اتحاد المهندسين الزراعيين العرب
الأمـــانـــة العـامـة
دمشق - ص.ب : ٣٨٠٠
هاتف : ٣٣٣٥٨٥٢
فاكس : ٣٣٣٩٢٢٧

المؤتمر الفني الدوري العشرين للاتحاد

التكامل العربي في مجال
التنمية الريفية المستدامة
لتحقيق الأمن الغذائي العربي

دور البحث العلمي والتقانات الحديثة في تعزيز الأمن الغذائي العربي

اعداد
الدكتور مجد جمال
المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا)
الجمهورية العربية السورية

دمشق : 24 - 26 /5/ 2015

دور البحث العلمي والتقانات الحديثة في تعزيز الأمن الغذائي العربي

د. مجد جمال
المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا)

I. مقدمة

تؤثر التحدّيات العالمية للأمن الغذائي وارتفاع أسعار الأغذية، لا سيما محاصيل الحبوب الرئيسية، تأثيراً خطيراً على البلدان العربية، وهي المنطقة الأكثر استيراداً للحبوب في العالم. فقد استوردت البلدان العربية 65.8 مليون طن من محاصيل الحبوب، في حين استوردت آسيا 58.8 ملايين طن على الرغم من أن عدد السكان في آسيا يبلغ عدة أضعاف السكان في البلدان العربية. ويقدّر أن يصل اعتماد المنطقة المتزايد على واردات الغذاء إلى 115 مليار دولار في سنة 2020، وهو اتجاه يزيد من تعرّض هذه البلدان للمخاطر المتزايدة لتقلّبات أسعار الغذاء العالمية، ناهيك عن تأخّر التنمية في الأجزاء الريفية التي تشكل فيها المحاصيل والحيوانات عماد مداخيل الأسر.

إن الهشاشة الشديدة للأمن الغذائي في البلدان العربية، إلى جانب النموّ السريع لتعدادها السكاني، يسلّطان الضوء على حاجة المنطقة الماسّة إلى التركيز على التنمية الزراعية. فدعم البحوث المبتكرة يزوّد هذه البلدان بالأدوات والقدرة اللازمة لزيادة الإنتاجية والتنمية المستدامة للاقتصاد الريفي. يمكن اليوم أن يساعد التقدّم الحاصل في البحوث الزراعية وتطوّر التقانات في فتح إمكانات نظم الإنتاج في المناطق الجافة حتى مع شحّ الموارد الطبيعية – مما يمكّن البلدان العربية من تحقيق زيادة ملموسة في الاكتفاء الذاتي الغذائي.

II. حالة البحوث الزراعية في البلدان العربية

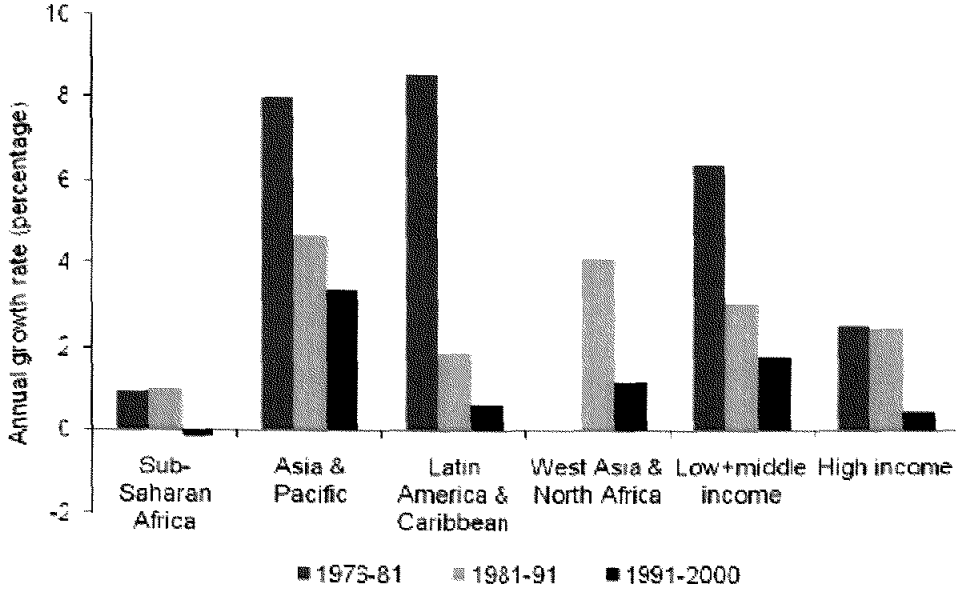
نشرت المراجعة الأكثر شمولاً عن حالة البحوث الزراعية في البلدان العربية في سنة 1999 (Casa et al., 1999). ومنذ ذلك الحين، أجرت مبادرة مؤشّرات العلوم الزراعية والتقانات مزيداً من التحليلات ونشرت ملخّصات عن السودان في سنة 2003 (Beintema and Faki, 2003)، وموريتانيا في سنة 2004 (Stads et al., 2004)، والمغرب وتونس في سنة 2005 (Stads and Kissi, 2005)، والأردن وسوريا في سنة 2006 (Beintema et al., 2006).

جمعت مراجعة سنة 1999 بيانات عن حالة الاقتصاد والزراعة في بلدان غرب آسيا وشمال أفريقيا، وشدّدت على الدور الإستراتيجي المحتمل للبحوث الزراعية في التغلّب على التحدّيات الغذائية الصعبة التي تواجه هذه البلدان على المدى الطويل والقصير. وراجعت أيضاً أنظمة البحوث الزراعية الوطنية في 13 بلداً عربياً: مصر، والعراق، والأردن، ولبنان، وليبيا، والمغرب، والسودان، وسوريا، وتونس، والإمارات العربية المتحدة، واليمن.

أظهرت المراجعة تنوّع أنظمة البحوث الزراعية الوطنية من حيث الهيكلية، والموارد، والأنشطة البحثية، والإنتاجية، ما عكس بدوره تنوّع البلدان أنفسها. مع ذلك، وجدت بعض الخصائص المشتركة بين هذه الأنظمة. وباستثناء المغرب وبعض البلدان الخليجية، تراجع الاستثمار في البحوث الزراعية من أجل التنمية (الشكل 1)، ولا تزال النتائج التالية التي تمخضت عنها المراجعة صحيحة:

- تخصّص البلدان العربية واحداً من أدنى أرقام الإنفاق العام على البحث والتطوير الزراعي مقارنة بالأقاليم الأخرى في العالم (الجدول 1).

الشكل 1: معدّلات النموّ في الإنفاق العام على البحوث الزراعية، 1981 - 2000



الجدول 1: إجمالي الإنفاق العام على البحث والتطوير الزراعي للبلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط وفقاً للإقليم، 2000

البلدان ذات الدخل والمنخفض والمتوسط وفقاً للإقليم والبلدان (#: عدد البلدان)	الإنفاق العام على البحث والتطوير الزراعي (مليون دولار 2005)		النسبة المئوية للحصة من الإجمالي العالمي	
	دولار أميركي	مكافئ القدرة الشرائية للدولار	دولار أميركي	مكافئ القدرة الشرائية للدولار
أفريقيا جنوب الصحراء (45)	561	1,239	3	5
الصين	795	1,891	4	8
الهند	433	1,301	2	6
آسيا والمحيط الهادئ (26)	1,848	4,758	10	20
البرازيل	674	1,209	4	5
أميركا اللاتينية والبحر الكاريبي (25)	1,435	2,710	8	12
غرب آسيا وشمال أفريقيا (12)	613	1,412	3	6

(المصدر للشكل 1 والجدول 1: Beintema and Stads, 2008)

- أنشئت معظم أنظمة البحوث الزراعية الوطنية مع استقلال هذه الدول، لذا كان أمامها متسع من الوقت للنموّ والتطوّر. وفي سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين، شهدت العديد من هذه الأنظمة في البلدان العربية نموّاً سريعاً وقدّمت إسهامات كبيرة في المعرفة. غير أن بعض المكاسب التي تحققت في بلدان مثل لبنان، والجزائر، والسودان، والعراق، ومصر، وسوريا تبدّدت نتيجة التغيّرات السياسية والمؤسساتية غير المستقرّة التي طرأت في السنوات الأخيرة وأثرت على أدائها.
- تتسم أنظمة البحوث الزراعية الوطنية في البلدان العربية بأفضلية ضعيفة في اجتذاب الباحثين المتميّزين والاحتفاظ بهم مقارنة بالجامعات البحثية، حيث الفرص المهنية والرواتب أكثر تنافسية. ولا تزال المؤسسات البحثية المتقدّمة، على العموم، تحصل على أموال وموارد قليلة مقارنة بكليات الزراعة.
- شكل الانخفاض النسبي للموارد البشرية والمالية والمادية قضية رئيسية للعديد من الأنظمة الوطنية للبحوث الزراعية. فكثير من البلدان لا تمتلك القدرة على استخدام موظفين علميين وفنيين دائمين في المناطق التي تحتاج إليهم حاجة ماسّة، مثل المناطق البيئية الزراعية الأقل ملائمة والأنظمة الزراعية الأقل إنتاجية. ويؤثر ذلك على أداء الأنظمة الوطنية للبحوث الزراعية في تحقيق الأمن الغذائي ويؤدي إلى عدم توازن الأنشطة البحثية وضعف العلاقات مع منظمات التنمية الموجودة في تلك المناطق. وفي حين طرأ بعض التحسّن وأخذت مزيد من هذه الأنظمة تشارك في أنشطة بعيدة عن المركز، فإن التغيير بطيء. ويتوقع أن يبرز مزيد من التوازن في التنمية بين المناطق مع استمرار تقدّم اللامركزية السياسية والاقتصادية. غير أن اللامركزية تتوقف على الاستقرار السياسي والالتزام السياسي والمالي بعملية البحث من أجل التنمية.
- تعتبر الموارد المالية غير الكافية للتشغيل والتكاليف الرأسمالية من أكثر العوامل التي تحدّ من الكفاءة البحثية. ويمكن أن تؤدي إعادة الهيكلة المؤسساتية لمعالجة الوفرة الفائضة للموظفين وتحسين جودة الباحثين وموظفي الدعم إلى تعزيز إنتاجية البحوث.

- يزيد الافتقار إلى الرقابة والتقييم ومحدودية التعاون العلمي الدولي والإقليمي من تقييد فعالية أنظمة البحوث الزراعية الوطنية. وتدرك معظم المؤسسات البحثية المتقدمة مواطن الضعف هذه وتعمل جاهدة للتغلب عليها عن طريق تعزيز القدرات البشرية، وإعداد الخطط الإستراتيجية الوطنية واتخاذ الإجراءات بشأنها، وبناء الشراكات داخل العالم العربي وخارجه.

- في ما يتعلق بالربط بين المؤسسات التنموية العامة والخاصة، طرأ تحسّن لكن يجب أن تولي الأنظمة الوطنية للبحوث الزراعية مزيداً من التركيز على الأنشطة التي يمكن أن تعزّز هذه الشراكات، مثل تدريب كبار الموظفين والقادة، والانتداب المؤقت للباحثين إلى المؤسسات الخاصة. ويمكن أيضاً أن تساعد إعادة التفكير في نُهُج البحث في إنتاج مزيد من العلوم المبتكرة وتحقيق فهم أفضل لاحتياجات المزارعين، مثل بحوث الأنظمة الزراعية والتنمية الريفية المتكاملة.

يشكل قصور البنية التحتية لأنظمة البحوث الزراعية الوطنية وتدنّي الاستثمارات في التنمية الزراعية تهديداً للأمن الغذائي في البلدان العربية باعتباره اتجاهاً إقليمياً متزايداً، وتشير التحدّيات إلى تفاقم سوء هذا السيناريو في المستقبل مع النموّ السكاني، وتراجع نصيب الفرد من موارد المياه، وتدهور الموارد الطبيعية، وتغيّر المناخ (الذي يتطرّق إليه الفصل الأول).

