيضاً إلى اتخاذ إجراءات لتعزيز القدرات العامة وتشجيع القطاع الخاص على الاستثمار وإشراك منظمات المجتمع المدني والمزارعين في صياغة وتنفيذ السياسات الوطنية الخاصة بالبذور[5، 47].

وفي قطاع بذور القمح، يمكن أن تشمل الآليات الهادفة إلى زيادة معدل إنتاج البذور إكثار البذور من أجيال مبكرة قبل الإطلاق وخارج الموسم الزراعي، حيثما كان ذلك ممكناً. وإلا ستتفاقم، في ظل غياب مكاسب الكفاءة هذه، هيمنة الأصناف الضخمة الأكثر انكشافاً على الخطر[48]. كما ستكون النهج نفسها فعالة للأرز.

وينتج القطاع الخاص عادة بذور الذرة الهجينة ويسوّقها، وتنتج المنظمات غير الحكومية والمنظمات المجتمعية المحلية البذور المفتوحة التلقيح. وقامت البرازيل والصين و المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح بدور رائد في إقامة بعض الشراكات المبتكرة بين القطاعين العام والخاص، توفر للقطاع الخاص أصناف ذرة محسنة تمكنه من إنتاج وتسويق البذور الهجين، مقابل الحصول على تمويل أو دعم للبحوث. ولكن ليس هناك تعاون فعّال لإنتاج وتسويق بذور أصناف الذرة مفتوحة التلقيح، التي يزرعها إلى حد كبير المزارعون من أصحاب الحيازات الصغيرة.

ويمكن أن تعزز النهج التشاركية، التي تدرك إمكانات قطاع البذور غير الرسمي ودور المرأة الهام فيه، نظم البذور للمحاصيل الثلاثة جميعها. ففي أفريقيا جنوب الصحراء

الكبرى، يكاثر منتجو البذور المجتمعيين – وكثير منهم من النساء – بذوراً من أصناف الذرة ذات جودة رفيعة؛ وينتجون في غرب أفريقيا ما يصل إلى 20 طناً من البذور سنوياً. وسيكون رفع مستوى هذه النهج خطوة هامة نحو تحقيق الاكتفاء الذاتي بالبذور في المناطق الريفية التي تنقصها الخدمات.

10 العمل مع المنظمات والهيئات والآليات الدولية

ينبغي على البلدان أن تستخدم المنظمات والهيئات والآليات العالمية والإقليمية ودون الإقليمية في التنفيذ الكفؤ لنظام "الحفظ والتوسع". وتملك منظمة الأغذية والزراعة خبرة فريدة وواسعة في مجال تقديم الدعم للبلدان في وضع سياسات واستراتيجيات وتكنولوجيات للتكثيف المستدام لإنتاج الحبوب. فهي تستضيف هيئات دولية، مثل المعاهدة الدولية بشأن الموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة والاتفاقية الدولية لوقاية النباتات واتفاقية روتردام ولجنة الأمن الغذائي العالمي، التي توفر جميعها فرصاً للبلدان لتقاسم الخبرات وبناء التعاون.

ومن بين المنظمات العالمية الأخرى التي تؤثر على الذرة والأرز والقمح عدة مراكز للجماعة الاستشارية للبحوث الزراعية الدولية والوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي ومؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية وإدارة الأمم المتحدة للشؤون الاقتصادية والاجتماعية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة والبنك الدولي. كما تقدم منظمات إقليمية وشبه إقليمية* عديدة أيضاً دعماً قيماً للتنمية الزراعية المستدامة بتوفير التكنولوجيات وبناء القدرات وتبادل المعلومات وتيسير التجارة. ويملك عدد من البلدان النامية خبرة كبيرة في التنفيذ المستدام للأغذية والزراعة ويقدم فرصاً لتعزيز التعاون بين الجنوب والجنوب.

* على سبيل المثال: معهد البلدان الأمريكية للتعاون في ميدان الزراعة والصندوق الإقليمي للتكنولوجيا الزراعية في أمريكا اللاتينية؛ واتحاد مؤسسات البحوث الزراعية في آسيا والمحيط الهادئ؛ والشراكة الجديدة من أجل التنمية في إفريقيا والاتحاد من أجل تعزيز البحوث الزراعية في أفريقيا الشرقية والوسطى، ومركز التعاون في البحوث الزراعية في أفريقيا الجنوبية ومجلس البحوث والتنمية الزراعية لغرب ووسط أفريقيا.

وليس هناك مخطط واحد لنظام "الحفظ والتوسع" ونهجه القائم على النظام الإيكولوجي لتكثيف الإنتاج المحصولي. وليست هناك بذور سحرية أو تكنولوجيات تحسّن الأداء الاجتماعي والاقتصادي والبيئي لإنتاج الحبوب عبر البيئات والمناطق جميعا. ويمثّل نظام "الحفظ والتوسع" تحولاً كبيراً من النموذج المتجانس لإنتاج المحاصيل إلى نظم زراعة كثيفة المعرفة، وفي كثير من الأحيان كل منها خاص بموقعه، وهذا هو السبب الذي يجعل تطبيقها يتطلب وقتا ومزيداً من الدعم للمزارعين والتزاماً راسخاً بتعزيز البرامج الوطنية[9، 10].

ويتطلب الاعتماد الواسع النطاق لنظام "الحفظ والتوسع" تضافر الجهود على كافة المستويات، بمشاركة نشطة من الحكومات والمنظمات الدولية والمجتمع المدني والقطاع الخاص. إن التحدي هائل، لكن المنفعة ستكون في نهاية المطاف عظيمة هي الأخرى. فسيدفع نظام "الحفظ والتوسع" الانتقال العالمي إلى الأغذية والزراعة المستدامتين، ويساعد على بناء العالم الخالي من الجوع الذي نصبو إليه جميعا.

المراجع

الفصل 1 الحبوب ونحن: حان الوقت لتجديد ارتباط قديم

1. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Production (available at http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E).

2. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Food balance (available at http://faostat3.fao.org/download/FB/*/E).

3. United States Department of Agriculture. 2015. *World agricultural supply and demand estimates, January 2015.* Washington, DC.

4. Murphy, D. 2007. *People, plants and genes: the story of crops and humanity.* Oxford, UK, Oxford University Press.

5. Molina, J., Sikora, M., Garud, N., Flowers, J., Rubinstein, S., Reynolds, A., Huang, P., Jackson, S., Schaal, B., Bustamante, C., Boyko, A. & Purugganan, M. 2011. Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* USA, 108: 8351–8356.

6. Wang, M., Yu, Y, Haberer, G., Marri, P.R., Fan, C., Goicoechea, J.L., Zuccolo, A., Song, X., Kudrna, D., Ammiraju, J.S.S., Cossu, R.M., Maldonado, C., Chen, J., Lee, S, Sisneros, N., de Baynast, K., Golser, W., Wissotski, M., Kim, W., Sanchez, P., Ndjiondjop, M-N., Sanni, K., Long, M., Carney, J., Panaud, O., Wicker, T., Machado, C.A., Chen, M., Mayer, K.F.X., Rounsley, S. & Wing, R.A. 2014. The genome sequence of African rice (*Oryza glaberrima*) and evidence for independent domestication. *Nature Genetics* 46, 982–988.

7. Landon, A.J. 2008. The 'How' of the Three Sisters: The Origins of Agriculture in Mesoamerica and the Human Niche. *Nebraska Anthropologist* 23. Paper 40. Lincoln (USA), University of Nebraska-Lincoln.

8. Leakey, R. & Lewin, R. 1977. *Origins: the emergence and evolution of our species and its possible future.* London, Macdonald James Publishers.

9. Wolman, M.G. 1993. Population, land use and environment: A long history. *In* C. Jolly & B. Boyle Torrey, eds. *Population and land use in developing countries: Report of a workshop.* Washington, DC, The National Academies Press.

10. Burns, T.S. 1994. *Barbarians within the gates of Rome.* Indianapolis (USA), Indiana University Press.

11. Brewbaker, J. 1979. Diseases of maize in the wet lowland tropics and the collapse of the Classic Maya civilization. *Economic Botany,* 33 (2): 101–118.

12. Jordan, W. 1996. *The great famine: Northern Europe in the early fourteenth century.* Princeton (USA), Princeton University Press.

13. Pretty J. N. 1991. Farmers' extension practice and technology adaptation: Agricultural revolution in 17–19th century Britain. *Agriculture and Human Values* VIII, 132–148.

14. Apostolides, A., Broadberry, S., Campbell, B., Overton, N. & van Leeuwen, B. 2008. *English agricultural output and labour productivity, 1250–1850: some preliminary estimates.* Coventry (UK), University of Warwick.

15. FAO. 2011. *Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production.* Rome.

16. FAO. 2005. *The State of Food and Agriculture 2005: Agricultural trade and poverty – can trade work for the poor?* Rome.

17. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. *World Population Prospects: The 2015 Revision* (available at http://esa.un.org/unpd/wup/DataQuery/).

18. FAO. 2010. *The Green Revolution in Asia: Lessons for Africa*, by H. Jhamtani. Rome.

19. FAO. 2009. *The State of Food Insecurity in the World: Economic crises – impacts and lessons learned*. Rome.

20. Hazell, P.B.R. 2010. Asia's Green Revolution: past achievements and future challenges. *In* S. Pandey, D. Byerlee, D. Dawe, A. Dobermann, S. Mohanty, S. Rozelle & B. Hardy, eds. *Rice in the global economy: strategic research and policy issues for food security*, pp 61–92. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institute.

21. Rosegrant, M., Tokgoz, S., Bhandary, P. & Msangi, S. 2013. Scenarios for the future of food. In *2012 Global food policy report.* Washington, DC, IFPRI.

22. Shiferaw B., Smale, M, Braun H-J., Duveiller, E., Reynolds M. & Muricho, G. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security,* 5: 291–317.

23. Seck, P.A., Diagne, A., Mohanty, S. & Wopereis, M.C.S. 2012. Crops that feed the world 7: Rice. *Food Se*curity, 4: 7–24.

24. FAO, IFAD & WFP. 2015. *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress.* Rome.

25. FAO. 2015. World food situation: Food price index (retrieved: 7 September 2015) (available at http://www.fao.org/fileadmin/templates/worldfood/Reports_and_docs/Food_price_indices_data.xls).

26. FAO. 2014. *The State of Food and Agriculture 2014. Innovation in family farming.* Rome.

27. Frison, E.A., Cherfas, J. & Hodgkin, T. 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability,* 3: 238–253.

28. Tscharntke, T, Yann Clough, T.C., Wanger, L.J., Motzke, I., Perfecto, I., Vendermeer, J. & Whitbread, A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation,* 151: 53–59.

29. FAO. 2010. *Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture.* Rome.

30. Solh, M., Braun, H-J. & Tadesse, W. 2014. *Save and Grow: Wheat.* Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rabat, ICARDA. (mimeo).

31. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. Invited Review. *Annals of Botany,* 114 (8): 1571–1596.

32. Pingali, P., Hossain, M. & Gerpacio, R. 1997 *Asian Rice Bowls – The returning crisis?* In association with IRRI. Wallingford, UK, CAB International.

33. Heap, I. 2014. Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science.* Special issue: Global herbicide resistance challenge. Vol. 70, Issue 9, pp.1306–1315. September 2014.

34. FAO. 2014. *Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990–2011 Analysis.* FAO Statistics Division Working Paper Series, No. 14–02. Rome.

35. Vermeulen, S.J., Campbell, B.M. & Ingram, J.S. 2012. Climate Change and Food Systems. Annual *Review of* Environment *and* Resources, 2012.37:195–222. DOI: 10.1146/annurev-environ-020411-130608.

36. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.* Final draft Report of Working Group III. Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.

37. FAO. 2013. *Climate-smart agriculture sourcebook.* Rome.

38. Altieri, M. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 93: 1–24.

39. ILO (International Labour Organization). 2012. *Global Employment Trends 2012. Preventing a deeper job crisis.* Geneva, Switzerland.

40. FAO. 2012. *Decent rural employment for food security: a case for action.* Rome.

41. FAO. 2014. *The State of Food Insecurity*

the future. Based on a presentation by the Director General to the IRRI community, 30 May 2013. Los Baños, Philippines.

70. Ortiz, R., Sayre, K.D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G.V., Ban, T. , Hodson, D., Dixon, J.M., Ortiz-Monasterio, J.I. & Reynolds, M. 2008. Climate change: can wheat beat the heat? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 126:45–58.

71. Rosegrant, M. R., Ringler, C., Sulser, T. B., Ewing, M., Palazzo, A. & Zhu, T. 2009. *Agriculture and food security under global change: Prospects for 2025/2050.* Washington, D.C., International Food Policy Research Institute.

72. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Trade. (available at http://faostat3.fao.org/download/T/*/E).

73. World Bank. 2015. Poverty and Equity Database (available at http://povertydata.worldbank.org/poverty/home/).

74. FAO. 2014. *Food Outlook. Biannual report on global food markets.* Rome.

75. Pretty, J.N., Noble, A.D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R.E., de Vries, F. & Morrison, J.I.L. 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental science & technology*, 40: 1114–1119.

76. Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554): 2959– 2971.

77. Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M., Aviles-Vazquez, K., Samulon, A. & Perfecto, I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22: 86–108.

78. Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Smith, P., Thornton, P.K., Toulmin, C., Vermeulen, S.J. & Godfray, H.C.J. 2013. Sustainable Intensification in agriculture: premises and policies. *Science* 341: 33–34.

79. FAO. 2010. *Sustainable crop production intensification through an ecosystem approach and an enabling environment: Capturing efficiency through ecosystem services and management.* Rome.

80. FAO. 2012. *Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from Conservation Agriculture: a literature review.* Integrated Crop Management, Vol.16–2012. Rome.

81. Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science.* 304, 1623 (2004). DOI: 10.1126/science.1097396.

82. Christiaensen, L., Demery, L. & Kuhl, J. 2011. The (evolving) role of agriculture in poverty reduction: an empirical perspective. *Journal of Development Economics*, 96: 239–254.

facts and futures 2009. Dixon, J., H.-J. Braun, P. Kosina & J. Crouch, eds. Mexico, D.F., CIMMYT.

58. FAO. 2011. *The State of Food Insecurity in the World 2011. How does international price volatility affect domestic economies and food security?* Rome.

59. Pardey, P., Alston, J. & Piggott, R. 2006. *Agricultural R&D in the developing world.* Washington, DC, IFPRI.

60. Pardey, P., Alston, J. & Chan-Kang, C. 2013. Public agricultural R&D over the past half century: an emerging new world order. *Agricultural Economics,* 44(1): 103–113.

61. Beintema, N., Stads, G.J., Fuglie K. & Heisey, P. 2012. *ASTI global assessment of agricultural R&D spending: Developing countries accelerate investment.* IFPRI, ASTI & GFAR, Rome. 24pp.

62. Lobell D.B., Schlenker, W.S. & Costa-Roberts, J. 2011. Climate trends and global crop production since 1980. *Science,* 333:616–620.

63. Padgham, J. 2009. *Agricultural development under a changing climate: opportunities and challenges for adaptation.* Washington D.C., The World Bank.

64. Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugghe, D., Biewald, A., Bodirsky, B., Islam, S., Kavallari, A., Mason-D'Croz, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., van Meijl, H. & Willenbockel, D. 2015. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios. *Environmental Research Letters,* 10 (2015) 085010.

65. Prasanna, B.M. 2014. Maize research-for-development scenario: challenges and opportunities for Asia. *In* B.M. Prasanna et al., eds. Book of extended summaries, 12th Asian Maize Conference and Expert Consultation on Maize for Food, Feed, Nutrition and Environmental Security. Bangkok, Thailand, 30 October – 1 November 2014. CIMMYT, Mexico D.F. and APAARI, Bangkok, pp.2–11.

66. Tesfaye, K., Gbegbelegbe, S., Cairns, J.E., Shiferaw, B., Prasanna, B.M., Sonder, K,. Boote, K.J., Makumbi, D., Robertson, R. 2015. Maize systems under climate change in sub-Saharan Africa: potential impacts on production and food security. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 7 Issue 3, pp.247–271.

67. Paterson, R. R. M., & Lima, N. 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International*, 43(7): 1902–1914.

68. Mackill, D. J., Ismail, A. M., Pamplona, A.M., Sanchez, D.L., Carandang, J.J. & Septiningsih, E.M. 2010: Stress-tolerant rice varieties for adaptation to a changing climate. *Crop Environment and Bioinformatics.* 7: 250–259.

69. Zeigler, R. 2014. *IRRI 2035: Investing in in the World 2014. Strengthening the enabling environment to improve food security and nutrition.* Rome.

42. Fan, M.S., Zhao, F.J. & Fairweather-Tait, S.J. 2008. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology,* 22:315–324.

43. Mayer, A.M. 1997. Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *British Food Journal,* 99:207–211.

44. Davis, D.R., Epp, M.D. & Riordan, H.D. 2004. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops. *Journal of the American College of Nutrition,* 23:669–682.

45. FAO. 2012. *Sustainable nutrition security: Restoring the bridge between agriculture and health.* Traore, M., Thompson, B. & Thomas, G. Rome.

46. Foresight. 2011. *The future of food and farming: Challenges and choices for global sustainability.* Final Project Report. London, Government Office for Science.

47. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) & FAO. 2015. *Agricultural Outlook 2015–2024.*Paris and Rome.

48. FAO. 2012. *World agriculture towards 2030/2050 - The 2012 revision.* ESA Working Paper No. 12-03, June 2012. Rome.

49. Fischer, G. 2011. How can climate change and the development of bioenergy alter the long-term outlook for food and agriculture? *In* P. Conforti, ed. *Looking ahead in world food and agriculture: perspectives to 2050.* Rome, FAO.

50. Fischer, R.A., Byerlee, D. & Edmeades, G.O. 2014. *Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world?* ACIAR Monograph No. 158. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.

51. FAO. 2013. *Food wastage footprint. Full cost accounting: Final report.* Rome.

52. Lal, R. 2014. Abating climate change and feeding the world through soil carbon sequestration. *In* D. Dent, ed. *Soil as world heritage,* pp 443–457. Berlin: Springer.

53. FAO. 2011. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Managing systems at risk.* Rome.

54. FAO. 2013. *Guidelines to control water pollution from agriculture in China – Decoupling water pollution from agricultural production.* Rome.

55. Shiferaw, B., Prasanna B.M., Hellin, J. & Bänziger, M. 2011. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security,* 3: 307–327.

56. Funk, C.C. & Brown, M.E. 2009. Declining global per capita agricultural production and warming oceans threaten food security. *Food Security,* 1:271–289.

57. CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center). 2009. *Wheat*

24. Bezner-Kerr, R., Snapp, S.S., Chirwa, M., Shumba, L. & Msachi, R. 2007. Participatory research on legume diversification with Malawian smallholder farmers for improved human nutrition and soil fertility. *Experimental Agriculture,* 43: 437–453.

25. Giller, K.E., Murwira, M.S., Dhliwayo, D.K.C., Mafongoya, P.L., & Mpepereki, S. 2011. Soyabeans and sustainable agriculture in southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability,* 9: 50–58.

26. Kamanga, B.C.G., Kanyama-Phiri, G.Y., Waddington, S.R., Almekinders, C.J.M. & Giller, K.E. 2014. The evaluation and adoption of annual legumes by smallholder maize farmers for soil fertility maintenance and food diversity in central Malawi. *Food Security,* 6(1): 45–59.

27. Wilkins, R.J. 2008. Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,* 363(1491): 517–525.

28. Garrity, D.P. 2011. *Making Conservation Agriculture ever green.* Keynote presentation 5th World Congress on Conservation Agriculture and 3rd Farming Systems Design Conference (WCCA5 and FSD3), 26–29 September 2011, Brisbane Australia.

29. Kluthcouski, J., Cobucci, T., Aidar, H., Yokoyama, L.P., Oliveira I.P. de, Costa, J.L. da S., Silva, J.G. da, Vilela, L., Barcellos, A. de O. & Magnobosco, C.de U. 2000. *Sistema Santa Fé - Tecnologia Emprapa: Integração lavoura-pecuária peolo consórcio de culturas anuais com forragerira, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional.* Santo Antônio de Goiás, Brazil: Embrapa Arroz e Feijão, 28pp. Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica 38.

30. Pacheco, A.R., de Queiroz Chaves, R. & Lana Nicoli, C.M. 2013. Integration of crops, livestock, and forestry: A system of production for the Brazilian Cerrados, pp.51–60. *In* C.H. Hershey & P. Neate, eds. *Eco-efficiency: From vision to reality (Issues in Tropical Agriculture series*) Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2013.

31. Vilrla, L., Macedo, M.C.M., Júnior, G.B.M. & Kluthcouski, J. 2003. Crop-livestock integration benefits. *In*: J. Kluthcouski, L.F. Stone & H. Aidar, eds. *Integraçã lavoura-pecuária. Embrapa Arroz e Feijão*, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brazil.

32. FAO. 2007. *Tropical crop–livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience* by Landers, J.N. 2007 Integrated Crop Management 5. Rome. 92pp.

33. Timsina, J., Jat, M.L. & Majumdar, K. 2010. Rice-maize systems of South Asia: current status, future prospects and research priorities for nutrient management. *Plant Soil,* 335:65–82.

13. Moussadek, R. 2012. Impacts de l'agriculture de conservation sur les propriétés et la productivité des vertisols du Maroc Central. *Afrika focus,* 25(2): 147–151.

14. Scopel, E., Triomphe, B., dos Santos Ribeiro, MdeF., Séguy, L., Denardin, J.E. & Kochhann, R.A. 2004. Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. *In* R.A. Fischer, ed. *New directions for a diverse planet.* Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.

15. Thierfelder, C. & Mupangwa, W. 2014. *Identifying new sustainable intensification pathways for smallholder farmers in Southern Africa*. Paper presented at the World Congress of Conservation Agriculture (WCCA6), June 22–25, 2014, Winnipeg, Canada.

16. Kumar V. & Ladha J.K. 2011. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. *Advances in Agronomy,* 111: 297–413.

17. Yamano, T., Baruah, S., Sharma, R., & Kumar, A. 2013. *Factors affecting the adoption of direct-seeded rice in the northeastern Indo-Gangetic Plain.* CSISA Socioeconomics Policy Brief. New Delhi: International Rice Research Institute.

18. Frison, E.A., Cherfas, J. & Hodgkin, T. 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability* 3: 238–253.

19. Mayee, C.D., Monga, D., Dhillon, S.S., Nehra, P.L. & Pundhir, P. 2008. *Cotton-wheat production system in South Asia: a success story.* Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions, Bangkok, Thailand.

20. Buttar, G.S., Sidhu, H.S, Singh, V., Gupta, N., Gupta, R., Jat, M.L. & Singh, B. 2011. Innovations for relay planting of wheat in cotton: a breakthrough for enhancing productivity and profitability in cotton-wheat systems of South Asia. *Experimental Agriculture* (2013), Vol. 49 (1), pp.19–30 (doi:10.1017/S0014479712001032).

21. Kukal S.S., Singh, Y., Jat, M.L. & Sidhu, H.S. 2014. Improving Water Productivity of Wheat-Based Cropping Systems in South Asia for Sustained Productivity. *In* Donald L Sparks, ed. *Advances in Agronomy,* (127): 159–230. University of Delaware, USA.

22. He, Ping, Lia, S., Jina, J., Wang, H., Li, C., Wang, Y. & Cuie, R. 2009. Performance of an optimized nutrient management system for double-cropped wheat-maize rotations in North-Central China. *Agronomy Journal* 101(6): 1489–1496.

23. Sepat, S. & Rana, D.S. 2013. Effect of Double No-till and Permanent Raised Beds on Productivity and Profitability of Maize (*Zea mays* L.) –wheat (*Triticum aestivum* (L.) Emend. Flori & Paol) Cropping System under Indo-Gangetic Plains of India. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology,* 4 (8): 787–790.

الفصل 2 نحـــو إنتاجالـــحبوب المستدامة

1. FAO. 2011. *Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production.* Rome.

2. FAO. 2014. *Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches.* Rome.

3. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. Invited Review. *Annals of Botany,* 114 (8): 1571–1596.

4. Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. & Kienzle, J. 2014. *Worldwide adoption of Conservation Agriculture.* Paper presented at the 6th World Congress on Conservation Agriculture, 22–25 June 2014, Winnipeg, Canada.

5. Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen,W.C., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E. & Hobbs, P.R. 2007. No-tillage seeding in conservation agriculture (Second Edition). C.J. Baker & K.E. Saxton, eds. Rome, FAO & Cambridge, USA, CAB International.

6. Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F. & Pretty, J. 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7(4) 2009, pp.292–320.

7. Friedrich, T., Derpsch, R. & Kassam, A. 2012. Global overview of the spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports Special Issue (Reconciling Poverty Alleviation and Protection of the Environment),* 6: 1–7.

8. FAO. 2014. *Managing soils for food security and climate change adaptation and mitigation.* Rome.

9. Sun, L., Chang, S.X., Feng, Y.S., Dyck, M.F. & Puurveen, D. 2015. Nitrogen fertilization and tillage reversal affected water-extractable organic carbon and nitrogen differentially in a Black Chernozem and a Gray Luvisol. *Soil and Tillage Research,* 146: 253–260.

10. Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H-J., Duveiller, E., Reynolds, M. & Muricho, G. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security,* 5: 291–317.

11. Sayre, K.D., & Govaerts, B. 2009. Conservation agriculture for sustainable wheat production. *In*. J. Dixon, H. J. Braun, P. Kosina, & J. Crouch, eds. *Wheat facts and futures 2009.* Mexico International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).

12. Aryal, J.P., Sapkota, T.B., Jat, M.L. & Bishnoi, D. 2015. On-farm economic and environmental impact of zero-tillage wheat: a case of north-west India. *Experimental Agriculture, 51:* 1–16., Cambridge University Press 2014. doi:10.1017/S001447971400012X.

and Fertility of Soils. DOI: 10.1007/s00374-015-1039-7.

56. Asaduzzaman, M. 2011. *Technology transfer and diffusion: Simple to talk about not so easy to implement.* A presentation made in WIPO Conference on Innovation and Climate Change, 11–12 July 2011. Geneva.

57. World Bank. 2012. *Agricultural innovation systems: An investment sourcebook.* Washington DC. DOI: 10.1596/978-0-8213-8684-2.

58. Ortiz-Monasterio J. & Raun, W. 2007. *Reduced nitrogen and improved farm income for irrigated spring wheat in the Yaqui Valley, Mexico, using sensor based nitrogen management.* Paper presented at the International Workshop on Increasing Wheat Yield Potential. CIMMYT, Obregon, Mexico, 20–24 March 2006. *Journal of Agricultural Science,* 145: 215–222.

59. Sapkota, T.B., Majumdar, K., Jat, M.L., Kumar, A., Bishnoi, D.K., McDonald, A.J. & Pampolino, M. 2014. Precision nutrient management in conservation agriculture based wheat production of Northwest India: Profitability, nutrient use efficiency and environmental footprint. *Field Crops Research,* 155:233–244.

60. Lobell, D.B., Hammer, G.L., McLean, G., Messina, C., Roberts, M.J. & Schlenker, W. 2013. The critical role of extreme heat for maize production in the United States. *Nature Climate Change,* 3: 397–501.

61. Edmeades, G.O. 2015. *Maize – Improved varieties.* Paper prepared for FAO for Save and Grow: Maize, Rice and Wheat. Rome. (mimeo).

62. Borlaug Institute for South Asia. 2015. *Major Accomplishments 2012–2014.* BISA Report Series 1. New Delhi, India. 38pp.

63. Mackill, D. J., Ismail, A. M., Pamplona, A.M., Sanchez, D.L., Carandang, J.J. & Septiningsih, E.M. 2010. Stress-tolerant rice varieties for adaptation to a changing climate. *Crop, Environment & Bioinformatics,* 7: 250–259.

64. Solh, M., Braun, H-J. & Tadesse, W. 2014. *Save and Grow: Wheat.* Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rabat, ICARDA. (mimeo).

65. IAEA (International Atomic Energy Agency). 2010. *Mass screening techniques for selecting crops resistant to diseases.* IAEA-TDL-001, Vienna.

66. Cissoko, M., Boisnard, A., Rodenburg, J., Press, M.C. & Scholes, J.D. 2011. New Rice for Africa (NERICA) cultivars exhibit different levels of post-attachment resistance against the parasitic weeds *Striga hermonthica. New Phytologist,* 192: 952–963.

67. Jamil, M., Rodenburg, J., Charnikhova, T. & Bouwmeester, H.J. 2011. Pre-attachment *Striga hermonthica* resistance of New Rice for Africa (NERICA) cultivars based

45. Hasniati, D. & Shelton, M. 2005. *Sesbania grandiflora*: a successful tree legume in Lombok, Indonesia. *Tropical Grasslands Journal,* Vol. 39. 2005. p. 217.

46. Kaizzi, C.K., Ssali, H., Nansamba, A. & Vlek, P. 2007. The potential benefits of *Azolla*, Velvet bean (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) and N fertilizers in rice production under contrasting systems in eastern Uganda. *In* A. Bationo, B. Waswa, J. Kihara & J. Kimetu, eds. *Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities,* pp 423–433.

47. Singh, M., Singh, V.P. & Reddy, K.S. 2001.Effect of integrated use of fertilizer N and FYM or green manure on transformation of NK and S and productivity of rice-wheat system on Vertisols. *Journal of the Indian Society Soil Science*, 49: 430–435.

48. Snapp, S.S., Mafongoya, P.L. & Waddington, S. 1998. Organic matter technologies for integrated nutrient management in smallholder cropping systems of southern Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 71: 185–200.

49. Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K.E., Merckx, R., Mokwunye, U., Ohiokpehai, O., Pypers, P., Tabo, R., Shepherd, K.D., Smaling, E.M.A., Woomer, P.L. & Sanginga, N. 2010. Integrated soil fertility management: Operational definition and consequences for implementation and dissemination. *Outlook on Agriculture,* 39(1): 17–24.

50. Nyamangara, J., Nyaradzo Masvaya, E., Tirivavi, R. & Nyengerai, K. 2013. Effect of hand-hoe based conservation agriculture on soil fertility and maize yield in selected smallholder areas in Zimbabwe. *Soil & Tillage Research* 126 (2013) 19–25.

51. Snapp, S., Jayne, T.S., Mhango, W., Benson, T. & Ricker-Gilbert, J. 2014. *Maize yield response to nitrogen in Malawi's smallholder production systems.* Malawi Strategy Support Program Working Paper No. 9. Washington, DC, IFPRI.

52. Buresh, R.J. & Wopereis, M. 2014. *Save and Grow: Rice.* Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rome, FAO. (mimeo).

53. Pampolino, M.F., Manguiat, J., Ramanathan, S., Gines, H.C., Tan, P.S., Chi, T.T.N., Rajendran, R. & Buresh, R.J. 2007. Environmental impact and economic benefits of site-specific nutrient management (SSNM) in irrigated rice systems. *Agricultural Systems,* 93(1): 1–24 doi:10.1016/j.agsy.

54. Biradar D.P., Aladakatti, Y.R., Rao, T.N. & Tiwari, K.N. 2006. Site-Specific Nutrient Management for maximization of crop yields in Northern Karnataka. *Better Crops,* 90(3): 33–35.

55. Bindraban, P.S., Dimkpa, C., Nagarajan, L., Roy, A. & Rabbinge, R. 2015. Revisiting fertilizers and fertilization strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology*

34. FAO. 2012. *Farmer Field Schools as a vehicle to help vulnerable smallholder farmers develop climate resilient farming systems: experiences based on FAO's work in South and Southeast Asia.* Presentation to the Second World Bank-FAO Expert Meeting, 14–16 May 2012, Bangkok, Thailand.

35. Sounkoura, A., Ousmane, C., Eric, S., Urbain, D., Soule, A., Sonia, P. & Joel, H. 2011. Contribution of rice and vegetable value chains to food security and incomes in the inland valleys of southern Benin and Mali: Farmers' Perceptions. In: *Agricultural Innovations for Sustainable Development. Contributions from the Finalists of the 2009/2010 Africa-wide Women and Young Professionals in Science Competitions. 3(2): 51–56.* CTA & FARA.

36. FAO. 2004. *Culture of fish in rice fields.* M. Halwart & M. Gupta, eds. Rome.

37. Khaleduzzaman, A.B.M., Akbar, M.A. & Shamsuddin, M. 2011. Integration of forage production with high-yielding rice variety cultivation in Bangladesh. In: H.P.S. Makkar, ed. *Successes and failures with animal nutrition practices and technologies in developing countries.* Proceedings of the FAO Electronic Conference, 1–30 September 2010, Rome. FAO Animal Production and Health Proceedings. No. 11. Rome.

38. Doran, J.W. & Zeiss, M.R. 2000. *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Agronomy & Horticulture - Faculty Publications, Paper 15.* Lincoln (USA), University of Nebraska.

39. Lal, R. 2010. Eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. *Crop Science*, Vol. 50 no. Supplement_1. Crop Science Society of America, Madison, WI. DOI: 10.2135/cropsci2010.01.0012.

40. Lal, R. 2015. World water resources and achieving water security. *Agronomy Journal,* 107: 4: pp.1526–1532.

41. Mrabet, R., Moussadek, R., Fadlaoui, A. & van Ranst, E. 2012. Conservation agriculture in dry areas of Morocco. *Field Crops Research,* 132: 84–94.

42. Moussadek, R., Mrabet, R., Dahan, A., Zouahri, M., Mourid, E. & Van Ranst, E. 2014. Tillage System Affects Soil Organic Carbon Storage and Quality in Central Morocco. *Applied and Environmental Soil Science,* 2014. Article ID 654796 doi:10.1155/2014/654796.

43. Jat, M.L., Gathala, M.K., Ladha, J.K., Saharawat, Y.S., Jat, A.S., Kumar, V., Sharma, S.K., Kumar, V. & Gupta, R. 2009. Evaluation of precision land leveling and double zero till systems in the rice–wheat rotation: water use productivity, profitability and soil physical properties. *Soil & Tillage Research,* 105, 112–121.

44. Scopel, E., Findeling, A., Chavez Guerra, E. & Corbeels, M. 2005. Impact of direct sowing mulch-based cropping systems on soil carbon, soil erosion and maize yield. *Sustainable Development*, 25: 425–432 doi: 10.1051/agro:2005041.

Wani, S.P. & Rockstrom, J. 2012. Assessing impact of agricultural water interventions at the Kothapally watershed, Southern India. *Hydrological Processes*, 26(3): 387–404.

89. Singh, R., Garg, K.K., Wani, S.P., Tewari, R.K. & Dhyani, S.K. 2014. Impact of water management interventions on hydrology and ecosystem services in Garhkundar-Dabar watershed of Bundelkhand region, Central India. *Journal of Hydrology,* 509:132–149.

90. El-Swaify, S.A., Pathak, P., Rego, T.J. & Singh, S. 1985. Soil management for optimized productivity under rainfed conditions in the semi-arid tropics. *Advances in Soil Science,* 1: 1–64.

91. Molden, D., Oweis T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. & Kijne, J. 2010. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4): 528–535.

92. Amberger A. 2006. *Soil fertility and plant nutrition in the tropics and subtropics.* International Fertilizer Industry Association & International Potash Institute, France.

93. Ilbeyi, A., Ustun, H., Oweis T., Pala, M. & Benli, B. 2006. Wheat water productivity in a cool highland environment: Effect of early sowing with supplemental irrigation. *Agricultural Water Management,* 82: 399–410.

94. IAEA. 2012. *Greater agronomic water use efficiency in wheat and rice using carbon isotope discrimination*. IAEA-TEC-DOC-1671, Vienna, Austria.

95. Sharma, P.C., Jat, H.S., Kumar, V., Gathala, M.K., Datta, A., Yaduvanshi, N.P.S., Choudhary, M., Sharma, S., Singh, L.K., Saharawat, Y., Yadav, A.K., Parwal, A., Sharma, D.K., Singh, G., Jat, M.L., Ladha, J.K. & McDonald, A. 2015. *Sustainable intensification opportunities under current and future cereal systems of North-West India.* Technical Bulletin: CSSRI/Karnal/2015/e. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India.

96. ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas). 2013. *ICARDA Annual Report.* Beirut, Lebanon.

97. Marino, M. 2013. Raised beds prove their worth. *Partners magazine.* Winter 2013. Australian Center for International Agricultural Research. Canberra.

98. Mandal, K.G., Hati, K.M., Misra, A.K., Bandyopadhyaym, K.K. & Tripathi, A.K. 2013. Land surface modification and crop diversification for enhancing productivity of a Vertisol. *International Journal of Plant Production* 7 (3). July 2013.

99. Gupta, R., Jat, R.K., Sidhu, H.S., Singh, U.P., Singh, N.K., Singh, R.G. & Sayre, K.D. 2015. *Conservation Agriculture for sustainable intensification of small farms.* Compendium of Invited Papers presented at the XII Agricultural Science Congress 3–6 February 2015, ICAR-National Dairy

to conservation agriculture improves crop yields. Paper presented at the 4th World Congress on Conservation Agriculture, February 4–7, 2009, New Delhi, India.

79. Global Rice Science Partnership (GRiSP). 2013. *Rice almanac*, 4th edition. IRRI, Los Baños, Philippines, 283pp.

80. Smith, J.S., Jones, E. S., Nelson, B.K., Phillips, D.S. & Wineland, R.A. 2014. Genomic approaches and intellectual property protection for variety release: A perspective from the private sector. *Genomics of Plant Genetic Resources.* Springer Netherlands, 2014. pp.27–47.

