التقانات الحياتية النباتية Biocenology in plant

التقانات الحياتية: هناك العديد من التعاريف التي استخدمت لوصف هذا العلم واجزاءه وما ينطوي تحت هذه التسميه، ولكن بصوره عامه التعريف الشامل له يمكن تلخيصة بان العلم الذي يستخدم الكائن الحي او جزء من الكائن الحي لانتاج مواد مفيدة للانسان، والتقنيات الحياتية biotechnology هي كلمة تتكون من مقطعين بيو bio وتعنى حياة وتكنولوجيا technology وتعنى تطبيق العلم أو المعرفة في الحياة العملية، وقد تطور هذا العلم نتيجة لتوفر الوسائل الحديثة اذ لم يعد يقتصر على تحفيز الكائن الحي (مثال البكتيريا) وتوظيفه لا نتاج مادة مفيدة (مثل انتاج الانزيمات والبروتنات من البكتيريا باستخدام اوساط محفزه) ولكن تطور هذا العلم لاستهداف كائنات اوسع ومصالح اوسع فانطوى تحت هذة التسميه العديد من العلوم منها بما يختص النبات علوم الهندسة الوراثية وعلم زراعه الانسجة، فالاول ظهر بعد تمكن العلماء من استخلاص المادة الوراثية واعادة تضخيمها في المختبر خارج الجسم الحي، والثاني (زراعه الأنسجة) هي الوسائل المستخدم للإكثار الفائق الدقيق ، اي استخدام جزء من النبات لانتاج اعداد كبيره من النباتات التي تحمل نفس الصفات الوراثية، ومن ثم ظهر علم تعديل المادة الوراثية فن التلاعب بالمادة الوراثية ويعرف التعامل مع هذه الجينات بالهندسة الوراثية genetic engineering أو تكنولوجيا الDNA المطعم أو المعاد تشكيله (recombinant DNA) واختصاراً rDNA وتتضمن أخذ جين أو أكثر من موضع معين في كائن حي ونقله إما إلى كائن حي آخر أو وضعه ثانية فى نفس الكائن ولكن في مجموعة أو توليفة مختلفة؛ والكائنات الناتجة بعد هذه العملية تعرف بالكائنات العبر جينية transgenic أو المحورة وراثيا GMOوالبيوتكنولوجيا هي في الحقيقة مجموعة من التكنولوجيات المختلفة وتشمل ليس فقط الهندسة الوراثية، ولكن أيضا تحليل الDNA ، ورسم الخريطة الجينية، ونقل الجينات، وزراعة الأنسجة، التخمرات البيولوجية، والاستنساخ الحيوانى. والأهداف التى يسعى العلماء حاليا لتحقيقها باستخدام البيوتكنولوجيا الحديثة فى النباتات هى نفسها تقريبا نفس الأهداف التى كان المربون يسعون لتحقيقها بالطرق التقليدية للتربية من خلط وتهجين وانتخاب وخلافه.

ان ظهور الهندسة الوراثية وفن التلاعب بالمخزون الوراثي وطريقه التحوير بقطع جينوم الكائن الحي والعلوم الادوات العلمية المترابطه به اخذت منحى سريع وتطورت البحوث التي شملت هذا العلم حتى اطلق عليها ثوره الهندسة الوراثية، وقد اختلف هذا العلم عن الوراثة المندليه التقليدية بعدة نقاط اهمها.

1- الدقة : اذ يمكن عن طريق هذا العلم استهداف صفه وراثية معينة عن طريق التلاعب بالجين المترابط مع تلك الصفة فيمكن نقلها او اصلاحها او زيادة عمليه التعبير لها مما يزداد ناتج هذه الصفه، وبذلك يختلف عن الوراثة التقليدية التي لايمكن الفصل بين الصفات فالتزاوج بين الافراد ينقل الصفات المستهدفه الى جنب صفات اخرى كثيره.