الأقسام التالية تسلط الضوء على الدور الحيوي الذي يمكن أن يؤديه العلم والتقانة في تغيير الوضع وتعزيز الأمن الغذائي في المنطقة العربية.

III. إستراتيجيات ونُهج تعزيز الإنتاجية الزراعية

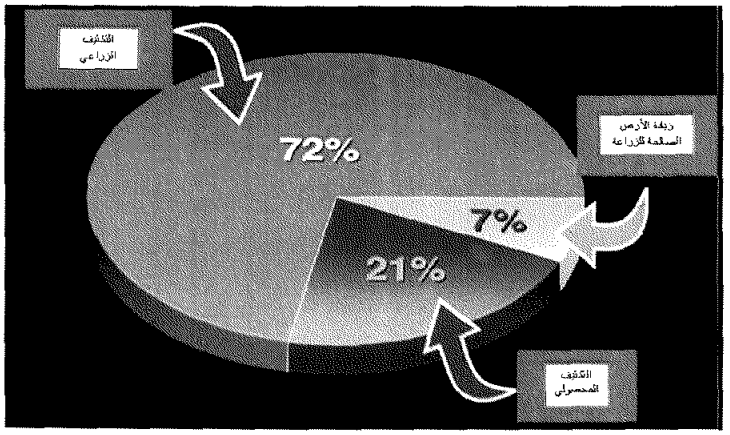
أ) تصميم النهج بناء على الأنظمة البيئية الزراعية

يرتبط مقدار زيادة الإنتاجية الزراعية في أي أرض زراعية ارتباطاً طبيعياً بالنظام البيئي الزراعي للمنطقة. وفي حالة البلدان العربية، يمكن عموماً تصنيف الأراضي الجافة إلى نوعين مختلفين من الأنظمة البيئية الزراعية. ففي حين توجد أجزاء من بعض البلدان مواتية نسبياً للظروف الزراعية، فإن هناك مساحات شاسعة من الأراضي الهامشية في المنطقة العربية تميل نحو التدهور الحادّ والتصحّر، وهو وضع يهدّد حياة ملايين المزارعين المعتمدين عليها. ويتفاوت هذان النظامان البيئيان الزراعيان تفاوتاً كبيراً في مواردهما الطبيعية، ويتطلبان نُهُجاً مختلفة لزيادة الإنتاجية الزراعية وفقاً لإمكاناتهما المتاحة:

1. المناطق ذات الإمكانات المرتفعة مع ظروف مواتية نسبياً

تقدّم المناطق ذات الأمطار المرتفعة نسبياً و/أو التي تتوافر فيها مياه الري فرصة كبيرة لزيادة الإنتاجية، وبالتالي تستفيد من إستراتيجية تطوير خيارات التكثيف المستدام لنظم الإنتاج.وفقاً لمنظمة والأغذية والزراعة الدولية، هناك ثلاثة مسارات رئيسية لزيادة إنتاج المحاصيل: تكثيف الزراعة، وتوسيع الأرض الصالحة للزراعة، وزيادة الكثافة المحصولية (الشكل 2). ينطوي تكثيف الزراعة على زيادة الإنتاجية بسدّ أي فجوة قائمة في المردود – الفجوة بين المردود المحتمل في ظل الإدارة المثلى

والمردود الفعلي التي يجنى في المزارع. ويمكن تقدير فرصة التوافر النسبي للأرض بمراجعة نسبة مساحة الأرض غير الحرجية وغير المزروعة الملائمة للإنتاج البعلي (المروي بالمطر) مقابل ما هو مزروع فعلياً. وتشمل زيادة الكثافة المحصولية رفع عدد المرات التي تزرع فيها مساحة محدّدة بالمحاصيل. وبالنظر إلى شحّ الموارد الطبيعية التي تتميّز بها البلدان العربية، فإن زيادة الكثافة المحصولية ليس خياراً ملائماً.



الشكل 2: مصادر الزيادة في إنتاج الأغذية (المصدر: FAO)

تتفاوت فجوات المردود والتوافر النسبي للأرض تفاوتاً كبيراً في جميع بلدان العالم، ويمكن تصنيفها في أربع فئات (الشكل 3). تقع البلدان العربية في "الفئة 3" – أرض محدودة وارتفاع فجوة المردود. وتعتبر زيادة الأرض القابلة للزراعة خياراً محدوداً للبلدان العربية إذ تبيّن الدراسات أن الأرض المتاحة للزراعة البعلية في إقليم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تقدّر بـ 2716 آلاف هكتار – وهي أرض صغيرة جداً مقارنة بأنحاء أخرى من العالم (الجدول 2)

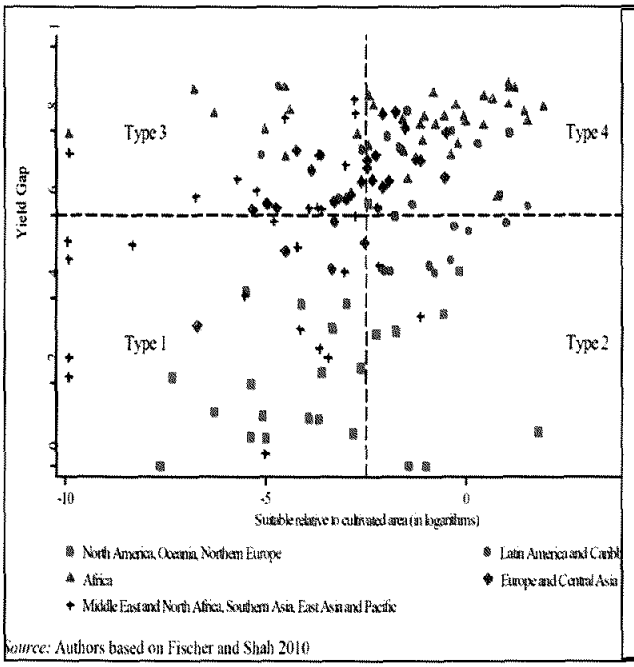
الشكل 3: فجوات المردود والتوافر النسبي للأرض في بلدان مختلفة من العالم

Type 1
Little land available for expansion, low yield gap

Type 2
Suitable land available for expansion, low yield gap

Type 3
Little land available for expansion, high yield gap

Type 4
Suitable land available for expansion, high yield gap



الفئة 1
أرض قليلة متاحة للتوسع ، فجوة غلال منخفضة

الفئة 2
أرض ملائمة متاحة للتوسّع، فجوة غلال منخفضة

الفئة 3
أرض قليلة متاحة للتوسع، فجوة غلال مرتفعة

الفئة 4
أرض ملائمة متاحة للتوسّع، فجوة غلال مرتفعة

المصدر: Fischer and Shah, 2010

الجدول 2: توافر الأرض النسبي للزراعة المروية بمياه الأمطار في مختلف الأقاليم (1000 هكتار)

	المساحة الإجمالية	المساحة > 6 ساعات	المساحة < 6 ساعات
أفريقيا جنوب الصحراء	201761	94919	106
أميركا اللاتينية والبحر الكاريبي	123342	93957	29387
أوروبا الشرقية وآسيا الوسطى	51136	43734	7400
شرق وجنوب آسيا	14769	3320	11450
الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	2716	2647	71
بقية العالم	52134	24554	27575
المجموع	**445858**	**263131**	**182727**

ملاحظة: تعكس البيانات العرض المحتمل للأرض في المناطق التي تقل الكثافية السكانية عن 25/كم^2

ملاحظة: العمودان الأخيران يعرضان حصة الأرض بناء على الوقت المستغرق للانتقال إلى السوق

المصدر: Deininger and Byerlee, 2011

لذا، يقدّم التكثيف الزراعي معظم الفرص كي تزيد البلدان العربية إنتاجها عن طريق سد فجوات المردود الكبيرة. غير أن تكثيف الزراعة يشكل تهديداً خطيراً للبيئة والموارد الطبيعية (التنوّع الحيوي، والماء، والتربة) ما لم يمارس بطريقة مستدامة، ولا سيما في المناطق الجافة حيث الأنظمة البيئية هشّة بالفعل. لذا، يجب أن يكون الاتجاه نحو التكثيف الزراعي المستدام لأنظمة الإنتاج لسدّ فجوة المردود. وسيؤدي ذلك في نهاية المطاف إلى تحديث الزراعة والتنمية الزراعية المستدامة.

1. المناطق ذات الإمكانات المنخفضة

الأماكن التي تضم مساحات قليلة الأمطار، بما في ذلك الأراضي الهامشية، محدودة الانتاجية جداً بسبب ندرة الموارد وتتطلّب التعايش مع فترات الجفاف الطويلة، بالإضافة إلى التكيّف مع تفاقم سوء الظروف بسبب تغيّر المناخ. وهكذا تتطلب هذه الأماكن بناء المرونة في النظام الزراعي لخفض التعرّض للمخاطر وتمكين المزارعين الصغار من التعافي من "الصدمات" بسهولة.

البرنامج العالمي لبحوث أنظمة الأراضي الجافة: مبادرة مبتكرة

يستجيب البرنامج العالمي للبحوث، "أنظمة الأراضي الجافة"، الذي وضعته المجموعة الاستشارية للبحوث الزراعية العالمية، بقيادة إيكاردا، للاحتياجات والإمكانات المختلفة اختلافاً واسعاً لفئتي الأنظمة الزراعية البيئية السائدة في المناطق الجافة في جميع أنحاء العالم. أطلقت أنظمة الأراضي الجافة في سنة 2013، وهي أول مبادرة بحثية من نوعها تستخدم نهجاً مبتكراً وشاملاً للتصدّي لأنظمة الزراعة في المناطق الجافة على الصعيد العالمي. وخلافاً للتركيز على عدة جوانب للزراعة كل على حدة، تستهدف أنظمة الأراضي الجافة الأنظمة البيئية الزراعية، وتتصدّى للمحاصيل، والثروة الحيوانية، والمراعي، والأشجار، والتربة، والماء، والسياسات بطريقة متكاملة. يجمع هذا النهج التأثيرات المنفصلة لتحسين حياة الناس بطريقة أكثر استدامة، وفي الوقت نفسه تمكين تحقيق الأمن الغذائي في البلدان ذات الأراضي الجافة على المدى الطويل.

تتعامل شراكة بين مؤسسات بحثية و28 بلداً، برنامج بحوث أنظمة الأراضي الجافة، مع نتائج أعمال البحوث من أجل التنمية في بحوث في المزارع التي قامت بها إيكاردا في أكثر من 40 بلداً في السنوات الست والثلاثين الماضية لتحديد عدد من أفضل التقنيات ومجموعات السياسات التي تساعد البلدان في خفض المخاطر وتحسين الأمن الغذائي الوطني. ويستهدف هذا البرنامج خمسة أقاليم لإحداث تأثيرات على المدى الطويل: (i) غرب آسيا وشمال أفريقيا، (ii) غرب أفريقيا ومناطق السفانا الجافة (iii) شرق أفرقيا وجنوبها، (iv) آسيا الوسطى، (v) جنوب آسيا.

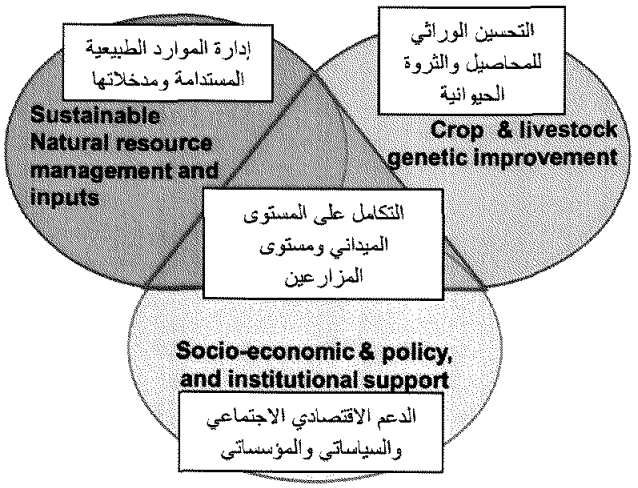
بوجود عدد من مواقع العمل التي أنشئت في المنطقة العربية، فإن البرنامج سيقدّم مجموعة مثبتة من التدخلات العلمية والتقنية التي يمكن أن تحدث تحوّلاً في الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي في البلدان العربية (drylandsystems.cgiar.org).