81. Prasanna, B.M. 2015. *Climate-resilient maize development and delivery in the tropics through public-private partnerships: CIMMYT's experiences and perspective.* 5th International Workshop on Next Generation Genomics and Integrated Breeding for Crop Improvement (February 18 – 20, 2014), ICRISAT, Patancheru, India.

82. Joshi, A. K., Azab, M., Mosaad, M., Moselhy, M., Osmanzai, M., Gelalcha, S., Bedada, G., Bhatta, M. R., Hakim, A., Malaker, P. K., Haque, M. E., Tiwari, T. P., Majid, A., Jalal Kamali, M. R., Bishaw, Z., Singh, R. P., Payne, T. & Braun, H. J. 2011. Delivering rust resistant wheat to farmers: a step towards increased food security. *Euphytica* 179:187–196.

83. Lewis, V. & Mulvany, P.M. 1997. *A typology of community seed banks.* Natural Resources Institute (NRI), University of Greenwich, Central Avenue and Intermediate Technology Development Group, Myson House, U.K.

84. Gadal, N., Bhandari, D.B., Pandey, A., Dilli Bahadur, K.C. & Dhami, N.B. 2014. Strengthening the local seed systems and disadvantaged communities: success and evolution of the first community-managed seed production company in the hills of Nepal. *In* B.M. Prasanna *et al.*, eds. Book of Extended Summaries, 12th Asian Maize Conference and Expert Consultation on Maize for Food, Feed, Nutrition and Environmental Security. Bangkok, Thailand, October 30 – November 1, 2014. CIMMYT, Mexico D.F. and APAARI, Bangkok, pp.238–242.

85. Lopes, M., Nesbitt, H., Spyckerelle, L., Pauli, N., Clifton, J. & Erskine, W. 2015. Harnessing social capital for maize seed diffusion in Timor-Leste. *Agronomy for Sustainable Development,* 35:847–855.

86. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.

87. Yadvinder-Singh, Kukal, S.S., Jat, M.L. & Sidhu, H.S. 2014. Improving Water Productivity of Wheat-Based Cropping Systems in South Asia for Sustained Productivity. *Advances in Agronomy,* 127: 157–258.

88. Garg, K.K., Karlberg, L., Barron, J.,

on low strigolactone production. *New Phytologist,* 192: 964–975.

68. IRRI (International Rice Research Institute). 2015. Disease and pest resistant rice (available at http://irri.org/our-work/research/better-rice-varieties/disease-and-pest-resistant-rice).

69. HarvestPlus. 2014. *Biofortification progress briefs.* August 2014 (available at http://www.harvestplus.org/sites/default/files/Biofortification_Progress_Briefs_August2014_WEB_0.pdf).

70. Atlin, G.N., Palacios, N., Babu, R., Das, B., Twumasi-Afriyie, S., Friesen, D., De Groote, H., Vivek, B. & Pixley, K. 2011. Quality Protein Maize: Progress and Prospects. *In* J. Janick, ed. *Plant Breeding Reviews, 34: 83–31.* Willey-Blackwell.

71. Babu, R., Palacios, N. & Prasanna, B.M. 2013. Biofortified maize – a genetic avenue for nutritional security. *In* R.K. Varshney & R. Tuberosa, eds. *Translational genomics for crop breeding: Abiotic stress, yield, and quality.* John Wiley & Sons, pp.161–176.

72. Mahmood, T. & Trethowan, R. 2015. Crop breeding for conservation agriculture. *In* M. Farooq & K.H.M. Siddique, eds. *Conservation agriculture,* pp159–179.

73. Lopes, M., El-Basyoni, I., Baenziger, P.S., Singh, S., Royo, C., Ozbek, K., Aktas, H., Ozer, E., Ozdemir, F., Manickavelu, A., Ban, T. & Vikram, P. 2015. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. *Journal of Experimental Botany,* 2015 Jun;66(12):3477–3486. Epub 2015 Mar 28.

74. George, T.S., Hawes, C., Newton, A.C., McKenzie, B.M., Hallett, P.D. & Valentine, T.A. 2014. Field phenotyping and long-term platforms to characterise how crop genotypes interact with soil processes and the environment. *Agronomy* 4, no. 2: 242–278.

75. Brooker, R.W., Bennett, A. E., Cong, W.-F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., Hawes, C., Iannetta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie, B.M., Pakeman, R.J., Paterson, E., Schöb, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C.A., Zhang, C., Zhang, F., Zhang, J. & White, P.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist,* 206: 107–117. doi: 10.1111/nph.13132.

76. Hellin, J., Erenstein, O., Beuchelt, T., Camacho, C. & Flores, D. 2013. Maize stover use and sustainable crop production in mixed crop–livestock systems in Mexico. *Field Crops Research.* Volume 153, September 2013, pp.12–21.

77. Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R. & Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature,* 418: 671–677. doi:10.1038/nature01014.

78. Trethowan, R., Manes, Y. & Chattha, T. 2009. *Breeding for improved adaptation*

2003.Impact of powdery mildew on the yield of soft white spring wheat cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 83(4): 725–728.

122. Duveiller, E., Singh, R. P. & Nicol, J. M. 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica*, 157(3): 417–430.

123. FAO. 2011. *History of IPM/FFS in Iran.* FAO project GTFS/REM/070/ITA Regional Integrated Pest Management (IPM) Programme in the Near East. Rome.

الفصل 3 نظم الزراعة التي تحفظ وتتوسع

يكافح نظام "الدفع-الجذب" آفات الذرة. ويزيد إنتاج الحليب

1. Khan, Z. & Pickett, J. 2009. *Push-pull strategy for insect pest management.* Nairobi. ICIPE.

2. Midega, C.A.O., Khan, Z.R., Van den Berg, J., Ogol, C.K., Bruce, T.J. & Pickett, J.A. 2009. Non-target effects of the 'push-pull' habitat management strategy: Parasitoid activity and soil fauna abundance. *Crop Protection* 28 (2009) 1045–1051.

3. International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE). 2010. *Impact assessment of push–pull technology developed and promoted by ICIPE and partners in eastern Africa.* Nairobi.

4. Khan, Z., Midega, C., Pittchar, J., Murage, A., Birkett, M., Bruce, T. & Pickett, J. 2012. Achieving food security for one million sub-Saharan African poor through push–pull innovation by 2020. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B: Biological Sciences* 2014 Apr 5; 369(1639).

5. ICIPE. 2013. *Climate-smart push–pull: resilient, adaptable conservation agriculture for the future.* Nairobi.

6. Murage, A.W., Midega, C.A.O., Pittchar, J.O., Pickett, J.A. & Khan, Z.R. 2015. Determinants of adoption of climate-smart push-pull technology for enhanced food security through integrated pest management in eastern Africa. *Food Security* 7(3), 709–724.

غلات أعلى من نباتات صحية في تربة صحية

1. Sharma, P.K. & De Datta, S.K. 1986. Physical properties and processes of puddled rice soil. *Advances in Soil Science* 5: 139–178.

2. Africare, Oxfam America, WWF-ICRISAT Project. 2010. *More Rice for People, More Water for the Planet.* WWF-ICRISAT Project, Hyderabad, India.

3. Berkhout, E., Glover, D. & Kuyvenhoven, A. 2015. On-farm impact of the System of Rice Intensification (SRI): Evidence and knowledge gap. *Agricultural Systems* 132: 157–166.

duction and Pest Management. 31 August–1 September, 1998. ZIPAM, Darwendale. Government of Zimbabwe and FAO Global IPM Facility. Rome.

111. FAO. 2004b. *IPM Farmer Field Schools: A synthesis of 25 impact evaluations*. Rome, Global IPM Facility.

112. Hruska, A.J. & Corriols, M. 2002. The impact of training in integrated pest management among Nicaraguan maize farmers: increased net returns and reduced health risk. *International Journal of Occupational and Environmental Health.* Vol. 8, Issue 3 (01 July 2002), pp.191–200.

113. Tejada, T. 1990. Uso de aceite en el control de *Heliothis zea* y *Euxesta* sp. en el cultivo de maize. *Memorias de la XIV Reunion de Maiceros de la Zona Andina y la I Reunion Suramericana de los Maiceros.* Maracay, Venezuela. 7pp.

114. Abanto, W., Narro, L. & Chavez, A. 1998. Control del gusano mazorquero (*Heliothis zea*, Boddie) en maiz amilaceo mediante la aplicacion de aceite de consume humano. p. 530–538. *In* C. De Leon, L. Narro & S. Reza, eds. *Memorias IV Reunión Latinoamericana y XVII Reunión de la Zona Andina de Investigadores en Maíz.* Agosto 10–17, 1997. CORPOICA, Ceres, Colombia.

115. Tapia, I., Bermeo, D.B., Silva, E. & Racines, M. 1999. Evaluación de cuatro métodos de aplicación de aceite comestible vegetal en el control de *Heliothis zea* y *Euxesta* sp. en la sierra del Ecuador. Proc. XVIII Reunión Latinoamericana del Maíz. Sete Lagoas, Brazil. pp.671–675.

116. Valicente, F.H. 2008. Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com *Bacillus thuringiensis*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 105; 9pp.

117. Valicente, F. H., Tuelher, E. De S. & Barros, E.C. 2010. Processo de formulação do *Baculovirus spodoptera* em pó molhável. Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, 156; 5pp. Sete Lagoas, Brazil.

118. Cruz, I., Figueiredo, M.L.C., Silva, R.B. & Foster, J.E. 2010. Efficiency of chemical pesticides to control *Spodoptera frugiperda* and validation of pheromone trap as a pest management tool in maize crop. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Vol.9, n.2, p.107–122, 2010.

119. Oswald, A. & Ransom, J. 2001. *Striga* control and improved farm productivity using crop rotation. *Crop Protection,* Vol. 20, Issue 2, March 2001, pp.113–120.

120. Rodenburg, J., Cissoko, M., Kayeke, J., Dieng, I., Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Onyuka, E.O. & Scholes, J.D. 2015. Do NERICA rice cultivars express resistance to *Striga hermonthica* (Del.) Benth. and *Striga asiatica* (L.) Kuntze under field conditions? *Field Crops Research,* 170 (2015): 83–94.

121. Conner, R. L., Kuzyk, A. D. & Su, H. Research Institute, Karnal, India. pp.15.

100. Djagba, J.F., Rodenburg, J., Zwart, S.J., Houndagba, C.J. & Kiepe, P. 2014. Failure and success factors of irrigation system developments: a case study from the Ouémé and Zou valleys in Benin. *Irrigation and Drainage,* 63(3): 328–329.

101. Rodenburg, J., Zwart, S.J., Kiepe, P., Narteh, L.T., Dogbe, W. & Wopereis, M.C.S. 2014. Sustainable rice production in African inland valleys: seizing regional potentials through local approaches. *Agricultural Systems,* 123: 1–11.

102. Richards, M. & Ole Sander, B. 2014. *Alternate wetting and drying in irrigated rice.* Practice brief – Climate-smart agriculture, April 2014 (available at https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/34363/retrieve).

103. Lampayan, R.M., Rejesus, R.M., Singleton, G.R. & Bouman, B.A.M. 2015. Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. *Field Crops Research,* 170: 95–108.

104. Kreye, C., Bouman, B.A.M., Reversat, G., Fernandez, L., Vera Cruz, C., Elazegui, F., Faronilo, J.E. & Llorca, L. 2009. Biotic and abiotic causes of yield failure in tropical aerobic rice. *Field Crops Research,* 112: 97–106.

105. Oerke, E.C. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144: 31–43.

106. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2015. Integrated Pest Management for Sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* 2015, *6*(1), 152–182; doi:10.3390/insects6010152.

107. Gould. F., Kennedy, G.G. & Johnson, M.T. 1991. Effects of natural enemies on the rate of herbivore adaptation to resistant host plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 58: 1–14.

108. Gallagher, K.D., Kenmore, P.E. & Sogawa, K. 1994. Judicial use of insecticides deter planthopper outbreaks and extend the life of resistant varieties in southeast Asian rice. pp 599–614. *In* R.F. Denno & T.J. Perfect, eds., *Planthoppers-their ecology and management.* New York, Chapman and Hall.

109. Heong, K.L., Escalada, M.M., Huan, N.H., Chien, H.V. & Quynh, P.V. 2010. Scaling out communication to rural farmers: lessons from the "Three Reductions, Three Gains" campaign in Vietnam. *In* F.G. Palis, G.R. Singleton, M.C. Casimero & B. Hardy, eds. *Research to impact: case studies for natural resource management for irrigated rice in Asia,* pp.207–220. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute. 370pp.

