الفصل الثامن

رفع الانتاجية الزراعية

ادوارد س. وولف

ترجمة

د. فوزي سهاونة

بعد عشرين عاماً، تقف الثورة الخضراء كمحك في التنمية الزراعية الدولية. ففي الوقت الذي ظهرت فيه المجاعة وكأنها وشيكة الحدوث، عملت الأنواع الجديدة من القمح والأرز، التي أدخلت إلى آسيا وأمريكا اللاتينية، بالإضافة إلى الأسمدة ومبيدات الحشرات والمعدات الزراعية الممكننة، على زيادة المحاصيل بشكل درامي.

وتعتبر هذه الاستراتيجية الزراعية التي حولت حياة وتوقعات مئات الملايين من الناس، أكبر إنجازٍ ناجحٍ في التنمية الدولية منذ خطة مارشال وإعادة بناء أوروبا بعد الحرب العالمية الثانية. فالهند، التي كانت إمكاناتها الغذائية كئيبة في الماضي، يتوفر عندها اليوم احتياطي تأميني ضد المجاعة. وأندونيسيا، التي كانت أكبر مستورد للأرز في العالم، أصبحت اليوم مكتفية ذاتياً وتصدر البعض منه.

ولكن التقدم الزراعي الذي جعل الثورة الخضراء ممكنة لا يتوزع بالتساوي. فالمجموعات الإحصائية تخفي مجموعة كبيرة ممن لم يستفيدوا من التقنيات الجديدة. وهم مزارعو الاكتفاء الذاتي الذين يزرعون الغذاء لعائلاتهم على الأراضي الهامشية التي تعتمد على الأمطار.

أدخلت الأنواع المحسنة ذات المردود العالي من القمح والأرز إلى أقل من ثلث الـ ٤٢٣ مليون هكتار التي زرعت بالحبوب في العالم الثالث. هذا

وتختلف معدلات الإدخال اختلافاً كبيراً بين الأقاليم وهي على النحو التالي: ٣٦٪ من المساحة المزروعة بالحبوب في آسيا والشرق الأوسط، و٢٢٪ من حقول أمريكا اللاتينية، و١٪ فقط في إفريقيا. وتم كذلك تحسين إنتاجية محاصيل أخرى كالشعير، والذرة البيضاء، والبطاطا، وخصوصاً الذرة الصفراء، عن طريق البحث والتهجين، ثم توزيع الأنواع الجديدة على المزارعين. وكانت المساهمات المحلية في مثل هذا التقدم ملموسة، ولكن لم يكن لأي منها أي تأثير على إنتاج الغذاء، وعلى متوسط الإنتاجية، هذا وما زالت الدخول الريفية متفاوتة كتفاوت قمح وأرز الثورة الخضراء[١].

ما تزال قضية زيادة الإنتاج ملحة اليوم كما كانت قبل جيل. يعمل في الزراعة حوالي ١٠٠ مليون إنسان في أمريكا اللاتينية، و٢٨٠ مليون في إفريقيا، وأكثر من ٩٠٠ مليون في آسيا، ويزرعون الغذاء في ظل ظروف صعبة وإنتاجية لم تتغير منذ منتصف القرن الحالي. ولكن ولأن إنتاج الحبوب في بعض الأقاليم المتقدمة زراعياً أصبح قريباً جداً من سقف الإنتاج الحيوي لهذه الحبوب، فإن هؤلاء الناس، الذين يبلغ عددهم حوالي ١,٤ بليون في العالم الثالث، يمسكون مفتاح الزيادة المستقبلية في إنتاج الغذاء في العالم[٢].

وفيما تبقى من هذا القرن سيزيد سكان العالم من ٥ بليون إلى ٦,٢ بليون نسمة، وفي الوقت نفسه لا يتوقع المحللون أي زيادة ملموسة في مساحة الأراضي الزراعية. ومن أجل المحافظة على مستويات الاستهلاك الحالية يتطلَّب ذلك زيادة تصل إلى ٢٦٪ في متوسط إنتاج الحبوب. وبحلول عام ٢٠٢٠ سيتطلب إطعام سكان العالم الذي سيصل عددهم إلى ٧,٨ بليون إلى إنتاج يزيد بمقدار ٥٦٪ عن مستوى عام ١٩٨٥[٣].

إن أساليب الثورة الخضراء تشكل جزءاً من الجواب لِـ ٢٣٠ مليون عائلة في إفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية التي ما تزال تعمل بنفس الأساليب الزراعية التي عمل بها أجدادهم من قبلهم. والسبب في هذا كله هو الطاقة، فقد جاء التقدم في السابق من جراء زيادة تكثيف الطاقة في الزراعة، فقد استُعمل الوقود

لتسيير الآلات، وصنعت الأسمدة على أسس الوقود الحفري، واستهلك السولار أو الكهرباء لإدارة مضخات الري. ولا يستطيع إلا عدد قليل من فقراء الريف دفع أثمان مثل هذه المواد والخدمات. وحتى لو توفر لهؤلاء الدخل لشراء مثل هذه المدخلات، فلا تتوفر الطرق أو الأسواق التي يمكن أن تخدم هؤلاء المزارعين.

أضف إلى هذا كله أن مزارعي الاكتفاء الذاتي يزرعون أصنافاً من المحاصيل لم تلق إلا القليل من الاهتمام البحثي إذا ما قورن مع المحاصيل الأخرى. فليس هناك من قاعدة بحث للوصول إلى إنتاج أعلى من الكثير من المحاصيل الأساسية. هذا ويقوم مزارعوا العالم الثالث باستغلال الترب الفقيرة في ظل ظروف مناخية قاسية تتطلب أساليب زراعية متقدمة. وكلما ازدادت أعداد سكان الريف، كلما ازدادت حاجة المزارعين إلى تحسينات زراعية تعتمد على تكثيف العمل، بدلاً من زيادة استهلاك رأس المال والطاقة. وتتطلب مثل هذه الظروف طرق بحث تختلف عن تلك التي عملت على زيادة الإنتاج في الماضي.

إن تطوير استراتيجيات جديدة من الكفاءة والتجديد قد تساعد على توفير حاجات مزارعي الاكتفاء الذاتي، وتبدأ بمعالجة المشاكل البيئية والاقتصادية المتصلة بأساليب الزراعة المكثفة. وإن استراتيجية كهذه ستؤكد الاستعمال الأكفأ للأسمدة والكيماويات والماء والأدوات الممكننة. ويستطيع المزارعون، خلط التقنيات الحيوية مع أساليب الزراعة التقليدية لزيادة المساهمة التي تقدمها الخصوبة الطبيعية للتربة إلى إنتاج الغذاء. إن فرص الوصول إلى ربع سكان العالم ـ وربع محاصيل العالم ـ الذين تركتهم الثورة الخضراء وراءَها، لم تكن أفضل مما هي عليه الآن.

إعادة النظر في الإنتاجية

تعتبر متابعة الإنتاجية نقطة أساسية في الزراعة منذ أن اختار الفلاحون الأعشاب البرية التي هي أسلاف محاصيل اليوم. وفي السنوات الأخيرة سبق

نمو المحاصيل النمو السكاني، ليس فقط لأن أراضي أكثر وضعت تحت الحراثة، بل بسبب وجود عدد كبير من النباتات، وزيادة في الري، والأسمدة المتوفرة حديثاً، وتوفر الآلات والأدوات المحسنة، جميعها ساعدت المزارع على إنتاج المزيد من كل هكتار من الأرض كل ساعة عمل. ولهذا ازداد إنتاج الحبوب في العالم من ٦٢٠ مليون طن متري في عام ١٩٥٠ إلى ١٦٦٠ مليون طن في عام ١٩٨٥، وارتفع متوسط إنتاج الهكتار من ١,١ إلى ٢,٦ طن. إن هذه الزيادة السريعة ليس لها مثيل في السابق[٤].

كانت الزيادة في الإنتاج بعد الحرب العالمية تعتمد على معادلة بسيطة، وهي أن قام الباحثون والمرشدون الزراعيون بتشجيع المزارعين على استعمال المزيد من الأسمدة والمبيدات الحشرية والري على النوعيات التي طورت حديثاً. وحسب الطريقة المألوفة، يعمل إحلال المدخلات المكثفة للطاقة ورأس المال محل الموارد التقليدية من الأرض والعمل على مساعدة المزارعين على التوسع في إنتاجهم كل عام.

إن الحماس للمعادلة الإنتاجية المألوفة أمر مفهوم، فالزيادة في إنتاج العالم من الغذاء في العقد الأخير قد جاء مصاحباً لزيادة مماثلة في استعمال الأسمدة الاصطناعية، وإن الأقاليم التي استعملت كميات أكبر جنت الفوائد الأكبر. (انظر جدول ٨-١). تعتبر آسيا وأمريكا الشمالية مصدر حوالي ٤/٥ الزيادة في إنتاج القمح في العالم، واستعملت ٥٦٪ من الزيادة في استعمال السماد. وتوسع كذلك متوسط المساحة المزروعة في أمريكا الشمالية خلال نفس الفترة، ولكن جاء معظم النمو في الناتج الآسيوي من استعمال السماد. وبرهنت أوروبا الشرقية والاتحاد السوفياتي أن السماد الإضافي لا يعني بالضرورة زيادات مماثلة في الإنتاج. إن الاعتماد على التخطيط المركزي بدلاً من قيام المزارعين بتوزيع كميات السماد، أدى إلى حدوث معظم عدم الكفاءة في هذا الإقليم (انظر الفصل العاشر).

جدول ٨-١ . الزيادة في متوسط إنتاج الحبوب واستعمال السماد، حسب الإقليم، بين ١٩٧٠-٧٤ و ١٩٨٠-٨٤

الإقليم	إنتاج الحبوب		استعمال السماد	
	مجموع الزيادة	حصة الزيادة في العالم	مجموع الزيادة	حصة الزيادة في العالم
	(مليون طن متري)	(بالمئة)	مليون طن متري)	(بالمئة)
آسيا	٢٠٠,٣	٥٥	١٩,٢	٤٥
أمريكا الشمالية	٨٦,٠	٢٣	٤,٦	١١
أوروبا الغربية	٣١,٣	٩	٢,٨	٧
أمريكا اللاتينية	٢٣,٩	٧	٣,٢	٨
شرق أوروبا والاتحاد السوفياتي	٨,٨	٢	١٠,٧	٢٥
الأقيانوسيا	٨,٤	٢	٠,٦	١
إفريقيا	٨,٢	٢	١,٥	٣
العالم	٣٦٦,٩	١٠٠	٤٢,٦	١٠٠

Sources: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, World Indices of Agricultural and Food Production 1950-85 (Unpublished Printout) (Washington, D.C.: 1986); U.N. Food and Agriculture Organization, Fertilizer Yearbooks (Rome: 1982 and 1984).

