

التقنية الحيوية الزراعية

أ.د. ماهر محمد شحاته

العلمية اللازمة لزيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية وجودتها وبخاصة الحبوب الرئيسية (الأرز والقمح والذرة)، إضافة إلى انتخاب سلالات حيوانية أكثر إنتاجية. أطلق على تلك المحاولات الناجحة بالثورة الخضراء التي حققت الأمن الغذائي لشعوب البلدان النامية وأحدثت تقدماً ملموساً في أساليب الزراعة ومجال تطوير الكيماويات الزراعية كالمبيدات والأسمدة.

ظهرت الثورة الخضراء في الفترة من ١٩٦٠م إلى ١٩٩٠م، إلا أنها تسببت في الإخلال بالتوازن الحيوي للمحاصيل الزراعية التقليدية وهجرها على حساب المحاصيل المحسنة الجديدة، كما تسبب الاستخدام الواسع النطاق للمبيدات والمواد الكيميائية الزراعية الأخرى في تدهور بيئي شديد كما عرّض الصحة العامة للخطر، إضافة إلى ذلك فقد كانت النظم الزراعية في تلك الفترة تتطلب استخدام الري على نطاق واسع، مما أدى إلى استنزاف كبير لموارد المياه في العالم.

تضافرت جهود العلماء في أرجاء عديدة من العالم للبحث عن تقنيات بديلة يمكن أن تحدث تطوراً جوهرياً وملموساً في المجال الزراعي والغذائي دون إلحاق الأضرار بالنظام البيئي والإنسان، ويتجلى ذلك في ثورة التقنية الحيوية (Biotechnology) التي لعبت دوراً أساسياً في زيادة كمية المحاصيل وتحسين جودتها، والتعرف على أسرار الكائن الحي عن طريق فك ومعرفة رموز الشفرة الوراثية، ونقل المورثات (Genes) من كائن حي لآخر، مما ساهم كذلك في الحفاظ على الأنواع النباتية والحيوانية ذات الصفات المرغوبة وانتخابها. وتكمن تطبيقات التقنية الحيوية الزراعية في زراعة الأنسجة للتحسين النوعي والكمي، إضافة إلى تقنيات أخرى، مثل: الإكثار الدقيق، زراعة الخلايا، زراعة الأعضاء، والحفاظ على الأصول الوراثية وتوثيقها وتعريفها، مما أدى إلى تقدم هائل في المجال الزراعي.



زيادة الجفاف وشح ونُدرة مصادر المياه والأمطار الذي نجم عنه تقلص مساحات الأراضي الزراعية وانخفاض إنتاجية وجودة المحاصيل الزراعية المختلفة في معظم الدول النامية، كما حدث مع البرازيل والأرجنتين وجنوب أفريقيا منذ أواخر التسعينات من القرن الماضي.

الجدير بالذكر أن منظمة الغذاء العالمية سجلت نقصاً في الإنتاجية العالمية للحبوب والخضروات والفواكه، ولا يزال العالم معرضاً لأزمة غذاء حادة إذا لم يتحرك صُنّاع القرار بشكل سريع في الوقت الذي تزداد فيه مشاكل التغير المناخي والاحتباس الحراري التي تزيد من تحديات القطاع الزراعي على مستوى الدول النامية.

كانت أولى الخطوات العملية الفعّالة التي اتخذتها حكومات الدول النامية للخروج من المشاكل الغذائية والمناخية السالفة الذكر هو بذل كل الطرق

تعاين كثير من دول العالم خاصة النامية منها من مشاكل عديدة يبرز في مقدمتها الجوع وسوء التغذية، حيث قدرت منظمة الغذاء العالمية (FAO) عدد الجوعى في العالم في مطلع عام ٢٠٠٩ م بنحو ٩٦٣ مليون شخص إضافة إلى مليار شخص آخرين يعانون من سوء التغذية يعيش معظمهم في المناطق الريفية من البلدان النامية التي تعتمد على الزراعة بجميع قطاعاتها المختلفة بما في ذلك الصيد والرعي وتربية المواشي كمصدر رئيس للغذاء في كل من أفريقيا وجنوب شرق آسيا وأمريكا اللاتينية.

