الفصل الثانى

التكنولوجيا الحيوية
فى المجال الزراعى

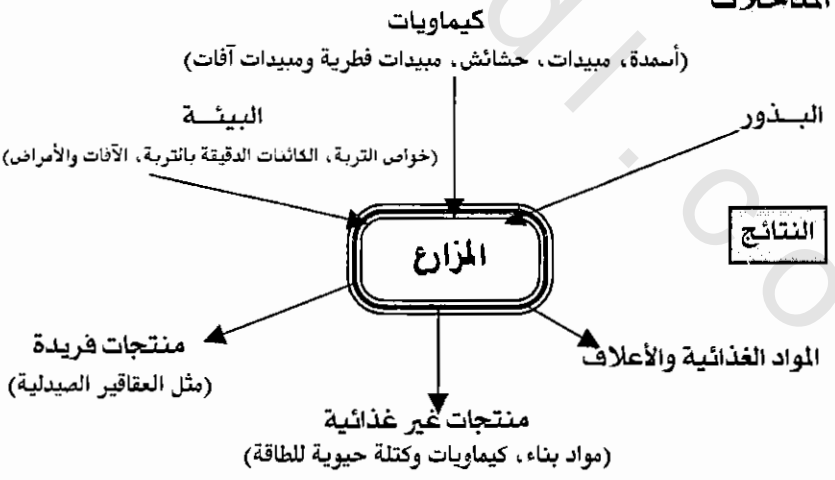
تعتبر الزراعة أكبر صناعة مستقلة فى العالم، وفى المجتمعات المتقدمة مثل الولايات المتحدة الأمريكية تساهم الزراعة بنسبة لا تقل عن ٢٠٪ من المنتج القومى الضخم. وفى النظم الاقتصادية المطورة تعتمد الزراعة بصفة أساسية على التكنولوجيا لتحقيق الإنتاجية والأرباح العالية. وفى الوقت الحاضر يتم تطبيق كثير من مظاهر التكنولوجيا الحيوية الحديثة بصورة متزايدة فى المجالات الزراعية. وتواجه الزراعة فى كثير من بقاع العالم سياسة إعادة بناء عظمى لتحقيق تكامل رأسى بين العملية الإنتاجية والمنفعة القصوى منها. ولما كانت شركات التصنيع الغذائى تشترى المنتجات الزراعية الخام على أنها سلعة تسويقية فقد بدأ التوسع فى برامج التربية والتناسل لتوفير المواد الخام المرغوبة والمزودة بسمات مميزة ضرورية للمعالجات الغذائية فائقة القيمة. لقد أحدثت الهندسة الوراثية ثورة فى الزراعة حيث أصبح فى الإمكان زيادة معدل إنتاج النباتات والحيوانات بصورة دائمة، وسيكون هناك استقرار فى السوق وخسارة بسيطة للغاية نتيجة الاستعمال أو النقل.. كما ستوفر التكنولوجيا الحيوية الزراعية منتجات ذات مستويات عالية الجودة وبتكلفة إنتاجية منخفضة.

إن الجنس البشرى يعتمد كلية على الزراعة ومع استمرار شعوب العالم فى التوسع فلابد من إجراء إعادة تقييم للممارسات الزراعية باستمرار لجعل كفاءتها أقرب ما تكون إلى الكمال أو الفعالية. ومع ذلك تُعد الزراعة مجالاً سياسيًا حساسًا له عوائق حِرَفية كثيرة وسياسات حماية وطنية خاصة. وفى كثير من مناطق العالم مثل أوربا والولايات المتحدة الأمريكية تعتبر الزراعة صناعة فعالة بدرجة كبيرة

تحقق زيادة سنوية بصفة مستمرة فى العملية الإنتاجية. وعلى النقيض، فإن دولاً كثيرة مازالت عاجزة عن تحقيق الاكتفاء الذاتى فى إنتاج المواد الغذائية ويرجع ذلك إلى أسباب متعددة من أهمها نقص الممارسات الزراعية الجيدة، والمناخ السيئ أو المتقلب، والسياسات الضعيفة غير المستقرة. إن كثيرا من الدول هى فى الحقيقة فقيرة وغير قادرة على تناول أى ميزة أو فائدة من ميزات أو فوائد الـ (ت . ح) الجديدة، والعلاج الوحيد فى هذه الحالة هو أن توفر الشعوب المتقدمة البرامج التدريبية والاستثمار المالى المطلوب. ومع ذلك فقد حدث الكثير فعلاً فى هذا المجال خلال وكالات أو وسطاء مثل البنك الدولى والاتحاد الأوروبى.

التكنولوجيا الحيوية النباتية

لاشك أن النباتات هى المصدر الرئيسى للمواد الغذائية للجنس البشرى. ويمكن فقط عن طريق الإدارة الصحيحة البارعة لزراعة النبات الاستمرار فى تغذية البشر الموجودين فى الوقت الحاضر. إن تدفق الطاقة من ضوء الشمس خلال عملية التمثيل الضوئى للنبات يمثل لب أهمية النباتات فى الاقتصاد العالمى. ويوضح الشكل رقم (٢) إنتاج النباتات واستخداماتها المختلفة.



شكل رقم (٢) مخطط يوضح إنتاج النباتات واستخداماتها(عن منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية عام١٩٩٢)

ومنذ زمن بعيد والبشر يحاولون تحسين نوعية وإنتاجية النباتات الزراعية الهامة، وكان ذلك يتم عن طريق الانتقاء وأساليب التربية والتكاثر التقليدية وهذه عمليات شاقة وصعبة. إن النوعية الجيدة من نباتات التغذية مثل الذرة، والأرز، والقمح، والبطاطس.. إلخ كلها مشتقة من أسلافها الأوائل وذلك باتباع برامج التربية والتكاثر التقليدية التى تشمل التلقيحات الجنسية. وهذه الطريقة ستستمر لتحسين الخواص الزراعية للمحاصيل الغذائية إلا أنها مُمِلَّة وبطيئة وتستغرق زمنًا طويلاً. وفى الوقت الحاضر يمكن تحسين الخواص الزراعية بسرعة عن طريق تقنيات جديدة منها التوالد أو التكاثر الدقيق، ودمج البروتوبلاست، والهندسة الوراثية.

فى عام ١٩٣٩ أمكن عزل أعداد بسيطة من الخلايا من نباتات معينة وتم حفظ هذه الخلايا فى صورتها الحية لزمن غير محدود فى مزرعة صناعية، وزراعة هذه الأنسجة تطلّب وجود هرمون نباتى الذى ساعد الخلايا على التكاثر بطريقة غير منتظمة وكانت النتيجة كتلة من الخلايا ليس لها شكل محدد، وأجريت بعد ذلك تعديلات فى تقنيات المزارع وتقدمت هذه التقنيات محققة معدلات نمو سريعة فى الأوساط الكيميائية المعروفة. وكانت هذه المجموعات الخلوية تُعامل مثل المعلقات الميكروبية، وكان لديها القدرة على النمو تحت ظروف هوائية واهتزازية. وتم ذلك فى البداية فى دوارق مخروطية الشكل ثم بعد ذلك فى مفاعلات حيوية تقليدية ضخمة (وبهذه الطريقة أمكن إنتاج مواد أيضية ثانوية مهمة ذات قيمة تجارية عالية) ويوضح الجدول رقم (١) بعض المنتجات النباتية الثانوية واستخداماتها وعائدها المالى.

جدول رقم (١): بعض المنتجات النباتية الثانوية واستخداماتها وعائدها المالى

المركب	الاستخدام	العائد المالى (مليون دولار أمريكى)	القطر
فينبلاستين/ فيكرستين	سرطان الدم	١٨ - ٢٠	أمريكا
أجمليسين	مشكلات الجهاز الدورى	٥ - ٢٥	العالم
ديجيتالس	اضطرابات القلب	٢٠ - ٥٥	أمريكا
كينين	الملاريا، مادة منكهّة	٥ - ١٠	أمريكا

المركب	الاستخدام	العائد المالى (مليون دولار أمريكى)	القطر
كودايين	مهدئ	٥٠	أمريكا
جاسمين	شذا (عطور)	٠,٥	العالم
بيْريثرينز	مبيد حشرى	٢٠	العالم
سبيرمنت	مادة منكِّهة، العطور	٨٥ – ٩٠	العالم

والتقدم الثانى الهائل المتعلق بزراعة الخلايا النباتية هو إدخال الخلايا النباتية الفردية (المستقلة) فى برامج تنموية (تكوينية) بدءًا من هذا النوع من الخلايا حتى الأنسجة وحتى الأعضاء، وأخيرًا النباتات الكاملة. وبهذه الطريقة أمكن كَلْوَنة (استنتساخ) الخلايا النباتية.

إن التكاثر السريع عن طريق الاستنساخ على مستوى عال لكثير من الأصناف النباتية منها الأشجار أصبح ممكنًا، حيث يمكن إزالة أجزاء من النسيج النباتى فى صورتها الحية عن طريق التعقيم والإبقاء عليها فى أوساط صناعية والإكثار منها فى هذه الأوساط، وتمتاز هذه العملية بأنها سريعة وتنتج نباتات منتظمة متماثلة ذات جودة عالية. ومن الأمثلة البارزة لهذه التكنولوجيا هو الاستنساخ المتكرر لنخيل الزيت، ونبات البن من أنسجة الكللّس (نسيج لين يتشكل على جراحات النبات)، ويتم الآن إنتاج أنواع ثابتة من هذه النباتات بأعداد لا حصر لها. وهذا المجال للتكاثر الدقيق لا يسمح فقط بالتكاثر السريع والإنتاج الضخم للسلالات الخضرية المتماثلة من الأصناف النباتية ولكن له أيضًا الفوائد التالية:

١ – التخلص من الفيروسات والكائنات المرضة الأخرى.

