

الباب الثاني

ما هي الكائنات الحية
المحوّرة جينيًّا والأغذية
المحوّرة جينيًّا؟

ما هي الكائنات الحية المحوّرة جينيًا والأغذية المحورة جينيًا؟

يُمكن تعريف الكائنات الحية المُحوّرة جينيًا (Genetically modified organisms, GMO) بأنها كائنات تغيّرت فيها المادة الوراثية (الحامض النووي DNA) بطريقة علمية معمّلية لا تحدث بصورة طبيعية، ويُطلق غالباً على هذه التكنولوجيا اسم "التكنولوجيا الإحيائية الحديثة" أو "التكنولوجيا الوراثية" كما تُعرف أحياناً باسم "تكنولوجيا الحامض النووي DNA أو "الهندسة الوراثية". وهي تتيح نقل بعض الجينات المنفردة المنتقاة من كائن عضوي ما إلى كائن عضوي آخر، أو يبين أنواع حية لا علاقة لها الواحدة بالأخرى، وتتبع هذه الطرق لإيجاد نباتات محورة جينيًا – وتستخدم هذه بدورها في إنتاج محاصيل غذائية محورة جينيًا (Genetically modified food, GMF).

إن تقانة التعديل الوراثي تعتمد تطبيق مبادئ علم الأحياء الجزيئي (Molecular biology) وبالتالي فإنها تختلف كلياً عن عملية تربية وتأسيس النباتات التقليدية التي تستعمل التهجين ضمن الفصيلة النباتية الواحدة؛ بهدف انتقاء سلالة ذات الصفات المرغوب فيها في النبات، بينما في تقانة التعديل الوراثي (Genetically modified, Gm) يتم نقل مورث الصفة المحسنة داخل المختبر، وبشكل أسرع من التهجين بمئات المرات ونتائجه أضمن وأق.

تُنتج الأغذية المحورة جينيًا GMF – وتسوّق – نظراً للفوائد التي تنطوي عليها بالنسبة إلى المنتج أو المستهلك، سواء فيما يتعلق برخص الثمن أو القيمة الغذائية أو كلاهما. وفي بادئ الأمر كان منتجوا البذور المحورة جينيًا يسعون إلى تقبل المنتجين لمنتجاتهم؛ لذا ركزوا على التحديثات التي من شأنها أن تحظى بتقدير المزارعين، وكان الهدف من إنتاج النباتات التي تقوم على أساس الكائنات الحية المحورة جينيًا، في الأصل، تحسين حماية المحاصيل، والمحاصيل المحورة جينيًا الموجودة حالياً في الأسواق تهدف، أساساً، إلى رفع مستوى حماية المحاصيل عن طريق استحداث المقاومة ضد الأمراض النباتية الناجمة عن الحشرات أو الفيروسات أو عن طريق زيادة مستوى تحمل مبيدات الأعشاب.

وتنشأ مقاومة الحشرات عن طريق دمج جينة في النبتة ويقصد بها إنتاج مادة سمية من العصية الثورنجية (*Bacillus thuringiensis*)، وتستعمل هذه المادة السمية في الزراعة في الوقت الحاضر كمبيد حشري تقليدي، وهي لا تشكل

خطراً على الإنسان إذا ما استهلكها. وقد اتضح أن المحاصيل المحورة جينياً التي تنتج هذه المادة السمية باستمرار تستلزم كميات أصغر من مبيدات الهوام في حالات معينة، على سبيل المثال عند اشتداد فعل الهوام، أما مقاومة الفيروسات فتحدث عن طريق دمج جينة تؤخذ من فيروسات معينة تتسبب في أمراض نباتية، ومقاومة الفيروسات تجعل من النباتات أقل عرضة للإصابة بالأمراض التي تحدثها تلك الفيروسات مما يؤدي إلى زيادة المحاصيل، ويحصل تحمل مبيدات الأعشاب عن طريق دمج جينة تؤخذ من جرثومة ناقلة لمقاومة بعض مبيدات الأعشاب، وقد أدى استخدام هذه المحاصيل في حالات اشتداد فعل الأعشاب الضارة إلى تقليل كمية مبيدات الأعشاب المستعملة.

وقد نقل بالفعل إلى نبات الطباق جين من إحدى بكتريات التربة ينتج بروتيناً ساماً جداً للحشرات، وليس ساماً للإنسان أوحيوانات المزرعة، فأصبح هذا النبات مقاوماً للحشرات، ولقد قامت إحدى الشركات الأمريكية برفع سمية هذا الجين ليصبح مقاوماً لحشرات عائلة حرشفيات الأجنحة (ومنها دودة ورق القطن) ويمثل هذا الجين يستغني المزارع عن المبيدات الحشرية التي تؤثر في صحة الإنسان (مستجير، 1996)، والذي أضاف أن وزارة الزراعة المصرية تحاول أن تستفيد من هذا الجين مضاعف السمية بالاتفاق مع الشركة الأمريكية.

أيضاً يتم التحوير الوراثي في الحيوان، حيث ظهر في منتصف الثمانينات من القرن الماضي أول تقرير (Hammer et al., 1985) يصف تكوين حيوانات عبر جينية من حيوانات المزرعة (أرانب، أغنام، خنازير)، وتوالت التجارب في هذا المجال لتشمل الماشية والماعز والدجاج وأنواع عديدة من الأسماك، حيث إن توفير الغذاء لملايين الجوعى والمحرومين في شتى أنحاء المعمورة هو الهدف الأساس المعلن من وراء تطوير حيوانات عبر جينية، تأتي بعد ذلك الأهداف الطبية والعلاجية مثل زراعة الأعضاء وإنتاج المركبات الصيدلانية وعمل نماذج أوموديلات من الحيوانات كبداية للبشر تستخدم في دراسة الأمراض البشرية وطرق علاجها.

ما هي الجينات وما هي وظيفتها؟

الجينات (Genes) أو المورثات، كما يسميها البعض، هي أجزاء دقيقة جداً في خلايا الكائن الحي مسؤولة عن الخواص المميزة لكل كائن حي على حدة، والجينات هي المكان الذي يتم فيه خزن جميع المعلومات عن كل عملية كيميائية-حيوية تجري داخل الكائن الحي، وموقعها على الحمض النووي DNA الذي يشكل سلسلة مكونة من أعداد لا تحصى من الجينات التي تحمل الصفات الوراثية

للكائنات الحية. الـ DNA إذن هو الطبعة الأصلية blueprint أو البصمة الوراثية، وهو أساس بناء جميع الكائنات الحية، والجينات مهمة أيضاً من حيث موقعها في سلسلة الـ DNA، سواء بالنسبة لموقعها في الكروموسومات، أو بالنسبة لمكانها في الخلية أو في جسم الكائن أو في المحيط الفسيولوجي لها أو النشوني بشكل عام.