ب) استخدام نهج متكامل لتحقيق زيادة قصوى ومستدامة في الإنتاجية

في سعينا لزيادة الإنتاجية الزراعية في المنطقة العربية، لا بدّ من الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية لضمان المحافظة على الموارد المحدودة وإمكانية استخدامها لإنتاج الغذاء على المدى الطويل – وذلك حجر الأساس في التنمية الزراعية المستدامة.

تتطلب **التنمية الزراعية المستدامة** نهجاً متكاملاً للزراعة وتنطوي على جمع شامل للحلول القائمة على المعرفة العلمية من تقنية، ومؤسساتية، واجتماعية ، كما تشير إليها ركائزها الثلاث: تحسين المحاصيل والثروة الحيوانية، وإدارة الموارد الطبيعية، ووضع السياسات وتطوير القدرات المؤسسية (الشكل 4).

الشكل 4: النهج المتكامل للتنمية الزراعية المستدامة



(1) التحسين الوراثي للمحاصيل والثروة الحيوانية لتعزيز الإنتاجية، واستقرار الإنتاج، والمخرجات النوعية. يمكن تحقيق ذلك من خلال استنباط محاصيل عالية المردود وتتحمّل الإجهادات وثروة حيوانية نوعية ذات خصائص منشودة لزيادة الربحية.

(2) الإدارة المتكاملة للمياه والأرض لتحسين إنتاجية المياه والإدارة المستدامة لموارد المياه في أنظمة الإنتاج البعلية (المروية بالمطر) والمروية. وهذا المكوّن أساسي لضمان الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية، اللازمة على وجه الخصوص للمكافحة الفعّالة لتدهور الأراضي والتكيف مع التأثيرات وتاتغيّرات المناخية بما يتوافق مع المزارعين الصغار والتخفيف منها.

(3) البحوث الاجتماعية والاقتصادية والسياساتية لتحليل العوامل المحرّكة للفقر في الأرياف وتوفير أفكار بشأن إستراتيجيات الثروة الحيوانية البديلة بحيث يمكن توجيه البحوث على نحو أفضل وتحقيق تأثيرات أوسع على الأرض. يساعد هذا المكوّن في تحديد القيود على اعتماد التقنيات وطرق التغلّب عليها عبر الدعم المؤسسي وتمكين بيئة السياسات – وهي حلقة مهمة أخرى في التنمية المستدامة للإنتاجية والثروات الحيوانية الريفية.

بناء على تجربة إيكاردا في المناطق الجافة في جميع أنحاء العالم في السنوات الست والثلاثين الماضية، فقد أثبت تكامل المخرجات الناتجة عن المكوّنات الواردة أعلاه أنه يؤدي الى تأثير مضاعف على مستويي الحقل والمزرعة، لتحقيق مكاسب كبيرة ومستدامة في أنظمة الإنتاج.

ليس هناك حل سهل للتعامل مع التحدّيات التي تواجهها البلدان العربية في تعزيز الأمن الغذائي. غير أن العلوم والتقنيات المبتكرة متاحة للزيادة المستدامة في إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية. لكن لكي تحدث هذه التقنيات تأثيراً، لا بدّ من وجود سياسات داعمة وأساليب فعّالة لنقل التقانة. وعلى صنّاع السياسات أن يقدّموا الحوافز أيضاً لتشجيع المزارعين على الاستثمار في التقنيات الجديدة. كما أن الالتزام في الاستثمار في البحوث على المدى الطويل مهم جداً للتكامل الفعّال للركائز الثلاث للزراعة المستدامة على المستوى الحقلي وتعميم مجموعات التدخّلات المختبرة في نهاية المطاف.

IV. قدرة العلم والتقانة على تعزيز الأمن الغذائي

التأثيرات الناتجة عن بحوث إيكاردا بالتعاون مع الأنظمة الوطنية للبحوث الزراعية تبيّن بوضوح الدور الحيوي للعلم والتقانة في تعزيز الأمن الغذائي. ولمجاراة الطلب المتنامي على موارد الغذاء مع تزايد تعداد السكان وفي مواجهة تغير المناخ، لا يمكن تحقيق الأمن الغذائي إلا باستمرار البحوث التي تركز على التأثيرات على المستوى المحلي وتعميم المعرفة المتأتية عبر العلم والتقانة على الأنظمة البيئية الزراعية المتماثلة لنشر الفوائد في المجتمعات الريفية في المنطقة العربية.

أ) التحسين الوراثي للمحاصيل لرفع المردود وزيادة تحمّل الإجهاد

مع ارتفاع تعداد السكان في العالم، تظل إعادة تحديد قدرات نباتات المحاصيل الوسيلة الأقوى والأكثر فعّالية للتكاليف لتحقيق الأمن الغذائي، وبخاصة في المناطق الجافة. وينطوي ذلك على الاستمرار القوي للبحوث في علم وراثة النبات وتحسين المحاصيل لزيادة المردود المحتمل إلى جانب حماية المحاصيل من خلال الخصائص المنشودة لمقاومة/تحمّل الإجهادات اللاحيوية (مثل الجفاف، ودرجات الحرارة المتطرّفة، والملوحة) والحيوية (الأمراض، والحشرات والأعشاب الطفيلية).

تستخدم إيكاردا، بالتعاون مع شركائها، طائفة من الأدوات التقانية الحيوية – التحسين الوراثي ، والانتخاب بمساعدة االمعلمات، والصيغة الصبغية المختزلة المضاعفة، وإنقاذ الأجنّة، وزراعة الأنسجة، والبصمة الوراثية – لاستنباط أصناف محسنة أو خطوط تربية ذات مردود أعلى وأكثر مقاومة للآفات والأمراض والمحددات البيئية في المناطق الجافة. وتستخدم التقانة الحيوية أيضاً لتحديد المورثات التي تمنح خصائص محدّدة مثل النضوج المبكر لتجنّب الجفاف أو تحسين الجودة الغذائية للمحاصيل. كما أن تكامل الأساليب التقانية الحيوية المتقدّمة مع الأساليب التقليدية لتربية النباتات يسرّع عملية تطوير أصناف مستنبطة جديدة، ويساعد في مجاراة تحدّيات زيادة الطلب على الغذاء.

1. العلم الذي يقف خلف التحسين الوراثي للمحاصيل

i) جمع المادة الوراثية الاصول الوراثية النباتية:

من نقاط الانطلاق الحاسمة لتحسين المحاصيل الوصول إلى مجموعة غنية من المصادر الوراثية للمحاصيل التي يمكن استخدامها للحصول على الخصائص المنشودة التي يمكن استخدامها لاستنباط محاصيل محسّنة. ويؤدي بنك الاصول الوراثية النباتية التابع لإيكاردا، والذي أنشئ في سنة 1983، دوراً حاسماً باعتباره مصدراً إقليمياً وعالمياً للمصادر الوراثية حيث جمعت المواد عبر مئات مهام الجمع في العقود الأربعة الماضية. وتشمل هذه سلالات برية فريدة وأقارب برية للحبوب، والبقوليات، والاعلاف تم جمعها من أقاليم من مختلف أنحاء العالم سجلّت فيها بعض أبكر ممارسات التدجين المعروفة للمحاصيل. وبما أن المحاصيل في هذه الأقاليم قد تطوّرت بصورة طبيعية مورثات منشودة قوية عبر آلاف السنين من البقاء والتكيّف والتطوّر، فإنها تشكّل مصدراً قيّماً لبرامج الاستنباط الدولية والوطنية التي تسعى لتطوير أصناف من المحاصيل تتحمّل تغيّر المناخ، والأمراض، والآفات، وأحوال الطقس القاسية.

الجدول 3: موجودات بنك الاصول الوراثية النباتية في إيكاردا

المحصول	المدخلات
شعير	24,975
قمح	34,227
حبوب برية	7,671
قرنيات غذائية	33,313
قرنيات غذاية برية	857
قرنيات علفية	28,469
العلف والمكمّلات	5,744
المجموع	135,259

يوجد اليوم في بنك الاصول الوراثية النباتية في إيكاردا أكثر من 133,000 مدخل، 65 في المئة منها سلالات برية فريدة وأقارب برية للحبوب والبقوليات والاعلاف، جمعت من المناطق البرية الجافة في جميع أنحاء العالم (الجدول 3). ويتوافر في بنك الاصول الوراثية النباتية ، الذي يضم أيضاً أكثر من 1450 مدخلاً من سلالات من الريزوبيوم، باعتباره سلعة عامة مجانية تحفظ مصادر المورثات وتتشاركها مع البلدان وشركاء البحوث في جميع أنحاء العالم. وفي حين ركزت جهود الجمع في الماضي على السلالات البرية والأقارب البرية من مناطق بيئية جغرافية متنوّعة، فمن المزمع أن تتوجّه أعمال الجمع في المستقبل نحو تحليل الفجوات، واستخدام الأدوات المستندة إلى أنظمة المعلومات الجغرافية، واستهداف السلالات ذات القيمة المرتفعة.

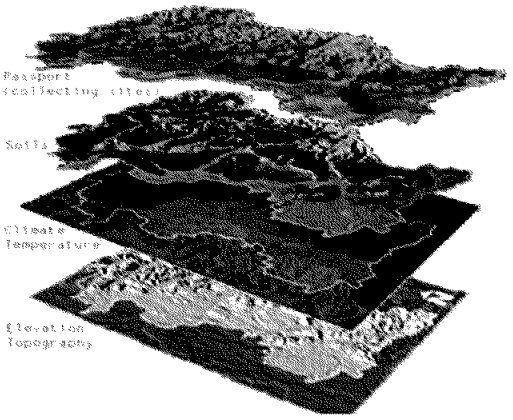
ii) البحث عن المورثات ذات الخصائص المنشودة

توزّع إيكاردا 25,000 مدخل في السنة بالمتوسّط على البلدان الشريكة والمنظمات المتعاونة الأخرى لتحديد السلالات ذات القيمة المرتفعة – وهي عملية تستغرق وقتاً طويلاً – بناء على التجربة والخطأ إلى حدّ كبير. وقد طرأ ابتكار علمي مؤخّراً، إستراتيجية التحديد المركّز للمادة الوراثية*، يتيح خياراً قوياً لإجراء بحث سريع في بنك الاصول الوراثية النباتية عن الخصائص المفيدة. وتستخدم هذه الإستراتيجية مزيجاً من الرياضيات المتقدّمة وعلم الوراثة النباتي لتحديد الخصائص الوراثية الملائمة لظروف

* طورتها شراكة إيكاردا مع معهد فافيلوف للصناعة النباتية في روسيا، وشركة بحث وتطوير الحبوب في أستراليا.

الزراعة المحلية بسرعة (الشكل 5)، وقد أصبحت أداة معينة ضرورية للباحثين والبلدان في استيلاد أصناف محسّنة بكفاءة شديدة، ما يوفر الوقت والتكلفة التي تنطوي عليها الطريقة التقليدية لتحديد المورثات المنشودة.