2- الوقت : يمكن بهذه الطريقه اختصار الوقت اللازم لانجاح الهدف المراد اذ في الطرق التقليدية يحتاج الباحث لعدة اجيال لانتاج فرد يتمتع بالصفة المرغوبه والتي يمكن انجازها بطرق

الهندسة بجيلين فقط، اذ يستهدف نقل الصفه (الجينات المتعلقه بها) بصوره مباشرة من كائن لاخر او اعادة التوليف لنفس الكائن بسرعه ودقه.

3- اجتياز حاجز الأنواع : ان طرق التربية والوراثة التقليدية لايمكنها كسر حاجز النوع اذ لايمكنها من تعدي الانواع فكيفما بك من تعدي حاجز المملكه، اذ لايمكن ان تلقح نوع ننباتي نوع اخر، فما بالك من قدره الوراثه الحديثة من نقل جينات من النبطرق التربية التقليدية تعتمد على التكاثر الجنسى ، أما تكنولوجيا rDNA فيمكنها نقل جينات من نباتات إلى نباتات أخرى لا تتوافق معها جنسيا ، بل من حشرات أو حيوانات أو بكتيريا إلى النباتات كما حدث فى حالة المحاصيل المقاومة للحشرات (Bt crops) حيث تم نقل جينات من البكتيريا إلى النباتات ، كما امكن نقل جينات من الاسماك الى نباتات لمقاومه الانخفاض بدرجات الحرارة وبهذا امكن كسر حاجز النوع بالطرق الحيثة.

4- استخدام جزء من الكائن الحي: الوراثه التقليدية تحتاج الى الكائن ككل من اجل انتاج المادة المفيدة للانسان في حين التقناتالحجديثةلاتحتاج الى جزء من الكائن الحي لتطبيق التطور الوراثي او لدفعه لزيادة انتاح مادة ما.

سنورد هنا اهم التطبيقات البيوتكلونوجيا وسنركز على جانب النبات اذ ان البايوتكلونوجيا شملت جميع الكائنات الحية وتوسع لشمول فروع عديدة من العلوم منها علوم الحاسب الالي وفن الطب وهندسة الموصلات الخ.

أهم تطبيقات البيوتكنولوجيا الحديثة فى النباتات

هدف الانسان منذ القدم على تحسين الخواص النبات من دة اوجه ومنها

1- تحسين الصفات الانتاجية للنبات وزيادة غله الحاصل وتقليل التكلفه من فقد الحاصل او بادخالالمكننه الحديثة
2- تحسين من الصفات النوعية للمحصول بجعله اغنى واكثر نضاره وطول بقاء
3- انتاج مركبات ذات فوائد طبية وصيدلانية علاجيه
4- انتاج اللقاحات النباتية

ويمكن من خلال هذه النقاط ايجاز بعض المنجزات في كل حقل من هذه الحقول

1- تحسين الصفات الانتاجية والتي يمكن ان يتاتىباحد الجوانب التالية والتي تلخص بزيادة كمية الانتاج والغلهبصوره مباشره او تقليل الفقد الناتج من الافات التي تصيب النبات وتحسين من خواص المحصول بجعله ضمن مواصفات قياسية تسهل عملية ادخال المكننه له فضلا عن ذلك زيادة مقاومه النبات الى الظروف البيئية التي تقلل من الحاصل

أ. زيادة كميه الانتاج والغلة بصوره مباشره: سعت البحوث لزيادة غله الحاصل ومنها زياده غله محصول نبات الرز عن طريق نقل جينه انتاج النشا من البطاطا الى

الرز مما سببت بزيادة الانتاج بنسبه 30 % وهذا احد طرق زيادة الانتاج بتعديل ميتابولزم النباتات وهذا ما نجح به المعهد القومي الياباني للموارد البيولوجية.