كما يعزى تفاقم هذه المشاكل في تلك البلدان لعدة أسباب منها: الازدياد المستمر في عدد سكان العالم إضافة إلى التغير المناخي السلبي المتمثل في

مفهوم التقنية الحيوية الزراعية

يعد علم التقنية الحيوية الزراعية أحد أهم ميادين علم التقنية الحيوية التطبيقية المبني على دراسة خصائص المادة الوراثية للكائنات الحية النباتية والحيوانية، والاستفادة منها في إنتاج أو تحويل أو تطوير محاصيل نباتية أو منتجات حيوانية ذات قيمة وفائدة للبشرية، وذلك عن طريق أحدث الوسائل العملية والتقنية والدراسات العلمية المتخصصة. كما تسمى هذه التقنية بالتقنية الحيوية الخضراء كونها متعلقة بالمجال الزراعي والثروة الحيوانية والنباتية. وقد سعت العديد من الدول وفي مقدمتها أوروبا والولايات المتحدة في النهوض بهذه التقنية ووضع الخطط الاستراتيجية القريبة والبعيدة المدى لخوض غمار هذه التقنية وتحصيل أكبر قدر من فوائدها.

يعود نشأة مفهوم التقنية الحيوية البدائية في المجال الزراعي للعام ١٨٦٤م، عندما نجح العالم الفرنسي لويس باستير (Louis Pasteur) بتطوير طريقة يمكن بواسطتها قتل البكتيريا الضارة الموجودة في الألبان والحليب بالتسخين والتي سميت بالبيسترة (Pasteurization). وساهم اكتشاف باستير في حفظ العديد من الأطعمة وسهولة نقلها بين البلدان دون أن تفسد. كما قام العالم النمساوي جريجور مندل (Mendel) في العام ١٨٦٥م بدراسة الصفات الوراثية لنبات البازلاء، واستنتج أن الصفات تنتقل من جيل إلى جيل، كما أجرى عمليات التهجين والانتخاب بين سلالتين مختلفتين الصفات للحصول على سلالات ذات صفات مرغوبة.

كما قام العالم الأمريكي هنري والس في

عام ١٩٢٦م بتطبيق نظريات مندل على بذور بعض المحاصيل النباتية والتهجين فيما بينها لتحسين جودة بعض الأصناف النباتية الغذائية وتسويقها تجارياً لأول مرة بالتعاون مع شركات الأغذية الرائدة في الولايات المتحدة.

كان لاكتشاف تركيب المادة الوراثية المتمثل في الحلزون المزدوج دوراً أساسياً ومهماً في مجال التقنية الحيوية وذلك عام ١٩٥٣م، بواسطة جيمس واطسون و فرانك كريك.

استمرت التقنية الحيوية الزراعية في التقدم والتطور، وفي عام ١٩٩٤م بدأت منظمة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) في اعتماد تسويق الأصناف الزراعية الغذائية، وكان أحد تلك الأصناف الطماطم الطازجة ذات العمر الطويل التي أنتجتها شركة فلافرسافر (FlavrSavr)، والتي منحت المستهلكين طعاماً أذواً وامتازت ببقائها طازجة فترة أطول من الطماطم العادية. تلا ذلك تطوير ١٨ محصولاً بطرق التقنية الحيوية الزراعية وتسويقها عام ١٩٩٧م والتي تم اعتمادها من الحكومة الأمريكية، ولا تزال البحوث والتجارب الزراعية قائمة ومستمرة لإنتاج المزيد من المحاصيل النباتية ذات القيمة الغذائية العالية وتسويقها.

تطور مفهوم التقنية الحيوية الزراعية بمرور السنوات حتى تداخلت معها فروع العلم المتخصصة

الأخرى، مثل: الكيمياء الحيوية، والأحياء الدقيقة، وفسولوجيا النبات والحيوان، والفيزياء الحيوية، بهدف إكثار الأنواع النباتية والحيوانية المرغوبة وتطويرها ودراسة مكوناتها العضوية والوراثية والكيميائية والاستفادة من ذلك في إنتاج أنواع مضاعفة جديدة تخدم الإنسان والكائنات الحية الأخرى، وتقاوم الظروف البيئية الصعبة.

أنواع التقنيات الحيوية الزراعية

تنوعت أشكال التقنيات الحيوية الزراعية وتطورت بمرور السنوات منذ أواسط القرن الماضي. وتم تقسيم تلك التقنيات إلى نوعين باختلاف طريقة التعامل مع الخلايا النباتية أو الحيوانية، وذلك كما يلي:-

١- زراعة الأنسجة والخلايا: ويستخدمان في الإنتاج السريع لمواد نباتية موحدة الصفات، وعالية الجودة، وخالية من الأمراض، بطريقة فعالة ومنخفضة التكلفة، ويمكن بعد ذلك إكثار النباتات في أي بيئة أخرى في ظروف محكمة بصرف النظر عن موسم النمو والمناخ.