الشكل 5: إستراتيجية التحديد المركز للمادّة الوراثية



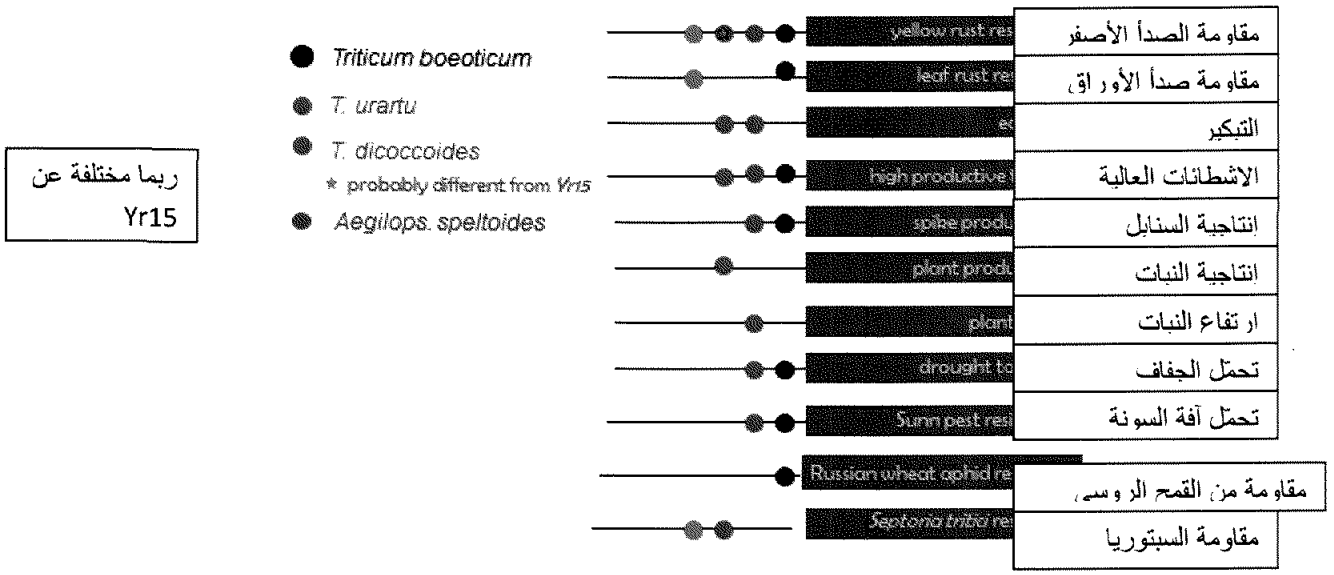
من المتوقع أن تحدث **إستراتيجية التحديد المركّز للمادّة الوراثية**، وهي أداة قوية للبحث بسرعة في بنوك الجينات الزراعية، ثورة في الاستجابة لتغيّر المناخ من أجل الأمن الغذائي في المناطق الجافة. وهي تتيح استهداف الخصاءص الوراثية للبذور ورفع جودة الاصناف في نهاية المطاف من أجل تحقيق الأداء الأمثل في الإجهادات السائدة محلياً في الأنظمة الزراعية.

iii) تحديد المورثات ذات الخصائص المنشودة من خلال التهجين الواسع الذي يشمل الأقارب البرية

تقدّم تقنيات التهجين للمربين في المنطقة العربية وسواها مساراً مبتكراً لتطوير اصناف جديدة بإدخال خصائص منشودة مستخلصة من نبات أم الى نبات أخر. ويمكن استغلال هذه التقنية لإنتاج مرودات مرتفعة ومستقرّة تقاوم أيضاً الأمراض والحشرات الرئيسية، وتتحمّل الجفاف، والحرارة، والملوحة، وتحتوي على خصائص مفيدة أخرى مثل زيادة نسبة العناصر الغذائية النادرة. ومن المتوقع أن يؤدي هذا النهج دوراً متزايد الأهمية في تعزيز الأمن الغذائي. على سبيل المثال، حققت إيكاردا نجاحاً كبيراً في تحديد تنوّع وراثي للقمح من خلال التهجين المتصالب (الشكل 6).

أدى التهجين المتصالب الواسع في برنامج تربية القمح الذي يشتمل على أقارب برية، وتحديداً *Triticumboeoticum*، و *T. uratu*، و*T. dicoccoides* ، و*Aegilopsspeltoides* إلى تحديد الخصائص المنشودة لرفع المردود، مثل الاشطائات العالية الإنتاجية، والسنابل المنتجة، بالإضافة إلى تحمّل الإجهادات اللاحيوية مثل الجفاف، ومقاومة الإجهادات الحيوية مثل الصدأ الأصفر وصدأ الأوراق، وآفة السونة، ومن القمح الروسي

الشكل 6: الخصائص المنشودة المحدّدة في القمح عبر التهجين المتصالب مع الأقارب البرية



2. المنجزات في مجال التحسين الوراثي للمحاصيل

i) تعزيز المردود المحتمل للمحاصيل

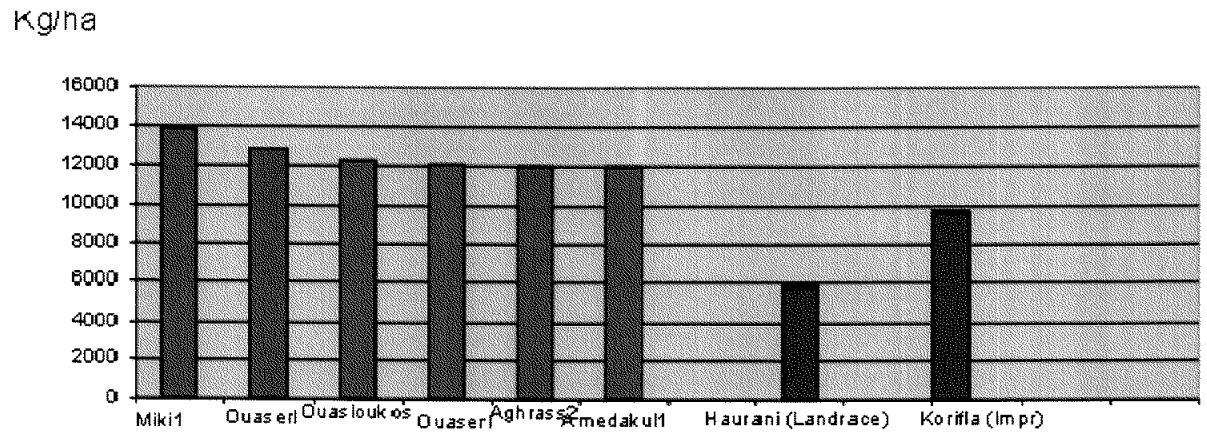
يجب أن يزداد الإنتاج العالمي للقمح 2 في المئة سنوياً حتى سنة 2020 لتلبية المطالب المستقبلية. لذا فإن تطوير نمط وراثي للقمح عالي المردود ويتسم بزيادة في كفاءة استخدام المياه، وتحمّل الحرارة، وجودة الاستخدام النهائي، والمقاومة الدائمة للأمراض والآفات، يعتبر حيوياً لتلبية هذه الحاجة. وقد طوّرت العديد من أصناف القمح المستنبطة العالية المردود، وهي شائعة في معظم أماكن الإنتاج في المنطقة العربية، وقد حققت عمليا نجاحاً ملحوظاً.

في العقود الثلاثة الماضية، أدت بحوث إيكاردا، بالتعاون مع أنظمة البحوث الزراعية الوطنية، إلى إطلاق وتوزيع أكثر من 900 صنف من الحبوب (القمح والشعير) والبقوليات (الحمص، والفول، والعدس، والجلبان، والبازيلاء) التي اعتمدها المزارعون الصغار في البلدان ذات الأراضي الجافة بمساعدة الأنظمة الوطنية للبحوث الزراعية في كل منها. ويشمل ذلك 111 صنفا محسّناً من القمح القاسي و230 صنفامحسّناً من القمح الطري أطلقت في البلدان النامية. وتوفر هذه الاصناف مردودات أعلى، وتحمّلاً أفضل للجفاف والحرارة والبرد والملوحة، ومقاومة محسّنة للأمراض والأعشاب الضارّة والحشرات. وتقدّر الفوائد الإجمالية للاصناف المحسّنة نحو 850 مليون دولار في السنة.

ارتفع المردود المحتمل للأنماط الوراثية للقمح الطري التي طوّرتها إيكاردا مؤخّراً، مثل الخطوط ذات النمط الوراثي أتيلا، إلى 11.1 طن/هكتار في مصر، في حين ارتفعت مردودات القمح القاسي بنحو 14 طناً للهكتار في اصناف مثل ميكي 1 (الشكل 7).

كغ/هكتار

الشكل 7: المردود المحتمل للأنماط الوراثية للقمح القاسي المطوّرة حديثاً



طوّر عدد من اصنافا البقوليات واعتُمد ت على نطاق واسع، وساهم في ارتفاع دخل المزارع وتحسين التغذية. وأطلق البرنامج الوطني المصري عشرين صنفا من الفول بالتعاون مع إيكاردا. زادت هذه الاصناف الإنتاجية ما بين 20% إلى 30% مقارنة بالاصناف المحلية أو المحسّنة. وعلى نحو مماثل، تراوحت أفضليات المردود للعدس والحمص الكابولي الكبير البذور بين 20% و30% مقارنة بالحمّص المحلي والأصناف المستنبطة المحسّنة الأخرى. وقد طوّر إيكاردا والعلماء الوطنيون الأتراك ضرباً من الحمص، غوكي، من نوع كابولي، ويتم زرعته اليوم في نحو 70% من المساحة المزروعة بالحمص فيتركيا التي تزيد على 550,000 هكتار. وهو يقدّم زيادة في المردود تبلغ 300 كغ/هكتار على الاصناف الأخرى، ما يحقق زيادة كبيرة في الإنتاجية والمداخيل.

ii) بناء قدرة المحاصيل على تحمّل الجفاف والحرارة والبرودة

بالنظر إلى التبعات المترتبة على تغيّر المناخ في البلدان العربية، تواجه الزراعة مزيداً من التغيّرات في الطقس والأحداث المتطرّفة مثل تزايد وتيرة الجفاف ودرجات الحرارة المتطرّفة، وبخاصة درجات الحرارة المرتفعة. لذا اكتسب بناء قدرة المحاصيل على تحمّل الإجهادات اللاحيوية، لا سيما تحمّل الجفاف والحرارة ، قيمة مرتفعة في تعزيز الأمن الغذائي ومساعدة البلدان في تكييف زراعتها مع تغيّر المناخ.

أظهر تطوير القمح التركيبي، عن طريق التهجين المتصالب للقمح الرباعي الصيغة الصبغية مع قريبه البري *Triticumurartu*، قدرة كبيرة على تحمّل الجفاف. وفي سنة 2007، أعطت خطوط القمح التركيبي 1.5 إلى 1.6 طن في الهكتار (الجدول 4) في سوريا عندما تعرض البلد لجفاف حادّ، مع أن 211 مم من المطر المتساقط لا تكاد تكفي لمحصول الشعير المتحمل. وتراوحت أفضلية مردود القمح التركيبي بين 15% و45% زيادة على الصنفين المستنبطين المحسّنين شام 6 وأتيلا 7.

إن نجاح الأصناف المستنبطة للقمح ذات المردود المرتفع والمقاومة لإجهادات الحرارة يظهر بوضوح في السودان حيث تحدّ درجات الحرارة المرتفعة كثيراً من إمكانية زراعة القمح. وقد جعل هذا الابتكار العلمي القمح محصولاً جذاباً في جنوب الخرطوم حيث حال إجهاد الحرارة سابقاً دون زراعته. اليوم تزرع اصناف القمح التي تتحمّل الحرارة وذات الموسم القصيرفي مشروع الجزيرة جنوب الخرطوم. كما أدخلت هذه الاصناف وقيّمت في نيجيريا في موسم سنة 2013/2012، وتبيّن أن ثلاثة اصناف منها عالية التكيّف وذات مردود محتمل واعد، وستوزّع على المزارعين بعد تثبيت مردود 6-8 أطنان في الهكتار.