110. Gallagher, K.D. 1998. *Farmer Field Schools for Integrated Pest Management in Africa with Special Reference to East Africa. Proceedings of the National Pre-Season Planning Workshop on the Implementation of Field School Groups for Integrated Pro-*

ذرة أكثر وتآكل أقل على سفوح الجبال المدارية

1. Ayarza, M. & Welchez, L. 2004. Drivers Affecting the Development and Sustainability of the Quesungual Slash and Mulch Agroforestry System (QSMAS) on Hillsides of Honduras. *In* A. Noble, ed. *Comprehensive assessment "bright spots" project final report*. Cali, Colombia. CIAT.

2. CIAT. 2009. *Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS): Improving crop water productivity, food security and resource quality in the subhumid tropics.* CPWF Project Report. Cali, Colombia.

3. Gangloff, G., Marohn, C., Tellez, O. & Cadisch, G. 2015. *Land use change: Identifying biophysical and socio-economic factors determining adoption of the Quesungual agroforestry system.* Paper prepared for the Tropentag Conference 2015, Management of land use systems for enhanced food security: conflicts, controversies and resolution. Humboldt-Universität, Berlin.

4. CIAT. 2009. *Quesungual slash and mulch agroforestry system: an eco-efficient option for the rural poor.* Cali, Colombia.

المنافع الإضافية من زراعة البقول قبل القمح

1. Dong, Z., Wu, L., Kettlewell, B., Caldwell, C. & Layzell, D. 2003. Hydrogen fertilization of soils – is this a benefit of legumes in rotation? *Plant, Cell and Environment* (2003) 26, 1875–1879.

2. Pulse Australia. 2008. *Australian Pulse Bulletin.* PA 2008 (4). 5pp. Melbourne, Australia.

3. Evans J., McNeill A.M., Unkovich M. J., Fettell N.A. & Heenan D.P. 2001. Net nitrogen balances for cool-season grain legume crops and contributions to wheat nitrogen uptake: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 347–359.

4. Peoples, M.B., Brockwell, J., Herridge, D.F., Rochester, I.J., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R.M., Dakora, F.D., Bhattarai, S., Maskey, S.L., Sampet, C., Rerkasem, B., Khan, D.F., Hauggaard-Nielsen, H. & Jensen, E.S. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* 48: 1–17.

5. Griffiths, J. 2009. Legumes – benefits beyond nitrogen. *Farming Ahead,* 211:57–58.

6. Pala, M., Van Duivenbooden, N., Studer, C. & Bilders, C.L. 1999. Cropping systems and crop complementarity in dryland agriculture. *In* N. Van Duivenbooden, M. Pala, C. Studer & C.L. Bilders, eds. *Efficient soil water use: the key to sustainable development in the dry areas of West Asia, and North and Sub-Saharan Africa*. Proceedings of the 1998 (Niger) and 1999 (Jordan) workshops of the Optimizing Soil Water Use (OSWU) Consortium. ICARDA, Aleppo and ICRISAT, Patancheru, pp.299–330.

7. Cooper, P.J.M., Gregory, P.J., Tully, D. &

16. Nga, N., Rodriguez, D., Son, T. & Buresh, R.J. 2010. Development and impact of site-specific nutrient management in the Red River Delta of Vietnam. pp.317–334. *In* F.G. Palis, G.R. Singleton, M.C. Casimero & B. Hardy, eds. *Research to impact. case studies for natural resource management for irrigated rice in Asia.* International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines.

17. Choi, J.D., Kim, G.Y., Park, W.J., Shin, M., Choi, Y.H., Lee, S., Kim, S.J. & Yun, D.K. 2014. Effect of SRI water management on water quality and greenhouse gas emissions in Korea. *Irrigation & Drainage,* 63: 266–270.

18. Tuong, T. & Bouman, B. 2003. Rice production in water-scarce environments. *In* J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden, eds. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement.* CAB International.

19. Gathorne-Hardy, A., Narasimha Reddy, D., Venkatanarayana, M. & Harriss-White, B. 2013. A life-cycle assessment (LCA) of greenhouse gas emissions from SRI and flooded rice production in S.E. India. *Taiwan Water Conservancy,* 61:110–125.

20. Wassmann, R., Hosen, Y. & Sumfleth, K. 2009. *Reducing methane emissions from irrigated rice.* Focus 16(3). Washington, DC, IFPRI.

21. Yan, X., Akiyama, H., Kazuyuki, Y. & Akimoto, H. 2009. Global estimations of the inventory and mitigation potential of methane emissions from rice cultivation conducted using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines. *Global Biogeochemical Cycles,* Vol. 23, Issue 2, June 2009.

22. Anas, I., Rupela, O.P., Thiyagarajan, T.M. & Uphoff, N. 2011. A review of studies on SRI effects on beneficial organisms in rice soil rhizospheres. *Paddy Water Environment,* 9:53–64.

23. Lin, Xianqing, Zhu, D. & Lin, Xinjun. 2011. Effects of water management and organic fertilization with SRI crop practices on hybrid rice performance and rhizosphere dynamics. *Paddy Water Environment* (2011) 9:33–39.

24. Uphoff, N., Kassam, A. & Thakur, A. 2013. Challenges of Increasing Water Saving and Water Productivity in the Rice Sector: Introduction to the System of Rice Intensification (SRI) and this issue. 2013. *Taiwan Water Conservancy* Vol. 61, No. 4.

25. Borlaug Institute for South Asia. 2015. *Major accomplishments 2012–2014.* BISA Report Series 1, pp.13. New Delhi.

26. Lu, S.H., Dong, Y.J., Yuan, J., Lee, H. & Padilla, H. 2013. A high-yielding, water-saving innovation combining SRI with plastic cover on no-till raised beds in Sichuan, China. *Taiwan Water Conservancy,* 61: 4, 94–109.

4. Buresh, R.J. 2015. Nutrient and fertilizer management in rice systems with varying supply of water. *In* P. Drechsel, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen & D. Wichelns, eds. *Managing water and fertilizer for sustainable agricultural intensification.* International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI). Paris.

5. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Production (available at http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E).

6. Uphoff, N. 2008. *Farmer innovations improving the System of Rice Intensification (SRI)* (available at http://www.future-agricultures.org/farmerfirst/files/T1a_Uphoff.pdf).

7. Thakur, A., Uphoff, N. & Antony, E. 2009. An assessment of physiological effects of System of Rice Intensification (SRI) practices compared with recommended rice cultivation practices in India. *Experimental Agriculture* (2010), Vol. 46 (1), pp.77–98.

8. Hameed, K., Mosa, A. & Jaber, F. 2011. Irrigation water reduction using System of Rice Intensification compared with conventional cultivation methods in Iraq. *Paddy Water Environment* (2011) 9:121–127.

9. Ceesay, M., Reid, W., Fernandes, E. & Uphoff, N. 2006. The effects of repeated soil wetting and drying on lowland rice yield with system of Rice Intensification (SRI) methods. *International Journal of Agricultural Sustainability,* 4:1, 5–14.

10. Wu, W., Ma, B.-L. & Uphoff, N. 2015. A review of the system of rice intensification in China. *Plant and Soil, August 2015, Vol. 393, Issue 1, pp.361–381.*

11. Barah, B. 2009. Economic and ecological benefits of System of Rice Intensification (SRI) in Tamil Nadu. *Agricultural Economics Research Review.* Vol. 22, July-December 2009, pp.209–214.

12. Zhao, L., Wu, L., Li, Y., Lu, X., Zhu, D. & Uphoff, N. 2009. Influence of the System of Rice Intensification on rice yield and nitrogen and water use efficiency with different n application rates. *Experimental Agriculture* (2009), Vol. 45, pp.275–286.

13. Zhao, L., Wu, L., Wu, M. & Li, Y. 2011. Nutrient uptake and water use efficiency as affected by modified rice cultivation methods with reduced irrigation. *Paddy Water Environment* (2011) 9:25–32.

14. Dhital, K. 2011. *Study on System of Rice Intensification in transplanted and direct-seeded versions compared with standard farmer practice in Chitwan, Nepal.* Tribhuvan University Institute of Agriculture and Animal Science, Rampur, Chitwan, Nepal.

15. Dzung, N.T. 2011. *Simple and effective-SRI and agriculture innovation.* System of Rice Intensification website. (available at http://sri.ciifad.cornell.edu/countries/vietnam/VN_SRI_booklet_Eng2012.pdf).

ings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.

12. Kluthcouski, J., Cobucci, T., Aidar, H., Yokoyama, L.P., Oliveira I.P. de, Costa, J.L. da S., Silva, J.G. da, Vilela, L., Barcellos, A. de O. & Magnobosco, C.de U. 2000. *Sistema Santa Fé – Tecnologia Emprapa: Integração lavoura-pecuária peolo consórcio de culturas anuais com forragerira, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional.* Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 28pp. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica 38).

13. Séguy, L., Bouzinac, S., Scopel, E. & Ribeiro, M.F.S. 2003. *New concepts for sustainable management of cultivated soils through direct seeding mulch based cropping systems: the CIRAD experience, partnership and networks.* Proceedings of the II World congress on Sustainable Agriculture "Producing in harmony with nature", Iguaçu, Brazil, 10–15 August 2003.

14. Séguy, L., Bouzinac, S., Maronezzi, A.C., Belot, J.L. & Martin, J. 2001. *A safrinha de algodão - opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de plantio direto nos trópicos úmidos – Boletim técnico 37* da COODETEC CP 301 85806-970 Cascavel – PR / Brazil.

15. Kluthcouski, J. & Pacheco-Yokoyama, L. 2006. Crop-livestock integration options. *In* J. Kluthcouski, L.F. Stone & H. Aidar, eds. *Integraçã Lavoura-Pecuária* EMBRAPA Arroz e Feijáo. Santo Antônio de Goiás, Brazil.

الزراعة المحافظة على الموارد هي مفتاح الأمن الغذائي

1. Gupta, R. & Sayre, K. 2007. Conservation agriculture in South Asia. Paper presented at the International Workshop on Increasing Wheat Yield Potential, CIMMYT, Obregon, Mexico, 20–24 March 2006. *Journal of Agricultural Science,* 145, 207–214.

2. Sharma, B.R., Amarasinghe, U., Cai, X., de Condappa, D., Shah,T., Mukherji, A., Bharati, L., Ambili, G., Qureshi. A., Pant, D., Xenarios, X., Singh & R. & Smakhtin, V. 2010. The Indus and the Ganges: river basin under extreme pressure. *Water International*, 35, 493–521.

3. Ladha, J., Yadvinder-Singh, Erenstein O. & Hardy B., eds. 2009. *Integrated crop and resource management in the rice-wheat system of South Asia.* Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute.

4. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Production (available at http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E).

5. Chauhan, B.S., Mahajan, G., Sardana, V., Timsina, J. & Jat, M.L. 2012.Productivity and Sustainability of the Rice-Wheat Cropping System in the Indo-Gangetic Plains of the Indian subcontinent: Problems, Opportunities, and Strategies. *Advances in Agronomy* 117: 316–355.

6. Gautam, P. 2008. Emerging issues and

19. Moradi, H., Noori, M., Sobhkhizi, A., Fahramand, M. & Rigi, K. 2014. Effect of intercropping in agronomy. *Journal of Novel Applied Sciences,* 3 (3): 315–320, 2014.

تطعيم "مضخات المغذيات" الماشية وتغذي الذرة

1. Rao, I., Peters, M., van der Hoek, R., Castro, A., Subbarao, G., Cadisch, G. & Rincón, A. 2014. Tropical forage-based systems for climate-smart livestock production in Latin America. *Rural 21* 04/2014: 12–15.

2. Resende, Á.V., Furtini Neto, A.E., Alves, V.M.C., Curi, N., Muniz, J.A., Faquin, V., & Kinpara, D.I. 2007. Phosphate efficiency for corn following *Brachiaria* grass pasture in the Cerrado Region. *Better Crops.* 91(1): 17–19.

3. CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research). 2013. *'Grassroots action' in livestock feeding to help curb global climate change.* Research Program on Livestock and Fish (available at http://livestockfish.cgiar.org/2013/09/14/bni/).

4. CIAT. 2010. *Livestock, climate change and Brachiaria.* CIAT Brief No. 12.

5. Holmann, F., Rivas L., Argel, P. & Pérez E. 2004. Impact of the adoption of *Brachiaria* grasses: Central America and Mexico. *Livestock Research for Rural Development* 16 (12) 2004.

6. CIAT. 2013. *The impacts of CIAT's collaborative research.* Cali, Colombia.

7. Klink, C.A. & Moreira, A.G. 2002. Past and current human occupation, and land use. pp.69–88. *In* P.S. Oliveira & R.J. Marquis, eds. *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna.* New York, USA. Columbia University Press.