وتنقسم الجينات من حيث الوظيفة إلى ثلاثة أنواع:

النوع الأول: الجينات المنظمة (Regulator Genes) لعمل عديد من الجينات الأخرى والتي يطلق عليها اسم الجينات العاملة أو الفاعلة.

النوع الثاني: الجينات العاملة (Operator Genes) وهى التي تتحكم في فتح وغلق عدد كبير من الجينات المسماة بالجينات التركيبية.

النوع الثالث: الجينات التركيبية (Structural Genes) وهى المسؤولة عن التركيب الخاص بالبروتينات أو بروتين الإنزيم.

إن المادة الوراثية الكلية (الجينوم Genome) للإنسان تحتوي على أكثر من مائة ألف جين (مورث gene)، ربما تشكل نحو 5% من حوالى 3,5 بليون زوج من القواعد النتروجينية المكونة لسلسلة DNA في الجينوم البشري الفردي. ومعظم هذه السلسلة غير مترجمة وتقع ما بين الجينات نفسها وسميت "المباعدة" spacer، أي التي تترك مواقع فارغة، وتسمى أيضاً "حشوة" الـ DNA أو الرَّمم Junk DNA، وهذه المواقع الفارغة يمكن استخدامها في شكل ما جديد .

إن الأجزاء الكبرى (غير المترجمة) من سلسلة DNA، وربما 99% منها في بعض الجينومات، تظهر وكأنها ليس لها أي عمل محدد، أو أنها لا تحقق أية غاية وليس لها أي هدف سوى مضاعفة وتكرار نفسها على مدى بقية الجينوم؛ لذا فهي تسمى أيضاً أجزاء سلسلة DNA الأنانية (Ho et al. 1988).

كيف يتم تعديل (تحويل) الأغذية؟

لقد توصل العلماء إلى أساليب يستطيعون بواسطتها التصرف بالجينات من حيث فصلها وتركيبها وإعادة بناء سلسلة الـ DNA كما يشاؤون، ليصبح عندها الكائن الحي الذي تم تغيير سلسلته الوراثية كائناً معدّلاً وراثياً Genetically modified (GM)، أو بعبارة أخرى، كائناً معيّراً وراثياً Genetically altered (GA). وبطرق معينة وفي ظروف المختبرات، يتم قطع الجين الذي تم اختياره

من أحد الكائنات (وهذا الجين يحمل صفة معينة يراد نقلها إلى كائن حي آخر) وغرسه في سلسلة الـ DNA لكائن حي آخر (ليست لديه تلك الصفة).

وتكون الخطوات المتبعة في تحقيق ذلك كما يلي (عبد العال، 1996):

Gene identification	تحديد الصفات المطلوبة
Gene amplification	تحديد المورثات ومضاعفتها
Gene isolation	عزل المورثات وتحويرها
Gene recombination	ربطها بحامل وراثي مناسب
Gene purification	مضاعفة المورثات وتنقيتها وفحصها
Gene cloning	زرع الصفات في الكائن المضيف
Gene expression	التأكد من وجود الصفة وجودة المنتج

ما هي عملية القطع المحددة؟

عندما يضاف الإنزيم القاطع إلى محلول به شريط من الـ DNA فإنه يقطع إلى عدة قطع وليس إلى قطعتين فقط، وكل قطعة مقطوعة بالإنزيم تسمى قطعة محددة، ويختلف طول هذه القطع على حسب المسافة التي بين كل مقطع وآخر، ولكن يجب أن تكون كل قطعة محددة لها نفس الحجم في كل نوع من الكائنات الحية، وذلك يعني أن جميع الناس لديهم قطعة محددة معينة يقطعها الإنزيم القاطع هييا واحد في الكروموسوم رقم 2، ويمكن التأكد من ذلك بتحليل قياس لهذه القطعة بتقنية حركة الـ DNA الكهربائية على الجيل (Gel Electrophoresis)، وإذا لم يحدث أن وجد إنسان ليس لديه نفس الحجم المفترض للقطعة ففي هذه الحالة نستنتج أن هذا الشخص لديه طفرة (تغير في تسلسل الـ DNA) في أحد الأماكن التي كان من المفترض أن يقصها الإنزيم ولم يتم القطع فيها..

الجينات موجودة على الكروموسومات على شكل حبات متصلة ببعضها البعض وليست على شكل قطع منفصلة، وهذا التسلسل والترابط في الجينات جعل عملية فصله وعزل واستخلاص جين محدد من بقية الجينات مهمة صعبة ولكن اكتشاف الإنزيمات القاطعة (Restriction Nucleases) ساعد في عملية استخلاص الجينات وقطع الـ DNA ونسخها.

ما هي الإنزيمات القاطعة؟ (Restriction Nucleases):

البكتيريا تملك طرق دفاع ضد أعدائها، ومن أهم أعضائها الفيروسات المختلفة، فقد قامت بعض من البكتيريا بإنتاج خمائر (إنزيمات) مهمتها تدمير الفيروسات. ومن هذه الإنزيمات القاطعة، وتقوم هذه المقصاة أو القواطع بقص الحمض النووي (DNA) للفيروس، وبذلك يشل عمله ويبطل مفعوله، وبما أن الـ DNA مادة موجودة بشكل طبيعي في البكتيريا كما هو الحال في الفيروسات والكثير من الكائنات الحية، فإن هذه المقصاة قد تشكل خطرا على البكتيريا نفسها في قصها لكدي إن أي الخاص بها، ولكن هذا لا يحدث والسر في ذلك هو قيام البكتيريا بتحويل أجزاء من الـ دي إن أي الخاص بها عن طريق إضافة مجموعة الميثيل (Methyl) إلى بعض الأحماض النووية من نوع الأدينين أو السيتوسين فلا يستطيع المقص أو القاطع من قص الحمض النووي الخاص بالبكتيريا، وعند اكتشاف هذه القواطع في السبعينيات الميلادية بدأ العلماء في استخدامها كمقصاة لقص الـ دي إن أي، وساعدتهم هذه المقصاة في عملية التحكم في الـ DNA. ويوجد حاليا أكثر من مائة نوع من هذه المقصاة. وتقسم هذه المقصاة إلى نوعين رئيسيين، النوع الأول يقص شريط الـ دي إن أي المزدوج بشكل رأسي مستقيم (Blunt ends) والنوع الثاني يقص بشكل متعرج (Staggered cuts) وبالتالي يجعل طرفي الـ دي إن أي المقطوع مادة قابلة للزق قطعة غريبة من الـ دي إن أي فيها. وعند لزق قطعة من الـ دي إن أي في داخل الفراغ الناتج من القطع ينتج لنا قطعة مركبة من قطعتين مختلفتين من الـ DNA وهذه القطعة تسمى DNA مهجن أو (Recombinant DNA).