يعكس متوسط إنتاج الحبوب في العالم الأكثر اكتظاظاً بالسكان الاختلافات في الأمطار وخصوبة التربة، ويوضح كذلك الفجوة الإنتاجية التي يجب التغلب عليها في محاولة لرفع متوسط الإنتاجية العالمية فوق ٢,٦ طن للهكتار. يعيش في الأحد عشر دولة المبينة في جدول ٨-٢ حوالي ثلثي سكان العالم، وتمثل الطيف الأيكولوجي والاقتصادي بأكمله. ويعيش أقل من $\frac{1}{3}$

سكان العالم في أربع دول، وصلت إنتاجية أراضيها، مقاسة بإنتاج الهكتار، إلى أكثر من ٣,٥ طن، وهي أعلى من المعدل العالمي بكثير. ويعيش $\frac{1}{3}$ آخر في الدول الخمس التي يقل إنتاج الهكتار فيها عن ٢ طن. ومع أن أعلى إنتاجية موجودة في الأمم الصناعية، إلا أن الصين وأندونيسيا أثبتتا بأن لا ضرورة لاقتران الدخل المتدني مع الإنتاج المنخفض.

جدول ٨-٢. إنتاجية الأرض في الأحد عشر بلداً الأكثر اكتظاظاً في السكان، ١٩٨٥

البلد	متوسط إنتاج الحبوب (طن للهكتار)	السكان (مليون)
اليابان	٥,٨	١٢٢
الولايات المتحدة	٤,٨	٢٤١
الصين	٣,٩	١,٠٥٠
أندونيسيا	٣,٧	١٦٨
بنغلادش	٢,٢	١٠٤
المكسيك	٢,١	٨٢
البرازيل	١,٨	١٤٣
الهند	١,٦	٧٨٥
الباكستان	١,٦	١٠٢
الاتحاد السوفياتي	١,٦	٢٨٠
نيجيريا	٠,٨	١٠٥
مجموع السكان		٣,١٨٢

Sources: Population Reference Bureau, 1985 World Population Data Sheet (Washington, D.C.: 1985); U.S. Department of Agriculture, World Indices of Agricultural and Foold Production 1950-85 (Unpublished Printout) (Washington, D.C.: 1986).

إن أول خطوة تتخذها معظم الدول لزيادة الإنتاج هي تصحيح عدم كفاءة استعمال الأسمدة الكيماوية. وحتى في الصين، حيث الإنتاج عالياً، هناك مجالاً واسعاً لزيادة إجمالي الإنتاج عن طريق التوزيع الأكثر عدالة للسماد إلى الفلاحين الصينيين. لقد تحققت الزيادة الهائلة في إنتاج الغذاء في الصين من أقل من ٢٠٠ مليون طن في أواسط السبعينات إلى أكثر من ٣٠٠ مليون طن في عام ١٩٨٥، بفضل الزيادة الدرامية في استعمال السماد[٥].

وبحلول عام ١٩٨٣ كان الفلاحون الصينيون يستعملون ١١٥ كغم من السماد الاصطناعي للهكتار المزروع، وهذا مساوياً لاستعماله في الولايات المتحدة. ولكن، وطبقاً لما قاله بروس ستون من معهد أبحاث سياسات الغذاء الدولية: بأن معظم هذه الأسمدة قد استعملت في ثلث الأرض الصينية فقط؛ الأراضي الأكثر خصباً والمناطق القريبة من السوق. إن إضافة كيس آخر من السماد إلى هذه الحقول ينتج محصولاً إضافياً، أقل بكثير من إضافة الكيس نفسه إلى المناطق المهملة. إن استعمال السماد في الثلثين الآخرين من أراضي المحاصيل الصينية قد يعطي من ٣-١٥ مرة أكثر للطن من السماد الإضافي أكثر مما قد تنتجه أراضي الدولة، والأراضي القريبة من السوق في ظل نظام التوزيع الحالي[٦].

وهناك سبب آخر يوجب استعمال السماد بكفاءة أعلى، وهو التكاليف البيئية المرتبطة بالاستعمال الكثير. تشجع سياسات الدعم الحكومية في كل من أوروبا واليابان وأمريكا الشمالية المزارعين على توسيع إنتاجهم عن طريق استعمال المزيد من السماد، وليس عن طريق اتباع طرقٍ زراعية أفضل، أو النظر إلى ظروف السوق العالمية. وينتج عن هذا أن أكثر من ربع السماد النيتروجيني المستعمل في هذه الأقاليم يتسرب إلى المياه الجوفية. ولهذا فإن ازدياد تركيز النيترات في مياه الشرب، التي تشكل تهديداً صحياً للأطفال الرضّع، قد ظهرت في الدنمارك وفرنسا وهولندا والمملكة المتحدة وألمانيا الغربية. وما يثير السخرية هو أنه حسب مستويات استعمال السماد من قبل

المزارعين الأوروبيين يضيع ما بين ٣٠-٤٥ كغم من النيتروجين للهكتار، وهذه الكمية أكبر من الكمية التي تضاف إلى أراضي المحاصيل في العديد من بلدان العالم الثالث[٧].

استعمل المزارعون في إفريقيا وأمريكا اللاتينية والأوقيانوسيا أقل كمية من السماد الإضافي، ولذا كانت مساهمتهم قليلة جداً في زيادة توفر الغذاء. ففي أمريكا اللاتينية نجد أن تحدي إدارة الديون الخارجية الهائلة قد أجبر العديد من البلدان على الحد من استيراد الأسمدة، في محاولة منها للحفاظ على العملة الصعبة من أجل دفع الفوائد. وفي إفريقيا يستطيع عدد قليل جداً من المزارعين دفع ثمن الأسمدة المألوفة، ونظراً لقلة المياه يصبح استعمال الأسمدة غير مربح. ومع هذا يحتاج المزارعون في إفريقيا وأمريكا اللاتينية إلى زيادة إنتاج الغذاء الذي تخلّف عن النمو السكاني في كلا الإقليمين. إن استعمال المزيد من السماد بطرق أكثر كفاءة سيساعد في زيادة الإنتاج، ولكن يحتاج هؤلاء الفلاحون إلى بدائل أقل تكلفة أيضاً، بالإضافة إلى الطرق التقليدية في زيادة الإنتاجية.

إن تصحيح عدم الكفاءة في استعمال الموارد المشتراة، ليس الطريقة الوحيدة لزيادة الإنتاجية والمحافظة عليها. يتوفر عند المزارع الأمريكي مصدراً آخر من مصادر القوة التي أسماها الناشر روبرت روديل «الموارد المحلية» في الزراعة وهي: الخصوبة الموروثة في التربة، وأنماط الأمطار والمناخ، وديناميكيات الحشرات وأعدائها الطبيعيين. وهذه هي قاعدة الموارد الطبيعية. فالإنتاجية الكامنة في الموارد المحلية تزول بالاستعمال المكثف للأسمدة الاصطناعية والكيماويات الزراعية الأخرى[٨].

يجادل روديل بأن «الإدخال السريع للمدخلات الخارجية في الإنتاج الزراعي خلال القرن الماضي قد أضعف قوة وحيوية وفائدة موارد المزارعين المحلية»[٩] وتظهر الأبحاث المتعلقة بتثبيت النيتروجين من قبل البقوليات كيف يمكن أن يتم هذا. تقوم الكائنات الحية الصغيرة في جذور هذه المحاصيل

بتحويل النيتروجين من الهواء إلى شكل تستطيع النباتات استعماله، وتساعد المواد المتبقية في التربة على تغذية محصول لاحق من الحبوب.

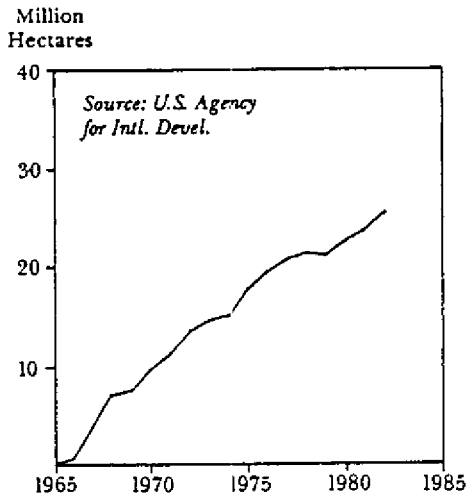
وجد العالم ديفيد بزيشيك ورفاقه في جامعة ولاية واشنطن بأن النيتروجين المتبقي من السماد الاصطناعي يمكن أن يقلل من كمية النيتروجين المثبت من قبل البقوليات كالبازيلا. إن إضافة كمية كبيرة من السماد في بداية موسم النمو تخمد النشاط الحيوي، بينما تعمل إضافة كمية صغيرة من السماد إلى تنشيط عملية تثبيت النيتروجين. هذا ويمكن توفير المزيد من النيتروجين عن طريق التوازن الصحيح للسماد الاصطناعي، وتثبيت النيتروجين الحيوي أكثر مما يمكن توفيره باستعمال الأسمدة الاصطناعية لوحدها[١٠].

تحاول الطريقة التجديدية تعزيز مثل هذه المساهمات الحيوية في الإنتاجية الزراعية، حيث تستفيد النباتات من الموارد الطبيعية للنيتروجين والفوسفور والبوتاس، ومن الطريقة التي يعاد تدوير الموارد المغذية التي تحفظ في الأنظمة الطبيعية. تشتمل الأساليب التجديدية على زراعة محاصيل مختلفة مع بعضها البعض والتغذي على خصوبة التربة، وتناوب الحبوب الغذائية مع البقوليات التي تثبت النيتروجين، وزراعة الأشجار والشجيرات التي تقوم جذورها بسحب المواد المغذية من طبقات التربة العميقة. ويستعمل السماد ومبيدات الحشرات بين الحين والآخر في مثل هذه العمليات الزراعية. ومع أن طرق التجديد هذه تتطلب المزيد من الحذر في إدارة المزرعة، إلا أنها أقل تكلفة من الطرق التقليدية[١١].

تستطيع الأبحاث الزراعية، التي تؤكد على الطرق الحيوية لزيادة الإنتاجية، مساعدة المزارعين الفقراء على التعامل مع المخاطر التي يفرضها تذبذب الأمطار وفقر التربة. فالتحديث الزراعي التقليدي، الذي يعتمد على الوقود الحفري، سيظل بعيداً عن متناول معظم مزارعي العالم الثالث. ويستطيع هؤلاء المزارعون خفض إمكانية تعرضهم لإخفاق المحصول والمجاعة إذا قُدمت لهم أساليب أفضل لإدارة الموارد المحلية في الزراعة.

لقد مر عقدين من الزمان منذ إدخال نوعيات ذات مردود عالٍ من القمح والأرز إلى الزراعة في المكسيك والشرق الأوسط وجنوب آسيا. ومن صفات هذه الأنواع أنها أكثر استجابة للأسمدة الاصطناعية والري من الأنواع التقليدية و «انتشرت بسرعة وعلى نطاق أوسع من أي إبداع تقني آخر في تاريخ الزراعة في الدول النامية». هذا ما قاله دانا دالريمبل من وكالة الإنماء الأمريكية[١٢].