الجدول 4: مردود "المشتقات التركيبية" مقارنة بالاب تحت إجهاد الجفاف (تل حديا، سوريا، 2008، المطر المتساقط نحو 211 مم)

الصنف الاب	المردود (طن/هكتار)	% للاب الراجع
شام 6*2/ق ت 2 (قمح تركيبي)	1.6	147
شام 6*2/ق ت 2 (قمح تركيبي)	1.5	138
شام - 6 (محسن)	1.1	100
أتيلا – 7 (محسن)	1.3	-

ثمة مثال آخر هو نجاح الحمص الشتوي الذي زُرع بمثابة محصول ربيعي في غرب آسيا وشمال أفريقيا. وطالما واجه الحمص الربيعي جفافاً شديداً لأنه يعيش على الرطوبة المتبقية. غيران الحمص الشتوي الذي يحتمل البرودة ومرض آفة أسكوكيتا يتجنّب الجفاف ويستفيد من المطر في الشتاء لمضاعفة إنتاجيته ومضاعفة مداخيل المزارعين.

iii) مكافحة الآفات والأمراض

للعلم دور أساسي في مكافحة الآفات والأمراض التي تعبر الحدود الوطنية لتظهر في مناطق لم تشهدها من قبل. ومن الأمثلة على ذلك سلالة جديدة من مرض صدأ الساق الذي يصيب القمح، تدعى Ug99، وتشكّل تهديداً للمعيشة الريفية والأمن الغذائي الإقليمي.

تم تحديد Ug99 في أوغندا في موسم النمو 1999/1998 وهو يشكّل تهديداً خطيراً لأنه يفتك بالنبات بأكمله تماماً، بدلاً من إصابة أجزاء منه بالعدوى. لا تساعد البيئة الحالية في المنطقة العربية كثيراًعلى ظهور Ug99. غير أن المناخ المتغيّر تجعل البيئات المحلية معرّضة لآفة Ug99 وتتيح انتشار أنواع عديدة من صدأ القمح بسرعة إلى مناطق لم تتأثر بها سابقاً، مما يزيد من صعوبة إدارة محاصيل القمح وحمايتها. بالإضافة إلى ذلك، أخذت تبرز أنواع جديدة من الصدأ، تفضّل المناخ الدافئ وتدفع إلى انتشار هذا المرض.

استنباط محاصيل مقاومة للأمراض والآفات

من طرق مكافحة الامرض استنباط أصناف أو سلالات مقاومة من القمح بغربلة المادة الوراثية واستنباط خطوط للمقاومة الدائمة (الشكل 8). يلقح العلماء النباتات بأبواغ الصدأ ويرصدون أي نمط وراثي يحقق أكثر نموّ متعافٍ للنبتة في مرحلتي البادرة والنبات الكامل. وجميع أصناف القمح المقاومة التي يتم إطلاقها الآن في المنطقة العربية تقاوم الصدأ المخطط أو الأصفر وصدأ الساق الأسود (سلالة Ug99). وقد تضاعفت هذه الأصناف المقاومة عبر برنامج اكثار البذور السريع ووزّعت البذور المقاومة على المزارعين عن طريق القطاع العام على الأغلب، مع أن القطاع الخاص يؤدي أيضاً دوراً مهماً في هذا الصدد.

من الأمثلة العديدة على الاستنباط د لمقاومة الامراض، أن أصناف القمح المستنبطة التي حسّنتها إيكاردا لمقاومة ذبابة هيس تضمن استقرار مردود المغرب من القمح. وذبابة هيس آفة مدمّرة كبرى للقمح في شمال أفريقيا وجنوب أوروبا وأميركا الشمالية وشمال كازاخستان. وقد منحت الأصناف المحسّنة للمزارعين المغاربة لمكافحة الذبابة هيس من خلال بيانات عملية في حقول المزارعين، إلى جانب مبادرات بناء القدرات التي تعلم المنتجين كيف يحدّدون الأمراض والآفات والوقت الأمثل لاستخدام مبيدات الآفات.

الشكل 8: أصناف محسنة من القمح مقاومة للأمراض

يظهر صنف القمح المقاوم لمرض الصدأ المخطط (الوسط) تحمّلاً ومحصولاً جيداً مقارنة بالاصناف التقليدية (الصفان الأيسر والأيمن)

صنف من القمح مقاوم لذبابة هيس

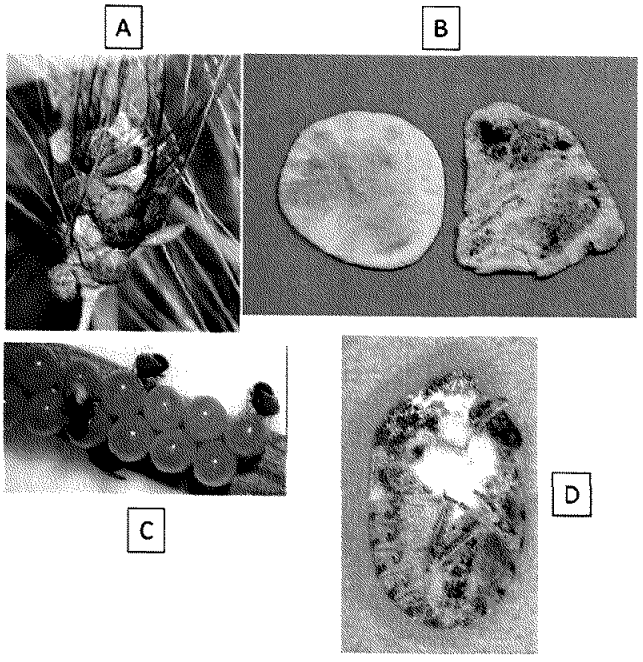
من الأمثلة الأخرى مبادرة إيكاردا في أثيوبيا لتطوير وتوزيع أصناف القمح العالية المردود والمقاومة للصدأ لحماية المزارعين الصغار من التأثير المدمّر لمرض الصدأ المخطط. فقد شلّ تفشّي المرض في سنة 2010 إنتاج القمح في البلد تاركاً الكثير من المزارعين من دون مصدر للرزق.

تظهر هذه الأمثلة الحاجة إلى استنباط محاصيل مقاومة للامراض وضرورة أن تستثمر البلدان العربية في مثل هذه البرامج. لا تحمي الاصناف المحسّنة المحاصيل فحسب، وإنما تزيد مداخيل المزارعين أيضاً من خلال ارتفاع المردود. لكن عندما يظهر نوع جديد من سلالة مرضية، فربما يستغرق استنباط صنف مقاوم لها عدة سنوات. لذا، من الضروري تزويد المزارعين بإستراتيجيات قصيرة المدى. ونتيجة لذلك تعمل إيكاردا عن كثب مع المزارعين في البلدان العربية وسواها لمراقبة تفشّي الصدأ وتطوير أجهزة إنذار مبكر. تطلق هذه الأنظمة الإنذار لبرامج الرشّ الفوري وهي ضرورية للتعامل مع التفشيات السريعة للصدأ.

الإدارة المتكاملة للآفات

تسبّب الآفات الحشرية تلفاً واسعا للمحاصيل في أنحاء عديدة من المنطقة العربية. والإدارة المتكاملة للآفات نهج ملائم للبيئة يجمع مجموعة واسعة من التقنيات للسيطرة على نمو أعداد الآفات ومنعها. وهو يشدّد على استخدام العمليات الزراعية والبيولوجية، ولا يدعم الاستخدام المستهدف لمبيدات الآفات إلا عندما تستنفد الطرق البديلة الأخرى. وهذه الإدارة غير مكلفة ولا تهدّد الأنظمة البيئية الزراعية القائمة.

من الأمثلة آفة السونة التي تؤثر على 15 مليون هكتار من القمح في غرب آسيا وآسيا الوسطى، وأوروبا الشرقية سنوياً. تؤدّي الاصابة الحادّة إلى خفض مردود القمح ما بين 50 و90 في المئة في بعض المناطق. وبموجب برنامج إيكاردا للإدارة المتكاملة للآفات، يركز الباحثون على عدة مكوّنات، مثل مكافحة آفة السونة في مواقع التشتية، واستخدام الفطر القاتل للحشرات في هذه المواقع، والمحافظة على طفيليات البيضي وتشجيعها، والمقاومة الوراثية في المرحلة الخضرية (الشكل 9).



الشكل 9: آفة السونة في القمح وخيارات الإدارة المتكاملة للآفات لمكافحة المرض

أ: آفة السونة تهاجم سنبلة قمح

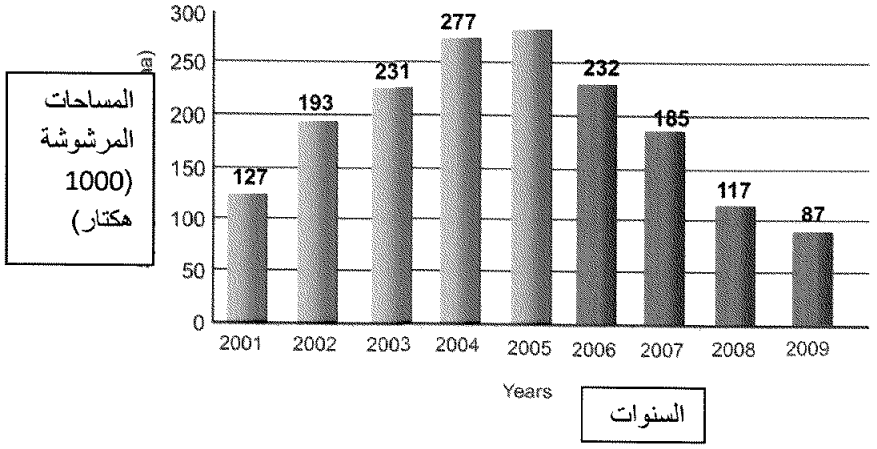
ب: رغيف خبز من قمح معافى (يسار) ومن قمح متأثر بآفة السونة (يمين)

ج: طفيليلاتٍ تتغذى على بيوض لآفة السونة

د: فطر (الميسيليوم) يقتل حشرة

باستخدام الإدارة المتكاملة للآفات، تعمل البيوض والفطر بمثابة عوامل سيطرة حيوية، وتوفر طريقة ملائمة للبيئة وقليلة التكلفة للسيطرة على الآفة.

إن استخدام الأعداء الطبيعية (الطفيليات التي تهاجم بيوض آفة السونة) يقلل أعداد الآفات من دون حاجة إلى جرعات مفرطة من مبيدات الآفات، ما يقلل التكاليف على المزارعين ويحمي البيئة. وقد ساعدت بحوث إيكاردا بشأن آفة السونة في تغيير السياسات الوطنية في غرب آسيا. فحلت التطبيقات الأرضية محل الرش الجوي المدعوم من الحكومات في أكثر من ثلاثة ملايين هكتار. كما طبقت "عتبات اقتصادية" مخفضة مما أحدث خفضاً كبيراً في استخدام مبيدات الآفات (الشكل 10)



الشكل 10: انخفاض المساحة التي ترشّ لمكافحة آفة السونة في سوريا منذ سنة 2005، ما يوفر على المزارعين تكاليف مبيدات الآفات الباهظة الثمن (إيكاردا)

ب) زيادة إنتاجية المياه وتمكين الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية في المناطق الجافة

تعتبر الزيادات المستدامة لإنتاجية المياه – على مستويي المزارع والأحواض – من الاهتمامات الكبرى في البلدان العربية. وتشكّل مشاركة المجتمع جزءاً لا يتجزّأ من مساعي إدارة المياه، إلى جانب الاستخدام الكفء للموارد واستخدام التقنيات التي تزيد إنتاجية المياه.