٢ – الاحتفاظ بالجرمبلازم الأساسى بدلاً من البذور التقليدية.

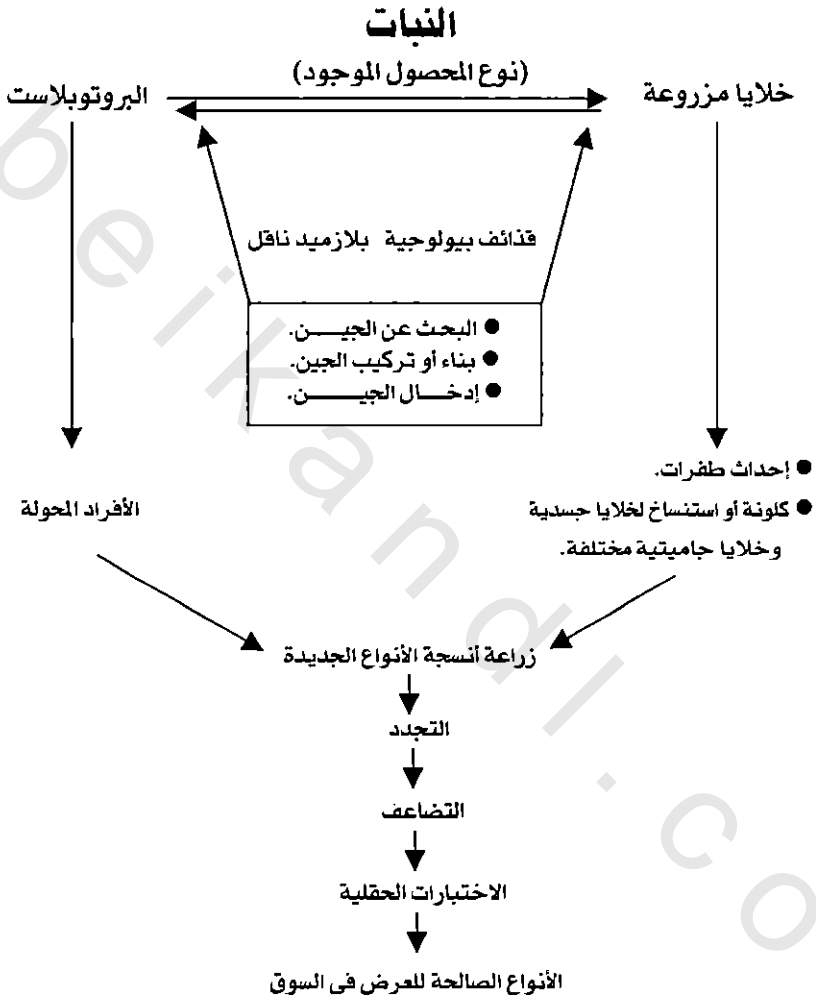
٣ – إنقاذ وحماية الجنين.

٤ – إنتاج أفراد أحادية المجموعة الكروموسومية عن طريق زراعة السداة (الجزء المحتوى على حبوب اللقاح) والمبيض، وهذه العملية مفيدة فى محاصيل الحبوب.

وممن الممكن فى الوقت الحاضر أخذ خلايا نباتية وتعريضها لمجموعة من التقنيات المطبقة منذ زمن طويل فى مجال علم الكائنات الدقيقة الصناعى مثل إحداث الطفرات، وانتقاء السلالات، وعملية التكوين والنمو. لذلك يمكن التغيير من التنوع الوراثى للنباتات بعيدًا عن العملية الجنسية الطبيعية الخاصة بالإخصاب، ومن بين الطرق المتبعة لحدوث هذا التغيير الآتى: إنتاج خلايا أحادية، وثلاثية، ورباعية المجموعة الكروموسومية عن طريق دمج البروتوبلاست بين الأنواع وحتى الأجناس المختلفة من النباتات، بواسطة التحول وفى هذه الحالة يتم نقل «الدنا» من خلية نباتية (أو حتى أى كائن من نوع آخر) إلى خلايا نبات آخر. وتقنيات «الدنا» المطعم (أو معاد الاتحاد أو الهجين) أصبحت الآن متوفرة فى صورتها العملية لخبراء التكنولوجيا النباتية - انظر الشكل رقم (٣).

ويتم الحصول على البروتوبلاست من معظم الخلايا النباتية بهضم جدار الخلية والاحتفاظ بالبروتوبلاست فى وسط أسموزى مناسب. ويمكن إثارة أو حث أنواع كثيرة من البروتوبلاست لتعيد تكوين جدر الخلايا وتنقسم مكونة مستعمرات من الخلايا. إن بعض النباتات مثل البطاطس، والفلفل، والدخان. والطماطم يمكن أن تتجدد بالكامل من مادة البروتوبلاست. أما فى حالة محاصيل الحبوب الهامة وحتى وقتنا الحالى لم يمكن بَعْدُ حدوث تجدد كامل لهذه المحاصيل. ويمكن بالطبع إدماج أنواع مختلفة من البروتوبلاست ببعضها البعض مما يؤدى إلى خلط جديد للسمات الوراثية.

وبزراعة أنسجة الكلّس أو بعض التراكيب الكبيرة فإن عملية التجدد تؤدى أساسًا إلى انتظام وتماثل النباتات، وعلى النقيض فالتجدد الناشئ من خلايا نباتية مفردة أو من البروتوبلاست غالبا ما يصاحبه تغيرات دقيقة شاملة فى النمط المظهرى النهائى للنبات. ويسمى ذلك بالتنوع الكلونى الجسدى الذى يستخدم على نطاق واسع كوسيلة لتحسين وتطوير المحاصيل خاصة التحسين من القدرة الإنتاجية ومقاومة الأمراض - انظر الشكل رقم (٣).



شكل رقم (٣): الطرق التجريبية المستخدمة لابتكار
أنواع جديدة من النباتات عن طريق التكنولوجيا

كانت أول طريقة عملية لمعالجة النباتات وراثيا فى عام ١٩٨٣ مع اكتشاف قدرة البكتيريا «أجروباكتيريَمْ توميفيشيس» على نقل جزء من بلازميد خاص بها يسمى تى. آى بلازميد أو (الدنا - تى) إلى جينوم النبات المضيف. وبهذه الطريقة أمكن غرس جينات غريبة فى «دنا» البلازميد، وبعد ذلك اندمجت هذه الجينات مع جينوم ا لنبات. ويمكن التعرف على الأفراد التى تحولت بطرق انتقائية، فالنباتات الناضجة والمعاد بناؤها من خلايا محورة والمادة الوراثية الجديدة ستنتقل كصفة مندلية. ويستخدم البلازميد تى. آى فى الوقت الحاضر بطريقة روتينية فى المعامل فى مختلف أنحاء العالم وذلك لعمليات التحول فى نباتات المحاصيل من ذوات الفلقتين. وهذه الطريقة غير مستقرة لمعظم نباتات المحاصيل من ذوات الفلقة الواحدة مثل الذرة، والقمح والأرز. لقد أمكن نقل الجينات بنجاح إلى محاصيل ذوات الفلقة الواحدة بواسطة «مسدس الجسيمات» أو «القذائف البيولوجية» والتى تستخدم فى قذف الخلايا النباتية بالجينات على هيئة جسيمات مغلفة «بالدنا»، وأثناء العملية فإن القذائف الدقيقة تخترق جُدر الخلايا وتوجه إلى «الدنا» داخل النواة. ومن الممكن للخلايا السليمة أن تتجدد معطية نباتات كاملة - انظر الشكل رقم (٣)، وبهذه الطرق يمكن إدخال صفات جديدة حسنة إلى معظم أنواع النباتات، كما يمكن معالجة الكثير من نباتات المحاصيل الزراعية - انظر الجدول رقم (٢).

جدول رقم (٢): المحاصيل التى تم نقل جينات نقية إليها(٠)

الحبوب	نباتات المشروبات	نباتات الألياف	البقول والبذور الزيتية	الخضراوات والفاكهة	نباتات الزهور	نباتات الأعشاب	الأشجار
الأرز	البن	القطن	العدس	الجزر	الورد	البرسيم	البسية البيضاء
الذرة		الكتان	فول الصويا	الطماطم	الأقحوان	السحلبية	الجوز
القمح			اللفت	الفراولة	القرنفل		التفاح
الشيلم			عباد الشمس النخيل	الكرفس القرنبيط الدخان، بنجر السكر، الخيار، البطاطس	إبرة الراعى		

(٠) عن منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية عام ١٩٩٢.

وقد استخدمت البلازميدات تى. آى لغرس «جينات مضادة للمعنى» وذلك لإبطال وظيفة جينات نباتية معينة مسئولة عن الأنماط غير المرغوبة. وأنتج هذا النوع من الجينات بعكس (بقلب) اتجاه الجين بالنسبة لمشجعه. والناتج المستنسخ فى هذه الحالة لا يمكن أن يترجم إلى بروتين عادى لذلك فإن وظيفته داخل النبات لن تكون.

ما هى الأهداف الرئيسية السائدة لاستخدام الهندسة الوراثية فى المجال الزراعى؟

إن الهندسة الوراثية فى الحقيقة تحرر مُربى النبات من مأزقين كبيرين هما:

١ - القيود التى تفرضها الحواجز بين النوعية. أى بين الأنواع المختلفة من الكائنات.