وتم تبني النوعيات الحديثة من الأرز من قبل المزارعين ببنغلادش والهند والباكستان (انظر شكل ٨-١). وانتشرت بذور الأرز الجديدة بنفس السرعة في جنوب شرق آسيا، وازدادت المساحة المزروعة بالأنواع الجديدة من القمح والأرز من ٢٧٠ ألف هكتار في عام ١٩٧٠ إلى ٩,٦ مليون هكتار في عام ١٩٨٣ في أمريكا اللاتينية. وبحلول أواسط الثمانينات كان حوالي نصف المساحة المزروعة بالقمح وحوالي ٥٨٪ من مساحة الأرز في جميع الدول النامية قد زرعت بالنوعيات الجديدة. وفي أقاليم زراعة القمح والأرز كانت



شكل ٨ ـ ١ المساحة المزروعة بانواع
القمح ذات المردود العالي في جنوب آسيا ١٩٦٥-١٩٨٢

النسبة أعلى بكثير: ٨٢٪ من أراضي القمح في أمريكا اللاتينية و ٩٥٪ من أراضي الأرز في الصين، في عام ١٩٨٣[١٣].

ازدادت كمية القمح والأرز المنتج في الدول النامية بمقدار ٧٥٪ بين عامي ١٩٦٥ و ١٩٨٠، بينما لم تزد المساحة المزروعة بهذين النوعين إلا ٢٠٪. إن إمكانية زراعة محصولين في السنة بهذه البذور المحسّنة قد ساهم بهذه الزيادة، وفي عام ١٩٨٠ كانت الكمية الإضافية المنتجة من القمح والأرز بتقنية الثورة الخضراء تساوي حوالي ٥٦ بليون دولار، وكان ١٠ بليون دولار منها نتيجة التحسن في الأنواع الجديدة. وكان هذا التحسن في إمدادات الغذاء حاسم بالنسبة للعديد من البلدان ذات النمو السكاني السريع[١٤].

كانت الاستفادة من الثورة الخضراء أقل ما يمكن في إفريقيا، لأن عدداً قليلاً من الخمسين مليون عائلة ريفية تزرع القمح أو الأرز، وفي العقد الماضي فقط بدأ الباحثون يهتمون بزراعة الدخن والسرغوم والمنيهوت والبطاطا الحلوة واللوبية، وهي الأغذية الأساسية لمعظم الأفارقة الريفيين. هذا ولا يزرع إلا ٦٪ من قمح وأرز إفريقيا جنوب الصحراء من الأنواع الحديثة. وعملت أنواع محسنة من الذرة والأنواع المهجنة على زيادة المحاصيل في دول كينيا وجنوب إفريقيا وزمبابوي، ولكن تحسين النباتات لم يكن عاملاً حاسماً في تغيير أوضاع الغذاء في القارة[١٥].

تنتشر الأنواع المحسنة من القمح والأرز باستمرار. ومع أن بذور الثورة الخضراء المبكرة كانت قد زرعت من قبل المزارعين الذين تتوفر عندهم الأراضي المروية جيداً والقادرين على شراء الإضافات الضرورية من السماد والمبيدات الحشرية، إلا أنها تزرع اليوم من قبل مزارعين في ظل ظروف أقل ملائمة. ويزرع اليوم أكثر من نصف القمح المحسّن في بنغلادش في مناطق تعتمد على الأمطار، وحوالي ٨٥٪ من الأرز المحسن في الفلبين. إن أداء الأنواع المحسنة الجديدة أفضل بكثير من الأنواع التقليدية، وبدون المدخلات المكلفة[١٦].

لم يتوقع العلماء الذين قاموا بتطوير لنوعيات الجديدة من القمح والأرز أن يكون عملهم هذا حلاً نهائياً لمشكلة الغذاء في العالم. واعتقد العديد منهم أن التقنيات الجديدة وفّرت وسيلة لكسب الوقت إلى أن يتمكن العالم من إبطاء معدل النمو السكاني، لأنه لا يمكن للمحاصيل أن تزداد إلى ما لا نهاية، ولذا يجب أن تنخفض معدلات النمو السكاني. وبعد عشرين عاماً استطاعت دولاً كالصين التي أدخلت المحاصيل الجديدة، وأدخلت الإصلاحات الزراعية، وبرامج تنظيم الأسرة من أجل خفض معدل المواليد، أن تفعل الكثير لشعبها، وأن تحسن رفاه سكانها.

تعتبر شبكة الأبحاث الفريدة من نوعها التي بدأتها مؤسسة روكفلر في المكسيك عام ١٩٤٣ مساهمة فعالة من مساهمات الثورة الخضراء أكثر من التوسع في المحاصيل الذي أمكن تحقيقه للآن. ونتيجة للدعم الذي وفرته مؤسستا روكفلر وفورد استطاع علماء النبات أن يطوروا أنواعاً جديدة تناسب الظروف في الهند والمكسيك والباكستان وتركيا. وأدى النجاح في هذه الدول إلى إنشاء معهد أبحاث الأرز الدولي في الفلبين (IRRI) في عام ١٩٦٢ والمركز الدولي لتحسين الذرة والقمح قرب مدينة المكسيك في عام ١٩٦٥، وفي النهاية تم إنشاء ثلاثة عشرة مركزاً دولياً للأبحاث الزراعية، تدعمها الهيئة الاستشارية الدولية للأبحاث الزراعية (CGIAR) ومقرها واشنطن. ويغطي جدول أعمال هذه المراكز ٢١ محصولاً غذائياً، والمحافظة على الموارد الجينية المستعملة في إكثار النبات والحيوان وأمراض الماشية ومسائل السياسات المتعلقة بالأبحاث الزراعية[١٧].

ومن أولويات مراكز الأبحاث الدفاع عن المكاسب التي تحققت، فالمزارعون الذين يستعملون النوعيات ذات المردود العالي من القمح والأرز بحاجة إلى نتائج الأبحاث المستمرة للإبقاء على إنتاجهم. وتحرص «الصيانة البحثية» هذه على تطوير نوعيات جديدة لزيادة مقدرة النبات الطبيعية على مقاومة الحشرات والأمراض. إن المحافظة على استمرارية الإنتاج على مستويات عالية يمكن أن يكون أمراً معقداً أكثر من رفع الإنتاجية نفسها، فتوفير

نوعيات جديدة تحل محل النوعيات القديمة التي تهلكها الحشرات والأمراض يتطلب برنامج تطوير واسع، ونظام شامل لحفظ الجينات[١٨].

تتجه برامج البحث الوطنية والدولية نحو تحدٍّ جديد، وهو تطوير محاصيل وتقنيات للمزارعين الذين لا يروون حقولهم، وينقصهم المال لشراء السماد والمبيدات الحشرية. يوضح برنامج تطوير الأرز النقلة في أولويات البحث التي تساعد هذه المجموعة. ففي الستينات أدت الجهود لرفع إنتاجية الأرز المروي إلى إيجاد IR-8 وهو أول نوع ذي مردود عالي يُزرع على نطاق واسع. وعندما بدأ هذا المحصول يعاني من مشاكل الحشرات، حاول الباحثون خلق صفات أكثر مقاومة. وأدت هذه الجهود إلى خلق IR-36 ذات الإنتاج العالي، ومقاومة الحشرات، ونضجه المبكر، مما سمح بإنتاج محصولين في السنة[١٩].

وأنتج معهد أبحاث الأرز الدولي نوعاً ناجحاً من أنواع الأرز IR-64، وتم اختياره لمقاومته للحشرات والأمراض، ولطعمه اللذيذ. وفي الثمانينات وسّع الباحثون أهدافهم، وطوروا أنواعاً من الأرز تلائم ظروف النمو الصعبة، وستكون مربحة للمزارعين في الأراضي الهامشية، والمزارعين الفقراء. وتطورت أهداف المعهد من التأكيد على إنتاجية بمدخلات معينة من الماء والسماد، إلى إنتاج يُعتمد عليه في ظل ظروف زراعية متفاوتة.

بالإضافة إلى أنواع مناسبة من المحاصيل، يحتاج الفلاحون الفقراء إلى مصادر بديلة من الموارد المغذية للنبات. ولهذا بدأ المعهد بالبحث عن مجالات لإحلال المواد المغذية المنتجة محلياً بدلاً من الأسمدة الاصطناعية المشتراة. ومن المجالات الواعدة للمزارع الآسيوي تشتمل على الطحالب المرتبطة بخنشار يسمى Azolla Microphylla تعيش وتترعرع في حقول الأرز المغمورة بالمياه، وأنواع من البكتريا تزيد من خصوبة التربة. يستعمل الفلاحون الصينيون بعضاً من هذه الطرق بنجاح، ووجد باحثون في الفلبين أن المزارعين الذين زرعوا A. Microphylla في حقولهم كانوا قادرين على خفض استهلاكهم من السماد إلى النصف بدون تخفيض الإنتاج[٢٠].

بدأت مجموعة أخرى من المحاصيل تلاقي الاهتمام البحثي المناسب. ينمو القمح والأرز في ظل ظروف متجانسة نسبياً. ولهذا اعتمد المطورون لهذه المحاصيل على أنواع عديدة ومطورة من القمح والأرز المحسنين التي كانت متوفرة في اليابان وأمريكا الشمالية قبل الحرب العالمية الثانية. وفي المقابل، فإن تحسين المحاصيل الأساسية في إفريقيا والبطاطا والبقوليات التي تنمو في العالم الثالث هو تحدٍّ أكبر. وتنمو مثل هذه المحاصيل في ظل ظروف متفاوتة، وإن العمل على تطوير المنيهوت واللوبيا في غرب إفريقيا والبطاطا في جبال الأنديز لا يتعدى عمره عقداً واحداً.

تعتمد جهود رفع إنتاجية جميع المحاصيل الرئيسة على جمع أنواع تقليدية عديدة، ونباتات برية لإكثارها واستيلادها. ويحتاج المحدثون هذه العينات الوراثية لاختيار الصفات التي تقاوم الحشرات والأمراض، ولتطوير نباتات جديدة تنمو في ظل ظروف أيكولوجية متنوعة. يتم اليوم التنسيق في جمع وتخزين الجينات النباتية من قبل المجلس الدولي لموارد الجينات النباتية، وهي أيضاً مسؤولية رئيسية من مسؤوليات المراكز الدولية. وأنشأ المجلس الدولي برامج مماثلة في خمسين بلداً، وتشكلت لجان وطنية مهتمة بالمحافظة على الجينات في أكثر من ٢٤ بلداً[٢٢].