كيفية تعرف الإنزيم القاطع على المكان المفترض أن يحدث القطع

فيه:

كل إنزيم قاطع عبارة عن مقص خاص لقطع الـ دي إن أي في نقطة محددة، ويتعرف الإنزيم القاطع على مكان القطع حسب تسلسل الـ دي إن أي للقطعة، فكل إنزيم قاطع يقطع في تسلسل محدد، فمثلا الإنزيم القاطع المعروف بالهيبا واحد (Hpa I) يقطع عندما يجد 6 من الأحماض النووية في هذا التسلسل (GTTAAC) بينما الإنزيم القاطع إيكو آر واحد (Eco RI) فيقطع عندما يجد 6 من الأحماض النووية في هذا التسلسل (GAATTC). ويذكر أن هيبا واحد سمي بهذا الاسم لأنه يوجد في بكتيريا الهيموفلس بارا أنفلونزا (Hemophilus parainfluenzae) وهذا الإنزيم يعد من الإنزيمات التي تقطع بشكل رأسي

مستقيم. بينما إنزيم الإيكو آر واحد فهو مأخوذ من بكتيريا الإيكوكولي (Escherichia coli)، ويعد من الإنزيمات التي تقطع بشكل متعرج.

الناقلات وأنواعها:

الناقلات (Victors) هي في الغالب فيروسات أو قطع من الحمض النووي موجودة في البكتيريا، كما أن هناك أنواع صناعية تم صنعها في المختبرات الطبية وهي في العادة مواد شبه صناعية؛ لأنها في الأصل مصنعة من مواد موجودة في الطبيعة.

البلازميد: هي من أشهر الناقلات، وهو عبارة عن قطعة صغيرة من الحمض النووي قابلة للتكاثر بمعزل عن بقية الحمض النووي الموجود في الكروموسومات. وهي شبيهة بالفيروس الصغير ولكنها لا تحتوي على طبقة خارجية من البروتين، والبلازميد عبارة عن قطعة من الحمض النووي موجود في البكتيريا خاصة في إي كولاي (E. coli) وبعض أنواع الخميرة (Yeast) ولديه القدرة على التكاثر الذاتي ومعزل من بقية الكروموسومات الموجودة في الخلية، ويوجد نوعان من البلازميد على حسب نوع الحمض النووي فيها فهناك، البلازميد المصنوع من الـ DNA ونوع آخر مصنوع من الـ RNA وهناك أنواع عديدة من البلازميد فمنها الصغير ومنها الكبير كما أن منها ما لا يحتوي على أي جين بينما هناك أنواع كبيرة تحتوي على عدة جينات. وبالإضافة إلى وحدة التكاثر الذاتي الموجودة على البلازميد هناك الكثير من الجينات التي قد تكون على البلازميد وهي مفيدة للعلماء في عملية نسخ الجينات والقطع النووية، فمثلا قد يوجد على البلازميد جين خاص يكافح المضادات الحيوية كالبنسيلين والتتراسيكلين، وهذه الجينات الحامية من المضادات الحيوية تساعد في التعرف وعزل البكتيريا التي تحتوي على البلازميد الذي عليه الجين الذي كنا ننوي استنساخه ويعتقد نظريا أن الفيروسات المنتشرة في الأصل كانت بلازميدات حيث إنها اكتسبت غلافًا بروتينيًا خارجيًا وأصبحت فيروسًا.

الناقلات الفيروسية: إن أشهر هذه الأنواع هي الفيروسات البكتيرية المعروفة بالفيج (Phage) وهي عبارة عن قطعة من الـ DNA مغطاة بغلاف بروتيني. ومن أشهر أنواع الفيج ما يسمى بفيج لمدا (lambda phage) وهو فيروس موجود في E. coli وهذا النوع من الناقلات يستطيع أن يحمل قطعة من الـ DNA حتى غاية كيلوبيز، ولقد حُوت هذه الفيروسات لكي تستطيع حمل كمية أكبر من الـ DNA، فعلى سبيل المثال الكوزميد (Cosmids) عبارة عن تهجين

جزء (قطعة من الـ دي إن أي تسمى اللاصقة cohesive sequence وتعرف مختصرة بالكوز (Cos sequence) من فيج لمداء (Phage) مع بلازميد (Plasmid) والذي يستطيع نقل حتى 40 كيلوبيز (40 kb) والباك الفيروسي المسمى بكروموسوم بي 1 الصناعي (PAC P1-derived Artificial Chromosomes) عبارة عن تحويل للفيج بي 1 (P1 Bacteriophage) وإضافته إلى البلازميد.

الناقلات الكروموسومية الصناعية: نظرا للحاجة إلى نقل أحجام كبيرة من الـ دي إن أي فقد قام بعض العلماء بتحويل بعض الناقلات الطبيعية لكي تقوم بهذه المهمة. ويوجد حاليا ناقلات على شكل كروموسوم وفيها القطع الأساسية لكي تعمل على شكل كروموسوم. ومن هذه الأنواع ما يعرف بـ الباك او كروموسوم الخميرة الصناعي (Yeast Artificial Chromosomes / YAC) والذي يستطيع نقل أكثر من 500 كيلوبيز (500 kb.) والباك عبارة عن قطعة من الـ دي إن أي مترابطة وتحتوي على طرفين للكروموسوم (2 Telomeres) ومركز للكروموسوم (Centromere) ومركز للتكاثر (Autonomous replicating sequence ARS)، بينما الباك البكتيري (Bacterial Artificial Chromosomes / BAC) والذي يستطيع حمل حتى (150 كيلوبيز kb) هو تحويل للبلازميد المعروف ببلازميد تناسل بكتيريا الإكولي (E. coli fertility plasmid-factor).

كيفية معرفة التسلسل النووي:

توجد طريقتان أساسيتان لمعرفة التسلسل النووي لأية قطعة من الـ DNA؛ الأولى تسمى بالطريقة الإنزيمية (Enzymatic method) والأخرى بالطريقة الكيميائية (Chemical) والطريقة الأولى هي الطريقة الأكثر استعمالاً.