أظهرت عدة تقنيات ونُهج مبتكرة بالبيان العملي أنها تحسّن إنتاجية المياه تبعاً لنوع النظام البيئي الزراعي في الأراضي البعلية والمروية والهامشية. وتشمل هذه:

- تحديث أنظمة الري وتحسين كفاءة الري السطحي
- تعديل أنماط زراعة المحاصيل لتعزيز إنتاجية المياه والدخل
- الري التكميلي (الأنظمة والإدارة)
- مجمعات المياه الكبرى والصغرى (فاليراني وأنواع أخرى)
- الري الناقص لإدارة الماء في المناطق الشحيحة المياه
- الإدارة المتكاملة لمساقط المياه

أدت النهج الأخرى لإنتاج الكثير من القليل إلى ابتكارات ذات تأثير مرتفع، فزادت مداخيل المزارعين الصغار في المناطق الجافة واستحدثت عائدات جديدة لهم. في ما يلي بعض الأمثلة.

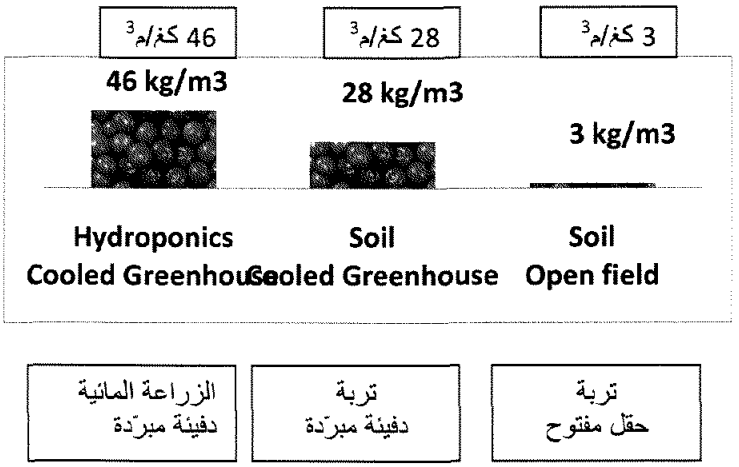
1. استغلال المياه الرمادية للري

أنجز إيكاردا والمركز الوطني للبحوث والإرشاد الزراعي في الأردن مشروعاً لتطوير التدخلات القائمة في المجتمع وتعزيزها من أجل الاستخدام المنتج للمياه الرمادية. والمياه الرمادية هي مخرجات مياه الاستحمام والمغاسل والمصارف الأرضية والغسّالات التي يمكن استخدامها في ري النباتات بقليل من المعالجة أو من دونها. وقد ركز المشروع على هذه المياه الرمادية باعتبارها مورداً بديلاً للري في الحدائق والمزارع الصغيرة. ونتيجة لهذا المشروع، ركب حتى الآن 13 وحدة لمعالجة المياه الرمادية في محافظة مادبا في الأردن. وزارت مجتمعات أخرى موقع المشروع لتتعلم المزيد عن وحدات معالجة المياه، وسيتم نقل هذه التقنية إلى لبنان وفلسطين.

2. استخدام القليل لإنتاج الكثير في الزراعة بلا تربة

أنظمة الإنتاج بلا تربة وسيلة مثبتة وعالية الكفاءة لتحسين إنتاجية المياه والسماد ضمن بيئة محمية. وقد ركزت إيكاردا وشركاؤها على إدخال أنظمة الزراعة بلا تربة، بما في ذلك في شبه الجزيرة العربية. المياه الشحيحة تحدّ كثيراً من الزراعة في شبه الجزيرة العربية، لكن المزارعين زادوا مردوداتهم وإنتاجية المياه 50 في المئة في المتوسّط باستخدام "حزم" تقانة الزراعة المحمية والزراعة المائية (الزراعة بلا تربة).

بالإضافة إلى ذلك، عمل علماء إيكاردا مع المزراعين الصغار في عمان والكويت وقطر ودولة الإمارات العربية المتحدة لإدخال تقنيات زراعة بلا تربة بسيطة ومثلى لإنتاج محاصيل ذات قيمة عالية مثل الخيار، والطماطم، والفراولة، والخس، إلخ. وبالجمع بين ابتكارات مثل تصميم الدفيئة المحسّن لتحمّل درجات الحرارة المرتفعة، وممارسات الإدارة المتكاملة للآفات التي تخفّض استخدام مبيدات الآفات المضرّة، وأنظمة الزراعة المائية مع أنظمة المياه الأوتوماتيكية والمغذّيات النباتية، تمكّنت المبادرات البحثية من تعظيم الإنتاجية لكل وحدة ماء وأرض في الزراعية المحمية (الشكل 11).



الشكل 11: إنتاجية المياه للطماطم في أنظمة الإنتاج المائية

شجّعت العائدات الكبيرة عمان ودولة الإمرات العربية المتحدة وقطر والبحرين على تنفيذ سياسة تحفيز لتشجيع المزارعين على التحوّل من زراعة التربة التقليدية إلى الزراعة بلا تربة واعتماد الإنتاج المتكامل وتقنيات إدارة الآفات.

3. زيادة إنتاجية المياه عبر ري الأحواض المرتفعة

الأحواض المرتفعة ممارسة زراعية قديمة في مصر تتسم بالكفاءة والعديد من فوائد المحافظة على البيئة. فهي تخفّض تطبيق الماء على الأرض، ما يقلّل فقد الماء بالتسرّب. وينتج عن ذلك تهوية جيدة للجذور، واستخدام كفء للسماد، والسيطرة بسهولة على الأعشاب الضارّة. غير أن المزارعين الصغار واجهوا تاريخياً صعوبة في الاستفادة من هذه التكنولوجيا لأن الآلات اللازمة للزراعة في الأحواض مكلفة ولا تلائم الأراضي المجزّأة.

طوّر علماء إيكاردا مؤخّراً، بالشراكة مع الأنظمة الوطنية للبحوث الزراعية، تكييفاً مبتكراً للآلات المطلوبة للزراعة في الأحواض المرتفعة. وقد أخذ ذلك يغيّر اللعبة عند المزارعين الصغار في منطقة دلتا النيل في مصر. أدّت زراعة القمح في الأحواض المرتفعة إلى توفير 24 في المئة في مياه الري، وزيادة 34 في المئة في مردود القمح، وتحسّن بمقدار 78 في المئة في كفاءة استخدام الماء لدى المزارعين في محافظة الشرقية (الشكل 12). وبالنظر إلى البساطة والنتائج المثيرة للإعجاب، فقد اكتسبت هذه التكنولوجيا زخماً بسرعة في مصر ونقلت أيضاً إلى بلدان مثل السودان وإثيوبيا ونيجيريا والعراق والمغرب.

الشكل 12: أدى ري الأحواض المرتفعة في مصر إلى توفير 24% من مياه الري وزيادة 34% في مردود القمح

ج) إدارة الملوحة لتعزيز الأمن الغذائي

يؤثر تراكم الأملاح في الأرض الزراعية في العالم، لكنه أشدّ حدّة في المناطق الجافة. تؤثر الملوحة سلباً على مردودات المحاصيل، فتضرّ بمدخول المزارعين أو تجبرهم على ترك أراضيهم. لكن لسوء الحظّ هناك إستراتيجيات محدودة لخفض الملوحة أو إدارتها في العديد من البلدان المتأثرة. وتقوم إيكاردا، عبر شراكاتها الإستراتيجية مع مصر والعراق وإيران، بوضع إستراتيجيات معالجة تستند إلى البحوث للمزارعين ومدراء المياه الذين يتعاملون مع تزايد ملوحة التربة.

الملوحة منتشرة جداً في بعض أنحاء العراق بحيث يعتبر تأثيرها على الأنظمة الزراعية عاملاً تقييداً رئيسياً للإنتاجية الزراعية. وقد تناول بحث إيكاردا في سهل ما بين النهرين في العراق المشاكل الناجمة عن محدودية توافر المياه، وتأثر مياه الري بالملوحة، وممارسات الري القديمة التي تؤدي إلى تراكم الملح في التربة والمياه الجوفية. حدّد البحث عدداً من التوصيات لمعالجة تملّح التربة من أجل ضمان الأمن الغذائي في المستقبل. ونصح على وجه التحديد بتحسين منشآت التصريف باعتبارها الخطوة الأولى لضمان تمكّن المزارعين العراقيين من مواصلة الإنتاج بنجاح. كما طوّرت إيكاردا نهجاً مبتكراً لوضع نماذج للملوحة ورسمها باستخدام الاستشعار من بعد والمسح الميداني، ما يساهم في القرارات الإدارية المتعلّقة بمكان تطوير الزراعية في البلد.

د) تعزيز الزراعة المستدامة عبر الزراعة الحافظة

الزراعة الحافظة هي ممارسة عدم حرث الأرض الزراعية وترك بقايا المحصول في الحقل لتحسين خصوبة التربة والمحافظة على الماء. في الأنظمة البيئية الزراعية الجافة في العالم، يمكن أن تعود الزراعة الحافظة بفوائد مباشرة على المزارعين الصغار، لا سيما في المناطق الزراعية الهامشية للبلدان المنخفضة الدخل. ثمة عاملان لازمان لنجاح اعتماد الزراعة الحافظة في الأراضي الجافة وهما التقنيات الملائمة وبيئة السياسات المواتية. ولكي تحدث الزراعة الحافظة تأثيراً في البلدان العربية، لا بدّ من إحداث تغيير في مفاهيم صنّاع القرار بشأن فوائد هذه التقنية. وتركز إيكاردا على إظهار فوائد الزراعة الحافظة مباشرة أمام المجتمعات. ونتيجة لذلك، فإن المزارعين الذين يتحوّلون إلى الزراعة بلا حرث لا يعودون إلى الحراثة إلا نادراً.

أظهر العمل الذي تجريه إيكاردا وشركاؤها، لا سيما في سوريا والعراق، انخفاضاً كبيراً في تكاليف المزارعين الصغار الذين يعتمدون عدم الحرث والبذر المبكر في البلدان النامية وزيادة في مكاسبهم. وبناء على نتائج التجارب في الحقل وخبرات المزارعين، فقد أثبتت الزراعة الحافظة زيادة الدخل من القمح بما يصل إلى 200 دولار/هكتار في سوريا و300 دولار/هكتار في العراق (الشكل 13).

الشكل 13: تشجيع الزراعة الحافظة من خلال البيان العملي وابتكار بذارة بلا حرث منخفضة التكلفة مصنوعة محلياً.

قمح ينمو على بقايا المحصول

هـ) تعزيز الإنتاجية الزراعية وتحسين المعيشة في الأراضي الهامشية

إن تكامل المحاصيل والثروة الحيوانية عنصر حاسم في أنظمة زراعة الأراضي الجافة يسمح بالاستغلال المشترك للموارد المتاحة. وقد طوّرت إيكاردا وشركاؤها طائفة من الطرق وصقلوها للتكامل الفعّال لأنظمة إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية والمراعي.