٢- تضخيم المادة الوراثية: وهي تقنية تستخدم لمضاعفة الحمض النووي منقوص الأكسجين (DNA) للحصول على البصمات الوراثية لتعريف بعض الأصناف والسلالات النباتية والحيوانية،



■ جهاز الدوران الضوئي.



■ جهاز الدوران الحراري.

٧- التحوير الوراثي: وهي عملية شائعة في النبات، ويحدث بنقل المورثات من نوع نباتي إلى آخر، بهدف الحصول على صفات مرغوبة. وسوف نتناول ذلك بالتفصيل في مقالة مستقلة.

٨- التلقيح الصناعي ونقل الأجنة: ويقصد بالتلقيح الصناعي نقل الحيوانات المنوية من الذكر إلى رحم الأنثى بعد حثها على التبويض باستخدام هرمونات محفزة. أما نقل الأجنة فيتم فيه إنتاج الأجنة خارج الرحم، ويتبع ذلك انتخاب أفضلها، ومن ثم نقلها للرحم حتى مرحلة الولادة. وهاتين الطريقتين تستخدمان في قطاعي الثروة الحيوانية والأسماك للإسراع ببرامج التربية، وتشخيص الأمراض وإنتاج لقاحات عالية الكفاءة.

٩- هندسة البروتينات: وتعتمد على مفهوم التحوير الوراثي من أجل إنتاج بروتينات محددة أو بروتينات جديدة، ويتم ذلك عن طريق تعديل تركيب البروتين بتغيير أو إزالة أو إضافة أحماض أمينية، أو تعديل الشكل الفراغي للبروتين، ويتبع ذلك تغير الوظيفة التي يقوم بها هذا البروتين، وهي تقنية لها تطبيقات مفيدة، مثل: الإنزيمات والمحفزات الحيوية (Biocatalysts) التي تسهل إتمام التفاعلات الكيميائية.

١٠- تسلسل المادة الوراثية: وتعتمد على قراءة

ودراسة العلاقات التطورية بينها. ويمكن استخدام نفس التقنية في تشخيص الميكروبات في الأغذية والأعلاف. ويتم إجراء هذه التقنية بجهازي الدوران الحراري والدوران الضوئي.

٣- الدلائل الجزيئية: وهي الحصول على نمط وراثي يميز النبات أو الحيوان. وتستخدم الدلائل الجزيئية بأشكال مختلفة في رسم العلاقات التطورية بين الأنواع النباتية أو الحيوانية، كما يمكن استخدامها في الإسراع بعملية الانتخاب في عمليات التربية التقليدية والتحسين الوراثي.

٤- إنزيمات القطع وتحديد المورثات المرغوبة: وهي إنزيمات متخصصة في قطع الدنا حيث تستخدم تلك الإنزيمات في تقطيع الدنا، وتسهيل عزل بعض المورثات المرغوبة من مصادر نباتية لاستخدامها في التحوير الوراثي للحصول على صفات مرغوبة.

٥- تطعيم الحمض النووي في الخلية: ويقصد به دمج مورثات من مصدرين مختلفين، ويمكن تطبيقها في إنتاج محاصيل، أو حيوانات أو أسماك محورة وراثياً بإضافة عوامل وراثية أو صفات جديدة معينة، مثل مقاومة الأمراض.

٦- الاستنساخ: ويستخدم لإنتاج أعداد متطابقة وراثياً من الخلايا والأفراد في النباتات والحيوانات. وسوف نتناول ذلك بالتفصيل في مقالة مستقلة.

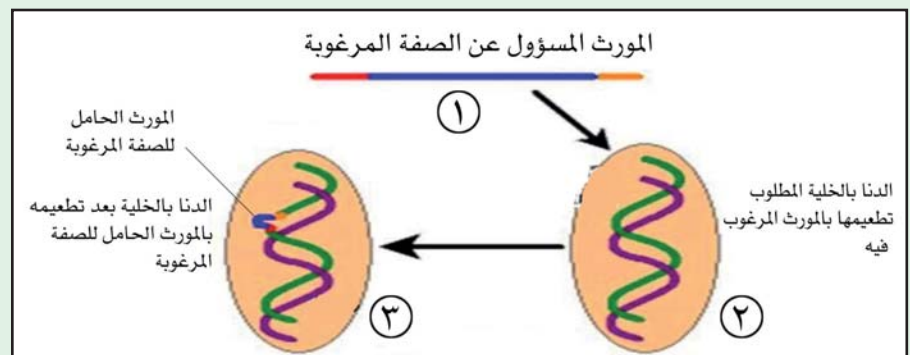
٧- التسلسل النيوكليوتيدات المكونة للمورثات، وبها تم إنجاز مشروع الجينوم البشري (وسوف نتناول ذلك بالتفصيل في مقالة مستقلة)، وهي وسيلة للكشف عن الطفرات، وتشخيص بعض الأمراض الوراثية والبيئية.