٢ - عدم توافر الدقة الكافية فى طرق التربية التقليدية.

وفى الوقت الحاضر تسمح طرق الهندسة الوراثية بإدخال مواصفات جين مفرد إلى الخلايا النباتية وسيمتد ذلك فيما بعد إلى جينات عديدة وبالفعل للطرق الكيموحيوية بأكملها، وستشمل التحسينات الأساسية التى سيتم إدخالها الآتى:

١ - تحسين المقاومة ضد مبيدات الحشائش.

٢ - تحسين المقاومة ضد الآفات الحشرية والأمراض الميكروبية (الجرثومية).

٣ - تحسين الصفات لما بعد الحصاد.

١ - تحسين المقاومة ضد مبيدات الحشائش:

إن قتل الأنواع المختلفة من الأعشاب النباتية الضارة التى تعوق نمو النبات النافع وذلك باستخدام مبيدات حشائش منتقاه يعطى ميزة كبيرة ونموا جيدا للمحاصيل النباتية ذات القيمة التجارية. ومثل هذه المبيدات قد صُنعت لتعوق وتمنع نمو أنواع معينة من الأعشاب دون التأثير على النبات النافع المطلوب. ويبلغ حجم مبيعات مبيدات الحشائش على مستوى العالم ما يقرب من ستة

بلايين دولار أمريكى سنويا. إلا أن هناك تعارضا مستمرا للاستخدام المتزايد لمثل هذه المركبات الكيميائية على أساس الاعتبارات البيئية والصحة البشرية. وفى الوقت الحاضر تم إنتاج نباتات محاصيل لها القدرة على تحمل مبيدات الحشائش أى مقاومتها وذلك عن طريق الهندسة الوراثية للجينوم النباتى المقاوم لمبيدات حشائش معينة. ويعتبر ذلك أسلوبا فعالا لمقاومة العشب الضار كما أنه قليل التكلفة وأكثر تناغما مع البيئة، وسيقلل ذلك من الاستخدام العام لمبيدات الحشائش. كما أن هناك نزعة لإنتاج مبيدات حشائش ذات سمية منخفضة للكائنات الثديية وسريعة الانحلال بواسطة الكائنات الدقيقة الموجودة فى التربة. ومن المحاصيل التى أحرزت نجاحا فى هذا الجانب: البطاطس، وبذور اللفت الزيتية. إن مقاومة العشب الضار عملية أساسية لا مفر منها فى الزراعة العصرية.

٢ - تحسين المقاومة ضد الآفات الحشرية والأمراض الميكروبية (الجرثومية):

إن نقل الجينات إلى نباتات المحاصيل لمنح هذه المحاصيل صفة المقاومة ضد الحشرات أو الميكروبات يعتبر مجالا جديدا من مجالات البحوث المتعلقة بحماية النباتات. وقد كُرست معظم الجهود لحماية المحاصيل الدائمة فى الحقل، ولكن لم يكن هناك اهتمام كاف بالآفات الحشرية لما بعد الحصاد وأثناء التخزين حيث الخسارة الضخمة التى تحدث خاصة فى الدول النامية. الجينات «بى. تى» من البكتيريا «باسيللس ثير نُجينسس» قد تم إدخالها إلى محاصيل كثيرة منها الطماطم والقطن، وأظهرت الاختبارات الحقلية نتائج مدهشة ضد كثير من الآفات.

والأمراض الميكروبية (الجرثومية) خاصة الفطرية والفيروسية تظل واحدا من أهم العوامل التى تحد من إنتاجية المحاصيل على مستوى العالم، وتؤدى هذه الأمراض إلى خسائر ضخمة، كما أن مقاومتها تتطلب إنفاقًا ماديًا كبيرًا لتوفير المبيدات اللازمة. وقد بلغ حجم الخسائر الناتجة عن الأمراض النباتية فى عام ١٩٨٧ على مستوى العالم حوالى تسعين بليون دولار أمريكى. وفى الوقت الحاضر حدث تحسن كبير فى المقاومة ضد الفيروسات فى كثير من نباتات المحاصيل

خاصة الأرز وذلك بدمج الجينات المسئولة عن الغلاف البروتينى للفيروس بالمادة الوراثية فى النبات. وعن نبات الأرز فقد نشر العالم «هيمنج» عام ١٩٩٣ أن عمليات نقل الجينات فى هذا النوع من النباتات ذات الأهمية الغذائية العالية قد نجحت، وقد تم إدخال ما يزيد عن عدد ٥٠ (خمسين) من الجينات المختلفة ذات الأهمية البيولوجية إلى هذا النبات، وعبَّرت هذه الجينات عن نفسها فى الطُّرُز النباتية المختلفة. ومن بين الجينات التركيبية التى أدخلت إلى نبات الأرز جين «الأرسيلين». والأرسيلين ما هو إلا بروتين موجود فى بذور بعض البقوليات (الفاصوليا، اللوبيا، الفول) وله خواص قاتلة للحشرات. كما أمكن نقل تتابعات من المادة الوراثية شبيهة بتتابعات المادة الوراثية فى بعض الفيروسات والنتيجة هى حماية نبات الأرز ضد العدوى الفيروسية. وتعتبر هذه الطرق من أهم المظاهر المفيدة للتكنولوجيا الحيوية النباتية. ومما لاشك فيه أن استخدام المبيدات الحشرية، والمبيدات الفطرية، ومبيدات الآفات لحماية المحاصيل له تأثيراته المدمرة على البيئة، وبناء على ذلك فلابد من تحسين وتطوير مقاومة الآفات والأمراض بطرق وراثية.

٣- تحسين الصفات لما بعد الحصاد:

تصل الخسائر فى أمريكا وأوروبا أثناء نقل وتخزين بعض المحاصيل إلى حوالى ٤٠٪، أما فى البلاد الأخرى فقد تصل إلى ٨٠٪. وعلى الرغم من أن جزءًا كبيرًا من هذه الخسائر يرجع إلى الإصابة بالأمراض والآفات، فهناك خسارة تنتج عن مسببات أخرى، ففى الفواكه اللينة والخضراوات تحدث خدوش، وجروح، وكدمات وتلف نتيجة الحرارة والبرودة، والنضج الزائد وزوال النكهة والرائحة.. إلخ. ومعظم هذه التغيرات الفسيولوجية تنتج عن نشاط إنزيمى داخلى. والسؤال الآن: هل من الممكن إيقاف هذا النشاط الإنزيمى أو الحد منه عن طريق الوراثة؟ فى الطماطم يقوم الإنزيم «بولى جلاكتورونيز» بتحليل مادة البكتين المكون الأساسى لجدر الخلايا، لذلك يؤدى إلى ليونة الثمرة أثناء النضج، وهذه العملية مستقلة عن تكوين اللون. وفى الظروف العادية، لو تركت ثمار الطماطم تنضج على السيقان

ويكتمل لونها فإن عملية الليونة تحدث هى الأخرى. لذلك ستكون هناك فرصة لحدوث خدوش وجروح وتلف للثمار أثناء عملية الشحن والنقل. وبإحباط فعل إنزيم «بولى جلاكتورونيز» عن طريق «جينات مضادة للمعنى» فإن ثمار الطماطم يمكن أن تبقى على سيقانها حتى النضج ويتم نقلها فى حالة صُلبة متماسكة. وقد تم هندسة نوع من الطماطم يسمى «فلافر سافر» وراثيا فى الولايات المتحدة الأمريكية، وتمثلت الهندسة فى التحسين من نكهة هذه الطماطم وحياتها الطويلة على الأرفف، ويتم تسويق هذا النوع فى الوقت الحاضر فى الولايات المتحدة. ويبلغ الحجم الحالى لتجارة الولايات المتحدة من الطماطم الطازجة ٣,٥ بليون دولار. وتطبق مثل هذه التقنيات الآن فى أنواع كثيرة من النباتات التى تعطى ثمارًا لينة. كما تهتم دراسات أخرى بالتثبيط من تكوين مادة الإيثيلين كوسيلة فى نضج الثمرة ونكهتها.

إن المعالجة الوراثية للزهور ولون الأوراق، والإكثار من أعداد الزهور، والعطور، والتحسين من الشكل العام للزهرة تعتبر الآن من الأهداف الكبيرة للصناعات المتعلقة بنباتات الزينة. وفى كثير من المحاصيل المهمة مثل محاصيل الحبوب كالقمح والأرز والذرة، والبقوليات مثل الفول والفاصوليا واللوبيا والبازلاء لا يتوقف خطر الآفات بجمع المحصول من الحقل. فقد يسبب «السوس» وحشرات أخرى تلفا شديدا فى هذه الحبوب خاصة أثناء عملية التخزين. وفى كثير من الدول النامية لا يستطيع المزارع أن يوفر الكيماويات نظرا لندرتها وارتفاع أسعارها التى تستخدم «لتبخير أو لتعفير» تلك الحبوب لتحميها من غزو «السوس» والحشرات الأخرى أثناء التخزين. إلا أنه عن طريق التكنولوجيا الحيوية أصبح فى الإمكان مكافحة الآفات ليس فقط أثناء نموها فى الحقل ولكن أيضا بعد الحصاد وأثناء التخزين. ففى استراليا على سبيل المثال أمكن ابتكار سلالة من البازلاء مقاومة لنوعين من الحشرات التى تسبب تسوس الحبوب المخزونة. فقد تم غرس جين غريب فى نبات البازلاء، وحفّز هذا الجين من إنتاج بروتين معين، وأحبط هذا البروتين نمو يرقات الحشرات المسببة للتسوس. ونشر العالم «شميت» عام ١٩٩٤ أن البروتين قد تم تعبيره فى بذور نبات البازلاء فقط.