الطريقة الإنزيمية: يطلق على هذه الطريقة أيضاً طريقة سنجر (Sanger procedure) نسبة إلى د. فريدريك سنجر والذي أسس هذه الطريقة. كما أنها أيضاً تعرف التسلسل عن طريق دي ديوكسي (dideoxy sequencing) وترتكز هذه الطريقة على مفهوم أن شريط الـ DNA في الأساس مبنى من جزيئات من الديوكسي نيوكلويتيد (deoxynucleotides dNTPS) ويوجد على النقطة الثالثة من حلقة السكر الريبوزي مجموعة مؤكسدة أي مجموعة هيدروكسية (OH) وهذه النقطة هي التي ترتبط في النقطة الخامسة من الجزيء الذي يليها وهكذا يتم الترابط لتكوّن شريط طويل من الـ DNA، ولقد قام د. سنجر بالاستفادة من هذه

الخاصية فبذل الجزيء من(OH) إلى (H) عن طريق إضافة ديوكسيبيوكلو تيد (ddNTPs) بدلاً من ديوكسي نيوكلو تيد (dNTPs) وذلك عن طريق نسخ الشريط مرة أخرى وهذا يؤدي إلى توقف ترابط الجزيئات ويكون في طرف كل جزيء نوع واحد من الأحماض النووية، ويختلف الديوكسي بيوكلو تيد عن دي ديوكسي نيوكلو تيد بعدم وجود مجموعة (هيدروكسي) في النقطة الثالثة من حلقة السكر الخماسية.

فصل قطع الـ دي إن أي على لوح من الجل بالكهرباء:

تستعمل تقنية فصل البروتينات عن بعضها البعض عن طريق انتقالها (رحلان) وانفصالها عن بعضها البعض، وذلك عن طريق تعريضها إلى تيار كهربائي وهي على لوح من المادة الهلامية المعروفة بالجل. ولقد استعمل العلماء نفس الفكرة في فصل قطع الـ DNA عن بعضها البعض؛ ومن المعروف أن الحمض النووي عبارة عن شحنة سالبة ولذلك فعند وضع بعض من الـ DNA في طرف من أطراف لوح الجيل ثم تعريضها لتيار كهربائي بحيث يكون القطب السالب عند الطرف الذي وضعنا فيه الـ DNA والقطب الموجب عن الطرف الأخير من ألواح الجل، فإن الـ DNA ينتقل تلقائياً باتجاه الطرف الذي فيه القطب الموجب وتتوقف حركة قطع الـ DNA على حسب أحجامها على طول اللوح. فالقطع الصغيرة تتحرك بشكل أكبر من القطع الكبيرة. وبذلك يمكن فصل هذه القطع عن بعضها البعض، ويمكن تحديد الحجم الفعلي لكل قطعة عن طريق إضافة قطع معروفة الحجم من الـ DNA والتي تكون مقياساً يُرجع إليه لاستنتاج أحجام القطع. وهناك نوعان أساسيان من ألواح الجيل؛ الأول يسمى بجيل الأجروز (Agarose gel) والثاني بجيل البولي اكريليميد Polyacrylamide gel ونظراً لصغر الفراغات التي بين البولي اكريليميد فإنه يستخدم لفحص القطع الصغيرة الحجم من الـ DNA وفي العادة التي تكون أصغر من 500 جزيء من الحمض النووي والتي تتفاوت بين بعضها البعض بجزيء أوجزينين، بينما يستخدم الأقروز (الأجروز) للأحجام الأكبر من الـ DNA، والتي يتراوح حجمها بين 300 إلى 10000 جزيء من الـ DNA.

وهناك عدة طرق نقل مستخدمة حتى هذا الوقت لهذه الغاية (Glausisuz, 1996) نذكر منها:

أولاً: استخدام أنواع معينة من الفيروسات تسمى Retroviruses، وهي عبارة عن فيروسات تعمل على تحويل الحمض النووي الـ RNA إلى الحمض

النووي الـ DNA بواسطة إنزيم Reverse Transcriptase، وباستخدام كائنات أخرى تسمى Retrotransposons.

ثانياً: إطلاق الجينات بواسطة مسدس خاص يحتوي على غاز الهليوم غير المشتعل عن طريق رصاصة من الذهب تحمل الجين المطلوب نقله، وتسمى هذه الطريقة بـ الباليستية balistics وتستخدم بشكل خاص على القمح والأرز.

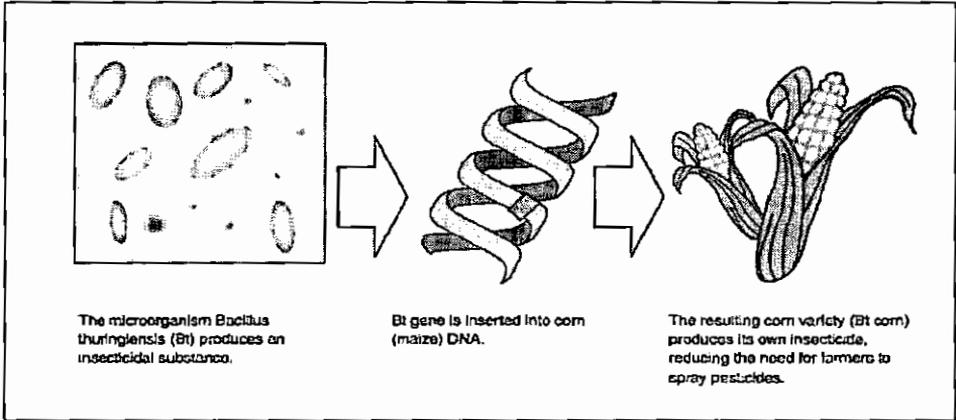
ثالثاً: استخدام الليبوسومات Liposomes، وهي عبارة عن جسيمات دهنية مفرغة.

رابعاً: استخدام بكتيريا من التربة تسمى Agrobacterium tumefactions، أول نظام لهندسة النباتات وراثياً وهو الأوسع استخداماً في نقل الجين المرغوب إلى النبات حيث تمتلك هذه البكتيريا الممرضة القدرة على نقل جزء من DNA إلى خلايا النبات وتقوم البكتيريا بنقل جزء من DNA لديها أو الخاص بها تسمى tDNA بالاندماج في كروموسومات النبات المصاب لتدفعه إلى إنتاج الهرمونات النباتية لترفع مستواها في تلك الخلايا إلى المستوى الذي يؤدي إلى سرعة تكاثر الخلايا وتكوين كتل خلوية تعرف بالتورم القمي، حيث يصبح هذا التورم بيئة مناسبة ومصدر غذائي لهذه البكتيريا، ولكي تكون تلك البكتيريا فعالة كأداة للنقل الجيني لابد من استئصال جيناتها المسببة للمرض، وقد نجح (Chilton, 1983) وآخرون من شركة مونسانتو وجامعة واشنطن من إستئصال الجينات الممرضة دون المساس بألية نقل الـ DNA.

خامساً: استخدام خلايا نباتية تسمى البروتوبلاست Protoplasts؛ في هذه التقنية يزال جدر الخلايا النباتية لأن ثقب الخلية الموجودة بجدر الخلية أصغر من أن تسمح للـ DNA بأن يمر بسهولة، وبالتالي لن يعيق نقل الحمض النووي سوى الغشاء البلازمي والذي يمكن لمركب عضوي مثل البولي إيثيلين جليكول من تسهيل اختراق الـ DNA للغشاء البلازمي وهو أكثر العوامل المساعدة شيوعاً. كما يمكن دمج DNA في خلايا البروتوبلاست بواسطة الثقب الكهربائي، حيث تقوم نبضات كهربائية قصيرة بإحداث ثقب سريعة الزوال في غشاء الخلية يمكن أن تمر جزيئات الـ DNA من خلالها.