أهم تطبيقات التقنية الحيوية الزراعية

تركزت أهداف تطبيقات التقنية الحيوية الزراعية على تحسين الخصائص العامة للمحاصيل وجعلها مقاومة للعديد من الآفات سواء الحشرات أو المبيدات أو الظروف المناخية السيئة، وذلك عن طريق نقل وإدخال مورث أو أكثر يعمل على تفعيل تلك الخصائص المحسنة أو التعديل على تلك المورثات بما يزيد من نشاط أو تثبيط مادة معينة في النبات، ومن أهم تلك التطبيقات ما يلي:-

١- نباتات غير بقولية مثبتة للنيتروجين الجوي: وتتم عن طريق عزل المورثات المسؤولة عن إفراز الإنزيمات المثبتة للنيتروجين الجوي وتحويله إلى نيتروجين عضوي - تلك المورثات موجودة في النباتات البقولية، مثل: الفول والفاصوليا والعدس- ومن ثم نقل تلك المورثات إلى نباتات الحبوب، مثل: الذرة، والقمح، والأرز، والشعير بحيث يمكن لهذه النباتات الاستغناء عن إضافة المواد السمدية النيتروجينية.

٢- نباتات مقاومة للحشرات والأمراض والحشائش: ويعد إنتاجها ذو أهمية كبيرة في الحفاظ على البيئة وزيادة إنتاجية المحصول، وقد تم استخدام مورثات معزولة من البكتيريا (*Bacillus thuringiensis*) لإنتاج بروتينات فتاكة بالحشرات، حيث تحتوي



مشكلة نقص الحديد ، كذلك إنتاج البطاطس ذات المحتوى العالي من النشا .

- تحسين خصائص الشكل واللون والطعم في الثمار والبذور، مثل: الطماطم، والتفاح، والفاصوليا.

- تأخير نضج بعض الثمار وزيادة قدرة بعض النباتات لإعطاء إشارات عند نقص المياه أو بعض العناصر.

- تطهير البيئة من المخلفات الكيميائية باستخدام بكتيريا محورة وراثياً لها القدرة على تفكيك المركبات المعقدة الضارة إلى مواد بسيطة غير ضارة .

- استخدام النبات أو الحيوان كمفاعلات حيوية لإنتاج اللقاحات في ثمار بعض الفواكه وألبان الحيوان، ويتم فيها إدخال المورثات الخاصة بالفيروس المسبب لمرض شلل الأطفال مثلاً في الموز، أو إدخال مورثات تحسين إنتاج الألبان إلى الحيوان.

- رفع إنتاجية الحيوان من اللحم واللبن ، بإدخال مورثات مسؤولة عن تقليل الدهون، ومن ثم زيادة كمية اللحم على حساب الدهون.

الجهود المبذولة

تواصلت الجهود المبذولة على مستوى دول العالم المختلفة ومنظمات الأغذية والزراعة حول التقنية الحيوية وتعددت تلك الجهود ما بين نشرات ومؤتمرات وعروض لنتائج تطبيقية . وفيما يلي سنعرض هنا بعض الأمثلة على سبيل المثال لا الحصر :

• الجهود العالمية

شاركت منظمة الأغذية والزراعة بشكل فعال في السنوات الأخيرة، وذلك في عدد من الأنشطة المتعلقة بالتقنية الحيوية الزراعية، حيث قامت

٣- نباتات مقاومة للظروف القاسية:

وتتطلب توفر إمكانات وتجهيزات وكفاءات عالية . وقد تم إنتاج نباتات كثيرة مقاومة للظروف البيئية القاسية، مثل: الحرارة العالية ، والصقيع الجاف، والملوحة، والعناصر الثقيلة ومن تلك النباتات: القمح، الشعير، الذرة، فول الصويا، القطن، الطماطم.

٤- إنتاج البلاستيك: حيث يتم عزل أو استنساخ المورثات المسؤولة عن إنتاج إنزيم يحث على تكوين بعض المركبات الأولية لإنتاج البلاستيك والموجود في نبات (Arabidopsis)، ومن ثم نقله إلى المادة الوراثية للنبات المطلوب إنتاجه للبلاستيك.