ومثل هذا النوع من المقاومة ضد الآفات والمبتكر عن طريق الهندسة الوراثية سيمهد السبيل لإنتاج أنواع جديدة من البقوليات المقاومة للتسوس مثل الحمُّص، واللوبيا البلدى، والفاصوليا، والبسلة، والفول.

ويبدو أن آلية عمل البروتين المثبط تنحصر فى أنه يوقف فعل إنزيم «ألفا – أميليز» الذى يهضم النشا، لذلك يمنع يرقات الحشرات المسببة للتسوس من هضم المادة النشوية الموجودة بالبذور. «طبعا مصدر الإنزيم هو لعاب اليرقات». وفى هولندا على سبيل المثال يبلغ حجم تجارة الزهور ١,٥ بليون دولار أمريكى على الأقل سنويا.

إنتاج منتجات زيتية وصناعية عالية القيمة

هناك اهتمام متزايد بالتحورات الوراثية فى النباتات المنتجة للزيوت مثل فول الصويا، واللفت وغيرهما لإنتاج كميات كبيرة من الزيوت الصناعية، ومستحضرات التجميل، والمواد المنظفة القابلة للتحلل بيولوجيا.. إلخ.

إن ما يزيد عن ٢٠٠ (مائتى) حمض دهنى يتم إنتاجها من مصادر نباتية، ومما لاشك فيه أن هذه الأحماض تدخل فى عمليات صناعية كبيرة. وعن طريق التكنولوجيا الحيوية يمكن مضاعفة القيمة الإنتاجية للمحاصيل التى تُستخلص منها هذه الأحماض، وهذه وسيلة فعالة تدر على المزارع عائدا ماديًا كبيرًا.

إن نسبة المنتجات الزراعية التى يستفاد منها فى الوقت الحاضر فى إنتاج مواد غير غذائية قد وصلت إلى أكثر من ٢٠٪ فى كثير من الدول المتقدمة، ومن هذه المنتجات القطن، والدخان، والمطاط الطبيعى، وطبعًا الخشب. والاكتشافات التى توصلت إلى أن النباتات يمكنها أن تُخلق شظايا من الأجسام المضادة البشرية الفعالة فتحت مجالات جديدًا كبيرًا للتكنولوجيا الحيوية النباتية. واستخدام النباتات كمصانع للأجسام المضادة سيقلل من استخدام الحيوانات لهذا الغرض حيث إنه مثير للجدل.

وهناك اهتمام بالغ بإنتاج اللدائن (البلاستيك) من المحاصيل. فقد تم إدخال إنزيم «بولى هيدروكسى بيوتيريت» فى نبات الدخان، وهذا الإنزيم يلعب دورًا رئيسيًا فى تكوين المواد البلاستيكية فى النبات. وكانت هناك محاولة لإدخال هذا الإنزيم فى بذور نبات اللفت إلا أنه وجد أن المواد البلاستيكية التى تكونت قد أدت إلى تلوث اللفت عند استخدامه كغذاء. وقد وجد أن أنسب نبات لإنتاج المواد البلاستيكية هو نبات «بنجر السكر» حيث لا تأكله الطيور، كما أن بنجر السكر لا يباع فى محلات البقالة، ويمكن الاستغناء عنه كمكمل غذائى.

إن المراحل الأولى لثورة التكنولوجيا الحيوية النباتية قد نجحت، وتُقَيَّم الآن بجمهور غير مهيأ وميال إلى الشك بدرجة ما. إن المنتجات التجارية الناجحة من المفروض أن تغطى متطلبات السوق الحقيقية، ويوضح الجدول رقم (٣) الإنتاج العالمى السنوى لبعض المنتجات الزراعية.

جدول رقم (٣): الإنتاج التقريبى العالمى السنوى لبعض المنتجات الزراعية(*)

القطاع	المنتج	الكمية بالطن
الغذاء والأعلاف	الحبوب	١.٨ بليون
	السكر	١٢٠ مليونًا
	النشا الخام	١,٠ بليون
الخامات	الخشب	١,٦ بليون
	الورق	٢٠٠ مليون
	القطن	١٦ مليونا
الكيماويات	الزيوت النباتية	٤٣ مليونا
	المطاط الطبيعى	٤ ملايين
قطاعات أخرى	الدخان	٤ ملايين

( ) عن منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية عام ١٩٩٢.

منتجات اقتصادية من مزارع خلايا نباتية:

لقد وجد أن كثيرًا من الخطوط الخلوية النباتية المزروعة تُخلِّق منتجات شبيهة بالتى تنتجها النباتات الطبيعة (غير المزروعة)، وفى كثير من الحالات يتم تخليق المنتجات المطلوبة بمعدل يكافئ أو يفوق معدل إنتاجها من النباتات الطبيعية. إن تخليق المنتجات فى الطبيعة بمعدلات مرتفعة يكون عادة مرتبطا بتميز الجذور، والسيقان، والأوراق، والأزهار أما فى المزرعة الخلوية فإن تخليق المنتج يكون مستمرا فى كتل من خلايا غير مميزة.

ومن أهم المنتجات التى يمكن الحصول عليها من الخلايا النباتية المزروعة الآتى: أنثراكينون، ديوزجنين، جنسنج سابونين، نيكوتين، سيربنتين، وبالطبع يتم الحصول على كل منتج من خلايا نبات معين، فمثلا يتم الحصول على النيكوتين من خلايا نبات الدخان المزروعة. كما أن هناك بعض المنتجات الأخرى التى تنتجها الخلايا النباتية المزروعة وهى: أشباه القلويات، وعوامل مضادة لليوكيميا (سرطان الدم)، وعوامل مضادة للأورام، وعوامل مضادة للفيروسات، وبنزوكينون، والجليكوسيدات القلبية، وإنزيمات، وفلافونويدات، ومكسبات الطعم والرائحة، وهرمونات، ومبيدات حشرية، وزيوت، وأحماض عضوية، وببتيدات، وأصباغ، وفينولات، واستيرويدات، وحمض التنيك، وتربينات، وفيتامينات. ويضم الجزء التالى بعض التطبيقات الصناعية لمزارع الخلايا النباتية:

- يمكن أحيانا عن طريق هذه المزارع إيجاد طرق جديدة لتخليق المنتجات التقليدية مثل المورفين، والكينين، وروح النعناع.
- يمكن أن تكون أحيانا وسيلة بديلة لتخليق منتجات جديدة. فقد تم التعرف على تراكيب جديدة ذات قيمة تجارية عالية فى بعض النباتات إلا أن هذه التراكيب يكون من الصعب الحصول عليها بكميات مناسبة بالطرق الطبيعية أو عن طريق التخليق الكيميائى. وفى هذه الحالة تكون المزارع الخلوية هى المصدر البديل للحصول على الكميات المطلوبة من هذه التراكيب.

● قد يحدث أحيانا فى المزارع الخلوية تخليق لبعض المواد الكيميائية التى لم يسبق التعرف عليها فى النبات السليم (الكامل) الذى أخذت منه الخلايا المزروعة.

المقاومة البيولوجية (الحيوية)

لقد أدى استخدام مبيدات الآفات الكيماوية إلى تحسن ضخم فى مستويات الإنتاج الزراعى، واستخدام هذه المبيدات على نطاق واسع هو السبب الرئيسى فى أن قلة من الأفراد يمكنهم فى الوقت الحاضر إنتاج المزيد من المواد الغذائية بتكلفة أقل من ذى قبل. وتهيمن الكيماويات التركيبية أو التخليقية على سوق مبيدات الآفات بدون شك وستظل هذه الهيمنة. ومع ذلك يزداد قلق المستهلكين للمواد الغذائية على نوعية الغذاء وعلى البقايا (المخلفات) الممكنة من مبيدات الآفات فى المنتجات الغذائية. وفى الوقت الحاضر يقوم خبراء التكنولوجيا الحيوية بدراسة وفحص أشياء بديلة لمبيدات الآفات الكيماوية كوسيلة لمقاومة الآفات الزراعية والأمراض النباتية. ومن الطرق الواضحة استخدام وسائل حيوية موجودة فى الطبيعة للسيطرة على هذه المشكلات. والحقيقة المعروفة فى الحياة هى أن جميع الكائنات الحية لها أمراضها الخاصة ومفترساتها. وفى سياق الكلام الحالى فالمقاومة البيولوجية يقصد بها استخدام الكائنات الدقيقة المستعملة فى الحقل لمقاومة الآفات والأمراض، وبطريقة مماثلة يمكن استخدام المفترسات الحشرية أيضا فى أغراض المقاومة.

إن العامل الأكثر نجاحا فى المقاومة الحيوية هو نوع من البكتريا المكونة للبوغيات أو الجرثوميات يسمى «باسيللس ثيرنجينسيس» التى تحتوى على مواد بروتينية متبلرة. ورغم أن هذه البروتينات شديدة السمية للآفات الحشرية إلا أنها متخصصة فى فعاليتها. وقد استخدمت على نطاق واسع لأكثر من ثلاثين عاما ضد الآفات الحشرية من قشريات الأجنحة وبخاصة يرقات الفراشات. والاستخدام التجارى لهذه المبيدات الحيوية يتعلق أساسا بالجراثيم والمحتويات المتبلرة التى تُفرغ من البكتيريا الممزقة، وتستخدم هذه المكونات بتركيزات غاية فى الدقة.