أما بالنسبة لمعظم المحاصيل الغذائية الرئيسة فإنه يتم جمع جينات من نوعيات المحاصيل التقليدية والحديثة. (انظر جدول ٨-٣). وباستثناء القمح، لم يقم العلماء بالتحقق الكامل، أو لم يجمعوا الفروع البرية لهذه المحاصيل. وتُفقد مجموعة جينات الفروع البرية للعائلة النباتية حيثما تحل النوعيات الجديدة محلها، وحيثما يحل نمط زراعة المحصول الواحد مكان الطرق الزراعية التقليدية. من المحتمل أن تكون النوعيات البرية مفتاح التحسينات في إنتاجية المحاصيل كالسورغوم واللوبيا التي هي من الأغذية الهامة لمستقبل الغذاء في إفريقيا.

جدول ٨-٣. عينات الجينات المقدرة التي جمعت للمحاصيل الغذائية الرئيسة وتغطية النوعيات التقليدية والأنواع البرية

المحصول	التكاثر المتميز في بنوك الجينات الرئيسة	حصة التنوع الذي جمع: النوعيات التقليدية	حصة التنوع الذي جمع: الأنواع البرية
	(بالألف)	(بالمئة)	(بالمئة)
القمح	١٢٥	٩٥	٦٠
الأرز	٧٠	٧٠	١٠
الذرة الصفراء	٦٠	٩٠	غير متوفر
الشعير	٥٠	٤٠	١٠
السورغوم	٢٠	٨٠	١٠
البطاطا	٣٠	٩٥	غير متوفر
اللوبيا	١٢	٧٥	١

Source: Adapted from Consultative Group on International Agricultural Research, (International Agricultural Research Centers: Achievements and Potential (Unpublished draft), Washington, D.C., August 1985.

يوفّر عدد قليل من المحاصيل معظم غذاء العالم، واختار أجدادنا هذه المحاصيل قبل آلاف السنين. ففي حين تطورت تقنيات الزراعة بشكل مستمر، لم يتم تطوير أي إبداعات زراعية ذات قيمة منذ بدايات الزراعة. وتتعامل معظم الأبحاث الدولية مع ستة عشر محصولاً تزرع في أماكن متفرقة من العالم، مع أنه استعمل ما لا يقل عن ٣٠٠٠ نبات للغذاء في وقت أو آخر في التاريخ. إن محصول التف (teff) (نوع من الأعشاب التي تزرع كغذاء رئيسي في الحبشة)، أو الأمارانث (محصول من الحبوب والخضروات موطنه الأصلي أمريكا

الشمالية، هو غذاء جيد ومقاوم للجفاف)، قد تبرهنان على أنها أكثر ملائمة من المحاصيل التقليدية في الظروف البيئية والاقتصادية التي تواجه العديد من مزارعي العالم الثالث[٢٣].

إن شبكة مراكز الأبحاث الدولية لن تكون ينبوع عمل للمحاصيل الواعدة وغير المجربة. وحسب امتيازها وبرنامج عملها تصدر التعليمات لهذه المراكز للعمل على أكثر أنواع المحاصيل انتشاراً. وتركز الجهود البحثية على المحاصيل الواعدة، والأقاليم التي تعطي مردوداً عالياً للاستثمار. ولكن اقتصار البحث على الأنواع المألوفة قد يحرم العالم من بعض الفرص الزراعية الهامة.

يعتقد عالم النبات والحيوان غاري بول نبهان الذي درس الأغذية التقليدية والنباتات الطبية المتواجدة في صحراء سونوران في جنوب غرب الولايات المتحدة، أن الأبحاث على المحاصيل غير المألوفة قد تكون ذا قيمة عالية في إعطاءنا بعض الأفكار في إدارة المحاصيل غير المألوفة. ويكتب «إن تقييم نباتات الصحراء المحلية كمصدر اقتصادي محتمل، ومقارنتها بالمحاصيل التقليدية يمكن أن تعلّمنا الكثير عن عمليات التبادل الانتاجية للمدى القصير، والمثابرة بعيدة المدى في بيئات لا يمكن التنبؤ بها»[٢٤].

تلعب مراكز الأبحاث المستقلة دوراً هاماً في متابعة الفرص الزراعية التي تقع خارج المسار الرئيسي للأبحاث الدولية. يقوم مركز أبحاث رودالي، الذي تموله جهات خاصة، بتنسيق الأبحاث العالمية على نبات الأمارانت، ويحافظ على مجموعة جينات تتألف من ١٣٠٠ عينة من الامارانت من آسيا وأمريكا اللاتينية. ويقوم علماء مركز رودالي ومعهد الأرض في كنساس بالبحث عن استنبات متعدد من الحبوب الدائمة كبديل محتمل للاستنبات الواحد من القمح والذي يتوفر اليوم وخصوصاً في الأراضي الهامشية. ستوفر الزراعة المعتمدة على الديمومة، مع أنها بعيدة التحقيق اليوم، العديد من الميزات المتصلة بالأساليب الحالية بما فيها تقليص انجراف التربة، وتبسيط الحد من الأعشاب الضارة، وتحسين إدارة الماء، وزيادة خصوبة التربة. إن فهم أساليب الزراعة

المعتمدة على الديمومة قد يلقي بعض الضوء على كيفية تقليل الأثر البيئي للممارسات الزراعية الأكثر تقليدية[٢٥].

يعتبر توفير أنواع من المحاصيل وتكنولوجيات جديدة للمزارعين في البلاد النامية أمر ضروري في السنوات القادمة. وقد يوفر التقنيين الذين يعملون في المجالات الحيوية البذور الجديدة للمزارعين الذين لم يستفيدوا من الثورة الخضراء. ولكن ومن أجل تجنب الثمن الاجتماعي والبيئي المصاحب للجيل الأخضر من التكنولوجيات الزراعية، لا بد من أن تكون اختراعات الغد متمشية مع التقاليد الزراعية الإقليمية، وأكثر ملائمة مع الظروف الأيكولوجية التي سندخلها إليها.

إعادة اكتشاف الزراعة التقليدية

واجهت الأبحاث الزراعية عوقاً لا مبرر له لعقدين من الزمان بسبب المواقف السلبية نحو الزراعة التقليدية. وافترض بعض العلماء أنه بسبب إنتاجية الفلاح المنخفضة من الحبوب فإنه ليس لهذه الممارسات أي صلة مع زراعة القرن العشرين. وحتى مؤخراً، اعترف عدد قليل من الباحثين بقوة علم الزراعة وأيكولوجية الطرق التقليدية التي ساعدت المزارعين في المحافظة على خصوبة الأرض لقرون عديدة. ونتيجة لحماسهم في زيادة الإنتاجية، تغاضى عدد كبير من علماء الزراعة عن الحاجة إلى القدرة على البقاء لمدة طويلة.

عملت المشاكل الغذائية في الهند وآسيا في أواخر الستينات على خلق أو (إحساس) بالحاجة إلى بذل الجهود للترويج للثورة الخضراء. وهكذا أزيلت قوة الممارسات التقليدية وأسباب استمرارها. وحذر تقرير للجنة العلوم الاستشارية للرئيس الأمريكي ليندون جونسون في عام ١٩٦٦ بأنه «يجب إعادة حياكة خيوط المجتمعات التقليدية إذا أردنا تغيير الوضع بصورة دائمة»[٢٦].

بدأ علماء الزراعة مؤخراً يعترفون بأن العديد من أنظمة الزراعة التي دامت آلاف السنين تدل على حسن إدارة التربة والماء والموارد المغذية، وهذه هي

الطرق التي يجب توفرها من أجل الإبقاء على الإنتاجية العالية. تنبع إعادة التقييم المستحقة هذه من الحاجة لاستعمال المدخلات بكفاءة أعلى ومن الاهتمام المتزايد في التقنيات الحيوية. إن التحدي المعقد لمشاكل الغذاء في إفريقيا في بداية الثمانينات قد أجبر العلماء على إلقاء نظرة فاحصة على الطرق المستعملة من قبل الفلاحين، ويحاول العديد من الباحثين اليوم «تحسين الأنظمة الزراعية الموجودة بدلاً من محاولة تحويلها بشكل جذري»، هذا ما قاله وليم ليبهارت مدير الأبحاث في مركز رودالي للأبحاث[٢٧].

تواجه أنظمة الزراعة التقليدية حدوداً زراعية حقيقية وهي لا تستطيع منافسة الطرق الحديثة ذات المدخلات العالية، ولا بد من إدراك هذه المحدودية لأنها تقرر كيف يمكن تعديل الممارسات التقليدية ومدى مساهمة مثل هذه الممارسات في جهود رفع الإنتاجية الزراعية.

أولا: معظم أنواع المحاصيل التقليدية لها حدود جينية محدودة بالنسبة لزيادة الإنتاج، وهي عادة ما تكون ذات أوراق كبيرة وطويلة. وتساعد هذه الصفات المزارع على سد احتياجاته غير الغذائية مثل القش والوقود وغذاء للحيوانات في المزرعة. إن النوعيات التقليدية لا تستجيب بشكل جيد لعنصري الإدارة الزراعية اللذين يجعلان المردود العالي ممكنا وهما الزراعة الكثيفة والسماد الاصطناعي[٢٨].

ثانياً: في غالب الأحيان يضطر الفلاحون زراعة التربة الفقيرة، التي تحتاج إلى الدورة الزراعية الصحيحة والمزروعات المناسبة للتغلب على فقر التربة. تفتقر معظم تربة المناطق الاستوائية، مثلاً، للنيتروجين للحصول على محصول جيد. وتفتقر التربة في المساحات الواسعة من المناطق شبه الجافة في إفريقيا إلى الفوسفور. إن النوعيات ذات المردود العالي هي أكثر قدرة على تحويل الموارد المغذية المتوفرة إلى حبوب تؤكل، ولذلك تستنزف قوى التربة بسرعة إذا زرعت كمحصول وحيد من قبل الفلاحين الذين لا يستطيعون شراء الأسمدة اللازمة[٢٩].

إن الزراعة التقليدية، التي تُمارس في ظل ظروف محدودة من النواحي الحيوية والطبيعية، غالباً ما تتدهور تحت الضغط السكاني المتنامي. وكلما ازداد عدد السكان الريفيين، يحاول المزارعون زيادة الإنتاج من الحقول المستغلة مما يزيد من تدهور خصوبة التربة. وقد يقوم هؤلاء الفلاحون باستغلال أراضي جديدة وهامشية ومنحدرة وقابلة للانجراف وغير مناسبة للزراعة.

وبالرغم من كل هذا تستطيع الأساليب التقليدية أن تقدم مساهمة هامة في الجهود المبذولة لرفع الإنتاجية الزراعية، لأنها توفر، كما يقول جيرالد مارتن من مركز الشرق ـ الغرب في هوائي، «مبادىء الديمومة». فهي تستعمل القليل من المدخلات المستوردة، وتجمع وتقوم بتدوير المواد المغذية الطبيعية بكفاءة، وتحمي التربة، وتعتمد على التنوع الجيني. ويلاحظ مارتن بأن «الزراعة الغربية الحديثة والزراعة التقليدية الأصلية في أشكالها الحالية لا توفر ما يحتاجه معظم المزارعون الصغار». «فالتحدي الذي يواجه الأبحاث الزراعية هو تحسين الزراعة بحيث تحافظ على الأمور الجيدة في الزراعة التقليدية في الوقت الذي توفر فيه احتياجات التغير»[٣٠].