تشمل هذه:

- إنتاج الشعير بزراعته في ممرات بين صفوف من الشجيرات
- إنتاج العلف في المزارع
- مجموعات علفية تنتج من المنتجات الجانبية للصناعة الزراعية
- صبّار عديم الشوك وشجيرات للعلف
- تعزيز المراعي الطبيعية وإدارة المراعي
- زيادة إنتاجية الحيوانات: صحة الحيوانات وتغذيتها، والاستخدام الأفضل للموارد الوراثية بما في ذلك السلالات البرية، وتحسين إدارة القطعان، وتحسين الوصول إلى الأسواق والمنتجات
- إعادة تأهيل المراعي المتردّية وتحسين إدارة الرعي

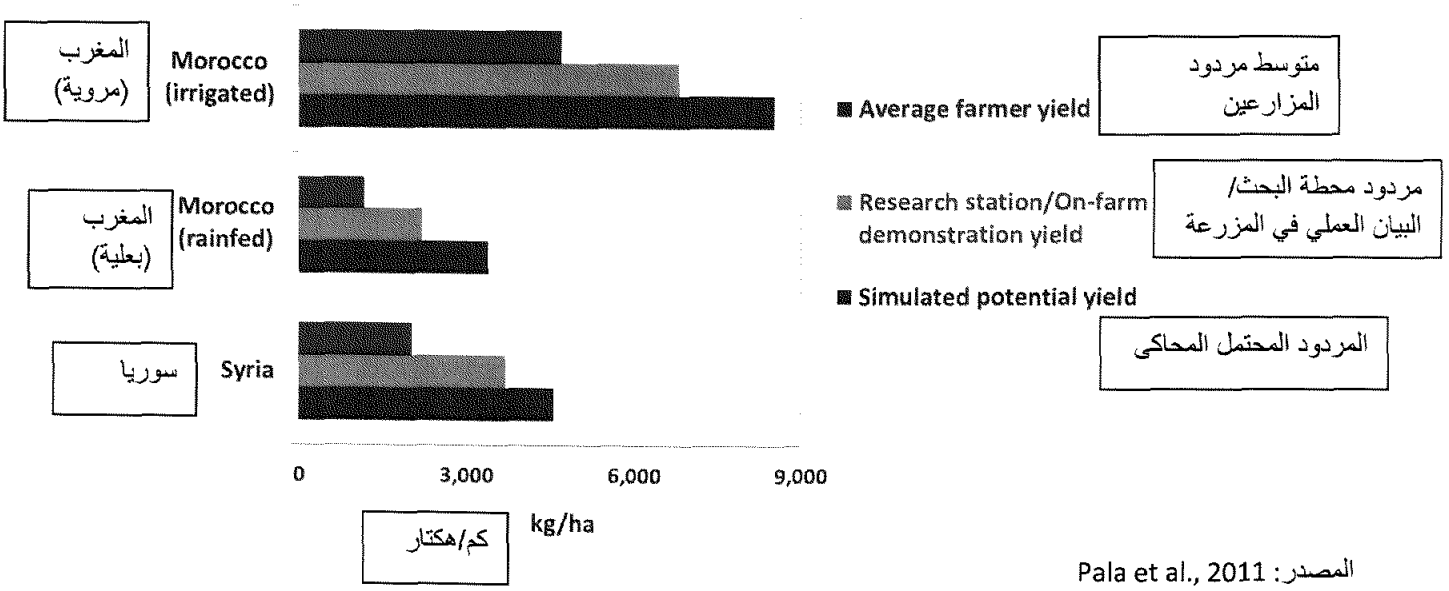
السلالات البلدية من الحيوانات المجترة الصغيرة مكوّن مهم في هذا النظام المتكامل للإنتاج ويتميّز بالقدرة العالية على التكيّف مع التغيّرات التي تطرأ على البيئة. وقد أثمرت سنوات من البحوث في إيكاردا عن وصف كامل لجميع سلالات المجترّات البلدية في آسيا الوسطى وغرب آسيا وشمال أفريقيا، وهي متاحة مجاناً بمثابة مصدر دولي.

تعتبر إنتاجية المياه قضية أساسية أيضاً في أنظمة المحاصيل والثروة الحيوانية. وقد طوّرت تقنيات لتعزيز إنتاجية المياه لإنتاج العلف عن طريق اختيار العلف، واستخدام المخلفات المتبقية، وإدارة مياه التغذية، والاستخدامات المتعدّدة للمياه. وكيّفت الأنظمة التقليدية مع الممارسات الأكثر استدامة، مثل تكييف نظامي "الطابية" و"الجسور" في تونس لإدارة حصاد الماء والمساقط المائية. ويمكن أن تساعد تعديلات أخرى في خفض الضغط عن المراعي، مثل أنظمة الشعير/الثروة الحيوانية والنظر في المراعي/الثروة الحيوانية مقابل التغذية المحصورة.

V. فرصة سدّ فجوة المردود لتعزيز الأمن الغذائي

يشير تحليل فجوة المردود بين متوسّط مردودات المزارعين وتجارب البيانات العلمية في محطات البحث إلى وجود فرصة كبيرة لزيادة الإنتاجية في البلدان العربية. وباستخدام إنتاج القمح في المغرب وسوريا كمثال، تم حساب متوسّط فجوة المردود بنحو 45 في المئة للأنظمة المروية في المغرب و82 في المئة للأنظمة البعلية في سوريا (الشكل 14).

الشكل 14: تحليل فجوة مردود القمح في المغرب وسوريا (1995 – 2004)

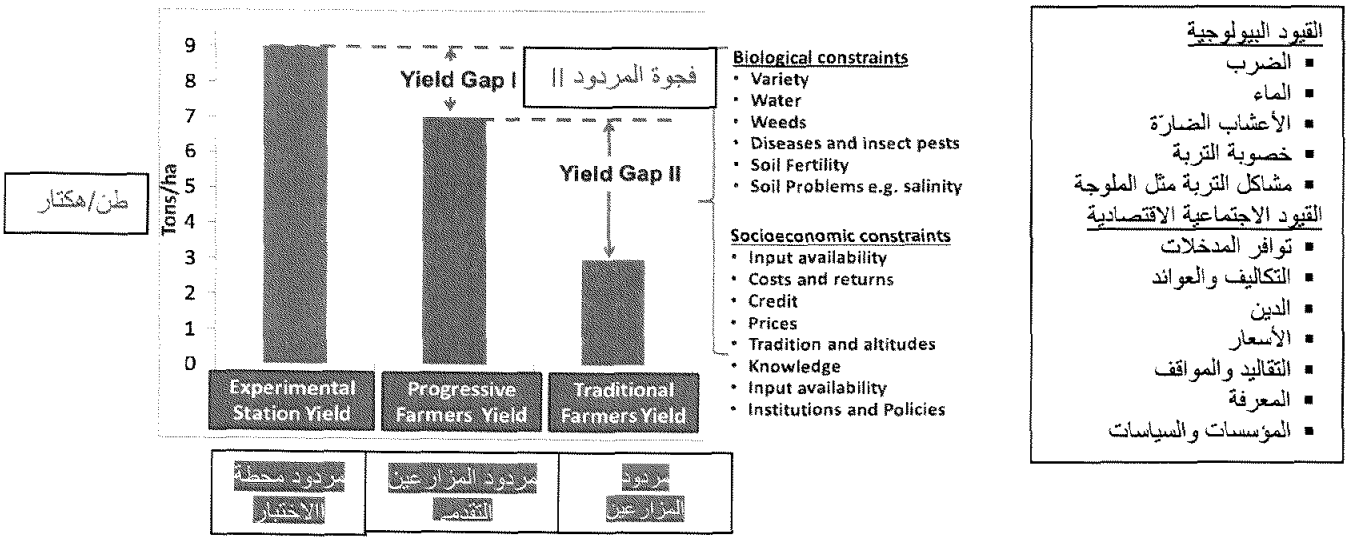


المصدر: Pala et al., 2011

إن فهم الأسباب التي تقف خلف فجوة المردود خطوة مهمة لتحديد أفضل الحلول الملائمة وسدّ الفجوة بنجاح. وبناء على بحوث إيكاردا، فقد يكون للفجوة بين المردود المحتمل والمردود الفعلي عدة أسباب كما يبين الشكل 15. لذا تشمل الإستراتيجيات الرئيسية لخفض فجوات المردود:

- زيادة كفاءة نقل التقانة
- استخدام الممارسات الموصى بها: تاريخ البذار، ومعدّل البذار، ومقدار السماد، الدورة الزراعية، واستخدام آلات المزرعة الملائمة، و إدارة الأمراض والآفات
- الاستهداف الملائم للاصناف وفقاً لمنطقة الإنتاج
- توافر المدخلات في الوقت المناسب: البذور النوعية، والمياه، والأسمدة
- التدخّل الحكومي وسياسات تقوية توافر المدخلات وتسويق المحاصيل

الشكل 15: تحليل فجوة مردود القمح في تونس



النهج المتكامل لتحسين الإنتاجية
تعظيم المردود من الحبوب
دراسة حالة

في سوريا، تم الجمع بين استخدام أصناف القمح المحسّنة التي أطلقها البرنامج الوطني بالتعاون مع إيكاردا مع الإدارة المحسّنة للمياه، وتوفير المدخلات في الوقت المناسب، والسياسات الملائمة. وأدخل الري التكميلي باعتباره جزءاً من الحزمة الزراعية في المناطق البعلية حيث المياه عامل مقيّد.

ارتفعت مردودات القمح على المستوى الوطني من 1.25 طن/هكتار في الظروف البعلية إلى 3 طن/هكتار نتيجة الري التكميلي. والدعم الملائم للتحوّل المواتي في السياسة الوطنية، ارتفع الإنتاج السنوي للقمح القاسي في سوريا أربعة اضعاف في 28 سنة من دون زيادة كبيرة في مساحة الأرض المزروعة بالقمح، ما أدى إلى تعزيز الأمن الغذائي على المستويين الأسري والوطني.

تعادل هذه الزيادة في الإنتاج زيادة سنوية في المداخيل الوطنية بنحو 350 مليون دولار.

تطوّرت سوريا الآن من بلد مستورد للقمح إلى بلد مصدّر. ومن المثير للاهتمام، وخلافاً لتجربة العديد من البلدان الأخرى (حيث المزارعون الكبار هم أكثر المستفيدين)، شملت فوائد هذه البحوث في سوريا جميع المزارعين – الصغار والمتوسطين والكبار.

تظهر قصة النجاح هذه إمكانات النهج المتكامل – تحسين المحاصيل مع إدارة الموارد الطبيعية في بيئة سياسات تمكينية – في تحويل الأمن الغذائي الوطني.

VI. الدور الحيوي للشراكات

أثبتت عقود من البحوث الزراعية الإمكانات التحويلية للعلم والتقانة. والسؤال الكبير هو كيف يمكن تحقيق إمكانات التقنيات المتاحة ومواصلة التقدّم الضروري جداً لمجاراة احتياجات العالم السريع التغيّر. يكمن مفتاح ذلك في إقامة الشراكات البحثية الفعّالة التي تتيح للفاعلين استغلال المصالح المشتركة بالإضافة إلى التكامل معاً لتحقيق أوسع المكاسب.

أ) الشراكات بين أصحاب العلاقة لربط البحوث بالتنمية

للاستفادة الكاملة من التقدّم في العلم والتقانة، يجب ربط البحوث بالتنمية. ويعتبر استيعاب تقنيات الزراعة الجديدة وتعميمها على المجتمعات حيوياً لتحقيق أبلغ الأثر والمنافع، مما يحتاج إلى إقامة شراكة فعّالة بين جميع أصحاب العلاقة.

لضمان نجاح مبادرات البحث من أجل التنمية ، وجدت إيكاردا أن الطريقة الأكثر فعّالية هي الشراكة مع المراكز الوطنية للبحوث الزراعية، والجامعات المحلية، والمؤسسات البحثية، ومجموعات المزارعين. يعمل البرنامج الإقليمي لشبه الجزيرة العربية، بدعم من الصندوق العربي للتنمية الاقتصادية والاجتماعية والصندوق الدولي للتنمية الزراعية، بمثابة مثال يحتذى به حيث تُعتمد مخرجاته لتعميمها على البلد بأكمله وتحقيق تحسين كبير في معيشة المزارعين من خلال الشراكات القوية. ويعمل علماء إيكاردا يداً بيد مع المراكز الوطنية للبحوث الزراعية لسبعة بلدان مستفيدة، والجامعات المحلية، والمؤسسات البحثية ومجموعات

المزارعين التجريبية لتطوير حزم التكنولوجيا وبيانها عملياً والتحقق منها لتحسين المعيشة الريفية وتعزيز الممارسات المستدامة عن طريق تعظيم كفاءة استخدام المياه – وهو مقياس أساسي للأداء في المنطقة الشحيحة جداً بالمياه.