وفى السنوات الحديثة تم عزل الجينات المسئولة عن السمية فى هذه البكتيريا، والتعرف على تتابع القواعد النيتروجينية بها، وبتطبيق تقنية الحمض النووى «الدنا» معاد الاتحاد أو المطعَّم أمكن الحصول على منتجات مميزة تم تجربتها وأثبتت صلاحيتها، وتم التصديق عليها واستخدامها على نطاق واسع. ومن ناحية أخرى فقد أمكن دمج هذه الجينات مع المادة الوراثية لأنواع مختلفة من النباتات، وعبِّرت هذه الجينات عن نفسها فى أنسجة تلك النباتات. ويقدَّم للمزارع الآن كل من هاتين الطريقتين: الاستخدام المباشر للمبيدات الحيوية الجرثومية، والحماية المباشرة للنبات عن طريق تعبير الجين السام فى الأنسجة النباتية. ويوجد الآن عدد كبير من الشركات التى تهتم ببحوث، وتنمية، وتحسين، وإنتاج السموم من «باسيللس ثيرنجينسيس». وبينما تسيطر سموم هذا النوع من البكتيريا على السوق فهناك أمثلة كثيرة من المبيدات الحيوية الفيروسية والفطرية التى تحقق حصة تسوقية متزايدة.

الشروط الواجب توافرها فى الكائن الحى الدقيق ليكون عاملا ناجحا فى المقاومة البيولوجية.

- يجب أن يكون للمبيد الحيوى الناتج عن الكائن الدقيق حجم تسويقى فعلى ومطلب من المستهلك.
- يجب أن يكون المبيد الحيوى مساويا لمبيدات الآفات الكيماوية أو أحسن منها فى الأداء والبقاء.
- يجب أن يكون المنتج آمنا، ذا سمية منخفضة للكائنات الثديية وتأثير بسيط على الأنواع الأخرى غير المعنية بالمقاومة.
- يجب أن يظل المنتج ثابتا فى تركيبه أثناء التخزين.
- يجب أن تكون تكاليف إنتاجه بكميات كبيرة بواسطة تكنولوجيا العمليات الحيوية رخيصة.
- يجب أن تستخدم عوامل المقاومة الحيوية عن طريق التكنولوجيا التقليدية دون الالتجاء إلى تغييرات كبيرة فى الممارسات الزراعية الجارية.

وستُحدِّدُ المقدرة التجارية للمبيدات الحيوية المختلفة بمدى فعاليتها، ومعدلات التكلفة والعائد عند مقارنتها بالكيماويات المصنعة، والسهولة فى الاستخدام ونطاق نشاطها. ويوضح الجدول رقم (٤) مقارنات بين مبيدات الآفات الكيماوية والمبيدات الجرثومية.

جدول رقم (٤): مقارنة بين مبيدات الآفات الكيماوية والمبيدات الجرثومية

وجه المقارنة	المبيد الكيماوى	المبيد الجرثومى
استخدام المنتج		
سرعة التأثير	عادة سريع	يمكن أن يكون بطيئا
فعالية القتل	غالبا ١٠٠٪	عادة ٩٠ – ٩٥٪
نطاق التأثير	عادة واسع	عادة ضيق
مقاومة الكائن المقصود بالمقارنة	غالبا ما تحدث	لم تُر بعد
سلامة المنتج		
اختبارات السمية	طويلة ومكلفة	منخفضة التكلفة
المخاطر البيئية	توجد أمثلة معروفة جيدا	لم تظهر بعد
البقايا (المخلفات)	عادة ما يحتاج فترة للحصد	يمكن حصد المحصول فى الحال

ومن المتوقع أن تصل الزيادة فى الحصة التسويقية لعوامل المقاومة الحيوية فى السوق العالمية إلى ٥٪ على الأكثر. لذلك يجب أن يتحرك رأى المستهلك بقوة ضد مبيدات الآفات الكيماوية، وعندئذ فإن اختيار عوامل المقاومة الحيوية سيكون بديلا ذا مغزى كبير.

وعن وضع التكنولوجيا الحيوية فى مجال **الإنتاج النباتى** فى بعض الأقطار العربية كما تشير تقارير المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم عام ١٩٩٣ هو أن

الاهتمام بالتقنيات الحديثة أصبح بارزا فى كل من سوريا والعراق ومصر فقد ذكرت هذه الدول أن هناك تعاونا مع العديد من المنظمات الدولية والدول المتقدمة حيث يتعاون معمل الزراعة والرى العراقى مع منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو)، وتتعاون سوريا مع المركز الدولى للبحوث الزراعية فى المناطق الجافة (الأكاردا)، وكذلك يتعاون المعمل القومى للهندسة الوراثية الزراعية (الناجل) فى جمهورية مصر العربية مع برنامج الأمم المتحدة للتنمية، كما تتعاون دولة الإمارات العربية المتحدة من خلال كلية الزراعة مع منظمة «جيكا» اليابانية، وقد تم إنشاء معمل للتقنية الحيوية فى دولة قطر. وقد أدرجت العديد من الدول العربية هذه التقنية ضمن المجالات ذات الأولوية بهدف إنتاج نباتات مقاومة للظروف البيئية الصعبة مثل الملوحة والجفاف وقلوية التربة والحرارة المرتفعة، وكذلك لإنتاج نباتات خالية من الأمراض الفيروسية. وشملت هذه الدول كلاً من الكويت، تونس، السعودية، المغرب، والسودان، حيث أدرجت السودان تقنية «دمج البروتوبلاست» وزراعة الأنسجة ضمن اهتماماتها. هذا وقد افتتح فى سلطنة عمان بنكا لحفظ فسائل النخيل سواء الأصناف الاقتصادية أم البرية.

واتضح أن العديد من الأقطار قد جمعها اهتمام واحد لتحسين محصول بذاته، وهنا يمكن التعاون بين هذه الأقطار وبعضها، وتبادل الأفكار والنتائج لتحقيق أعلى عائد للأمة العربية وكل قطر على حدة. وكذلك هناك اهتمامات منفردة لا تصلح إلا فى قطر واحد مثل الاهتمام بالصمغ العربى فى السودان، ويوضح الجدول رقم (٥) أهم الاهتمامات المشتركة والأقطار المعنية بكل منها.

جدول رقم (٥): أهم المجالات النباتية ذات الاهتمام المشترك أو المنفرد

مجال الاهتمام	الأقطار العربية ذات الاهتمام
شتلات الموز	الإمارات العربية - السودان - سوريا - مصر
فسائل النخيل	العراق - السعودية - سوريا - الكويت - عمان -

	مصر – تونس
القمح والشعير	السعودية – الإمارات العربية
الطماطم	الإمارات العربية – مصر
البطاطس	سوريا – مصر
الكمثرى والتفاح والفستق	سوريا
الموالح	سوريا – مصر
الزيتون	سوريا – مصر
الصمغ العربى	السودان
الفراولة	مصر

وحديثا نجد أن الكثير من الدول العربية قد ركز على **تقنية زراعة الأنسجة النباتية** (إحدى تقنيات التكنولوجيا الحيوية)، وكان لها آثار إيجابية على الثروة النباتية. ففى **تونس** تناولت هذه التقنية البطاطس والفراولة والطماطم والموالح والخرشوف ونباتات الزينة ونخيل التمر والقمح والشعير. وتستخدم **الجزائر** هذه التقنية فى إكثار البطاطس والنخيل المقاوم لمرض الذبول. وفى **المغرب** هناك اهتمام زائد بالبطاطس والفراولة والموز والموالح والنخيل والأناناس، وينتج القطاع الخاص أنواعا مميزة من البطاطس والعنب خالية من الفيروسات، وتصدر المغرب بعض النباتات الناتجة من زراعة الأنسجة مثل نخيل التمر والموالح والموز. وفى **ليبيا** يتركز النشاط حول الإكثار من نخيل التمر. وفى **سورية** تتناول زراعة الأنسجة البطاطس والفول البلدى. وفى **الأردن** تهتم هذه التقنية بالبطاطس والخيار والطماطم والقمح والتفاح. وفى **العراق** يستفاد من هذه التقنية فى الإكثار والتحسين من النخيل وأشجار الفاكهة والبطاطس والخس. وفى **المملكة العربية السعودية** تركز هذه التقنية على الإكثار من نخيل التمر. وفى **جمهورية مصر العربية** تتناول زراعة الأنسجة الفراولة والبطاطس والقمح والشعير والذرة الرفيعة والفول والبرسيم والموز والنخيل.

التكنولوجيا الحيوية الحيوانية

لاشك أن الزراعة الحيوانية ممثلة فى الماشية، والأغنام، والطيور، والأسماك تعتبر المصدر الرئيسى للإنتاج الغذائى على مستوى العالم، وبينما يتم إنتاج الكثير من هذه الحيوانات من أجل لحومها فقط فإن أنواعا أخرى تساهم فى تغذية البشر وذلك عن طريق إنتاج اللبن والبيض. ويتم التشديد على الإنتاج الحيوانى فى الدول المتقدمة بدرجة كبيرة واستخدام التكنولوجيا فى هذا المجال. ويكون للإنتاج الغذائى انعكاساته على نوعية الغذاء، ومدى الحاجة إلى هرمونات النمو، ومبيدات الآفات، والمضادات الحيوية، والفاكسينات (اللقاحات)، والإنفاق الجيد على الحيوان ورعايته، وازدياد طرق التربية بالانتقاء، والبيولوجيا الجزيئية، والمعالجات الوراثية ونقل الجينات.