توفر الطرق الزراعية التقليدية في إقليم الساحل في غرب إفريقيا تحسينات في كفاءة استعمال المياه وخصوبة التربة يستطيع المزارعون للاكتفاء الذاتي دفع تكاليفها. يقوم مزارعو الساحل بزراعة محاصيل الشعير والسورغوم في حقول تزرع فيها وبينها أشجار أكاسيا البيدا. هذا وتعمل أشجار الأكاسيا على تثبيت النيتروجين وتحسين التربة، ولهذا فإن إنتاج الحبوب في منطقة الساحل غالباً ما يكون عالياً تحت أشجار الأكاسيا[٣١].

تنتج الحقول التي تحتوي على شجر الأكاسيا حبوب أكثر وتوفر الغذاء لأعداد أكبر من الماشية، وتتطلب فترة راحة أقصر بين الموسم والآخر من الحقول المزروعة بالحبوب فقط. فأشجار الأكاسيا تزيد من الإنتاجية عن طريق إرجاع المادة العضوية إلى الطبقة العليا من التربة، وتسحب المواد المغذية من

أعماق التربة إلى السطح، وتغيّر بنية التربة بشكل تستطيع مياه الأمطار التسرب إلى أسفل من خلال الطبقات العليا من التربة. وتعمل جميع هذه الفوائد على جعل الزراعة في الحقول الهامشية أكثر إنتاجية ومربحة بدون أن تفرض على المزارع شراء السماد سنة بعد أخرى[٣٢].

وبنفس الأهمية، تعمل هذه التحسينات في بنية التربة، وفي محتوى التربة من المواد العضوية، وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، وتثبيت النيتروجين الحيوي على إعطاء أعلى إنتاجية من استعمال الأسمدة التقليدية. إن دعم برامج الزراعة المعتمدة على زراعة شجر الأكاسيا قد تعمل على دعم استعمال السماد في البلدان شبه الجافة حيث تلعب الزراعة الشجرية دوراً مشابهاً لدور الري. هذا وقد تجد الحكومات التي لديها برامج معتدلة لتعزيز استعمال السماد أنها تستطيع زيادة الفوائد من استعمال السماد عن طريق تشجيع الزراعة الشجرية[٣٣].

تعمل الدورات الزراعية المعتمدة على البقوليات والزراعة التقليدية لأكثر من محصول في آن واحد على زيادة المادة العضوية، والمواد المغذية أكثر مما تفعله زراعة المحصول الواحد. ففي حين تساهم الزبالة وخليط الروث وأوراق الأشجار الميتة (الكومبوست) في جزء من الخصوبة، إلا أنها تستطيع، كما تستطيع الزراعة الشجرية، أن تزيد مساهمة الكميات القليلة المستعملة من السماد الاصطناعي.

توضح الأبحاث في بوركينا فاسو التأثير المكمل (انظر جدول ٨-٤). حيث أوضحت هذه الدراسة مدى مساهمة القش والدبالة والكومبوست على إنتاج السورغوم مع أو بدون إضافة كميات قليلة من النيتروجين الاصطناعي. وأظهرت النتائج أن أكثر طريقة عضوية منتجة، وإضافة (الكومبوست) زادت إنتاج السورغوم من ١,٨ طن للهكتار إلى ٢,٥ طن. عملت طريقة إضافة السماد الاصطناعي على إنتاج كميات أكبر بقليل من غيرها من الأساليب العضوية، ولكن تم التوصل إلى أحسن النتائج بخلط الكومبوست مع السماد

الاصطناعي، حيث رفع إنتاج السورغوم إلى ٣,٧ طن للهكتار. هذا وزادت الأساليب العضوية الثلاث كفاءة استعمال النيتروجين بنسبة ٢٠٪ إلى ٣٠٪. وإذا أخذنا النوعيات التي تستجيب للأسمدة العضوية، وأضفنا كميات قليلة من السماد الاصطناعي، فإنه يمكن للطرق التقليدية التي تدور المواد العضوية بشكل فعال أن تزيد الإنتاج بنفس الطريقة[٣٤].

ان زراعة محصولين أو أكثر في حقل واحد، والزراعة الشجرية، والزراعة المتنقلة، والطرق التقليدية الأخرى في الزراعة، جميعها تقلل أو تسخر من

جدول ٨-٤. التأثير المتمم للأسمدة الاصطناعية والعضوية على إنتاج السورغوم في بوركينا فاسو، ١٩٨١

المعالجة	إنتاج السورغوم	
	بدون السماد الاصطناعي	مع السماد الاصناعي[١]
	(طن متري للهكتار)	
بدون معالجة عضوية	١,٨	٢,٨
قش السورغوم[٢]	١,٦	٣,٤
السماد العضوي (مانور)[٢]	٢,٤	٣,٦
الكومبوست[٢]	٢,٥	٣,٧

(١) ٦٠ كغم من النيتروجين للهكتار.

(٢) إضافة جميع المواد العضوية بمعدل ١٠ طن للهكتار.

Source: M. Sedogo, (Contribution a La Volorisation Des Residus Culturaux en Sol Ferrugineux et Sous Climat Semi-aride) (Doctoral thesis)

Nancy, France, ENSAIA, 1981, quoted in Herbert W. Ohm and Joseph G. Nagy, eds., Appropriate Technologies for Farmers in Semi-Arid West Africa, (West Lafayette, Ind.: Purdue University International Programs in Agriculture, 1985).

العوامل الأيكولوجية الطبيعية، وإن القدرة البقائية للعديد من الأساليب التقليدية تكمن في النموذج الأيكولوجي المتبع. إن هذا الاستعمال للتشابه الطبيعي يعطي المبادىء لتصميم الأنظمة الزراعية للاستفادة العظمى من أشعة الشمس والمواد المغذية في التربة ومياه الأمطار.

توضح أساليب الزراعة المتنقلة، المستعملة في بعض أجزاء إفريقيا، كيف يستطيع المزارعون الاستفادة من إعادة التجديد الطبيعية للأرض. يقوم المزارعون بتنظيف الحقول عن طريق حرق الأشجار والشجيرات، حيث يعمل الرماد على تسميد التربة. وبعد موسمين تقل خصوبة التربة ويبدأ الإنتاج بالانخفاض، ولهذا يهجر المزارعون الحقول ويبدأون بتنظيف حقول غيرها. وبعدها تبدأ عملية التجديد الطبيعية وتبدأ بذور الأشجار والشجيرات بالنمو وتعيد المواد المغذية إلى الطبقات العليا من التربة وتعود خصوبة التربة الموروثة. وبعد ١٥-٢٠ عاماً يمكن أن تحرق الأرض وتزرع ثانية[٣٥].

إن لهذا النوع من الزراعة بعض النواقص الواضحة، لأنه يتطلب مساحات شاسعة من الأراضي، وعندما يدفع النمو السكاني المزارعين إلى العودة بسرعة إلى الحقول المهجورة يبدأ تدهور الأرض عند استعمالها. إن انخفاض إنتاجية الأرض في بلدان ذات كثافات سكانية عالية مثل رواندا تشهد على هذا الخطر. وحتى الأنظمة المنهارة تستطيع أن تعطينا الأسس لتصميم أساليب زراعية قابلة للبقاء ومنتجة.

قام الباحثون في المعهد الدولي للزراعة الاستوائية في نيجيريا، مثلاً، بتكييف مبادىء التجديد الطبيعية في نظام الزراعة المتنقلة إلى نظام الزراعة الشجرية المستمر المسمّى «زراعة المحراث». تزرع المحاصيل الحقلية بين صفوف الأشجار المثبتة للنيتروجين حيث تعمل أوراق الشجر على زيادة المواد العضوية في التربة، بينما يعمل النيتروجين المثبت في الجذور على زيادة خصوبة التربة. وبهذه الطريقة يمكن الحصول على محصول عالٍ بدون فترة راحة للأرض. وهكذا وفر نظام الزراعة المتنقلة النموذج لهذا النظام[٣٦].

تعطي الأساليب التقليدية مثالاً على الكفاءة والأسلوب التجديدي للتنمية الزراعية. هذا وكان قصر البصر قد أبقى جماعات البحث غير قادرة على التعرف على فرص الإبداع الزراعي المتوفرة في الأساليب التقليدية. وفي غرب إفريقيا، مثلاً، نجد أن ٧٠-٨٠٪ من الأرض المزروعة تزرع بمجموعة من المحاصيل التقليدية في أنظمة زراعة محصولين أو أكثر في حقل واحد. تزرع اللوبيا، وهي من أكثر أنواع الخضر الأساسية انتشاراً في إفريقيا، دائماً كإحدى المحصولين المزروعين في آن واحد في نفس الحقل. ولكن حوالي ٢٠٪ فقط من الجهود البحثية في إفريقيا جنوب الصحراء تركز على نظام زراعة محصولين أو أكثر في حقل واحد[٣٧].

وكما تبين الأمثلة الإفريقية هذه، يستطيع الباحثون استعمال المبادىء التقليدية لتطوير أساليب جديدة تستطيع المحافظة على استقرار الأرض وإنتاجيتها حتى في ظل التزايد السكاني. وبالرغم من محدودية الطرق التقليدية إلا أنها ليست طرقاً قديمة يجب أن تهمل. تشكل الزراعة التقليدية أساس يستطيع العلم أن يبني عليه.

نحو تقنية حيوية مناسبة

اعتمدت معظم الابتكارات الزراعية في الماضي على التحسين التدريجي للتقنيات المعروفة وخصوصاً منذ الثورة الصناعية، وفي بعض الحالات منذ بدايات الزراعة. ولكن اكتشاف عام **١٩٥٣** لبنية DNA وتطوير أساليب recombinant DNA (gene-splicing) في عام **١٩٧٣** تعد بأن تغير وإلى غير رجعة الصورة الطبيعية المألوفة للتنمية الزراعية. إن التقنيات الحية المعتمدة على هذه الخبايا تفسح المجال للعلماء للتعرف على الجينات التي تسيطر على صفات طبيعية معينة، وجمع جينات النباتات والحيوانات غير القريبة وهذين العائقين لم يستطع مطوري النباتات التقليديين التغلب عليهما. ويعتقد العديد من المحللين بأن استخدام التقنيات الحيوية الزراعية ستكون نقطة بداية في الجهود المبذولة لرفع الإنتاجية.