سادساً: طريقة الحقن المجهري Microinjection وتتم بواسطة إبر خاصة لحقن المادة الوراثية داخل نواة الخلية تحت ميكروسكوب خاص يسمى Micro manipulator ولكن هذه التقنية محدودة الاستخدام ولا يمكن بها ضمان الالتحام الجين المنقول إلى جينات الخلية.

وهذه الطرق والأساليب قائمة على تطوير أو تغيير النبات بمعاملة خلية واحدة فقط أو نسيج نباتي وزراعته لإنتاج النبتة المطلوبة، وهكذا يتم تغيير أو تبديل نوعية النباتات والمحاصيل الزراعية المختلفة التي تشكل أساس الغذاء والطعام للإنسان والحيوان.



شكل (1): يوضح كيفية نقل الجين مقاوم الحشرات في النبتة لإنتاج مادة سمية

من العصية البثورجية *Bacillus thuringiensis*

ما هي مجالات دراسات وتطبيقات الهندسة الوراثية؟

للهندسة الوراثية تطبيقات واستخدامات كثيرة في النبات والحيوان والإنسان، إلا أن ما يطبق الآن بشكل تجاري واسع هو في المجال الزراعي بمختلف فروعها.

1. في مجال الإنتاج النباتي:

- تمت هندسة أنواع من المحاصيل الزراعية وراثيًا لكي تصبح مقاومة لمبيدات الأعشاب ومبيدات الحشرات والأمراض الفيروسية. حيث اكتشف علماء الهندسة الوراثية أن بعض النباتات تفرز أنسجتها مواد كيميائية قاتلة للآفات، أو منفرة، طاردة لها، وهذه المواد تتكون تحت توجيه من جينات محددة بشفرة معينة، تجعل الأنسجة تنتجها، وفي مراحل تالية، اكتشفت تلك الشفرات، واستنسخت، ولقح جينوم نبات آخر بالجينات المستنسخة؛ وبحصول هذا النبات على الجين، أمكنه إفراز مواد قاتلة للآفات التي تعتريه، ومن الأساليب المستعملة حاليًا ما يلي:

*- ضم المورث المسؤول عن ذيفان البكتيريا *Bacillus thuringiensis* إلى النبات، يوقف الذيفان عمل الأمعاء في بعض الحشرات بحيث تموت الحشرات إذا ما قضمت الورقة، وقد أنجزت شركة Calgene هذا الأسلوب بنجاح مع نبات الدخان، وشركة Monsanto مع نبات الطماطم والأخضر كان نجاح باهر بالنسبة لمقاومة النبات للآفات الحشرية. وفي مصر توصل العلماء في معهد الهندسة الوراثية لإنتاج نبات "كوسة" يقاوم الآفات، لأن الآفات التي كانت تصيب هذا النبات كانت تخفض الإنتاج بنسبة 80% ونتيجة لهذا التقدم العلمي الذي أحرزه علماء الهندسة الوراثية وإنتاج هذا النوع من نبات الكوسة المقاوم للآفات أدى إلى رفع إنتاجية هذا المحصول المهم (المجلة الزراعية، 2004).

*- ضم أنزيم يهاجم الحشرات في النبات: تقوم شركة DNA Plant Technologies بالعمل في هذا المضمار مستعملة الكيتيناز كأنزيم، فالكيتين يعتبر المكون الرئيسي لهيكل الحشرات والكيتيناز هو الأنزيم الذي يفككه.

- تجري دراسات لإنتاج محاصيل زراعية في المختبرات مباشرة باستخدام بكتيريا معدلة وراثيًا.

- يتم إنتاج نباتات للاستفادة منها في تصنيع بعض المواد. فعلى سبيل المثال، صارت بعض النباتات بمثابة مصانع كيميائية بحد ذاتها: فقد أصبح البلاستيك الطبيعي polyhydroxyalkanoates يُنتج بهذا الأسلوب، أي بأسلوب هندسة النبات وراثيًا لكي تعطي بلاستيكاً ضمن سيقانها والأوراق (Ho et al., 1988). فقد استطاع فريق من الباحثين من جامعة "برديو" Purdue University استنساخ جين من إحدى النباتات المعملية المعروفة، والتي يطلق عليها Arabadopsis، يقوم هذا الجين بإنتاج إنزيم مسئول عن حث النبات على حفظ وتخزين بعض المركبات التي يمكن استخدامها كمواد أولية لإنتاج البلاستيك، وبإضافة هذا الجين لجينات بعض المحاصيل ستستطيع النباتات إنتاج وتخزين تلك المركبات دون أن يؤثر هذا على صحة النبات.

النباتات مصانع كيميائية مذهلة تنتج عددًا مهولًا من المواد الكيميائية، كما أن النبات لديه نظام لإنتاج وتخزين كميات كبيرة من المركبات، والتي يستخدمها في حمايته من الحشرات والأمراض والأشعة فوق البنفسجية في ضوء الشمس، ويقوم بإنتاج تلك المركبات عن طريق اتحاد بعض الجزيئات لإنتاج أشكال ثابتة وقابلة للذوبان من هذه المركبات، ويقوم بتخزينها في مكونات صغيرة داخل الخلية يطلق عليها vacuoles أو الفجوات، حيث تقوم بفصل المركبات المنتجة عن العمليات البيوكيميائية التي تحدث داخل النبات، وباستغلال هذا النظام وعن

طريق علم الجينات Genomics يمكن تحديد الجين المسئول عن إنتاج المركبات المطلوبة لإنتاج أنواع معينة من البلاستيك، وباستخدام التكنولوجيا الحيوية يمكن إدخال هذا الجين لجينات نباتات المحاصيل؛ فتقوم تلك النباتات بإنتاج المركب المطلوب.

ومن جهة أخرى يحاول فريق البحث نفسه حث أنواع من الميكروبات المهندسة جينياً لإنتاج المونومرات؛ حيث يحاولون حالياً استخدام بكتيريا تسمى "إي كولاي" "E. coli" لإنتاج مونومرات لنوع من البلاستيك يستخدم في خيوط السجاجيد، بالإضافة لاستخداماته الأخرى، إلا أن النباتات تعد أنسب لإنتاج مونومرات البلاستيك من الناحية الاقتصادية . وينتظر في المستقبل القريب مع بداية إنتاج تلك الأنواع المتطورة من البلاستيك بخصائصه المتميزة أن يفتح مجالات جديدة لاستخدامات البلاستيك لم تكن مطروقة من قبل، كما قد نجد أنواع البلاستيك المناسبة لصناعة بعض الأشياء التي لم يكن يناسبها أنواع البلاستيك الحالية، مثل صناعة قلوب وصمامات صناعية.