ب. تقليل الفقد بالمحصول عن طريق زيادة مقاومه النبات للآفات:

ت. زيادة المحصول عن طريق زيادة قابلية النبات لتحمل الشدود: ان الشدود الذي يعاني منها النبات هي كثيره والتي تختصر الى نوعين الشدود الحيويه وغير الحيوية، ومنها شدود الملوحة والجفاف وشدود الثلوث وغيرها، وقد سعت التقانات الحياتية النباتية والهندسة الوراثية النباتية الى تعزيز قابلية النبات لتقليل ضرر هذه الشدود، ففي عام 1997 استطاع عالم من جامعه بوليتكنيك في اسبانيا وهو رامون سيرانو من نقل جين Hal-1 الى نبات الطماطه والتي تقوم كمضخة ايونية تساعد الخلية من طرح الصوديوم الى خارج الخلية وبذلك تقلل ضرر الشد الملحي واحلال محلها البوتاسيوم عبر قنوات اخرى وبهذا تمكن العالم من الحصول على نبات طماطه يقاوم التراكيز العالية من الملوحة، اما من ناحية الجفاف فقد عولجت بطرق التقانات الحيوية بعدة وسائل منها زيادة عملية التعبير الجيني او نقل جينات تزيد من انتاج البرولين الذي يساعد النبات على تحمل ظروف الجفاف، او زيادة مركب ABAفقد نجح العلماء بنقل جين ما يدعى الترى هالوزtrehalose الى نبات الرز وهو نوع من السكر ي يساعد النبات على تحمل الجفاف وذلك بعد ملاحظته في بعض النباتاتالصحراويةبإنتاجها هذا السكر عند تعرضها للجفاف وبذلك اصبح نبات الرز متحملا للملوحه والجفاف ونجحوا فى زراعة (stress-tolerant rice)

ث. تكيف النبات لمقاومه الافات للحفاظ على الحاصل: ان من اهم تجارب التقانات الحياتية هو تجارب BT، اذ لاحظ الباحثين ان بكتيريا التربة المسماة (Bacillus thuringiensisBt) تنتج بروتيناً طبيعيا يقتل الحشرات وذلك عن طريق اضرار بالجهاز الهضمي لها، مما دعى الباحثين للتفكير في ننقل هذا الجين الى نباتات مثل الذره الصفراء وذلك من اجل التقليل من ضرر حفار ساق الذرة الذي كان يصيب المحاصيل مسببا خساره فادحة في المنتج، ومن ثم توسعت البحوث لنقل هذا الجين الى نباتات اخرى مثل البطاطا والقطن

ج. نباتات مقاومه لمبيدات الادغال للحفاظ على الحاصل: ان استخدام مبيدات الادغال لتقليل ضرر الادغال لا يمنع من تاثيره على المحصول الاقتصادي ، لذا سعى العلماء الى انتاج نباتات اطلق عليها Ht) Herbicide-tolerant plants) وهي نباتات لاتتاثر بمبيدات الادغال مما يؤفرالسماحية لاستخدام مبيدات الادغال بحريه اكبر دون التاثير على المحصول الاقتصادي.

2- تحسين الصفات النوعية للمحاصيل: ان الصفات النوعية للمحاصيل كان هدف سعى اليه الكثير من باحثي الهندسة الوراثية ، فاحد هذه المنجزات هو السيطره على نضج الطماطه وهي طماطهflavrsavrوالفلافر سافر تم تعديلها بحيث تبقى على أغصانها حتى تصل إلى تمام النضج وحسن الطعم ،و ذلك بالتحكم في ميتابولزم النضج بحيث يمكن تخزينها على النبات حتى النضج وبذلك تختلف عن الطماطه الاعتيادية التي يجب قطافها قبل النضج وانضاجها خارج النبات للحفاظ عليها من التلف وفتره تداول جيده،

بالإضافة إلى إمكانية تخزينها لفترة أطول بعد الحصاد دون أن تتلف فضلا عن انتاج طماطه غنية بالايكوبين والذي يعد من مضادات الاكسدة القويه المفيدة للجسم. كما تم انتاج الرز الذهبي وهو رز غني بفيتامين A وذلك بنقل جين تكوين بيتاكاروتينالى نبات الرز وبذلك انتجت نباتات ذات حبوب صفراء اللون بسبب صبغه الكاروتين لذا اطلق عليها golden rice .والذرهالغنيهبفتامينE وبذلك رفع القيمهالغذائيه لبعض المحاصيل