وكما هو متبع فى الزراعة النباتية فإن مربى الحيوان القدامى كانوا يتعرفون على الصفات المهمة فى الحيوانات والإبقاء عليها فى النسل القادم. وتهدف التربية أو التكاثر عن طريق الانتقاء إلى زيادة تكرار عدد كبير من الجينات والتى تعمل سويا مع بقية الجينوم الحيوانى لإنتاج النمط المظهرى المرغوب فيه، والمثال التالى يوضح ذلك: فى الفترة ما بين ١٩٤٥، ١٩٩٣ أدت التربية أو التكاثر عن طريق الانتقاء إلى زيادة متوسط إنتاج البقرة الواحدة من اللبن إلى ثلاثة أضعاف الكمية.

وهناك مثال شهير أعتقد أنه ملموس للجميع وهو: التنوع أو التشكيلة الرهيبة من الكلاب التى نراها فى أيامنا هذه، وتتباين هذه الكلاب فيما بينها فى صفاتها الخارجية بدرجات متفاوتة، وكما يقال فإن هذه الكلاب جميعها تتبع نوعا واحدا والأفراد المختلفة لها القدرة على التناسل البينى، وقد نشأت الأجيال الحالية عن طريق برامج منظمة بدقة للتربية والتناسل الاختيارى. وبالنسبة لكثير من حيوانات

المزرعة فإن طرق التربية والتكاثر التقليدية قد حققت بالفعل إنتاجا عاليا من الحيوانات ذات الصفات المرغوبة. ويبدو أن الزيادة فى القدرة الإنتاجية المكنة بهذه الطرق تكون سهلة، إلا أنه لمواجهة الزيادة المطردة لسكان العالم يجب أن يكون هناك طرق أو أساليب أخرى لمواجهة الطلب المتزايد على المنتجات الحيوانية.

الهندسة الوراثية للحيوانات المحورة

إن عملية التربية أو التكاثر عن طريق الانتقاء تعتبر عملية مؤلمة ومملة ليس هذا فقط ولكنها أيضا بطيئة للغاية خاصة فى حالة الحيوانات الكبيرة التى تطول فيها فترة الحمل، وقد يتطلب التوصل إلى صفات مرغوبة مستقرة فى الأنماط المظهرية سنين عديدة. لذلك فإن مجيئ تكنولوجيا «الدنا» المطعم أو مُعاد الاتحاد واستخدامها فى برامج تربية وتكاثر الحيوان يمكن أن يؤدى إلى ازدياد سرعة ومدى التربية أو التكاثر عن طريق الانتقاء بدرجة كبيرة جدا. والمثال الأول المسجل لنقل جين غريب إلى حيوان آخر باستخدام تكنولوجيا «الدنا» المطعم هو نقل الجين المسئول عن إنتاج هرمون النمو فى الفأر الكبير إلى جينوم الفأر الصغير، ويمتاز الأخير بأن حجمه محدود، وبعد أن عبَّر جين هرمون النمو عن نفسه فى الفأر الصغير كانت النتيجة كبر حجم الأفراد بدرجة ملحوظة عند مقارنتها بالآباء. وقد جذبت «الفئران السوبر» انتباه الناس لأنها كانت المثال الأول للحيوانات المحورة، أى الحيوانات التى اكتسبت مادة وراثية جديدة بطريقة صناعية وليست بالطريقة الطبيعية العادية للتكاثر الجنسى.

ومن ثم كانت هناك مضاربات ظاهرية على القدرة الاقتصادية لحيوانات المزرعة المحورة، وأن هذه الحيوانات ستحقق ربحا كثيرًا فى النواحى الصناعية المنتشرة فى أرجاء العالم والتى ستعود بفوائد شتى على البشرية.

التغيرات المتوقعة المرتبطة بالحيوانات المحورة وراثيا:

- زيادة فعالية إنتاج اللحوم.
- تحسين نوعية اللحوم.
- تحسين نوعية وكمية الألبان.
- زيادة إنتاج البيض.
- تحسين نوعية وكمية الصوف.
- تحسين مقاومة الحيوانات ضد الأمراض.
- إنتاج مستحضرات صيدلية وحيوية منخفضة التكاليف.

ومما هو وثيق الصلة بالموضوع: تحسين إنتاج اللحوم من سلسلة من حيوانات المزرعة ومنها الأسماك، وتحسين كمية ونوعية اللبن. والإكثار من الحيوانات الخالية من الأمراض. والمشروع الذى يعتبر بلاشك مشروعا فذا وعمليا وملائما من الناحية التجارية هو استخدام أنواع معينة من الحيوانات المفرزة للألبان مثل الأغنام، والماعز، والأرانب، والأبقار فى إنتاج إفرازات جديدة للبروتينات البشرية فى ألبانهم والتى يمكن استخلاصها بعد ذلك واستخدامها كمستحضرات صيدلية.

والسؤال الآن هو: كيف يمكن إدماج «دنا» جديد فى جينوم الحيوان ويستقر هذا «الدنا» بعد ذلك ويورث للأجيال القادمة؟ إن الطريقة الأكثر نجاحا فى وقتنا الحاضر لنقل الجينات إلى الدواب (المواشى) هى طريقة **الحقن المجهرى** فى النواة الأولية للبويضات المخصبة. ويستخدم فى هذه التقنية المجهرية إبرة زجاجية غاية فى الدقة والتى بواسطتها يتم حقن «الدنا» المُنقى فى البويضات المخصبة للأنواع المختارة من الحيوانات. وتنقل هذه البويضات جراحيا بعد ذلك إلى أمهات بديلة نشيطة هرمونيا، وعلى سبيل المثال: لقد نجح العالم «سيمنز» وزملاؤه عام ١٩٨٨ فى إنتاج عدد ٦ (ستة) من الأغنام المحورة وذلك عن طريق الحقن المجهرى «للدنا» فى الأجنة المبكرة.

النقاط الضرورية مرتبة بطريقة متسلسلة لإثبات أن الحيوان قد تحور بالفعل:

- تحديد الجين الغريب ومعرفة تركيبه وذلك عن طريق الهندسة الوراثية.
- الحقن المجهرى المباشر «للدنا» فى النواة الأولية لبويضة واحدة مخصبة.
- غرس الخلايا المُهندسَة فى الأمهات البديلات.
- ترك الأجنة تنمو حتى النهاية (حتى تكتمل).
- التأكد من أن «الدنا» الغريب قد استقر واندمج وراثيا مع «الدنا» الخاص ببعض الأفراد المولودة حديثا.
- التأكد من أن الجين المنقول يؤدى دوره على خير وجه فى بيئته الجديدة.

وعلى خلاف ما هو فى الفئران والخنازير فإن ما تعطيه البطن الواحدة من الأنثى (الحمل الواحد) فى الأغنام والماشية يكون محدودا (من واحد إلى اثنين من المواليد)ن لذلك فإن أعدادا كبيرة من هذه الحيوانات يكون ضروريا لاستعمالها كمستقبلات للبويضات التى يتم حقنها مجهريا.

ويوجد الآن ماشية وأغنام وخنازير محورة وراثيا، رغم أن معدل نجاح حدوث التحور فى هذه الكائنات يصل إلى ١٪ فقط إذا ما قورن بالمعدل فى الفئران وهو ٢ - ٥٪. وفى الأسماك يتم إخصاب البويضات خارج الجسم، لذلك يتم التخلص من كثير من التقنيات المعقدة المطلوبة فى حالة الثدييات لجمع البويضات، وإخصاب هذه البويضات ثم إدخال الأجنة إلى الأمهات المربيات. ويصل معدل نجاح عملية التحور الوراثى فى الأسماك إلى أكثر من ٧٠٪.

وسيكون الهدف الأساسى لمربى الحيوانات هو إدخال سمات معينة ذات أهمية اقتصادية فى المواشى ذات القيمة التجارية. وبما أن معرفة الآليات المنظمة لتعبير الجينات فى الحيوانات الراقية محدودة فإن ذلك يَحدُّ من القدرة على بناء حيوانات محورة وراثيا.

إن الاستفادة الواقعية الجديدة ذات القيمة التجارية للحيوانات المحورة هى إنتاج بروتينات ومستحضرات صيدلية بشرية فى الحيوانات المحورة المفرزة

للألبان. والتراكيب المحورة التى تجعل الغدد الثديية فى الحيوانات المفرزة للألبان أن تفرز بروتينات بشرية عالية القيمة أصبحت الآن ممكنة، وبدون شك سيكون الاستخدام التجارى الحقيقى الأول للحيوانات المحورة. وفى الحقيقة ستصبح هذه الحيوانات مفاعلات حيوية مُنتجة للمستحضرات الصيدلية التى كانت تُنتج سابقا فى مزارع فقط بواسطة الكائنات الدقيقة المحورة. إن التراكيب الجينية لعامل التجلط - ٨ (بعض مرضى النزف الدموى أو الهيموفيليا ينقصهم عامل تجلط الدم يسمى عامل رقم - ٨) قد تم غرسها بنجاح فى جينوم الأغنام، ورغم أن مستويات التعبير الجينى مازالت منخفضة فالعامل ٨ موجود، وهذه السمة قابلة للتوريث. إن قدرة الحيوانات المحورة على إفراز سلسلة كبيرة من منتجات الرعاية الصحية الثمينة على مستوى تجارى ليست لها حدود ويجب إدراكها فى المستقبل. وستُستبعد الأغنام المحورة التى تستخدم فى إنتاج مستحضرات صيدلية من السلسلة الغذائية البشرية. وبذلك يتم التخلص من الاحتجاج العنيف للجمهور على استهلاك المدخلات الجينية البشرية. وعلى نقيض بعض الآراء الشائعة فإن بحوث الحيوانات المحورة ليست لإنتاج مُسخ حيوانية كما أنها ليست نزوة، ولكنها لإدخال سمات معينة ذات معنى اقتصادى فى المواشى والتى سيكون لها منافع للجنس البشرى. ولقد ساهمت الحيوانات المحورة أيضا فى فهم وظيفة الجينات فى الأنواع المختلفة من الحيوانات.