8. Diniz-Filho, J.A.F., de Oliveira, G., Lobo, F., Ferreira, L.G, Bini, L.M. & Rangel, T.F.L.V.B. 2009. Agriculture, habitat loss and spatial patterns of human occupation in a biodiversity hotspot. *Scientia Agricola,* 66(6):764–771.

9. Pacheco, A. R., de Queiroz Chaves, R. & Lana Nicoli, C.M. 2013. Integration of Crops, Livestock, and Forestry: A System of Production for the Brazilian Cerrados. pp.51–60. *In* C.H. Hershey & P. Neate, eds. *Eco-efficiency: From vision to reality (Issues in Tropical Agriculture series*) Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2013.

10. Marouelli, R.P. 2003. *O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro.* Ecobusiness School of the Instituto Superior de Administração e Economia – Fundação Getulio Vargas (ISEA-FGV). Brasilia, Brazil. (MBA Thesis).

11. Scopel, E., Triomphe, B., dos Santos Ribeiro, MdeF., Séguy, L., Denardin, J.E. & Kochhann, R.A. 2004. Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. *In* R.A. Fischer, ed. *New directions for a diverse planet.* Proceed-

Harris, H.C. 1987. Improving Water use Efficiency of Annual Crops in the Rainfed Farming Systems of West Asia and North Africa. *Experimental Agriculture*, 23: 113–158. doi:10.1017/S001447970001694X.

8. Ryan, J., Masri, S., Ibriçki, H, Singh, M., Pala, M. & Harris, H.C. 2008. Implications of cereal-based crop rotations, nitrogen fertilization, and stubble grazing on soil organic matter in a Mediterranean-type environment. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 32: 289–297.

9. Fischer R.A., Byerlee D. & Edmeades G.O. 2014. *Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world? ACIAR Monograph No. 158.* Canberra. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra.

10. Kassam, A. 2014. *Save and Grow: Soil health.* Paper presented at the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome 15–17 December 2014. Rome.

11. Tutwiler, R., Haddad, N. & Thomson, E.F. 1997. Crop-livestock integration in the drier areas of west Asia and north Africa. *In*: N. Haddad, R. Tutwiler & E.F. Thomson, eds. *Improvement of crop- livestock integration systems in west Asia and north Africa.* Proceedings of the Regional Symposium, 6–8 November, 1995, pp.5–22 Amman, Jordan. ICARDA, Aleppo.

12. Pala, M., Ryan, J., Zhang, H., Singh, M. & Harris, H.C. 2007. Water-use efficiency of wheat-based rotation systems in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* 93(3): 136–144. doi:10.1016/j.agwat.2007.07.001.

13. Gan, Y.T., Liang, C., Chai, Q., Lemke, R.L., Campbell, C.A. & Zentner, R.P. 2014. Improving farming practices reduce the carbon footprint of spring wheat production. *Nature Communications 5,* Article number:5012.

14. Hailu, G., Tarekegn, A. & Asmare, E. 1989. Beneficial break crops for wheat production. *Ethiopian Journal of Agricultural Science,* 11(1): 15–24.

15. Higgs, R., Arthur, L., Peterson, E. & Paulson, W.H. 1990. Crop rotations: sustainable and profitable. *Journal of Soil and Water Conservation,* 45: 68–70.

16. Amanuel, G., Kühne, R.F., Tanner, D.G. & Vlek, P.L.G. 2000. Biological nitrogen fixation in faba bean (*Vicia faba* L.) in the Ethiopian highlands as affected by P fertilization and inoculation. *Biology and Fertility of Soils,* 32: 353–359.

17. Tanner, D.G., Yilma, Z., Zweie, L. & Gebru, G. 1994. Potential for cereal-based double cropping in Bale Region of Ethiopia. *African Crop Science Journal,* 2:135–143.

18. Asefa T., Tanner, D.G., Kefyalew, G. & Gorfu, A. 1997. Grain yield of wheat as affected by cropping sequence and fertilizer application in southeastern Ethiopia. *African Crop Science* 1, 5:147–159.

M.L., Ladha, J.K. & McDonald, A. 2015. *Sustainable intensification opportunities under current and future cereal systems of North-West India*. Technical Bulletin: CSSRI/Karnal/2015/e. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India. 46pp.

24. Jat, M.L., Gupta, R.K., Erenstein, O. & Ortiz, R. 2006. Diversifying the intensive cereal cropping systems of the Indo-Ganges through horticulture. *Chronica Horticulturae* 46 (3), 27–31.

النظام التقليدي يستعمل الأراضي استعمالاً أكثر إنتاجية

1. Cerrate, A. & Camarena, F. 1979. Evaluación de ocho variedades de maíz en sistema asociado con frijol en el Callejón de Huaylas, Perú. pp.151–155. *Informativo del Maíz.* Univ. Nac. Agraria. Numero Extraordinario, Vol. III, Lima, Perú.

2. Gordon, R., Franco, J., Gonzalez A. & de Garcia, N. 1997. Evaluación de variedades de Vigna (*Vigna unguiculata*) para asociación con el cultivo de maíz en Azuero, Panamá. pp.146–148. *In* J. Bolaños, ed. *Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe, Síntesis de resultados experimentales 1993–1995*, CIMMYT, PRM, Guatemala.

3. Francis, C.A. 1981. Development of plant genotypes for multiple cropping systems. *In* K.J. Frey, ed. *Plant Breeding II.* The Iowa State University Press, Ames. 497pp.

4. Laing, D.R. 1978. *Competencia en los sistemas de cultivos asociados de maíz-frijol.* pp.174-178. Proc. VIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. I Reunión Latinoamericana de Maíz, Lima, Perú.

5. Mathews, C., Jones, R.B. & Saxena, K.B. 2001. Maize and pigeonpea intercropping systems in Mpumulanga, South Africa. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter*, 8:53.

6. Marer, S.B., Lingaraju, B.S. & Shashidhara, G.B. 2007. Productivity and economics of maize and pigeonpea intercropping under rainfed condition in northern transitional zone of Karnataka. *Karnataka Journal of Agricultural Science,* 20:1–3.

7. Ngwira, A., Aune, J. & Mkwinda, S. 2012. On-farm evaluation of yield and economic benefit of short term maize legume intercropping systems under conservation agriculture in Malawi. *Field Crops Research,* 132 (2012) 149–157

8. Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Nyamangarad, J. & Giller, K. 2012. Maize–grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Research,* 136 (2012) 12–22.

9. Herrera, A.P., Gordon, R., Franco, J., Garcia, N., Martinez, L., Gonzalez, A. & Sain, G. 1993. Análisis económica de la aplicación de nitrógeno en maíz in rotación con leguminosas bajo dos tipos

for International Development. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute.

15. Jat, M.L. 2006. Land levelling: a precursor technology for resource conservation. *Rice-wheat consortium Technical Bulletin,* Series 7. New Delhi. Rice-wheat Consortium for the Indo-Gangetic plains.

16. Aryal, J., Bhatia, M., Jat, M.L. & Sidhu, H.S. 2014. Impacts of laser land leveling in rice-wheat rotations of the North-western Indo-Gangetic Plains of India. Paper presented at the World Congress of Environmental and Resource Economists, 28 June–2 July 2014, Istanbul, Turkey.

17. Hussain, I., Hassnain Shah, M., Khan, A., Akhtar, W., Majid, A. & Mujahid, M. 2012. Productivity in rice-wheat crop rotation of Punjab: an application of typical farm methodology. *Pakistan Journal of Agricultural Research,* Vol. 25, No. 1, pp 1–11.

18. Singh, R., Erenstein, O., Gatdala, M., Alam, M., Regmi, A., Singh, U., Mujeeb ur Rehman, H. & Tripathi, B. 2009. Socioeconomics of integrated crop and resource management technologies in the rice-wheat systems of South Asia: Site contrasts, adoption, and impact using village survey findings. *In* J. Ladha, Yadvinder-Singh, O. Erenstein & B. Hardy, eds. *Integrated crop and resource management in the rice-wheat system of South Asia.* Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute.

19. Fischer, R.A., Byerlee, D. & Edmeades, G.O. 2014. *Crop yields and global food security: Will yield increase continue to feed the world?* ACIAR Monograph No. 158. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research.

20. Yamano, T., Baruah, S., Sharma, R. & Kumar, A. 2013. *Factors affecting the adoption of direct-seeded rice in the northeastern Indo-Gangetic Plain.* CSISA Socioeconomics Policy Brief. New Delhi: International Rice Research Institute.

21. Gathala, M.K., Kumar, V., Sharma, P.C., Saharawat, Y.S., Jat, H.S., Singh, M., Kumar, A., Jat, M.L., Humphreys, E., Sharma, D.K., Sharma, S. & Ladha, J.K. 2013. Optimizing intensive cereal-based cropping systems addressing current and future drivers of agricultural change in the north-western Indo-Gangetic Plains of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 177: 85–97.

22. Sidhu, H.S., Singh, Manpreet, Yadvinder-Singh, Blackwell, J., Lohan, S.K., Humphreys, E., Jat, M.L., Singh, V. & Sarabjeet-Singh, 2015. Development and evaluation of the Turbo Happy Seeder for sowing wheat into heavy rice residues in NW India. *Field Crops Research.* In Press.

23. Sharma, P.C., Jat, H.S., Kumar, V., Gathala, M.K., Datta, A., Yaduvanshi, N.P.S., Choudhary, M., Sharma, S., Singh, L.K., Saharawat, Y., Yadav, A.K., Parwal, A., Sharma, D.K., Singh, G., Jat,

strategies in the rice-wheat cropping system in the Indo-Gangetic Plains. *In* Y. Singh, V. Singh, B. Chauhan, A. Orr, A. Mortimer, D. Johnson & B. Hardy, eds. *Direct Seeding of rice and weed management in the irrigated rice-wheat cropping system of the Indo-Gangetic Plains*. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute & Pantnagar, India, Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology.

7. Erenstein, O. 2009. Reality on the ground: Integrating germplasm, crop management, and policy for wheat farming system development in the Indo-Gangetic Plains in. 2009. *In* J. Dixon, H. Braun, P. Kosina & J. Crouch, eds. *Wheat facts and futures 2009.* Mexico, D.F., CIMMYT.

8. Malik, R. K., Singh, S. & Yadav, A. 2007. Effect of sowing time on grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in rice–wheat cropping system. *Haryana Agricultural University Journal of Research,* 37: 103–105.

9. Singh, S., Sharma, R.K., Gupta, R.K. & Singh, S.S. 2008. Changes in rice-wheat production technologies and how rice-wheat became a success story: lessons from zero-tillage wheat. *In Direct Seeding of rice and weed management in the irrigated rice-wheat cropping system of the Indo-Gangetic Plains.* Y. Singh, V. Singh, B. Chauhan, A. Orr, A. Mortimer, D. Johnson & B. Hardy, eds. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute, and Pantnagar, India, Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology.

10. Erenstein, O. & Laxmi, V. 2008. Zero tillage impacts in India's rice–wheat systems. *Soil Tillage Research,* 100, 1–14.

11. Gupta, R., Jat, R.K., Sidhu, H.S., Singh, U.P., Singh, N.K., Singh, R.G. & Sayre, K.D. 2015. *Conservation Agriculture for sustainable intensification of small farms.* Compendium of Invited Papers presented at the XII Agricultural Science Congress 3–6 February 2015, ICAR-National Dairy Research Institute, Karnal, India. pp 15.

12. ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research). 2008. Permanent beds and rice-residue management for rice-wheat systems in the Indo-Gangetic Plain. *In* E. Humphreys & C.H. Roth eds. Proceedings of a workshop, Ludhiana, India, 7–9 September 2006. Canberra.

13. Aryal, J.P., Sapkota, T.B., Jat, M.L. & Bishnoi, D. 2015. On-farm economic and environmental impact of zero-tillage wheat: a case of north-west India. *Experimental Agriculture, 51:* 1–16., *Cambridge University Press 2014.* doi:10.1017/S001447971400012X.

14. IRRI. 2009. *Revitalizing the rice-wheat cropping systems of the Indo-Gangetic Plains: Adaptation and adoption of resource-conserving technologies in India, Bangladesh, and Nepal.* Final report submitted to the United States Agency

Kamleu, D.G. 1999. *Policy shifts and adoption of alley farming in West and Central Africa.* International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 21pp.

توقف المزارعون عن الحرث في سهوب كازاخستان

1. CIMMYT. 2013. Water-saving techniques salvage wheat in drought-stricken Kazakhstan. In: *Wheat research, Asia.* 21 March 2013 (available at http://www.cimmyt.org/en/what-we-do/wheat-research/item/water-saving-techniques-salvage-wheat-in-drought-stricken-kazakhstan).

2. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Production (available at http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E).

3. Nurbekov, A., Akramkhanov, A., Lamers, J., Kassam, A., Friedrich, T., Gupta, R., Muminjanov, H., Karabayev, M., Sydyk, D., Turok, J. & Malik Bekenov, M. 2014. Conservation agriculture in Central Asia. *In* R. Jat, K. Sahrawat & A. Kassam, eds. *Conservation agriculture: Global prospects and challenge.* CAB International.

4. Karabayev, M., Morgounov, A., Braun, H-J., Wall, P., Sayre, K., Zelenskiy, Y., Zhapayev, R., Akhmetova, A., Dvurechenskii, V., Iskandarova, V., Friedrich, T., Fileccia, T. Guadagni, M. 2014. Effective Approaches to Wheat Improvement in Kazakhstan: Breeding and Conservation Agriculture. *Journal of Bahri Dagdas Crop Research* (1–2):50–53, 2014.

5. FAO. 2012. *Conservation agriculture in Central Asia: Status, policy, institutional support, and strategic framework for its promotion.* FAO Sub-Regional Office for Central Asia. December 2012. Ankara.

6. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Trade (available at http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E).

7. Karabayev, M. & Suleimenov, M. 2010. *Adoption of conservation agriculture in Kazakhstan.* In: Lead papers 4th World Congress on conservation agriculture: Innovations for improving efficiency, equity and environment. 4–7 February 2009. New Delhi.

8. Derpsch, R. & Friedrich, T. 2009. *Development and current status of no-till adoption in the world.* Rome, FAO.

9. FAO. 2009. *Importance of zero-tillage with high stubble to trap snow and increase wheat yields in Northern Kazakhstan.* FAO Investment Centre, June 2012. Rome.

10. FAO. 2012. *Advancement and impact of conservation agriculture/no-till technology adoption in Kazakhstan.* FAO Investment Centre information note. Rome.

11. Kienzler, K., Lamers, J., McDonald, A., Mirzabaev, A., Ibragimov, N., Egamberdiev, O., Ruzibaev, E. & Akramkhanov, A. 2012. Conservation agriculture in Central Asia – What do we know and where do we go from here? *Field Crops Research* 132 (2012) 95–105

tion and health. Bioversity International, pp.88–108.

2. FAO. 2004. *Culture of fish in rice fields.* M. Halwart & M. Gupta, eds. Rome

3. FAO. 2014. *Aquatic biodiversity in rice-based ecosystems: Studies and reports from Indonesia, LAO PDR and the Philippines.* M. Halwart & D. Bartley, eds. The Asia Regional Rice Initiative: Aquaculture and fisheries in rice-based ecosystems. Rome.

4. FAO. 2014. *Aquaculture and fisheries in rice-based ecosystems.* The Asia Regional Rice Initiative factsheet. Rome.

5. FAO. 2007. Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in China. Miao, W.M. & Mengqing, L. 2007. *In* M. Hasan, T. Hecht & S. De Silva, eds. *Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development.* FAO Fisheries Technical Paper 497. Rome.

6. FAO. 2012. *The state of world fisheries and aquaculture 2012.* Rome.

7. Suryana, A. *Regional Rice Initiative Implementation in Indonesia: Progress and lessons learned.* Presentation at a Side Event of the 149th Session of the FAO Council, Rome, 18 June 2014.

حيث الأشجار والشجيرات أقل تكلفة من الأسمدة

1. Garrity, D., Akinnifesi, F., Ajayi, O., Weldesemayat, S., Mowo, J., Kalinganire, A. Larwanou, M. & Bayala, J. 2010. Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security* (2010) 2:197–214.

2. Haggblade, S. & Tembo, G. 2003. *Early evidence on conservation farming in Zambia.* EPTD Discussion Paper 108. Washington DC: International Food Policy Research Institute.

3. Barnes R. & Fagg, C. 2003. *Faidherbia albida.* Monograph and Annotated Bibliography. Tropical Forestry Papers No 41, Oxford. Forestry Institute, Oxford, UK. 281pp.

4. Spevacek , A.M. 2011. *Acacia (Faidherbia) albida.* KSC Research Series. US Agency for International Development, New York. 15pp.

5. Shitumbanuma, V. 2012. *Analyses of crop trials under* Faidherbia albida. Conservation Farming Unit, Zambia National Farmers Union. Lusaka.

6. Phombeya, H. 1999. Nutrient sourcing and recycling by *Faidherbia albida* trees in Malawi. PhD Dissertation, Wye College, University of London. 219pp.

7. Ajayi, C., Akinnifesi, F., Sileshi, G., Kanjipite, W. 2009. Labour inputs and financial profitability of conventional and agroforestry-based soil fertility management practices in Zambia. *Agrekon* 48:246–292.

8. Adesina, A., Coulibaly, O., Manyong, V., Sanginga, P.C., Mbila, D., Chianu, J. & de labranza, Rio Hato, Panama, 1992–93. pp.167–169. *In* J. Bolaños, G. Sain, R. Urbina & H. Barreto, eds. *Programa Regional de Maíz para Centro América y el Caribe, Síntesis de resultados Experimentales 1992.* CIMMYT, PRM, Guatemala.

10. Marinus, W. 2014. *Cowpea-maize relay cropping. A method for sustainable agricultural intensification in northern Ghana?* Plant production systems. Wageningen University. Wageningen, The Netherlands.

11. Ortiz-Ceballos, A., Aguirre-Rivera, J., Salgado-Garcia, S. & Ortiz-Ceballos, G. 2015. Maize-velvet bean rotation in summer and winter *milpas*: a greener technology. *Agronomy Journal*, 107: 1: 330–336.

12. Mekuria, M., Kassie, M., Nyagumbo, I., Marenya, P. & Wegary, D. 2014. Sustainable intensification of maize-legume based systems: Lessons from SIMLESA. *In* B.M. Prasanna *et al.*, eds. Book of Extended Summaries, 12th Asian Maize Conference and Expert Consultation on Maize for Food, Feed, Nutrition and Environmental Security. Bangkok, Thailand, October 30 – November 1, 2014. CIMMYT, Mexico D.F. and APAARI, Bangkok, pp.379–386.

13. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Production (available at http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E).

14. Sanginga, N., Dashiell K.E., Diels, J., Vanlauwe, B., Lyasse, O., Carsky, R.J., Tarawali, S., Asafo-Adjei, B., Menkir, A., Schulz, S., Singh, B.B., Keatinge, D. & Ortiz, R. 2003. Sustainable resource management coupled to resilient germplasm to provide new intensive cereal-grain-legume-livestock system in the dry savanna. *Agriculture, Ecosystem and Environment,* 100: 305–314.

15. Landau, E. C., Cruz, J.C., Hirsch, A. & Guimaraes, D.P. 2012. Expansão potencial do plantio de 2a safra de milho no Brasil no sistema de rotação soja-milho considerando o zoneamento de risco climático. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.* Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 36pp.

16. Kerr, R. B., Snapp, S., Chirwa, M., Shumba, L. & Msachi, R. 2007. Participatory research on legume diversification with Malawian smallholder farmers for improved human nutrition and soil fertility. *Experimental Agriculture,* 43:437–453.

17. Thierfelder, C., Cheesman, S. & Rusinamhodzi, L. 2012. Benefits and challenges of crop rotation in maize-based conservation agriculture (CA) cropping system of Southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability.* DOI:10.1080/14735903.2012. 703894:1–17.

محصول أكثر ثراء من حقول الأرز

1. Halwart M. 2013. Valuing aquatic biodiversity in agricultural landscapes. *In* J. Fanzo, D. Hunter, T. Borelli & F. Mattei, eds. *Diversifying food and diets – using agricultural biodiversity to improve nutri-*

green economy policy assessment. UNEP.

12. FAO. 2012. *Improving food systems for sustainable diets in a green economy.* FAO GEA Rio+20 Working Paper 4. Rome.

13. FAO. 2014. *Meeting farmers' aspirations in the context of green development.* Regional Conference for Asia and the Pacific, Thirty-second session. Ulaanbaatar, Mongolia, 10–14 March 2014. Rome

14. FAO. 2015. *Smallholder productivity under climatic variability: Adoption and impact of widely promoted agricultural practices in Tanzania,* by Arslan, A., Belotti, F. & Lipper, L. Rome.

15. FAO. 2011. *Climate-smart agriculture: smallholder adoption and implications for climate change adaptation and mitigation,* by McCarthy, N., Lipper, L. & Branca, G. FAO Working Paper, Mitigation of Climate Change in Agriculture (MICCA) Series 4, Rome.

16. HLPE (High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition). 2013. *Investing in smallholder agriculture for food security.* A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. FAO. Rome.

17. FAO. 2012. *The State of Food and Agriculture 2012: Investing in agriculture for a better future.* Rome.

18. FAO. 2014. *Institutional procurement of staples from smallholders. The case of purchase for progress in Kenya*. Rome.

19. HLPE. 2012. *Social protection for food security.* A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. FAO. Rome.

20. FAO. 2013. *State of food insecurity in the world 2013: The multiple dimensions of food security.* Rome.

21. FAO. 2015. *An in-depth review of the evolution of integrated public policies to strengthen family farms in Brazil,* by Del Grossi, M.E. & Vicente, P.M. de Azevedo Marques. ESA Working Paper No. 15–01. Rome.

22. Committee on World Food Security. 2015. *Principles for responsible investment in agriculture and food systems.* FAO. Rome.

23. HLPE. 2011. *Land tenure and international investments in agriculture.* HLPE Report No. 2. FAO. Rome.

24. FAO. 2012. *Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security.* Rome.

25. FAO, IFAD, UNCTAD & World Bank. 2010. *Principles for responsible agricultural investment that respects rights, livelihoods and resources. Extended version.* Discussion note. (available at http://siteresources.worldbank.org/INTARD/214574-1111138388661/22453321/Principles_Extended.pdf).

5. Borlaug Institute for South Asia. 2015. Major Accomplishments 2012–2014. BISA Report Series 1. New Delhi, India. 38pp.

6. Hasan, M.M, Waddington, S.R., Haque, M.E., Khatun F. & Akteruzzaman, M. 2007. Contribution of whole family training to increased production of maize in Bangladesh. *Progressive Agriculture (Bangladesh)* 18(1): 267–281.

7. CIMMYT. 2009. *Maize motorizes the economy in Bangladesh.* CIMMYT E-News, Vol. 6 No. 5, August 2009 (available at http://www.cimmyt.org/en/what-we-do/socioeconomics/item/maize-motorizes-the-economy-in-bangladesh).

8. CIMMYT. 2009. *Don't put all your eggs in one basket: Bangladesh tries maize cropping for feed.* CIMMYT E-News, Vol. 6 No. 2, February 2009 (available at http://www.cimmyt.org/en/what-we-do/socioeconomics/item/dont-put-all-your-eggs-in-one-basket-bangladesh-tries-maize-cropping-for-feed).

الفصل 4 طريق المضي قُدُماً

1. FAO, IFAD & WFP. 2015. *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress.* Rome.

2. FAO. 2010. *The State of Food Insecurity in the World 2010. Addressing food insecurity in protracted crises.* Rome.

3. FAO. 2011. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk.* FAO, Rome and Earthscan, London.

4. Viala, E. 2008. Water for food, water for life a comprehensive assessment of water management in agriculture. *Irrigation and Drainage Systems,* 22(1), 127–129.

5. FAO. 2011. *Save and Grow: A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production.* Rome.

6. IFAD. 2010. *Rural Poverty Report 2011. New realities, new challenges: New opportunities for tomorrow's generation.* Rome.

7. FAO. 2012. *Towards the future we want. End hunger and make the transition to sustainable agricultural and food systems.* Rome.

8. FAO. 2014. *Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches.* Rome.

9. Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S. & Cattaneo, A. 2014. Adoption and intensity of adoption of conservation farming practices in Zambia. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* Vol. 187, (2014) pp.72–86.

10. FAO. 2014. *Climate variability, adaptation strategies and food security in Malawi,* by Asfaw, S., McCarthy, N., Lipper, L. Arslan, A., Cattaneo, A. & Kachulu, M. ESA Working Paper No. 14–08. Rome.

11. UNEP (United Nations Environmental Programme). 2014. *A guidance manual for*

12. Zhapayev, R., Iskandarova, K., Toderich, K., Paramonova, I., Al-Dakheel, A., Ismail, S., Pinnamaneni, S.R., Omarova, A., Nekrasova, N., Balpanov, D., Ten, O., Ramanculov, E., Zelenskiy, Y., Akhmetova, A. & Karabayev, M. 2015. Sweet sorghum genotypes testing in the high latitude rainfed steppes of the northern Kazakhstan (for feed and biofuel). *Journal of Environmental Science and Engineering* B 4 (2015) 25–30. doi: 10.17265/2162-5263/2015.01.004.