• إنتاج بطاطس تتوهج في الظلام وتطلب السقاية:

تم الإعلان عن إنتاج بطاطس تتوهج في الظلام وتطلب السقاية والارتواء عند العطش؛ لتعمل كناقوس ينذر المزارعين عند احتياج النبات للماء، وعند إحساسه بالخطر، وقاد هذا المشروع البروفيسير "أنتوني تريوفاس" الباحث بجامعة أدنبرة بالمملكة المتحدة، والذي قال في مستهل تعليقه على البحث: "هذه هي زراعة المستقبل، لقد حاولنا أن نضمّن طريقة لمراقبة الحقول أثناء الزراعة ولم نجد حارساً أحسن من النبات نفسه الذي من الممكن أن يخبرنا بما يشعر به، وبما نريده من المعلومات التي نحتاجها عن المحاصيل أثناء زراعتها".

تم تحوير نبات البطاطس وراثياً بحقنه بجين ينتج بروتيناً متوهجاً يسمى جي إف بي (GFP)، ويتوهج هذا البروتين حال تعرض النبات للضغوط والإجهاد البيئي، وتم استخلاص هذا الجين من قنديل البحر المضيء "إيكوري فيكتوريا" الذي يتوهج عادة في حالة شعوره بالخطر وعند مهاجمة الأعداء، ولقد شارك قائد هذا الفريق البحثي من قبل في عزل جين التوهج من قنديل البحر، كما شارك أيضاً في إنتاج طحالب ونباتات تبغ تتوهج في الظلام، ولقد كلل نجاح أبحاثه بإنتاج نبات البطاطس المضيء؛ ليكون أول نبات محصولي ذي أهمية اقتصادية قصوى يتوهج في الظلام، والجيل الأول من البطاطس المتوهجة غير معدّ للاستهلاك الأدمي، فمن المحتمل أن ينتج هذا الجين بعض التأثيرات الجانبية،

كـبعض السموم أو مسببات الحساسية. ومن المتوقع أن يتم إنتاج نباتات أخرى من هذا النوع المضيء المتوهج؛ لتقوم بدور الحراس وتنبذر المزارعين بالأخطار التي تحيق بالمزروعات، كما تقدم هذه التقنية وسيلة مثلى لري النباتات في الوقت المناسب بالكـم الأمثل من الماء المطلوب لتساهم في الحد من مشكلة نقص المياه الحادة.

- تتم هندسة حشرات جينياً لتعمل ضد آفات زراعية أخرى تهاجم المحصول وتقضي على هذه الآفات، يقول باحثون في بريطانيا: إنهم ابتكروا أسلوباً يتضمن تعديلاً جينياً للقضاء على أنواع شرسة من حشرة العثة (أبودقيق) تسبب أضراراً خطيرة لمحاصيل الكرنب (الملفوف) واللقت والكانولا وأنواع أخرى على مستوى العالم، ووصف الباحثون من شركة أوكسيتيك التي تتعاون مع جامعة أكسفورد الأسلوب الجديد بأنه صديق للبيئة ولا ينطوي على استخدام مبيدات ويتضمن إدخال جين في خلايا العثة الماسية الظهر مما أدى إلى تناقص أعدادها خلال التجارب الحقلية بحسب رويترز.

وجرت تجربة نفس أسلوب التعديل الجيني هذا لمكافحة البعوض المسبب لحمى الدنج مما أدى إلى تناقص أعداده بنسبة تجاوزت 90 في المئة في تجارب أجريت في البرازيل وبنما، وقال نيل موريسون الباحث بشركة أوكسيتيك الذي أشرف على هذه الدراسة "يفتح هذا البحث الحديث الباب على مصراعيه لزراعة مستقبلية تتضمن مكافحة الآفات بأساليب غير سامة ولا تشمل مبيدات حشرية".

• في الولايات المتحدة:

- يتم إنتاج صنف طماطم مقاوم للصقيع باستخدام جينات من سمك الفلندر القطبي (Bohek, 1998).

- يتم إنتاج صنف من فول الصويا مقاوم لمبيدات الأعشاب، وبالتحديد مبيد الراوند-آب Roundup شديد السمية، واسم الصنف Roundup-Ready Soybean

- تم إنتاج صنف بطاطا مقاوم للحشرات، وخصوصاً حشرة خنفساء كولورادو Colorado potato beetle، وذلك باستخدام جينات من بكتيريا Bacillus thuringiensis أو Bt، واسم الصنف New Leaf. وصنف آخر مقاوم للحشرات واسمه Burbank Russet .

- تم إنتاج صنف ذرة مقاوم لحشرة ثقب الذرة Corn borer باستخدام جينات من بكتيريا Bacillus thuringiensis (Wolfson, 1997). ومما يجدر ذكره أن

هذا النوع من البكتيريا يطلق بروتيناً ساماً يستطيع قتل ثقب الذرة وكائنات أخرى تضرُّ بالمحصول.

- تم إنتاج صنف من القطن مقاوم لآفة دودة القطن bollworm بغرس جين في سلسلة جينات القطن مأخوذ من بكتيريا القطن (Bt cotton (Bollgard).

- تم إنتاج صنف من القرع المعقوف Crookneck squash يبدي مقاومة للأمراض الفيروسية، باستخدام فيروسات معدلة جينياً (Gurian-Sherman, 2003).

• في اليابان:

- أنتج العلماء صنفاً من الأرز محوّر جينياً يحتوي على عنصر الحديد المغذّي بكميات تفوق ثلاث مرات ما هو عليه في الأرز العادي، وقد تم الحصول على الأرز الغني بالحديد من جين (مورث) تم أخذه من نبات فول الصويا ثم غرسه في سلسلة جينات DNA الأرز. وهذا الجين مسؤول عن إنتاج بروتين يسمى فيريتين ferritin (Mae-Wan et al. 1998).

• في سويسرا وألمانيا:

- يقوم العلماء من هاتين الدولتين بتطوير صنف أرز عن طريق الهندسة الوراثية للحصول على فيتامين A ثانوي، وجينات مرتبطة أو متصلة مأخوذة من نبات النرجس البري daffodi bacterium (Mae-Wan 1998) (et al.,

• في الصين:

- يقوم العلماء بنقل جينات بروتين بشري إلى نبات الطماطم والفلفل الحلو للتحكم في نضج الثمار (Arthur Fisher 1996, Epstein and Berkeley, 1998).