الهرمونات واللقاحات المهندسة وراثيا:

تفرز الغدة النخامية فى الحيوانات هرمونات النمو التى تؤثر على عملية النمو فى الحيوان، كما أنها تؤثر على إنتاج اللبن فى الحيوانات الثديية. وفى الثمانينات من القرن الماضى (القرن العشرين) تم عزل الجين المسئول عن إنتاج هرمون النمو فى الأبقار (سوماتوتروبين أو بِ. إس. تى) بنجاح ونقله إلى خلايا بكتيرية لإنتاج كميات كبيرة من الهرمون. وقد أظهرت الاختبارات الميدانية فى الدول المتقدمة أن هذا الهرمون يزيد من إنتاج اللبن، هذا وقد سمحت بعض الدول

ومنها دول التشيك وسلوفاكيا وجنوب أفريقيا باستخدام هرمون ب. إس. تى. وتم إجراء الاختبارات الميدانية على هذا الهرمون فى كثير من الدول الصناعية وكذلك بعض الدول النامية ومنها البرازيل، والهند، والمكسيك. وعندما حقنت الأبقار بحوالى ٣٠ ملليجرام من هرمون النمو كانت النتيجة زيادة إنتاج اللبن بنسبة ١٠ - ٣٠٪ ولكن الاستمرار فى هذه الزيادة كان يتطلب حقن الهرمون بصورة منتظمة. وهذه التحسينات فى عملية إنتاج اللبن يمكن أن تجعل قلة من الحيوانات تنتج نفس الحجم من اللبن. وليست هناك أية أدلة على زيادة تركيز هرمون النمو فى اللبن أو على حدوث أى تغييرات فى مكونات اللبن ذاته. وقد أوضحت الدراسات أن هرمون النمو الناتج من الخنازير المهندسة وراثيا واسمه سوماتوتروبين الخنزير أو (بى. إس. تى) يؤدى إلى خفض دهون الجسم بنسبة قد تصل إلى ٨٠٪ وزيادة فعالية الغذاء بنسبة ٢٠٪. إن التصديق على هرمون النمو البقرى من إدارة الأغذية والعقاقير الأمريكية فى نوفمبر عام ١٩٩٣ اعتبر هذا الهرمون أول مستحضر صيدلى مشتق عن طريق التكنولوجيا الحيوية يتم تناوله تجاريا للزراعة الحيوانية فى الولايات المتحدة.

إن هرمون النمو البقرى هو أول منتج تم الحصول عليه عن طريق الهندسة الوراثية فى الزراعة الذى تم فحصه بدقة متناهية لتأثيره الاقتصادى. ويرجع ذلك إلى الأهمية الكبيرة للبن لمعظم النظم الاقتصادية الغربية والدور الإيجابى للبن فى صحة البشر.

ومن وجهة النظر العلمية فقد ثبت بوضوح أن هرمون النمو البقرى مُنتَج آمن ويُسمح بتداوله الآن فى دول كثيرة خاصة الولايات المتحدة الأمريكية حيث يتم تسويقه تحت الاسم التجارى «بوسيلاك». إلا أن كثيرا من المنظمات المستهلكة للسلع الغذائية مازالت تعارض استخدام هذه الطريقة. وفى أوروبا يوصى المفوضون الأوربيون باستمرار الحظر أو التحريم القديم لمدة خمس سنوات أخرى وذلك لأسباب سياسة أكثر من كونها صحية أو أسباب تتعلق بالسلامة.

وقد أوضحت الدارسات المتعلقة برفاهة الحيوان أن الخنازير المهندسة وراثيا لإنتاج هرمون النمو تعانى من مشكلات هيكلية ومفصلية، والأبقار المهندسة تعانى من التهاب الأثدى - جمع ثدى -. إن البعض يعتبر أن هرمون النمو البقرى والخنزيرى ما هى إلا منتجات مشتقة عن تكنولوجيا حيوية خاطئة، وما هى إلا وسيلة لكسب رضاء الجمهور وتقبله للتكنولوجيا الحيوية الجديدة. وعن وجهة نظر الجمهور فى هذه المنتجات هى أن الدافع لعمل هذه المنتجات هو دافع مادى فى المقام الأول أى لتحقيق أرباح طائلة وليس نابعا من الحاجة لها. وقد عرف الكثير من هذه المنتجات ومدى ملاءمتها للتمهيد لمنتجات أخرى جديدة فى الزراعة عن طريق التكنولوجيا الحيوية.

هذا وقد تطورت عملية إنتاج اللقاحات وأصبحت هناك لقاحات ضد أمراض ميكروبية كثيرة. إن أمراض الحيوان تمثل المعاناة الكبيرة لكل أنواع حيوانات المزرعة. ولو أمكن الإقلال من هذه الأمراض. أو التخلص منها، فإن ذلك سيؤدى إلى سعادة الحيوان، وإلى تحسن كبير فى إنتاجيته. وبتحسن صحة الحيوانات وخاصة فى المزارع الكثيفة فإن أعداد الحيوانات اللازمة لإعطاء نفس الحصيلة النهائية سيقل.

لقد تم تطوير لقاحات متعددة لأمراض معينة تصيب الماشية. والخنازير، والطيور، والأغنام، والأسماك. وقد حققت هذه اللقاحات نجاحا تجاريا معقولا وأدت إلى تقليص معاناة الحيوان من الأمراض. وقد تم عمل لقاح جديد ضد داء الكلب وذلك عن طريق الهندسة الوراثية ويستعمل هذا اللقاح فى أجزاء كثيرة من أوروبا حيث يستوطن هذا المرض. ومستقبل القضاء على هذا النوع من المرض مبشر للغاية.

منتجات علاجية من مزارع خلايا حيوانية

تعتبر الفيروسات الحيوانية أجود الأمثلة للمنتجات المأخوذة من الخلايا الحيوانية المزروعة. ويتم سنويا إنتاج عدد هائل من جرعات لقاح مرض القدم والفم الفيروسى (مرض الحمى القلاعية) الذى يصيب الماشية مؤديا إلى هزالها ونفوقها.

كما يتم إنتاج لقاحات بكميات كبيرة سنويا ضد الأمراض الفيروسية التى تصيب الإنسان ومنها لقاحات ضد مرض شلل الأطفال، ومرض النكاف الذى يصيب الغدة النكفية اللعابية أسفل وأمام الأذن، ومرض الحصبة، وداء الكلب، وأمراض أخرى. كما أن الخلايا الحيوانية الموجودة فى مزارع تنتج «الإنترفيرونات»، «إنترليوكين - ٢»، و «منشط البلازمينوجين». وهناك ثلاثة أنواع أخرى من المنتجات التى يمكن الحصول عليها من الخلايا المزروعة وهى «الأجسام المضادة أحادية المنشأ»، والهرمونات (مثل: بروﻻكتين)، ومفترسات الفيروسات (مثل: المبيدات الحشرية الفيروسية). ويبدو أن منشط البلازمينوجين النسيجى، برو - يوروكينيز، إريثروبيوتين، والأجسام المضادة أحادية المنشأ، الليمفوكينات، والإنترفيرونات يتم إنتاجها من خلايا حيوانية ثديية موجودة فى مزارع.

وهناك تكنولوجيات متعددة لتجهيز مزارع الخلايا الثديية. ويتوقف نوع التكنولوجيا المستخدمة على ما إذا كانت الخلايا ستنمو فى حالة معلقة أو ستنمو ملتصقة بسطح ما، كما أن الحالة التى ستبقى عليها الخلايا المنزرعة (إما فى حالة نمو أو فى حالة عدم نمو) لها دور أيضا فى تحديد نوع التكنولوجيا. وفى المزرعة تتوقف التكاليف على: الاحتياج للمصل (السيرم) أو لعوامل نمو أخرى بديلة، والعلاقة بين معدل تكوين المنتج لكل خلية، النمو المميز، والجهد.

نقل الأجنَّة

نسمع فى وقتنا الحاضر كثيرا عن نقل الأجنة، والسؤال الآن: ما المقصود بنقل الأجنة؟ وكيف يتم ذلك؟ وفى أى المراحل التكوينية يمكن إجراؤه؟ ومتى يكون نقل الأجنة عملية ضرورية؟ وفى أى الكائنات يحدث ذلك؟. ويضم العرض القادم إجابات شافية لهذه الاستفسارات.

إن نقل الأجنة عبارة عن تقنية خاصة تضم خطوات متعددة تبدأ بالتحفيز لإنتاج عدد وفير من البويضات أثناء عمليات التبويض فى الماشية والثدييات الأخرى. ففى الأبقار على سبيل المثال يتم التلقيح الصناعى للإناث التى تمت بها

عملية التحفيز. ويلى ذلك استرداد الأجنة (البويضات المخصبة) التى تكونت. ويمكن بهذه الطريقة الحصول على ١٥ جنينا من البقرة الواحدة. وقد يتم حفظ هذه الأجنة مجمدة أو يتم نقلها فورا إلى أمهات بديلات. والفائدة الكبرى من هذه التكنولوجيا هى زيادة معدل التكاثر فى الأبقار ذات القيمة الاقتصادية العالية. وما يقال عن الأبقار يقال عن الثدييات الأخرى. ويمكن الاستفادة من هذه التكنولوجيا فى الحفاظ على الأنواع التى أوشكت على الانقراض والإكثار منها فى نفس الوقت، وكذلك الإكثار من الأنواع ذات الصفات المتازة التى تحقق فائدة اقتصادية عالية كإنتاج اللحم واللبن والصوف وغيرها، وكذلك الأنواع التى تقاوم الظروف البيئية الصعبة كتحمل الحرارة والبرودة ومقاومة الأمراض.. إلخ.