3- انتاج مواد ذات فائدة طبيه: ان التقدم في الهندسة الوراثية النباتية سخرت النباتات المعدله وراثيا عن طريق نقل الجينات الى انتاج الاجسام المضاده وحيده النسيله او البروتينات العلاجية او التي قد تكون بمثابه مصدر لقاح صالح للاكل، وبعض الهرمونات مثل الانسولين والسوماتوتروبين و الاريثروبويتين وعوامل التخثر والانتروفيرونالمختلفه، وقد استخدمت العديد من النباتات في انتاج الاجسام المضادة antibody expression systemsمثل نبات التبغ الذي استخدم بشكل واسع جنب الى جنب العديد من النباتات الاخرى مثل البطاطا وفول الصويا والبرسيم والارز والذره، فمثلا

sIgAعبارةعنجسممضادمعقدمتعددالوحداتقديكونمفيدًافيالعلاجالمناعيالموضعي،وقدتمالتعبيرعنهبنجاحفينباتالتبغ، اما في نبات فول الصويا فقد اصبح قادرا على انتاج الاجسام المضادة ضد فايروس الهربس البسيط herpes simplex virus المسبب للتقرحات الجلدية الذي تنتقل بالعدوى بين الاشخاص القريبين.

4- انتاج اللقاحات: اهتم العلماء بانتاج اللقاحات التي تدرئ ضرر الامراض والاوبئة قبل حدوثها ومن بين اهمامهم هو انتاج لقاحات منخفضة التكلفه صالحه للاكل أي يمكن تناولها عن طريق الفم اذ يمكن تصنيع البروتينات المناعية الرئيسية أو متواليات المستضدات في أنسجة النبات ثم تناولها لاحقًا كلقاحات فرعية صالحة للأكلوهذه اللقاحات لها العديد من المزايا فبالاضافه الى انها واطئة التكلفه اذ يمكن زراعتها محليا عند الحاجه وتقليل تكلفه التخزين والنقل من بلدان المصنعه الى المستفيده كذلك لاتحتاج الى فرق طوعيه اذ تتناول عن طريق الفم مباشرة فضلا عن تميزها بالاستقراريه والفعالية ومن الجهود المبذوله بهذا الصدد فقد شهدت السنوات الماضيه انتاج ما يربو عن عشره مولدات المضادات لقاحات في النبات مثل البطاطا المحوره وراثيا ضد مرض داء الكلب و التسمم المعوي ومرض الحمى القلاعيه والكوليرا ومرض المناعهالذاتيه اما نبات الخس المعدل وراثيا ضد فايروس الحصبه ونبات التبغ ضد التهاب الكبد

قائمة المحاصيل المعدلة وراثيا

- البرسيم (*ميديجوساتيفا*)
- Apple (*Malus x Domestica*)
- الأرجنتيني كانولا(*Brassica napus*)
- فاصوليا(*Phaseolus vulgaris*)
- قرنفل(*Dianthus caryophyllus*)
- شيكوري(*Cichoriumintybus*)

- القطن(*Gossypiumhirsutum L.*)
- اللوبيا(*Vignaunguiculata*)
- الزاحف(*Agrostisstolonifera*) Bentgrass
- الباذنجان(*Solanummelongena*)
- أوكالبتوس (*أوكالبتوس*)
- الكتان(*Linumusitatissimum L.*)
- الذرة (*ضياء ميساء*)
- البطيخ (*كوكوميس ميلو*)
- بابايا (*كاريكا بابايا*)
- بتونيا (*بتونيا هيبريدا*)
- البرقوق(*Prunusdomestica*)
- البولندية الكانولا(*Brassica rapa*)
- الحور(*Populus sp.*)
- البطاطا(*Solanumtuberosum L.*)
- الأرز(*Oryza sativa L.*)
- روز (*روزا هيبريدا*)
- القرطم(*Carthamustinctorius L.*)
- فول الصويا (*جلايسين ماكس إل*)
- الاسكواش (*القرع بيبو*)
- بنجر السكر (*بيتا الشائع*)
- قصب السكر(*Saccharumsp*)
- فلفل حلو (*الفليفلة السنوية*)
- التبغ(*Nicotianatabacum L.*)
- الطماطم(*Lycopersiconesculentum*)
- القمح(*Triticumaestivum*)