ومن الخضراوات المعدلة وراثياً التي لاتزال قيد التجارب الحقلية: الفلفل، الخيار، البازلاء، البروكولي، الجزر، الزهرة، الخس، البطاطس، الشمندر، الشمام، البطيخ، الملفوف، الهندباء، الباذنجان... وهي ستكون في غضون سنوات قليلة قادمة (وربما الآن) قيد الاستخدام وفي متناول المواطنين.

2. في مجال الإنتاج الحيواني والأسماك:

- إن الثروة الحيوانية (أبقار، ماعز، دواجن والأسماك) هي في تطوير مستمر عن طريق الاستنساخ cloning أو عن طريق الهندسة الوراثية، على الرغم من عدم ثبات أهمية تناول مشتقات الثروة الحيوانية، من لحوم وألبان وبيض، على صحة الإنسان، علاوة على ذلك، فإن الأعلاف التي تُقدّم لهذه الحيوانات، سواء من المجترات أو الطيور أو الأسماك، كالذرة وفول الصويا والقطن، هي محوّرة وراثياً أو تحوي أجزاء مقوّمة خضعت لتعديل أو تحوير وراثي Genetically altered ingredients.

- تم في الولايات المتحدة الأمريكية إنتاج هرمون يسمى هرمون النمو البقري Bovine Growth Hormone أو BGH عن طريق هندسة الجينات؛ ويُزيد هذا الهرمون إنتاجية حليب الأبقار بنسبة تصل إلى 20%.

- تستخدم في الوقت الحاضر في صناعة الأغذية إنزيمات (خمائر) معدّلة وراثياً، منها إنزيم الرينيت Rennet (وهو عبارة عن مادة مأخوذة من غشاء معدة الحيوانات تستعمل في تجبين اللبن وفي صناعة الجبن بشكل واسع).

- يتم انضمام الهندسة الوراثية مع عملية الاستنساخ بهدف تطوير وتنمية الحيوانات المجترة من أجل الحصول على لحوم ذات دسم أقل، وعلى أسماك تنمو بسرعة وتكون أضخم (Epstein and Berkeley, 1998).

- حققت تجربة السالمون سريع النمو التي أجرتها شركة أكوا بونتي فارم (AQUA Bounty Farm) نجاحاً كبيراً في هذا المجال، والشركة الآن في انتظار الموافقة على إنتاجه تجارياً. وقد بدأت القصة عام 1994م حينما اشترك علماء من كندا والولايات المتحدة الأمريكية وسنغافورة في تطوير سلالة من السالمون العبر جيني الذي يفوق السالمون العادي في الحجم بأكثر من 10 مرات ويصل إلى وزن التسويق (3-4.5 كجم) في خلال 14 شهراً (أقل من نصف المدة العادية تقريباً). وهذه التجربة اعتمدت على نقل جين هرمون النمو من أسماك السالمون نفسها، وليس من الثدييات كما كان يحدث في التجارب السابقة، ففي هذه التجربة تم حقن جين هرمون النمو بواسطة الحقن المجهرى في حوالي 3000 بويضة مخصبة، تم توقيفها في مرحلة الكيسة الأورمية (Blastocyst) جنين أولى، عبارة عن كرة مجوفة في قاعدتها كتلة من الخلايا، وبعد عام أظهرت حوالي 6.2% من أسماك السالمون العبر جيني زيادة كبيرة في سرعة النمو، وفي سرعة النضج الجنسي، وأمكنها توريث صفات النمو السريع للأجيال التالية، ورغم ذلك، فقد دلت النتائج على أن إدخال الجينات بطريقة عشوائية في جينومات الأجنة يؤدي إلى إعاقة

التعبير عن بعض الجينات الأصلية، وما يعقب ذلك من أضرار على الحيوان نفسه، وفي مناطق أخرى من العالم (مثل إنجلترا وتايلاند) جرى حاليًا تطوير أسماك سريعة النمو من البلطي Tilapia الذي يُعد من أهم مصادر الغذاء في كثير من دول أفريقيا وآسيا.

- أيضًا في الولايات المتحدة، يراهن علماء مختصون في الجينات الجزيئية في جامعة مينوسوتا، على أن الماشية التي ليس لها قرون يمكن أن تكون حلًا يرضى عنه الجميع، لكن إنتاج ماشية بلا قرون بطرق التربية الانتقائية التقليدية قد يستغرق عشرات السنين، وكبديل لذلك، يعكف العلماء على تغيير النظام الجيني لماشية الحليب لكي تولد بلا قرون، مع المحافظة على غزارة إنتاج الحليب، وما يفعلونه هو تعديل الحمض النووي لخلايا مأخوذة من أبقار "هولشتين" المعروفة بإنتاجها كميات كبيرة من الحليب، لنسخ الجينات التي تجعل أبقار "أنغوس" الحمراء - وهي فصيلة ممتازة من الأبقار - بلا قرون.

- يقول علماء من معهد روزلين في جامعة أدنبره باسكتلندا: "لا نأخذ الجينات من مخلوقات مختلفة، نحن فقط نقوم بتغيير للجينات بالضبط في الأماكن التي نريد لها أن تحدث التغيير في الحيوانات التي نأكل لحومها"؛ بكلمات أخرى: هو شكل متسارع للتربية الانتقائية، ويأمل بعض المهتمين أن تحدث هذه الطريقة تغييرًا في قواعد اللعبة. ويقولون في هذا الصدد: إن الحيوانات المعدلة وراثيًا بجينات منقولة من حيوانات من نفس النوع أقل مخاطرة من النقل التقليدي للجينات (الذي يقوم على تبادل الجينات بين أنواع مختلفة)، وبالتالي لا ينبغي أن توضع قيود قانونية أمام هذه الطريقة، ويعكف هؤلاء العلماء على تعديل النظام الجيني الذي من شأنه أن يجعل الخنازير الأليفة الأوروبية مقاومة لمرض قاتل اسمه حمى الخنازير الأفريقية، والتي لا يوجد مصل للتطعيم ضدها، الخنازير البرية في أفريقيا تقاوم هذا المرض، ولكن لا يمكن تلاقحها مع الخنازير الأوروبية؛ لذلك يشير العلماء إلى تغيير جيني طفيف يعتقدون أنه يولد مقاومة لهذا المرض، وهو عبارة عن إحداث طفرة في جين واحد من بين كل ثلاثة مليارات، وتم نسخه بدقة في البويضات المخصصة للخنازير الأوروبية الأليفة، وفي أكتوبر/تشرين الأول عام 2013 م، أعلن فريق العلماء عن ولادة خمس خنازير تحمل هذا التغيير، وعلينا الانتظار لنرى ما إذا كانت هذه الخنازير المعدلة وراثيًا قادرة على مقاومة المرض عند إصابتها بالفيروس. فإذا ثبت أنها قادرة على مقاومته، فالقوائد من وراء ذلك واضحة.