من عام ١٩٢٠ وحتى عام ١٩٥٠ سيطرت التقنيات الميكانيكية على الزراعة في الدول الصناعية، وعملت على زيادة كمية الطعام المنتجة للفرد وبالساعة. وبعد الحرب العالمية الثانية مباشرة حلّ العصر الكيماوي محل العصر الميكانيكي عندما بدأ المزارعون في جميع أنحاء العالم بتبني الأسمدة الاصطناعية ومبيدات الحشرات المصنعة. وانتقل تركيز التقنيات الحيوية نحو نباتات المحاصيل نفسها. وهكذا بدأ عصر جديد من الزراعة الذي سيعيد صياغة الأبحاث ومساعدات التنمية واختيارات المزارعين. ومن الممكن أن تقدم التقنيات الحيوية طرقاً أرخص وأسرع لتحسين الأغذية الأساسية في العالم الثالث ـ الذرة البيضاء والكسافا والبطاطا الحلوة من الابتكارات المكلفة للعصور الكيماوية والميكانيكية(٣٨).

تشتمل التقنية الجديدة على العديد من الأدوات ووسائل تطبيقها بحيث تمكن الباحثين من التلاعب بجينات النباتات والميكروبات والحيوانات. وتوفر هذه الأساليب طرقاً لتعديل الصفات المتوارثة من جيل إلى آخر. لقد عملت المطاعيم والمضادات الحيوية وتقنيات التكاثر التي أوجدتها التقنيات الحيوية والهندسة الجينية على تطوير تربية الحيوانات بصورة جذرية. هذا ولم يتم تبني التقنيات الحيوية في المحاصيل المزروعة بعد لأن العلماء لا يعرفون الكثير عن فيزيولوجية النباتات وجيناتها بقدر ما يعرفون عن الحيوانات المحلية.

إن العقبات الفنية ليست العوائق الوحيدة على استعمال الزراعة للتقنيات الحيوية. فقد أحرزت الدول الصناعية بعض التقدم نتيجة لتشدد الجمهور في هذه الأمور. هذا ويعتبر نوعاً من المخاطرة أن تقوم بإطلاق ميكروبات النبات أو غيرها إلى البيئة لأننا لا نعرف الكثير عنها. فقد أدى تطوير الأنظمة وأسس التقنيات الجديدة إلى خلق جدل عام حول هندسة الجينات.

في الولايات المتحدة، تركز الاهتمام على اقتراحات إطلاق البكتيريا المعدلة لوقف تكون الصقيع على نبات الفراولة والبطاطا. وبسبب قدرة البكتيريا على التكاثر في البيئة الطبيعية لذا ستنتشر في مناطق غير الحقول التي أطلقت

فيها. ولهذا سيكون من الصعب معرفة الآثار البيئية لمثل هذه العملية وسيكون الأمر أصعب من أي تقنية أخرى. إن تطوير الأيكولوجية المتوقعة التي ينادي الناقدون بضرورة إيجادها من أجل مراجعة شاملة للبيئة ومن أجل وضع الأنظمة التي تحمي من المجهول ستعمل على إبطاء تسويق منتجات التقنيات الحيوية التجارية إلى المزارعين في الدول الصناعية[٣٩].

تعتبر هندسة جينات النباتات أصعب بكثير من تعديل الميكروبات ولكنها أقل إثارة للجدل على أسس بيئية. فالمحاصيل ذات الصفات المعدلة تقع تحت سيطرة المزارع المباشرة، وإن تكاثرها وانتشارها في البيئة أبطأ ويمكن التنبؤ بها. إن النباتات التي تتحمل الجفاف، وتتحمل المياه المالحة وتقاوم الحشرات هي الصفات التي تهم المطورين لها، ولذا ستكون مركز اهتمام التقنيات الجديدة.

وهكذا فإن استعمالات التقنيات الحيوية لزيادة محاصيل العالم الثالث ستكمل، بدلاً من أن تحل محل، طرق التكاثر التقليدية. إن تطوير نوعيات جديدة من المحاصيل يعتبر عمل مضني ومعقد، وإن مثل هذا التطوير قد يستغرق عقداً أو أكثر من الزمان. فالتطوير التقليدي لنوع جديد من القمح يحتوي على آلاف من التهجينات المختلفة المختارة.

وبالمقارنة فإن استنبات الأنسجة، ونقل الجينات وأساليب جينية أخرى تسمع بأن يتم معظم هذا العمل في المختبر لأن الباحثين يستطيعون التلاعب بالخلية الواحدة أكثر من التلاعب في النبات بأكمله. وهذا يوفر الوقت والمكان. تسمح أساليب ربط الجينات للباحثين بنقل الصفات المطلوبة إلى المحصول. ويمكن أن يساعد العمل الدقيق كهذا في تقليل الحاجة إلى التعرف على وقتل النباتات الكاملة النمو التي تحمل الجينات غير المرغوب فيها.

إن قدرة التقنيات الحية على تعديل صفات أي نبات، وخلق نباتات حسب مواصفات معينة تظهر وكأنها قادرة على تقديم الأدوات المناسبة لتطوير استراتيجيات زراعية تؤكد على كفاءة الموارد وموارد المزارعين الداخلية.

وحسب تقدير مكتب التقييم التقني في الولايات المتحدة فإنه «من المتوقع أن تعمل التقنيات التي تظهر على تخفيض المتطلبات من الماء والأرض لمواجهة الاحتياجات الزراعية المستقبلية»[٤٠]. فمثلاً، من المتوقع أن تصبح عملية تعديل فيزيولوجية النبات ممكنة من أجل تحسين كفاءتها في عملية التمثيل الكلوروفيلي، مما يساعد الحبوب على إنتاج المزيد من المواد النشوية، وبالتالي تعطي مردوداً أعلى. إن التكيّف لذي يسمح لبعض النباتات أن تفقد كمية قليلة من الماء من خلال أوراقها في عملية النتح، يمكن أن يقلّل من احتياجات الري.

ليس في طبيعة التقنيات الحيوية ما يجعلها مناسبة لاستراتيجية من الكفاءة والتجديد. إن الكثير من الإبداعات التقنية هي مجرد عملية مبادلة بدلاً من فوائد واضحة. ومن الأمثلة على هذه المبادلة يتركز على مقاومة المبيدات وهي صفة جينية غير معقدة نسبياً تشكل هدفاً جذاباً للأبحاث. هذا وقد بذل الباحثون الكثير من الجهد في تطوير نباتات محاصيلبة تقاوم المبيدات مما يساعد المزارع على استعمال المزيد من هذه الكيماويات. وتقوم الشركات الكيماوية التي تسوّق المبيدات بدعم هذه الأبحاث[٤١].

تلعب المبيدات دوراً رئيساً في زراعة البلدان الصناعية. لقد عملت أسعار الوقود المرتفعة والحاجة إلى المحافظة على التربة على حث المزارعين في الولايات المتحدة على تبني أساليب تخفيض المساحة المحروثة إلى ٤٢ مليون هكتار. إن هذه الطرق التي تركز على الحراثة الأقل، وعلى ترك الطبقة العليا من التربة مغطاة ببقايا المحاصيل، تعتمد على مبيدات الأعشاب الضارة Herbicides بدلاً من الاعتماد على الزراعة للقضاء على الأعشاب الضارة. وينصح العلماء بالحراثة التي تحافظ على التربة في العالم الثالث، ويقوم العلماء في المعهد الدولي للزراعة الاستوائية بالبحث عن طرق تعتمد على اليد العاملة المكثفة لاستعمالها من قبل المزارعين الصغار للمحافظة على التربة الاستوائية الهشة. وفي الدول الصناعية والنامية يمكن أن تزول الفوائد الناتجة

عن الحراثة التي تحافظ على التربة نتيجة أخطار الاعتماد المتزايد على المبيدات الكيماوية إذا تمت زراعة بذور تقاوم المبيدات[٤٢].

إن أهم تأثير على اتجاه التقنية الحيوية الزراعية هو الانتقال السريع في أعمال البحث من القطاع العام إلى القطاع الخاص. ومثل هذا الاتجاه بات واضحاً في الولايات المتحدة. ولفترة تزيد على القرن كانت محطات التجارب الزراعية العامة وجامعات الولايات التي تدعمها وزارة الزراعة الأمريكية تقوم بمعظم الأبحاث الزراعية. وكانت شركات البذار الخاصة تقوم بزراعة نوعيات النباتات التي طورتها مراكز الأبحاث التي تدعمها الحكومة. وفي العقود الثلاثة الماضية سيطرت جهود القطاع الخاص على مجهودات الأبحاث. وتقوم الشركات الخاصة اليوم بثلثي الأبحاث الزراعية في الولايات المتحدة[٤٣].

وفي مجال التقنيات الحيوية تميل الكفة نحو القطاع الخاص. تقوم خدمات الأبحاث الزراعية التابعة لوزارة الزراعة وخدمات أبحاث الدولة التعاونية بدعم معظم الأبحاث العامة في مجال التقنيات الحيوية الزراعية حيث أنفق هذين البرنامجين أقل من ٩٠ مليون دولار في مجال الأبحاث التقنية الحيوية في عام ١٩٨٤-١٩٨٥. تحتوي مونساتو على أكبر مصنع للتقنيات الحيوية التابع لبرنامج الأبحاث، ولكنه ليس الوحيد، بين جميع الشركات الأمريكية الخاصة التي قامت باستثمار ١٠٠ مليون دولار في تطوير التقنيات الحيوية الزراعية. إن التقنيات الحيوية التي تؤثر على الزراعة في السنوات القادمة ستكون من إنتاج القطاع الخاص، وباستثناء المكننة وتطوير الذرة المحسنة لم يكن هذا هو الواقع فيما يتعلق بالإبداعات الهامة في الزراعة[٤٤].

إن ترك الأولويات البحثية إلى السوق قد يضيع بعض الفرص الواعدة. وستكون الجهود البحثية على المحاصيل متناسبة مع قيمة المحصول وحجم السوق. إن تحسين محاصيل المزارعين الصغار في البلدان النامية يعني إنتاج إبداعات زراعية ذات تكاليف منخفضة وتكون في معظمها غير مناسبة للأسواق الكبيرة، ولهذا فإن تحسين المحاصيل للغالبية العظمى من مزارعي العالم لن يعطي ربحاً كبيراً. وهكذا فإنه من المحتمل أن لا نجد إلا عدداً قليلاً من

الشركات الخاصة مستعدة لدخول سوق غير واعدة كهذه. ونتيجة لهذا فإن الاستقصاء عن الحبوب الأقل أهمية كالسورغوم والذرة البيضاء، التي تنمو في الدول النامية بشكل رئيسي، لن تلاقي الاهتمام الكافي.