ويجرى التحفيز من عملية «التبويض الغزير» عن طريق الحقن بهرمونات «جونادوتروفين» أو بمستخلص الغدة النخامية من الخيول. ويمكن بهذه الطريقة الحصول على ٥٠ عجلا من البقرة الواحدة فى العام الواحد بدلا من عجل واحد فى الظروف العادية. كما يمكن أيضا نقل الأجنة المأخوذة من السلالات الرفيعة المتازة فى حالة مجمدة من قطر إلى آخر، وبذلك تتاح الفرصة للدول النامية أن تستورد مثل هذه الأجنة المتازة وتنميتها فى أمهات بديلات محلية، ومما لاشك فيه أن ذلك سيؤدى إلى الارتقاء السريع بالثروة الحيوانية.

وقد تم بالفعل فى دول عديدة إنتاج توائم متماثلة من العجول وذلك بفصل خلايا «الزيجوت» وزرعها فى بقرات بديلات. إن استخدام الهرمونات الحيوانية الطبيعية والهرمونات المخلقة لتحفيز عملية النمو فى الكائنات يتم تجربته الآن مع الاهتمام بإنتاج هرمونات النمو الحيوانية «المكلونة» واستخدامها كإضافات لعلف الماشية. ويمكن أن يعتبر ذلك أسلوبا مباشرا وسريعا لإنتاج مواش أضخم من الأجيال التى نحصل عليها عن طريق التربية الانتقائية.

ولاشك أن هذه التقنية الحديثة لنقل الأجنة ستؤدى إلى تحسين نوعية الماشية ورفع كفاءتها الإنتاجية. حيث يتم أخذ الأجنة من سلالات ذات منزلة رفيعة وتنقل إلى القناة التناسلية لأنواع برية (ذات منزلة أقل إلا أنها شديدة القدرة على

الاحتمال). وعن طريق هذه التقنية يمكن للماشية الممتازة أن تنتج عجولا كثيرة فى السنة الواحدة بدلا من عجل واحد.

ويمكن تلخيص عملية نقل الأجنة فى الخطوات الآتية:

١ - **التبويض الغزير:** عادة ما تنتج البقرة على سبيل المثال بويضة واحدة مع كل عملية تبويض، ولكن عن طريق الحقن بهرمونات معينة فإن نفس البقرة يمكنها أن تنتج عددا وفيرا من البويضات قد يصل إلى دستة فى المرة الواحدة، وهذا ما يسمى بالتبويض الغزير.

٢ - **التلقيح الصناعى:** بعد بدء عملية التبويض الغزير بخمسة أيام يتم تلقيح البقرة صناعيا وذلك بالسائل المنوى المأخوذ من ثور مميز.

٣ - **استرداد الجنين:** يتم استرداد الأجنة (البويضات المخصبة) بعد أسبوع من التلقيح. وعادة لا تحتاج الأبقار لعملية جراحية لإتمام ذلك، أما فى الأغنام والخنازير فلابد من الجراحة.

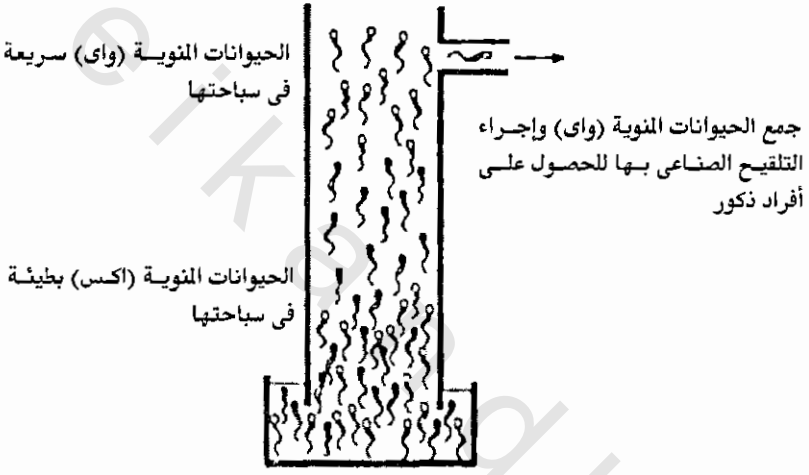
٤ - **معاملات خاصة داخل المعمل:** فى بعض الحالات قد تنشق البويضات المخصبة مؤدية إلى الإكثار من عددها، وقد يحدث أحيانا أن تندمج هذه البويضات مع بويضات أخرى لأنواع شديدة القرابة وذلك لإنتاج هُجن.

٥ - **نقل الأجنة (البويضات المخصبة) إلى أمهات بديلات:** وقد يتم هذا النقل عن طريق الجراحة أو بدونها، وتلد الأمهات البديلات عجولا بعد تسعة شهور.

لقد تم بالفعل إدخال نسخ متعددة من جينات هرمون النمو فى أجنة (البويضات المخصبة) القوارض، وكان حجم الأفراد الناتجة فى هذه الحالة ضعف حجم الأفراد الكنترول (الضابطة).

ويؤدى نقل الأجنة إلى زيادة ملحوظة فى نسل إناث الثدييات ذات الصفات الوراثية الفائقة وذلك من خلال التبويض الغزير ونقل البويضات المخصبة للأمهات البديلات.

كما أن هناك تقنية أخرى مفيدة وهى الإخصاب خارج الجسم حيث حدث تقدم كبير فى معرفة نوع جنس الحيوان المنوى هل هو حيوان مذكر (يحمل الكروموسوم - واى) أو حيوان مؤنث (يحمل الكروموسوم - إكس). وقد أثبتت التجارب أن الحيوان المنوى (واى) أقل كثافة وأسرع من الحيوان (إكس) فى الظروف العادية، وبذلك يمكن التحكم بدرجة كبيرة فى نوع جنس الجنين الناتج - انظر الشكل رقم (٤).



شكل رقم (٤): رسم تخطيطى يوضح فصل الحيوانات المنوية: الحيوانات المنوية (واى) تسبح أسرع من الحيوانات (إكس)، لذلك فهى تصل إلى قمة العمود فى زمن أقل من الحيوانات (إكس). ويمكن جمع الحيوانات (واى) لإجراء التلقيح وذلك لتحقيق نسبة عالية من الأفراد الذكور.

وعن وضع التكنولوجيا الحيوية فى مجال **الإنتاج الحيوانى وصحة الحيوان** فى البلدان العربية هو أن **سوريا** قد اتبعت أسلوب التهجين بين سلالات الأبقار المحلية والفريزيان المستوردة، واهتمت كذلك بتحسين سلالات الأبقار عن طريق زراعة الأجنة بعد إكثار البويضات. وقد اتبعت **مصر** كلا من أسلوب التهجين وزراعة الأجنة للتحسين الوراثى فى المختبرات من خلال معهد بحوث الإنتاج الحيوانى التابع لوزارة الزراعة. وقد ظهر اهتمام **السعودية** ببعض المشاريع

لتحسين الصفات الوراثية للسلالات المحلية من الإبل والدواجن. وقد أدرجت السودان الاهتمام بتحسين إنتاجها الحيوانى من خلال إكثار البويضات ونقل الأجنة على قمة مشاريعها.

وفى كل من **دولة الإمارات العربية المتحدة والكويت** كان هناك اهتمام كبير بالثروات البحرية، ففى الأولى تمثل ذلك فى الإكثار من أم الربيان والثعابين البحرية نظرا لأهميتها الطبية. واهتمت الثانية بمشاريع الإكثار من الأسماك بإحداث العقم وكذلك باستخدام الهرمونات والحمض النووى «الدنا» المعلَّم لحصر الأنواع السمكية، وقد قامت **تونس** ببعض المشاريع لتحسين ثرواتها السمكية.

أما بالنسبة **لصحة الحيوان**، فكان الاهتمام شبه قاصر على كل من **مصر والسودان** رغم عدم وضوح نقاط الاهتمام الرئيسية فى السودان. أما **فى مصر** فيتم ذلك من خلال معهد بحوث صحة الحيوان. ومعهد بحوث الأمصال واللقاحات البيطرية التابعين لوزارة الزراعة، علاوة على البحوث التى تتم فى الجامعات المختلفة. وبالنسبة للمراكز البحثية فلديها العديد من الأنشطة، وأوجه التعاون مع الجهات العالمية، فيتعاون المعهد الأول مع كل من فنلندا وأمريكا ومنظمة الأغذية والزراعة (الفاو) خلال مشروع البروسيللا. أما المعهد الثانى فلديه العديد من مشاريع تطوير اللقاحات البيطرية الخاصة بأهم الأمراض مثل الدرن الحيوانى، الطاعون البقرى، طاعون الخيول، إسهال فيروس البقر، التهاب القصبة الهوائية، علاوة على مشروع لاستخدام التكنولوجيا الحيوية فى إنتاج لقاح الطاعون البقرى، وكذلك هناك دراسات لتطوير إنتاج المستحضرات لوقاية الحيوانات والطيور من الأمراض الفيروسية والبكتيرية، بالإضافة إلى دراسة إنتاج مواد التشخيص وتطوير وسائل التقييم، كما يقوم المعهد ببعض الخدمات للمربين حيث يقوم بتقييم العينات المرضية وعينات المستحضرات الحيوية.