٥- إنتاج ألياف حيوانية وبرية ذات متانة عالية: ويتم عن طريق عزل المورثات المسؤولة عن إنتاج الخيوط المتينة الموجودة لدى العنكبوت، ومن ثم نقلها إلى الماعز لإنتاج خيوط وبرية ذات قوة ومتانة عالية (أقوى من الفولاذ ٥٠ مرة) ، لكن تطبيق هذه التجربة يتم على المستوى العملي فقط أما على المستوى التجاري يتطلب الكثير من العمل والجهد لضبط العديد من المتغيرات المتعلقة بإجراء التجربة للحصول على نتائج مشجعة.

٦- إنتاج بروتين أحادي الخلية: ويجب أن يمتاز بنسبة عالية من البروتين الخام والأحماض الأمينية المتوازنة ونسب منخفضة للأحماض الأمينية غير المرغوب فيها ، ومن فوائد هذا البروتين رفع كفاءة الإنتاج الحيواني، واختزال مساحة الأراضي الزراعية المخصصة لإنتاج المحاصيل الأخرى .

٧- نباتات أخرى ذات خصائص أخرى مهمة: وتتمثل فيما يلي :

- زيادة الإنتاج كماً ونوعاً، مثل: إنتاج الأرز الذهبي المحتوي على مورث « البيتاكاروتين» للتغلب على

على مورث ينتج بروتيناً ساماً يؤدي إلى تمزيق القناة الهضمية للحشرة ، وقد نجحت تلك التجربة في إنتاج العديد من النباتات المقاومة للحشرات، مثل: القطن، والذرة، والأرز، وفول الصويا. ولا تزال المساحات المزروعة من تلك المحاصيل في تزايد مستمر.

كما يعد إنتاج نباتات مقاومة لمبيدات الحشائش باستخدام التقنية الحيوية أول تطبيق لهذه التقنية على النطاق التجاري ، وتحتوي مبيدات الحشائش على مادة فوسفينوثريسين (Phosphinothricin) الذي يقتل النباتات بإعاقة الإنزيم المسؤول عن عملية تمثيل النيتروجين وإزالة سمية الأمونيا ، وتحتوي النباتات المقاومة لمبيدات الحشائش على مورث بكتيري ينتج إنزيم يتخلص من سمية مادة الفوسفينوثريسين، ومن أشهر تلك النباتات التي تم تحويلها نبات فول الصويا، والقطن، والذرة .

ومن الجدير بالذكر أن استخدام التقنية الحيوية أصبح مهماً في مقاومة مختلف الأمراض ، حيث نتجت محاصيل تحمل صفة المقاومة للأمراض الفيروسية أو البكتيرية أو الفطرية ، ومثال ذلك المورث (Xa21) الذي منح نبات الأرز مقاومة مرض اللثة البكتيرية .



■ نبات القطن المقاوم للحشرات.

بينها في مدى اهتمامها بالتقنية الحيوية الزراعية وتبنيها ودمجها مع الجهد الوطني للتنمية، فبعض الدول يتوفر لديها الاهتمام ولكن لا تتوفر لديها الإمكانيات. والبعض الآخر لديه سياسات وبرامج بالتقنية الحيوية التقليدية، ويقتصر الجهد في تلك التقنيات الحديثة على علاقات شراكة أو تعاون مع الدول المتقدمة، أما الفريق الثالث لديه سياسات وبرامج تشتمل على سياسات وطنية للاستحواذ على التقنيات الحديثة بالإضافة إلى روابط في الخارج من القطاعين الحكومي والخاص. إضافة إلى ذلك فقد تم إنشاء معاهد ومراكز بحثية في معظم الدول العربية لتواكب التطور في هذا المجال .

الخلاصة

تعد التقنية الحيوية الزراعية طوق النجاة للبشرية أجمع وذلك لمجابهة المشاكل المختلفة الناتجة عن نقص الغذاء والطاقة، إلا أنه مع اتفاقنا مع إيجابياتها فلا بد من وضع محاذير وضوابط تطبيقية وما بعد تطبيقية والتي تشمل قياس مدى الصلاحية لمنتجات الاستهلاك الآدمي، حيث أن الهدف الأسمى للعلم هو المحافظة على صحة الإنسان من خلال غذائه الذي يمثل محور الحياة .