إن سيطرة القطاع الخاص على التقنيات الحيوية يطرح العديد من التساؤلات عن الدور الذي ستلعبه التقنيات الجديدة في برامج الأبحاث الدولية. فمن الممكن أن تكون الشركات الخاصة منافسة للمراكز الدولية وخصوصاً عندما يتعلق الأمر بتحسينات المحاصيل الرئيسة كالقمح والذرة التي تسهل الاتجار بها على نطاق واسع. إن التبادل الكامل للمعلومات العلمية الضرورية للمراكز الدولية قد يتحدد إذا كان ذلك سيؤثر على مراكز الأبحاث الخاصة. أضف إلى هذا أنه من المؤكد أن تقوم المراكز الدولية بشراء أو الحصول على امتياز التقنيات الحيوية الجديدة التي كانت متوفرة سابقاً من خلال الأقنية العامة. وفي النهاية ستقوم المؤسسات الخاصة بمنافسة المراكز على المواهب العلمية، وقد تكون المراكز غير قادرة على دفع الأجور وتوفير الوسائل والضمان الذي توفره الشركات الخاصة[٤٥].

يخيّم الشك على احتمالات إنشاء برامج وطنية في مجال التقنيات الحيوية. لقد قامت بعض الدول النامية وخصوصاً أندونيسيا والفلبين وتايلاند بإنشاء برامج وطنية في مجال التقنيات الحيوية الزراعية. وتنظر الفلبين إلى برنامجها على أنه خطوة أولى نحو استراتيجية التصنيع التي تعتمد على المواد الحيوية التي يمكن أن تساعد البلد على التحرر من الاعتماد على الزيت المستورد. ويأمل العلماء الفلبينيون باستعمال بقايا المحاصيل كمواد خام لإنتاج الوقود السائل والكيماويات الصناعية، وتطوير صناعات غذائية بالأساليب التقنية الحيوية. ووفقاً لما قال و. ج. بادولينا من المعهد الوطني للتقنيات الحيوية والأحياء الدقيقة التطبيقية التابع لجامعة الفلبين، «بان الاستراتيجية الوطنية تهدف إلى تحويل الكتلة الحية إلى غذاء ووقود وسماد وكيماويات»[٤٦].

من المؤكد أن الوصول إلى هذه الأهداف سيكون مكلفاً. وهناك عدد قليل

من الدول تستطيع تخصيص الاستثمار اللازم في المعدات التي تحتاجها برامج التقنيات الحيوية، وبعضها يفتقر إلى الاعداد المدربة من العلماء للقيام بمثل هذه البرامج. إن التقنيات الحيوية الزراعية تناقض تماماً برامج التكاثر النباتي التقليدية التي تتطلب استثمارات معتدلة نسبياً.

توفر التقنيات الحيوية أدوات واعدة لاستغلال الموارد بكفاءة ولزراعة قابلة للبقاء. ولهذا يجب التغلب على العوائق الفنية ويجب تقييم المخاطر البيئية قبل تحقيق هذه الإمكانية. إن ما يؤرق من وجهة نظر الزراعة في العالم الثالث هو درجة سيطرة القطاع الخاص على التقنيات الحيوية الزراعية. إننا بحاجة إلى التزام أكبر نحو الأبحاث العامة على المستويين الوطني والدولي لتصحيح التشويهات في برامج الأبحاث والتأكد من أن أولويات العالم الثالث ستحصل على الاهتمام الكافي.

نقل التقنية المتبادل

إن الإحساس بالعجلة في انطلاقة الثورة الخضراء قد اختفى من جهود التنمية الزراعية الدولية. لقد تحول عدد من البلدان النامية، التي كانت مستوردة للغذاء في السابق، إلى الاكتفاء الذاتي مما حدى ببعض متخذي القرارات إلى إعادة النظر في دعمهم الدول النامية الفقيرة في رفع إنتاجها من الغذاء أكثر.

أما بالنسبة للمزارعين في البلدان النامية الذين لم يشاركوا في فوائد الثورة الخضراء فإن المسألة هي البقاء الاقتصادي. يستطيع هؤلاء المزارعون تحسين أوضاعهم الزراعية عن طريق إدارة أفضل للموارد النادرة، وإعادة تجديد الأرض، ورفع إنتاجهم، إن إعادة توجيه الأبحاث الزراعية والمساعدات التنموية لسد حاجاتهم قد بدأت ولكنها تستحق المزيد من الاهتمام والدعم.

إن أهم أمر في اتجاهات الأبحاث الزراعية الدولية هو تمويل المراكز الدولية الثلاثة عشر. هذا وقد نمت موازنتها من ٢١ مليون دولار في عام ١٩٧٢ عندما كان هناك أربع مراكز فقط، إلى أكثر من ١٠٠ مليون دولار بحلول عام

١٩٨٠. وعمل هذا النمو على توسيع نطاق الأبحاث إلى محاصيل جديدة ومناطق أيكولوجية جديدة. وارتفع صرف المبالغ ببطء إلى مستوى وصل إلى ١٧٠ مليون دولار في أواسط الثمانينات. وبالرغم من المساندة القوية لهذه المراكز، إلا أنه من غير المؤكد أن تتوفر مصادر مالية كافية في السنوات القادمة لدعم المزيد من الأبحاث العلمية المعقدة والتقنيات المتغيرة[٤٧].

أقامت مراكز CGIAR أسساً هامة من المعرفة الأساسية حول محاصيل الغذاء الأساسية في الـ ١٥ سنة الماضية. إن الاستفادة من هذه المعرفة قد تزول إذا بقي الدعم المادي محدوداً، وأن جزءاً كبيراً من المسؤولية لتطوير أبحاث المحاصيل لتتلائم مع الظروف المحلية يقع على عاتق برامج الأبحاث الوطنية. ويأمل العلماء في مراكز CGIAR أن تقوم هذه البرامج بتحمل معظم المسؤولية لإكثار المحاصيل في السنوات القادمة. وسيعمل هذا على إفساح المجال للمراكز الدولية بالتركيز على المسائل الأكثر استراتيجية بما فيها تنسيق المحافظة على موارد جينات المحاصيل والاستفادة من التقنيات الحيوية في المحاصيل الرئيسة[٤٨].

وتستطيع المؤسسات الخاصة، التي دعمت معظم العمل الذي أدى إلى الثورة الخضراء، المساعدة في المحافظة على الاهتمام في أولويات الأبحاث الجديدة. في عام ١٩٨٣ أعادت مؤسسة روكفلر توجيه برامجها في العلوم الزراعية لتؤكد على أبحاث التقنيات الحيوية للأرز، وهو المحصول الذي لم يحظى بالاهتمام الكافي من قبل المؤسسات الخاصة في الدول الصناعية. وفي عام ١٩٨٦ قدمت المؤسسة برنامجاً جديداً اشتمل على خطط لتوسيع أبحاث التقنيات الحيوية لتشمل تحسين السورغوم والذرة البيضاء ومحاصيل رئيسة أخرى منسية وذلك، ولو جزئياً، لموازنة تأكيد القطاع الخاص على المحاصيل التجارية[٤٩].

تستطيع جداول أعمال الأبحاث العامة تكملة والتعويض عن اهتمامات القطاع الخاص في طرق أخرى، ومنها تركيز جزءاً من الأبحاث الزراعية على

الأيكولوجي . ويجادل روبرت باركر من جامعة كورنل بأنه يتوجب على المعاهد العامة كالجامعات التي تدعمها الولايات المتحدة أن تنقل اهتمامها إلى «تطوير علوم الأنظمة الطبيعية»[٥٠] . أن تصميم التقنيات الزراعية والأساليب التي تؤكد على الاستعمال الأكثر كفاءة للموارد وأساليب التجديد، ستستفيد مما في علم الأيكولوجي والعلوم الحيوية التطورية أكثر من استفادتها من الكيمياء الحيوية .

وعلى المستوى الدولي بدأت مراكز CGIAR تعترف بأهمية المحافظة على البقاء الزراعي . ووافق مدراء المراكز في أيار عام ١٩٨٦ على تكريس المزيد من الأبحاث لرفع إنتاجية المحاصيل بواسطة طرق تتجنب تدهور البيئة . ويذهب التأكيد الجديد على إدارة الموارد إلى أبعد من إنتاج المحاصيل ليشمل المحافظة على التربة، والإدارة المائية، وطرق لمساعدة المزارعين على تقليل اعتمادهم على الكيماويات والأسمدة المشتراة . هذا بالإضافة إلى أن المراكز ستعمل على تطوير تقنيات تساعد على إعادة حيوية أراضي المحاصيل المتدهورة[٥١] .

وتبنى عدد كبير من مراكز الأبحاث الدولية أساليب جديدة لفهم أفضل للقيود التي يواجهها المزارعون في الأراضي الهامشية . تشرك «أنظمة الأبحاث الزراعية» المزارعين والعائلات الريفية في عمليات الأبحاث بطريقة مباشرة . ولكن كيف يستطيع عدد قليل من العلماء في مجالات الأبحاث الوطنية والدولية الوصول إلى ربع بليون عائلة، وتحسين التقنيات لتناسب ظروفهم الفردية؟ . والجواب هو أن يكون هناك المزيد من الأبحاث غير المركزية التي تبنى على تعاون المزارعين والعلماء، وأن توفر المعدات للمزارعين لتطوير ابتكارات لهم أنفسهم[٥٢] .

إن إعادة تقييم الممارسات التقليدية هو خطوة في هذا التعاون . ويقول بول ريتشاردز، من جامعة لندن، الذي عمل مع المزارعين النيجيريين «إن أكبر مصدر للمعلومات لم يُستفاد منه في المشاريع التنموية» . وفي كتابه «الثورة الزراعية الأهلية» يوثق كيف استطاع المزارعون التقليديون في غرب إفريقيا

تعديل ممارساتهم الزراعية على أسس التجارب المحددة بحذر، وتتراوح من اختيار أنواع الأرز إلى السيطرة على الجراد. ويقترح أنه بإمكان الباحثين الرئيسيين التعلم من مشاركة المزارعين الصغار، والعكس بالعكس[٥٣].

لم يعد تحدي الأبحاث الزراعية على كافة المستويات مشكلة ذات اتجاه واحد في نقل التقنية كما كان العديد من الناس ينظرون إلى الثورة الخضراء. فالإبداعات ونفاذ البصيرة التي تساعد على رفع الإنتاجية الزراعية ستتبع في كلا الاتجاهين بين الباحثين والمزارعين، وبين الدول الصناعية والدول النامية. إن النجاح الذي تحقق في حقول الإنتاجية المنخفضة في العالم الثالث يمكن أن يقدم طرقاً لإدارة الموارد الزراعية يستطيع المزارعون في ايوا أو فرنسا استعمالها أيضاً.

ما يزال العالم بعيداً عن حل مشاكل الإنتاجية الزراعية. فالأساليب التقليدية في زيادة الإنتاجية ـ جمع نوعيات المحاصيل الجديدة والسماد ومبيدات الحشرات والاستعمال المكثف للطاقة ـ نجحت بشكل كبير في زيادة إنتاج الغذاء في البلدان الصناعية وفي أجزاء من العالم الثالث. ولكننا ما زلنا بحاجة إلى أساليب جديدة تصل إلى المزارعين الذين لم يستطيعوا دفع تكاليف السير في هذا الطريق، ولإزالة عدم المساواة في توزيع الموارد، ولمواجهة المشاكل البيئية المنتشرة. أن تكملة استعمال الموارد التقليدية مع التقنيات الحيوية المبتكرة تستطيع زيادة الموارد الزراعية المحلية يمكن أن تعطي فوائد ذات تكاليف قليلة، وقابلة للبقاء في الإنتاجية الزراعية.