ويمكن تلخيص أهداف الهندسة الوراثية في الحيوانات فيما يلي:

1. تحسين إنتاجية الحيوانات.
2. تغيير خصائص المنتجات الحيوانية وإنتاج مركبات حيوية مهمة.
3. زيادة قدرة الحيوانات على مقاومة المرض.
4. تحسين قدرة الحيوانات على الاستفادة من العناصر الغذائية.
5. زيادة قدرة الحيوانات على التأقلم مع الظروف البيئية.
6. الكشف عن الملوثات البيئية.

3- في مجال الطب والصيدلة:

كانت وما زالت مجالات صحة الإنسان من أوائل المجالات التي استفادت مباشرة من تطبيقات التقنية الحيوية بدءًا من إنتاج المضادات الحيوية والأدوية الأخرى في منتصف القرن الماضي إلى الاستخدام الحاضر لأساليب الهندسة الوراثية وتقنية إعادة تركيب الحامض النووي (DNA) ومعالجة الشفرات الوراثية في الحيوانات ونقلها أو ما يسمى بالعلاج الجيني، واستخدام طرق الاستنساخ (Cloning) والإخصاب الخارجي (IVF) (أطفال الأنابيب) والحقن المجهرى (Microinjection) وزرع الأنسجة (Tissue culture) والدمج الخلوي (Chimera) والخلايا الجذعية (Stem cells) وتقنية التجميد (Cryopreservation) للخلايا والأعضاء والأجنة وإنشاء بنوك الأمشاج (Banks of Sperms) والكشف عن إمكانية الإصابة بالأمراض الخطيرة في المستقبل من خلال فحص خريطة الجينوم البشري وغيرها من التقنيات المتعددة والتي تساعد عادة في علاج بعض حالات العقم عند الإنسان أو علاج بعض الأمراض الوراثية وإنتاج كثير من المستحضرات المناعية والتشخيصية والأدوية المستحدثة أو المعالجات الدقيقة (قنديل، 2007).

أصبحت الحيوانات المهندسة وراثيًا بمثابة مصانع حيّة من أجل إنتاج مستحضرات صيدلانية، ومصادر لأعضاء يتم نقلها أو زرعها في البشر، وفي هذا الصدد يتم إنتاج الحيوانات الجديدة عن طريق "مزج (تهجين) الأنواع" أو نقل الجينات أو ما يسمى بالتلقيح الغريب أو الدخيل (Epstein and Berkeley ، 1998).

- هناك دراسات تجري لتطوير خنازير لها أعضاء تحتوي على جينات بشرية، وتهدف مثل هذه الدراسات تسهيل استخدام هذه الأعضاء في الإنسان عند نقلها إليه.

- تجرى تجارب على الإنسان، وخصوصاً على الأطفال الأصحاء، بإعطائهم هرمون نمو مهندس وراثياً، وببساطة ليس لسبب آخر سوى كونهم قصار الأجسام عن المعدل؛ ولأن آباءهم يريدونهم أن يكونوا طوال الأجسام (Kimbrell, 1994).

- قام أحد باحثي علم الوراثة بتقديم مشروع يقترح فيه هندسة بشر دون رأس لاستخدامه ليكون بمثابة قطع غيار للإنسان (Associated Press, 1997)، وهندسة ضفادع دون رأس لنفس الغاية (Slack, 1998).

- يقوم الباحثون في مجال الطب، عن طريق الهندسة الوراثية، بدراسة أمراض وراثية منقولة عن طريق الحشرات، تهدف إلى تحطيم قوة وفعالية هذه الأمراض (Epstein and berkeley 1998).

- تجرى أبحاث حول هندسة جينات جلد الإنسان وصناعة جلود لغايات التسويق والتجارة. ويسمى الجلد الجديد Apligraf أو الجلد المطعم graft-skin، وهو مكون من طبقتين، كما هو في جلد الإنسان، مؤلفتين من خلايا قرنية (ليفية) حية Keratinocytes، و Fibroblasts (Epstein and Berkeley, 1998).

- تجرى أبحاث على استخدام طريقة العلاج بالجينات gene therapy في محاولات لتصحيح بعض الصفات الوراثية، حيث تبقى التغييرات من جيل إلى جيل ثابتة.

- كثير من الأدوية والعقاقير الطبية، ومن ضمنها الأنسولين insulin، تمت هندستها وراثياً في المختبرات باستخدام بكتيريا معدلة وراثياً.

4. في مجال الطبيعة:

- تم تطوير كائنات حية عن طريق الهندسة الوراثية لاستخدامها في مجالات التعدين واستخراج الذهب والنحاس وغيرها من المعادن من مكامنها المظلمة.
- تم تطوير كائنات حية عن طريق هندسة الجينات لتنقية قنوات تصريف الزيوت وقنوات المياه من تأثير الملوثات الخطرة.
- تم تطوير كائنات حية عن طريق هندسة الجينات باستطاعتها امتصاص الإشعاعات.
- تم تطوير بكتيريا مهندسة وراثيًا لاستخدامها في تحويل الفضلات والنفايات إلى مادة الإيثانول لإنتاج الوقود Biofuels.
- هناك دراسات في غاية السرية تجري في بلدان عديدة لتطوير بكتيريا وفيروسات عن طريق هندسة الجينات لاستخدامها في الحروب البيولوجية (Wolfson 1997).
- صارت أعداد لا تحصى من المنتجات الغذائية المغيرة وراثيًا مستخدمة في مختلف أرجاء العالم. وفيما يلي جدول (1) حيث يبين الدول التي تُستخدم فيها المحاصيل التي خضعت لتعديل جيني وأعداد هذه المحاصيل: المصدر (Jack, 1999).

الدولة	عدد المحاصيل المحوّرة وراثيًا
الولايات المتحدة الأمريكية	50
كندا	30
اليابان	22 صنفاً من 6 محاصيل
الاتحاد الأوروبي	9
الأرجنتين	3
المكسيك	3
أستراليا	2 (القطن والقرنفل)
البرازيل	1
جنوب أفريقيا	1
الصين	1 (القطن)

وتشير التقديرات بأن حوالي 360 مليون دونم من أراضي الولايات المتحدة الأمريكية مزروعة بمحاصيل مغيّرة وراثيًا. وهذا يشمل حوالي 55% من فول الصويا و 40% من القطن و35% من الذرة و5% من البطاطا (Jack, 1997).

وهناك شركات عديدة ومؤسسات مختلفة تتعامل مع الهندسة الوراثية، منها ما تنطبق على نتائج أعمال شركات منتجة، ومنها شركات مميّزة تقوم بإنتاج نباتات أو أغذية معدّلة وراثيًا بالتعامل المباشر معها؛ ومن أكبرها شركة مونسانتو Monsanto Company الأمريكية المشهورة بإنتاج وبيع المواد الكيميائية والهرمونات المختلفة.