المراجع

- www.google.com.sa
- www.pewtrusts.org/our_work_category.aspx?ID=442
- www.apec.org/apec/apec.../other_apec_groups.html
- www.bio.org/foodag/faq.asp
- www.actionbioscience.org/biotech/borlaug.html

الحيوي . أما في بعض الدول الأفريقية فقد بدأت زراعة نباتات جديدة محسنة وراثياً لزيادة الإنتاج، وتقليل انخفاض إنتاجية المحاصيل الناتجة عن الآفات الزراعية، حيث بدأت كينيا بزراعة الموز الخالي من الأمراض، وجنوب أفريقيا زرعت القطن المقاوم للآفات، وزيمبابوي استخدمت لقاحات جديدة مضادة للأمراض الحيوانية.

• جهود بعض الدول العربية

تضافرت الجهود في بعض الدول العربية في مجال التقنية الحيوية الزراعية، ففي المملكة العربية السعودية بدأت الجهات المختصة بالبحث عن وسائل عدة لزراعة محاصيل الحبوب الأساسية ونخيل التمر المعدلة وراثياً، وذلك في المناطق المليحة والجافة حيث يمكنها تحمل الظروف البيئية غير الملائمة، بالإضافة للخطط الاستراتيجية لتحسين الوراثة للإبل والدواجن المحلية . أما في مصر فهناك خطط لإنتاج أصناف نباتية تتحمل الملوحة والجفاف، والاستفادة من المخلفات الزراعية والحيوانية، واستخدام الطحالب الخضراء كسماد عضوي.

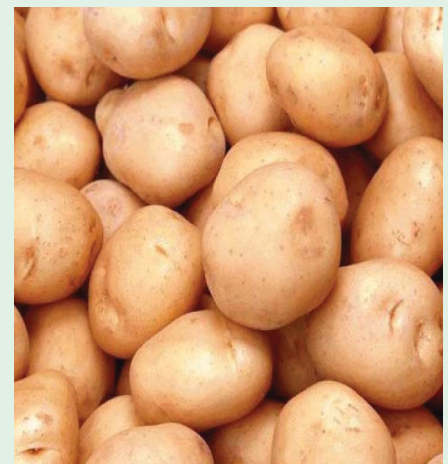
قامت الجزائر باستخدام التقنية الحيوية في إكثار البطاطس والنخيل المحورة وراثياً والمقاومة للظروف البيئية القاسية، كما قامت المغرب بإنتاج عنب وبطاطس خاليين من الأمراض الفيروسية كما تجري بعض الأبحاث حول تثبيت النيتروجين الجوي بواسطة الأشجار . أما في الأردن فقد تركزت البحوث حول إنتاج أصناف من الحبوب والمحاصيل الأخرى عالية الإنتاج والتي تتحمل الظروف المناخية الصعبة، وقد تم إنتاج القمح والبطاطس والطماطم والخيار التي تتحمل الجفاف والملوحة والمقاومة للأمراض المختلفة .

يتضح مما سبق أن الدول العربية تتفاوت فيما

بوضع الاستراتيجيات التوجيهية المعنية بالأمن الغذائي للأطعمة المشتقة من الكائنات المعدلة وراثياً، كما قامت بتأمين وسائل المساعدة والتدريب للباحثين في مجال التقنية الحيوية الزراعية وتأمين معلومات علمية عنها .

• الجهود الإقليمية والدولية

اعتبرت الصين أن التقنية الحيوية الزراعية تعد أحد أهم التحديات لزيادة إنتاج الغذاء وتحسين المنتجات الغذائية النباتية والحيوانية، وقد تم تقييم ١٠٣ مورثاً تم انتقاءها بعناية لتحسين الصفات في ٤٧ نوعاً نباتياً، وذلك من حيث مقاومة الأمراض ومبيدات الحشائش، وشملت المحاصيل المحسنة الأرز، القمح، الذرة، القطن، الطماطم، البطاطس، الخيار، البابايا، الدخن. أما في الهند فقد تم توفير المصادر البشرية والبنية التحتية للاستثمار في التقنية الحيوية الزراعية خاصة الموالح واللبن، كما تم زيادة إنتاج محصول الهيل بنسبة ٤٠٪ باستخدام تقنية زراعة الأنسجة. وفي المكسيك بدأت زراعة المحاصيل المحسنة المقاومة للحشرات، مثل: الذرة المقاومة للفيروسات، بالإضافة للتوجه الرامي للمحافظة على التنوع



■ درنات البطاطس ذات المحتوى العالي من النشا.