قد لا نجد هذه المحاصيل جميعها في المتاجر فيما يلي قائمه بعشر محاصيل معدله وراثيا المتاحه اليوم في متاجر الولايات المتحدة الامريكية وسنه اعتمادها

المحصول	السنة
البرسيم	2006
التفاح	2017
الكانولا	1999
الذرة (الحقل والحلو)	1996
القطن	1996
البابايا	1997

البطاطا	2016
فول الصويا	1995
القرع	1995
السكر البنجر .	2006

جاءت الهندسة الوراثية كمحصلة طبيعية لثورتين علميتين، هما: ثورة اكتشاف أسرار المادة الوراثية DNA ، وثورة اكتشاف إنزيمات التحديد Restriction enzymesالتى تقوم بقص الـ DNAفى مواقع محددة. وبدأت الثورة الأولى عندما اكتشف العلماء أن الحمض النووىDNA هو المادة الوراثية، ثم اكتشاف تركيبه الكيميائى (عبارة عن شريطين متكاملين من السكر والفوسفات والقواعد النيتروجينية الأربع وهى: الأدينينوالجوانينوالسيتوسين والثيامين)، ويأخذ هذان الشريطان شكل الحلزون، وهناك نقاط معينة فى هذين الشريطين تلتقى كل منها بالأخرى، وكل شريط يحمل المعلومات الكاملة اللازمة للتحكم فى بناء البروتينات اللازمة لتوجيه المعلومات الحيوية، التى يؤدى مجموع تفاعلها فى النهاية إلى تكوين الكائن الحى وقيامه بوظائفه الحيوية المختلفة. ثم تبعه اكتشاف أسرار الشفرة الوراثية (وهى تتابع القواعد النيتروجينية فى كلمات وجمل تقوم بتخزين المعلومات الوراثية فى لوح محفوظ مسئول عن حياة الكائن الحى من الإنبات حتى الممات، وهى الجينات) وفك رموزها. وبذلك استطاع أن يقرأ شفرة كل جين ويتعرف عليها، ثم استطاع تخليقها معملياً، أو الحصول عليها من استخلاص الـ DNA من أى كائن حي، أو حتى الفيروسات، ثم بعمليات الجراحة الوراثية يقوم بإعادة ترتيبها فشفرات.وفيما يلى أهم القفزات والاكتشافات والثورات العلمية التى كان لها الفضل فى منشأ وتطور الهندسة الوراثية، وكذلك بعض الإنجازات التى كانت بعيدة حتى عن الخيال ..

1866م:	أجرى الراهب النمساوى "جريجور يوهان مندل" تجارب على نبات البازلاء منخلال عمليات التهجين، وتوصل إلى مجموعة من القوانين لتفسير وراثة الخصائصالبيولوجية فى الكائنات الحية، ولكن نتائج تجاربه لم تنشر. عالم الوراثة الأمريكي توماس مورجان (1866-1945) وذبابة الفاكهة
1900م:	أعاد كل من دى فريز وباستون وآخروناكتشاف قوانين مندل فى علم الوراثة ثم نشرها فى دورية تصدرها جمعية محلية فىالنمسا . وقد كانت جهود هؤلاء العلماء هى الخطوة الأولى التى بدأها علماءالبيولوجيا فى التطوير المعاصر فى علم الوراثة، والتى حولت هذا العلم إلى علمتجريبى دقيق.
1903م:	افترض "ستون" أن الجينات تقع علىالكروموسومات.