Chapter 8. Raising Agricultural Productivity

1. Data on adoption of high-yielding varieties from Dana G. Dalrymple, Development and Spread of High-Yielding Rice Varieties in Developing Countries (Washington, D.C.: U.S. Agency for International Development, 1986), and from Dana G. Dalrymple, Development and Spread of High-Yielding Wheat Varieties in Developing Countries (Washington, D.C.: U.S. Agency for International Development, 1986); regional grain area data from U.S. Department of Agriculture (USDA), Economic Research Service (ERS), World Indices of Agricultural and Food Production 1950-85 (unpublished printout) (Washington, D.C.: 1986).

2. Population data based on estimates of agriculturally active populations from United Nations Food and Agriculture Organization, 1984 Production Yearbook (Rome: 1985).

3. Population projections from Population Reference Bureau, 1985 World Population Data Sheet (Washington, D.C.: 1985); grain-yield projections by Worldwatch Institute, based on world grain utilization data from USDA, Foreign Agricultural Service, Foreign Agriculture Circular -- Grains, FG-9-86, Washington, D.C., August 1986.

4. USDA, ERS, World Indices.

5. World Bank, China: Agriculture to the Year 2000 (Washington, D.C.: 1985).

6. Ibid.; Bruce Stone, "Chinese Fertilizer Application in the 1980s and 1990s: Issues of Growth, Balance, Allocation, Efficiency, and Response," in U.S. Congress, Joint Economic Committee, China's Economy in the Eighties (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, forthcoming).

7. Organisation for Economic Co-operation and Development, The State of the Environment 1985 (Paris: 1985).

8. Rodale quoted in Charles A. Francis and Richard R. Harwood, Enough Food: Achieving Food Security Through Regenerative Agriculture (Emmaus, Pa.: Rodale Institute, 1985).

9. Robert Rodale, "Internal Resources and External Inputs -- The Two Sources of All Production Needs," in Rodale Institute, Regenerative Farming Systems (Emmaus, Pa.: 1985).

10. D.F. Bezdicek et al., "Influence of Organic Nitrogen on Soil Nitrogen, Nodulation, Nitrogen Fixation, and Yield of Soybeans," Soil Science Society of America Proceedings (Madison, Wisc.), March-April 1974; D.F. Bezdicek, "Biotechnology and Farming Systems: On-Farm Applications and Consequences," in Institute for Alternative Agriculture, Biotechnology and Agriculture: Implications for Sustainability (Greenbelt, Md.: 1986); D.F. Bezdicek, Washington State University, Pullman, private communication, August 6, 1986.

11. For a review of regenerative practices, see Francis and Harwood, Enough Food, Rodale Institute, Regenerative Farming Systems, and Rodale Institute, Proceedings of Workshop on Resource-Efficient Farming Methods for Tanzania (Emmaus, Pa.: Rodale Press, 1983).

12. Dana G. Dalrymple, "The Development and Adoption of High-Yielding Varieties of Wheat and Rice in Developing Countries," American Journal of Agricultural Economics, December 1983.

13. Dalrymple, "High-Yielding Varieties"; Inter-American Development Bank, Economic and Social Progess in Latin America: 1986 Report (Washington, D.C.: 1986).

14. Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), 1984 Annual Report (Washington, D.C.: 1985); News from the CGIAR (Washington, D.C.), January/April 1986.

15. Dalrymple, "High-Yielding Varieties"; USDA, ERS, World Indices; Dunstan S.C. Spencer, "Agricultural Research: Lessons of the Past, Strategies for the Future," in Robert J. Berg and Jennifer Seymour Whittaker, eds., Strategies for African Development (Berkeley: University of California Press, 1986).

16. CGIAR, 1984 Annual Report.

17. International Development Research Center, The Fragile Web: The International Agricultural Research System (Ottawa: 1983); CGIAR, 1984 Annual Report.

18. Donald L. Plucknett and Nigel J.H. Smith, "Sustaining Agricultural Yields," BioScience, January 1986.

19. International Rice Research Institute (IRRI), IRRI Highlights 1985: Accomplishments and Challenges (Manila, Philippines: 1986).

20. Ibid.; CGIAR, Summary of International Agriculture Research Centers: A Study of Achievements and Potential (Washington, D.C.: 1985).

21. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), IITA Annual Report and Research Highlights 1985 (Ibadan, Nigeria: 1986); "Mycorrhizae: Can Africa Benefit?" International Livestock Center for Africa Newsletter (Addis Ababa, Ethiopia), July 1986; IRRI, Highlights 1985.

22. J.G. Hawkes, Plant Genetic Resources: The Impact of the International Agricultural Research Centers (Washington, D.C.: World Bank, 1985).

23. Debora MacKenzie, "Ethiopia: Famine amid Genetic Plenty," New Scientist, August 8, 1985; Jonathan B. Tucker, "Amaranth: The Once and Future Crop," BioScience, January 1986.

24. Gary Paul Nabhan, Gathering the Desert (Tucson: University of Arizona Press, 1985).

25. Michael Philips, "Rodale Research Center Holds Premier Amaranth Collection," Diversity, Number 9, 1986; William Liebhardt and Charles S. Kauffman, Rodale Research Center, Kutztown, Pa., private communications, March 26, 1986; Wes Jackson, New Roots for Agriculture (San Francisco: Friends of the Earth, 1980).

26. Quoted in Sterling Wortman and Ralph W. Cummings, Jr., To Feed This World (Baltimore, Md.: The Johns Hopkins University Press, 1978).

27. W.C. Liebhardt et al. "Research Needs for the Development of Resource Efficient Technologies," in Rodale Institute, Regenerative Farming Systems.

28. Peter R. Jennings, "The Amplification of Agricultural Production," Scientific American, September 1976.

29. Ibid.

30. Gerald G. Marten, "Traditional Agriculture and Agricultural Research in Southeast Asia," in Gerald G. Marten, ed., Traditional Agriculture in Southeast Asia (Boulder, Colo.: Westview Press, 1986).

31. Traditional acacia-based systems described in National Research Council, Board on Science and Technology for International Development, Environmental Change in the West African Sahel (Washington, D.C.: National Academy Press, 1983).

32. Ibid.

33. Michael McGahuey, Impact of Forestry Initiatives in the Sahel (Washington, D.C.: Chemonics, 1986).

34. Sedogo's research discussed in Christian Pieri, "Food Crop Fertilization and Soil Fertility: The IRAT Experience," in Herbert W. Ohm and Joseph G. Nagy, eds., Appropriate Technologies for Farmers in Semi-Arid West Africa (West Lafayette, Ind.: Purdue University International Programs in Agriculture, 1985).

35. Shifting cultivation is described in D.B. Grigg, The Agricultural Systems of the World (New York: Cambridge University Press, 1974).

36. Current research in alley cropping is described in IITA, Annual Report 1985, and in IITA, Alley Cropping: A Stable Alternative to Shifting Cultivation (Ibadan, Nigeria: 1984).

37. Spencer, "Agricultural Research."

38. U.S. Congress, Office of Technology Assessment (OTA), Technology, Public Policy, and the Changing Structure of American Agriculture (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1986).

39. For overviews of the environmental implications of biotechnologies, see Jack Doyle, "Biotechnology Research and Agricultural Stability," Issues in Science and Technology, Fall 1985, and Jack Doyle, Altered Harvest (New York: Viking Penguin Inc., 1985).

40. OTA, Changing Structure of American Agriculture.

41. Marjorie Sun, "Engineering Crops to Resist Weed Killers," Science, March 21, 1986.

42. Data on conservation tillage in the United States from No-Till Farmer, March 1986; African conservation tillage research described in IITA, Tasks for the Eighties: A Long-Range Plan (Ibadan, Nigeria: 1981), and in IITA, IITA Annual Report 1984 (Ibadan, Nigeria: 1985).

43. Frederick H. Buttel et al., "Genetic Engineering and the Restructuring of Agricultural Research," The Rural Sociologist, Vol. 3, No. 3, 1983; for the history of public agricultural research in the United States, see Yujiro Hayami and Vernon W. Ruttan, Agricultural Development (Baltimore, Md.: The Johns Hopkins University Press, 1985).

44. Estimate of USDA-supported biotechnology research from U.S. General Accounting Office, Biotechnology: The U.S. Department of Agriculture's Biotechnology Research Efforts (Washington, D.C.: 1985); Monsanto investment from Frederick Buttel, "Biotechnology and Alternative Agriculture: An Overview of the Major Issues and Concerns," in Institute for Alternative Agriculture, Biotechnology and Agriculture.

45. These and other challenges facing the international research centers are discussed in Frederick H. Buttel and Randolph Barker, "Emerging Agricultural Technologies, Public Policy, and Implications for Third World Agriculture: The Case of Biotechnology," American Journal of Agricultural Economics, December 1985, and in F.H. Buttel, B. Kenney, and J. Kloppenburg, Jr., "The IARCs and the Development and Application of Biotechnologies in Developing Countries," in IRRI, Biotechnology in International Agricultural Research (Manila: 1985).

46. W.G. Padolina, "Strategies to Develop Biotechnology in the Philippines," in IRRI, Biotechnology in International Agricultural Research.

47. CGIAR, 1984 Annual Report.

48. News from the CGIAR (Washington, D.C.), May/August 1986.

49. Randolph Barker, "Biotechnology and Farming Systems: An International Perspective," in Institute for Alternative Agriculture, Biotechnology and Agriculture; The Rockefeller Foundation, The President's Review and Annual Report 1983 (New York: 1983); Kathleen Teltsch, "Rockefeller Unit Doubles Its Third-World Aid," New York Times, May 4, 1986; The Rockefeller Foundation, "The Rockefeller Foundation in the Developing World," New York, May 1986.

50. Robert Barker, "The Changed World of Research Opportunities," in Martin Gibbs and Carla Carlson, eds., Crop Productivity -- Research Imperatives Revisited, conference at Boyne Highlands Inn, Boyne, Mich., October 13-18, 1985, and at Airlie House, Va., December 11-13, 1985.

51. News from the CGIAR (Washington, D.C.), May/August 1986.

52. For several perspectives on farming systems research, see Joyce Lewinger Moock, ed., Understanding Africa's Rural Households and Farming Systems (Boulder, Colo.: Westview Press, 1986); potential for farmer-scientist collaboration described in Marten, "Agricultural Research in Southeast Asia."

53. Paul Richards, Indigenous Agricultural Revolution (London: Hutchinson & Co., Ltd., 1985).