من النجاحات العديدة للشراكة أن البرنامج الإقليمي لشبه الجزيرة العربية حدّد الأعلاف المحلية العالية الكفاءة في استخدام المياه، مثل عشب بافل ويروّج له للحلول محل العلف الذي تشيع زراعته. ومع أن ذلك يمكن أن يخفض متوسّط الماء المطلوب إلى النصف، فإن المزارعين يشهدون أيضاً زيادة في إنتاج العلف. ففي عمان، يوفر المزارعون 55 في المئة من الماء باعتماد عشب بافل مكان عشب رودس الشائع. وفي دولة الإمارات العربية المتحدة، يوفر المزارعون 850 م^3 تقريباً من الماء لكل طن من المادة الجافة المنتجة مقارنة بعشب رودس، ما يترجم إلى زيادة سنوية متوسطة تبلغ 545 دولاراً للهكتار. وبالتالي قرّرت دولة الإمارات العربية المتحدة حظر زراعة عشب رودس واستبدلت به عشب بافل العالي الكفاءة في استخدام المياه ، وقدّمت قروضاً ميسّرة للمزارعين مع منح تحفيزية داخلية مماثلة. وعلى نحو مماثل، تقوم عمان والإمارات وقطر والبحرين بإدخال حوافز لتشجيع استيعاب حزمة تقنية الزراعة بلا تربة التي تثبّتت منها المبادرة ونشرتها (القسم V. ب)

ب) الشراكات الثنائية والمتعددة الأطراف لإجراء بحوث واسعة النطاق وتحقيق فوائد واسعة النطاق

يعدّ العمل في شراكات ثنائية ومتعدّدة الأطراف بغية دعم البحوث الواعدة ذا قيمة كبيرة للبلدان المشاركة والمنطقة لأنه ينشئ التعاون بين العلماء في التصدّي للتحديات المتماثلة والسعي لإيجاد حلول تقنية للأمن الغذائي.

يعتبر مشروع الأمن الغذائي في البلدان العربية المدعوم من الصندوق العربي للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، والصندوق الكويتي للتنمية الاقتصادية، وبنك التنمية الإسلامي مثالاً على تأثير مثل هذه الشراكات ويقدّم بمثابة دراسة حالة في هذا الفصل.

من الأمثلة الأخرى على مثل هذه الشراكة مبادرة إيكاردا للمياه وتحسين مستوى المعيشة. أنشأت هذه المبادرة إيكاردا، والمراكز الوطنية للبحوث الزراعية في سبعة بلدان في المنطقة العربية، والوكالة الأميركية للتنمية الدولية، وهي تقدّم فرصة فريدة لبلدان الأراضي الجافة للاجتماع معاً للتصدّي للبحوث الواسعة النطاق اللازمة لتطوير الحلول لتردّي الأرض وندرة المياه.

مبادرة المياه وتحسين مستوى المعيشة مبادرة معيارية قائمة على الموقع تطوّر التقنيات وتختبرها في موقع واحد ثم تعمّمها على أنظمة بيئية زراعية مماثلة ضمن مواقع الشراكة. ويضمن التعاون العلمي إتاحة مجموعة قوية من البيانات والتحليل من مختلف الأنظمة لتقييم تأثيرات تقنيات إدارة الأرض والمياه وملاءمتها للتعميم على الأنظمة البيئية الزراعية المماثلة.

تقوم المبادرة بوضع إستراتيجية متكاملة للمياه واستخدام الأرض وتحسين مستوى المعيشة في أنظمة إيكولوجية زراعية مختلفة – تستهدف الأراضي البعلية في لبنان، وتونس، وسوريا، والمروية في اليمن والعراق، وتونس، ومصر، والمراعي في الأردن

وفلسطين - واختبارها تجريبياً. واعتباراً من سنة 2012، استكشف فريق المبادرة 40 تقنية مختلفة للإدارة المستدامة للأرض والمياه في مواقع معيارية. بعض هذه التقنيات لا يزال في مرحلة التجربة، في حين أن تقنيات أخرى، مثل ري الأحواض المرتفعة الذي اختُبر في مصر وقدّم بيانا عملياً قوياً للنتائج، في طريقه للتعميم في العراق، والسودان، وتونس، وإثيوبيا. وفي إستراتيجية أخرى لتحسين معيشة المزارعين، تختبر المبادرة أساليب محسّنة للزراعة المحمية وتتثبّت منها من أجل تحقيق إنتاجية المياه القصوى في المواقع المعيارية في العراق.

ج) الشراكات بين القطاعين العام والخاص باعتبارها عوامل تحفيز وتمكين

غالباً ما تعمل الشراكات بين القطاعين العام والخاص بمثابة عوامل محفزة، وتشكّل في بعض الحالات عامل التمكين الرئيسي لتجاوز الميل الأخير في تعميم التقنيات وإحداث تغيير رئيسي. يقدّم هذا النهج حلاً يكسب فيه الجميع بالمساعدة في التوفيق بين الاحتياجات العامة والخاصة لدفع المشاريع الحيوية إلى الأمام، وفي نشر التقنيات الجديدة.

على سبيل المثال، كشفت بحوث إيكاردا أن الاستفادة المنخفضة من ممارسات الزراعة الحافظة للموارد في بلدان آسيا الوسطى، وغرب آسيا، وشمال أفريقيا ترجع إلى أن البذّارات بلا حرث غير متكيّفة مع الاحتياجات المحلية وغير محتملة التكاليف. فالبذّارات المصنوعة في البرازيل أو أوروبا أو أميركا الشمالية تكلّف بين 30,000 و60,000 دولار، ولا تلائم زراعة الأراضي الصغيرة.

للخروج من عنق الزجاجة، شاركت إيكاردا مصنّعي الماكينات المحليين في شمال سوريا وشمال العراق والأردن لتكييف البذّارات التقليدية في السوق مع آلية الزراعة بلا حرث بحيث يحتمل المزارعون الصغار تكاليفها. قبل المشاركة في هذا المشروع، لم يكن الصناعيون المحليّون يعرفون تكنولوجيا الزراعة بلا حرث. عمل علماء من إيكاردا وجامعة ساوث ويلز في أستراليا مع مصنّعي الماكينات الزراعية المحليين لتطوير وإنتاج نموذج أولي طوله 3.6 أمتار. واختُبرت البذّارة المحوّلة للزراعة بلا حرث في محطة مرو للبحوث التابعة لإيكاردا في إربد (الأردن) في موسم 2013/2012 وجاءت النتائج واعدة. وهكذا إلى جانب نقل الممارسات المستدامة للمزارعين، هيّأت الشراكة مصدراً جديداً للإيرادات للصناعيين المحليين، ما يستحدث وظائف جديدة لإصلاح الماكينة وصيانتها.

ركّزت شراكة أخرى بين إيكاردا وشركة إمبلسورا أغريكولا المكسيكية (إياسا) على تحويل الشعير الى مولت لتعزيز دخل من يفتقرون إلى الموارد. ومن خلال برنامج تحسين الشعير، تسلّم إيكاردا لإياسا أنماطاً وراثية متقدّمة من الشعير الذي يحظى بأفضل الإمكانات للتكيّف مع الظروف المكسيكية. وتختبر إياسا هذه الأنماط الوراثية لجودة التصنيع الى مولت وتقدّم البيانات إلى إيكاردا لتشارك المولت العالي الجودة مع شركاء وطنيين مثل إثيوبيا حيث تنتج النساء الريفيات الخمائر المحلية. ومن خلال هذه الشراكة

مع إياسا، تسعى إيكاردا لاستغلال فرصة بحث جديد لتحسين شعير المولت، وفي الوقت نفسه زيادة مداخيل الريفيات والمزارعين في المناطق الجافة.

VII. الخلاصة

تقدّم أدوات وموارد العلم والتقانة القائمة القدرة على زيادة الإنتاج في البلدان العربية، لكن يجب أن تكون الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية حجر الأساس في الممارسات الزراعية في الإنظمة البيئية الزراعية الهشّة في المنطقة.

ويجب التشديد على ما يلي:

- تمكين بيئة السياسات والدعم السياسي
- الاستثمار في العلم والتقانة، وبحوث تحسين القمح، وإدارة المحاصيل
- الاستثمار في التنمية الزراعية
- التكثيف المستدام لأنظمة إنتاج القمح
- تحسين إدارة المياه والأسمدة
- أنظمة الإنتاج والتسليم الفعّال للبذور، الرسمية وغير الرسمية
- توسيع آليات نقل التقانة وتفعيلها
- تطوير القدرات والدعم المؤسسي
- الشراكات المبتكرة والتشبيك

كثير من المزارعين الصغار في المنطقة عالقون في شرك حلقة دائمة من الفقر، وضعف مردود المحاصيل، وندرة الموارد الطبيعية، والافتقار إلى السياسات والمؤسسات الداعمة. كما أن التزايد السكاني السريع وقابلية التعرّض لمخاطر تغيّر المناخ، التي تزيد كثيراً عما هو قائم في أنحاء أخرى من العالم، ستستمر في مفاقمة التحدّيات التي تواجهها المجتمعات المحلية. ونتيجة لذلك، يعتبر الاستثمار في العلم والتقانة لدعم التنمية الزراعية في البلدان أمراً حاسماً.

غير أن فائدة العلم والبحث ترتبط ارتباطاً وثيقاً بقوة الشراكات. واستناداً إلى تجربة ثلاثة عقود، فإن الشراكات الإستراتيجية بين البلدان العربية، وبينها وبين سائر العالم، تشكّل عاملاً حاسماً لنجاح البحوث من أجل التنمية. وتتيح مثل هذه الشراكات ربط البحوث بالتنمية، وتواصل العلماء بشأن التحديات الكبرى من أجل استمرار التقدّم وفائدة جميع أصحاب العلاقة – المزارعين والمجتمعات الريفية والبلدان على العموم.

المراجع

Beintema, N. M. and H.M. Faki. 2003. Sudan. ASTI. Country Brief No.11. Washington, D.C.: IFPRI, ISNAR and ARC

Beintema, N. M., A. N. Fardous, and J. Alrusheidat. 2006. Jordan. ASTI. Country Brief No. 36. Washington, D.C.: IFPRI and NCARTT and Beintema, N. M., M. Jamal and M. Mohammad. 2006. Syria. ASTI. Country Brief No. 35. Washington, D.C.: IFPRI and GCSAR

Beintema, N.M. and G.J. Stads. 2008. Measuring Agricultural Research Investments a Revised Global Picture. ASTI Background Note. Washington D.C.:IFPRI

Casas J., M. Solh and H. Hafez. 1999. The national agricultural research systems in the West Asia and North Africa region. Aleppo, Syria: ICARDA, FAO, AARINENA, and CIHEAM

Deininger, Klaus, and Derek Byerlee. Rising Global Interest in Farmland: Can it yield sustainable and equitable benefits? The World Bank, 2011.

FAO. 2002. World Agriculture: Towards 2015/2030.http://www.fao.org/docrep/004/y3557e/y3557e00.htm

Fischer, G. and Shah, M. 2010. "Farmland Investments and Food Security, Statistical Annex", Laxenburg, Austria, Report prepared under World Bank IIASA contract - Lessons for the large-scale acquisition of land from an agricultural land use analysis.

Pala, M., T. Oweis, B. Benli, E. De Pauw, M. El Mourid, M. Karrou, M. Jamal, and N. Zencirci. 2011. Assessment of wheat yield gap in the Mediterranean: case studies from Morocco, Syria and Turkey. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, 2011.

Smakhtin, Revenga and Doll, 2004.Design credit: Philippe Rekacewicz, February 2006. URL: http://www.grida.no/graphicslib/detail/water-scarcity-index_14f3

Stads, G. J. and A. Kissi. 2005. Morocco. ASTI Country Brief No. 27.Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute and National Agricultural Research Institute and Stads, G. J., S. Allani, and M. M. Hedri. 2005. Tunisia. ASTI Country Brief No. 29. Washington, D.C.: IFPRI and IRECA.

Stads, G.J., A. Lo and B. Cissé Diallo. 2004. Mauritania. ASTI. Country Brief No. 14. Washington, D.C.: IFPRI, ISNAR and CNERV.