13. Karabayev, M. 2012. *Conservation agriculture adoption in Kazakhstan.* A presentation made in WIPO Conference on Innovation and Climate Change, 11–12 July 2011. Geneva.

14. Lamers, J., Akramhanov, A., Egamberdiev, A., Mossadegh-Manschadi, A., Tursunov, M., Martius, C., Gupta, R., Sayre, K., Eshchanov, R. & Kienzler, S. 2010. *Rationale for conservation agriculture under irrigated production in Central Asia: Lessons learned.* In: Lead papers 4th World Congress on conservation agriculture: Innovations for improving efficiency, equity and environment. 4–7 February 2009. New Delhi.

15. FAO. 2014. Conservation agriculture for irrigated areas in Azerbaijan, Kazakhstan, Turkmenistan and Uzbekistan. Project GCP/RER/030/TUR Terminal report, Annex 4. Rome.

16. World Bank. *No-till: A climate smart agriculture solution for Kazakhstan. Agricultural Competitiveness Project.* 8 August 2013 (available at http://www.worldbank.org/en/results/2013/08/08/no-till-climate-smart-agriculture-solution-for-kazakhstan).

هجائن عالية الغلة تساعد على التكيف مع تغير المناخ

1. Timsina, J., Buresh, R.J., Dobermann, A. & Dixon, J. 2011. *Rice-maize systems in Asia: current situation and potential.* pp.7–26 and 161–171. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute and International Maize and Wheat Improvement Center. 232pp.

2. FAO. 2015. FAOSTAT. Online statistical database: Production (available at http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E).

3. Ali, M.Y., Waddington, S.R., Hodson, D., Timsina, J. & Dixon, J. 2009. *Maize-rice cropping systems in Bangladesh: Status and research opportunities.* Working Paper, Mexico DF: CIMMYT.

4. Gathala, M.K., Timsina, J., Islam, Md. S., Rahman, Md. M., Hossain, Md. I., Harun-Ar-Rashid, Md., Ghosh, A.K., Krupnik, T. J., Tiwari, T.P. & McDonald, A. 2014. Conservation agriculture based tillage and crop establishment options can maintain farmers' yields and increase profits in South Asia's rice–maize systems: Evidence from Bangladesh. *Field Crops Research,* 172: 85–98.

41. FAO & World Bank. 2010. *FAO/World Bank workshop on reducing post-harvest losses in grain supply chains in Africa, FAO Headquarters, 18–19 March 2010 - Lessons learned and practical guidelines.* Rome.

42. FAO. 2012. *Greening the economy with climate-smart agriculture.* Rome.

43. FAO. 2014. *Appropriate seed and grain storage systems for small-scale farmers: key practices for DRR implementers.* Rome.

44. Buresh, R.J., & Wopereis, M. 2014. *Save and Grow: Rice.* Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. FAO. (mimeo).

45. FAO. 2003. *World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective.* J. Bruinsma, ed. London. Earthscan.

46. Pretty, J.N. 2003. Social capital and the collective management of resources. *Science* 302, 1912 (2003). DOI: 10.1126/science.1090847.

47. FAO. 2013. *Draft guide for national seed policy formulation.* Report to the Fourteenth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, 15–19 April 2013.

48. Solh, M., Braun, H-J. & Tadesse, W. 2014. *Save and Grow: Wheat.* Paper prepared for the FAO Technical Consultation on Save and Grow: Maize, Rice and Wheat, Rome, 15–17 December 2014. Rabat, ICARDA. (mimeo).

34. Sims, B.G., Thierfelder, C., Kienzle, J., Friedrick, T. & Kassam, A. 2012. Development of the Conservation Agriculture Equipment Industry in Sub-Saharan Africa. *Applied Engineering in Agriculture* 28(6):1–11.

35. FAO. 2013. Mechanization for rural development: a review of patterns and progress from around the world. *Integrated crop management*, Vol. 20–2013. Rome.

36. Mrema G., Soni, P. & Rolle, R. 2014. *A regional strategy for sustainable agricultural mechanization.* FAO. Bangkok.

37. Ortiz, R. 2013. Marker-aided breeding revolutionizes 21st century crop improvement. *In* G.K. Agrawal & R. Rakwal, eds. *Seed development: OMICS technologies toward improvement of seed quality and crop yield.* Springer, New York. pp.435–452.

38. Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R. & Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature,* 418: 671–677. doi:10.1038/nature01014.

39. Bindraban, P.S., Dimkpa, C., Nagarajan, L., Roy, A. & Rabbinge, R. 2015. Revisiting fertilizers and fertilization strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils.* DOI: 10.1007/s00374-015-1039-7.

40. Tangtrakulwanich, K., Reddy, G., Wu, S., Miller, J.H., Ophus, V.L. & Prewett, J. 2014. Efficacy of entomopathogenic fungi and nematodes, and low risk insecticides against wheat stem sawfly. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 6, No. 5, May 2014.

26. FAO. 2014. *Developing sustainable food value chains – Guiding principles.* Rome.

27. FAO. 2015. *The rice value chain in Tanzania. A report from the Southern Highlands Food Systems Programme.* Rome.

28. Demont, M. & Ndour, M. 2015. Upgrading rice value chains: Experimental evidence from 11 African markets. *Global Food Security,* Vol. 5, June 2015, pp.70–76.

29. Pardey, P., Alston, J. & Chan-Kang, C. 2013. Public agricultural R&D over the past half century: an emerging new world order. *Agricultural Economics* 44(1): 103–113.

30. Marslen, T. 2014. *Declining Research and Development Investment: A Risk for Australian Agricultural Productivity. Strategic Analysis Paper.* Dalkeith (Australia), Future Directions International.

31. Pretty, J.N. & Bharucha, Z.P. 2015. Integrated Pest Management for Sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* 2015, *6*(1), 152–182.

32. Casão Junior, R., de Araújo, A.G. & Fuentes-Llanillo, R. 2012. *No-till agriculture in southern Brazil: Factors that facilitated the evolution of the system and the development of the mechanization of conservation farming.* Londrina, Brazil. IAPAR and Rome, FAO.

33. Friedrich, T., Derpsch, R. & Kassam, A. 2012. Global overview of the spread of Conservation Agriculture. *Field Actions Science Reports Special Issue (Reconciling Poverty Alleviation and Protection of the Environment),* 6: 1–7.

مسرد المصطلحات

إجهاد أحيائي. تأثير سلبي للعوامل الحيّة (مثل الحشرات)

اجهاد لا أحيائي. تأثير سلبي للعوامل غير الحيّة (مثل درجات الحرارة القصوى)

أحواض الزرع الدائمة المرتفعة. أحواض زرع مرتفعة تُبذر بالمثقاب بخرق مهاد واق من مخلفات المحاصيل

أحواض الزرع المرتفعة. تربة تشكّل على هيئة أحواض يتراوح عرضها من 50 سم إلى 2.5 م تقريبا، وبأي طول وبارتفاع 15 سم

الإدارة المتكاملة للآفات. استراتيجية تعزز مكافحة الآفات باستخدام الحد الأدنى من المواد الكيميائية

إراحة الأرض (أيضا **دورة إراحة الأرض**) مرحلة في تناوب المحاصيل يتعمد فيها عدم استعمال الأرض لزراعة محصول

الأُرْز المَغْمُور. أرز مزروع في أرض غمرت قبل التَوَحُّل، ثم تغمر بالمياه باستمرار حتى تنضج المحاصيل

أكسيد النيتروز. غاز احتباس حراري رئيسي ينتج أساسا في التربة الزراعية ويرتبط بالاستخدام المفرط للأسمدة المعدنية

إنتاجية المياه. كمية أو قيمة المنتج على حجم أو قيمة المياه المستنزفة أو المحوّل مسارها

بَذْر بالمِثقاب. بذر بذور في صفوف على مسافة وعمق أمثلين باستخدام مثقاب بذْر

بَذْر جاف. بذر البذور في تربة جافة

بَذْر مباشر. بذر البذور دون حرث مسبق أو عزق مسبق للمشتل

بقايا المحصول. مخلفات النبات بعد حصاد المحاصيل

بقول. نبات من الفصيلة البقولية (أو القرنية)

بقول حبية. بقول (مثل الفاصوليا، الفول) تنتج بذورا تستخدم كغذاء

بقول حَبِّية. بقول حبية (مثل العدس) تحصد لبذورها الجافة

بنية التربة. ترتيب الجزيئات الفردية للرمل والطمي والطين في التربة

تثبيت النيتروجين الحيوي. تحويل النيتروجين الجوي (مثلاً عن طريق البكتيريا في عقيدات البقول الجذرية) إلى شكل قابل للاستعمال في النبات

تسوية الأراضي باستخدام الليزر. إزالة التموجات على سطح التربة باستخدام جهاز إرسال ليزر وجهاز استقبال محمول على جرار مع شفرة تسوية

التكثيف المستدام. زيادة الإنتاج الأوّلي لكل وحدة مدخلات إلى الحد الأقصى دون المساس بقدرة النظام على إدامة سعته الانتاجية

التكثيف المستدام للإنتاج المحصولي. زراعة قائمة على النظام الإيكولوجي تنتج أكثر من المساحة ذاتها من الأراضي في الوقت الذي تحافظ فيه على الموارد الطبيعية وتعزز خدمات النظام الإيكولوجي

تناوب المحاصيل. تناوب أنواع أو فصائل المحاصيل في الحقل نفسه

تَوحُّل (الأرز) حرث تربة مغمورة لإنشاء تربة موحلة قبل زرع الشتلات

الحفظ والتوسع. نموذج منظمة الأغذية والزراعة للتكثيف المستدام للإنتاج المحصولي

خدمات النظام الإيكولوجي. منافع من النظم الإيكولوجية تحافظ على الحياة

دون حرث. ممارسة الزراعة المحافظة على الموارد المتمثلة بالبَذْر بالمِثقاب دون حرث مسبق للتربة

الزراعة الأحادية المحصول. (أو الزراعة الأحادية) زراعة محصول أحادي على الأرض نفسها، سنة تلو السنة، باستخدام الكيمائيات الزراعية لمكافحة الآفات وتسميد التربة

الزراعة المتداخلة المحاصيل. زراعة محصول ثانٍ في حقل قبل حصاد المحصول الأول

زراعة بينية. زراعة محصولين اثنين أو أكثر في الحقل نفسه في الوقت نفسه

زراعة محافظة على الموارد. إدارة للتربة تحمي بنية التربة وتكوينها وتنوعها البيولوجي من خلال إحداث أدنى حد من تكدير التربة والإبقاء على تغطية دائمة للتربة وتناوب المحاصيل

سماد أخضر. محصول (مثل العشب) ينتج بقايا تكون بمثابة مهاد واق

سماد معدني. سماد مصنوع بعمليات كيميائية وصناعية

علف بقولي. بقول عشبية أو شجرية تنتج أوراقاً وسيقاناً للرعي أو للاستخدام في الأعلاف

كتلة حية. مواد حيوية مشتقة من كائنات حية، لا تستخدم عادة للأغذية أو الأعلاف

كفاءة استخدام المياه. نسبة المياه المستخدمة في التمثيل الغذائي النباتي إلى المياه المفقودة في الغلاف الجوي

مادة عضوية في التربة. جميع المواد العضوية الموجودة في التربة

مثقاب البَذْر. آلة تستخدم في الزراعة المحافظة على الموارد لوضع البذور على مسافات متساوية وعمق مناسب وتغطيتها بالتربة

محصول تغطية التربة. زراعة محصول خلال فترات إراحة الأرض لحماية التربة وإعادة تدوير المغذيات والسيطرة على الأعشاب الطفيلية

مدرسة ميدانية للمزارعين. تعلم جماعي لممارسات قائمة على النظام الإيكولوجي تخفض استخدام مبيدات الآفات وتحسّن استدامة إنتاج المحاصيل

مهاد واق. طبقة من المواد العضوية (مثل مخلفات المحاصيل) تستخدم لتغطية التربة للحفاظ على الرطوبة وإزالة الأعشاب الطفيلية وإعادة تدوير مغذيات التربة

"يتيح خطوط توجيهية
واضحة للإنتاج المستدام
في البلدان النامية."

السيد *Sanjay Rajaram*
الفائز بالجائزة العالمية للغذاء، 2014

"حسن التوقيت ومهم.
يوفّر أمثلة ممتازة ويجعل
المبادئ بغاية الوضوح."

السيد *Jules Pretty*
من جامعة Essex (المملكة المتحدة)

ISBN 978-92-5-608519-1

9 789256 085191

I4009Ar/1/03.16