1910م:	أثبتت تجارب "مورجان" أن الجيناتتقع على الكروموسومات.
1911م:	اشتق "جوهانسين" المصطلح العلمى"جين."Gene"
1918م:	ظهر المصطلح العلمى التقنيةالبيولوجية ."Biotechnologie" "باللغة الألمانية
1922م:	أعد "مورجان" أول خريطة للجيناتالموجودة على كروموسومات حشرة الفاكهة. (الدوروسوفيلا. Drosophila)
1928م:	بداية تجارب التحويل الوراثى Genetic transformationفى البكتريا. وتعتبر هذه التجارب حجر الأساس للهندسةالوراثية فى صورتها الحديثة.
1933م:	نشرت أول قصة خيال علمى عن الهندسةالوراثية "عالم جديد شجاع : "Brave new world"للكاتب "الدوس هكسلى."
1938م:	ظهور المصطلح العلمى "البيولوجياالجزيئية."Molecular Biology" "
1943م:	ظهور نظرية "جين لكل إنزيم"التربطت الكيمياء الحيوية وعلم الوراثة. وهى تعرف باسم نظرية "فعل الجين."
1944م:	أثبت كل من أفرى وكلود وماكارتى أنالجينات تتركب من الحمض النووىالريبوزى المختزل.DNA
1948م:	ظهور المصطلحين العلميين "الهندسةالكيميائية "Chemical engineering و"الطب الجزيئى Molecular medicine".
1952م:	أكد كل من هيرشى وكاسى دور الـ DNA كأساس للمادة الوراثية.
1953م:	اكتشف كل من واطسون وكريك تركيب الـDNA ووضعا أول نموذج له.
1958م:	تحديد تتابع الأحماض الأمينيةلبروتين الأنسولين.
1960م:	* اكتشافالحمض النووىالريبوزى الرسول .mRNA * أول محاولةلدمج الخلايا -فى معهد جوستاف فى باريس- حيث قام جورج بارسكى بإدماج خلايا فئران فأطباق خاصة مزودة بغذاء معقم.
1966م:	فك رموز الشفرة الوراثية بواسطةجونيد خوران ومارشال نيرينبرج.
1967م:	*اكتشافإنزيمات الربط .Ligase enzymes *تمكن كل من ماربفايس، هوارد جرين من دمج خلايا إنسان بخلايا فأر.
1970م:	تمكن وارنرأربير ودانيل ناثانسوهاميلتون سميث من اكتشاف أول إنزيم محدد (قص) خاص.Restriction enzyme
1971م:	تمكن كوهين وبوير من وضع أساليبأولية لإعادة اتحاد المادة الوراثية.Recombinant DNA

1973م:	*عزلأول جين وهو الجين المسئول عن إنتاج الأنسولين . *وضع أساليب وطرق لإعادة اتحاد المادة الوراثية . *بداية التقنية الحيوية الحديثة.Modern Biotechnology
1974م:	*ظهورأول تعبير "جين غريب" فى البكتريا.
1977م:	*إنشاء أول شركة للهندسة الوراثية" جينيتيك"فى أمريكا . *إنتاج أول بروتين آدمىبواسطة البكتريا، وهو هرمون المخ "السوماتوستاتين."Somatostatin الفرنسيون قوفو دو لاوف وجائزة نوبل وبكتريا القولون
1978م:	*إنتاجالأنسولين البشرى من البكتريا "إشيريشياكولاى ."E. coli *اكتشاف طرق لتحديد تتابع الشفرة الوراثية.
1980م:	منح أول براءة اختراع فى الهندسةالوراثية، وكانت لكل من كوهين وبوير عن كيفية إعادة اتحاد المادة الوراثية.
1982م:	*إنشاءأول مصنع لإنتاج الأنسولين الآدمي بطرق الهندسة الوراثية فى إنجلترا . *أول منتج للهندسة الوراثية يجاز تسويقه، وكان لقاحًاحيوانياً ضد الإسهال وهو "الأنتروفيرون" لمعالجة الهربى . *أول محاولة ناجحة لنقل الجينات بين الحيوانات.
1983م:	*نجاحالجمع بين جنس العنز وجنس الخروف وظهور ما يسمى بالعنزروف . *صمم كارى ميليس جهازاً لمضاعفة المادة الوراثية فى المعملبتفاعل البوليميرز التسلسلي.(PCR) *أول محاولةناجحة لنقل الجينات إلى نبات . *ظهور المصطلح العلمي" البيولوجيا الجزيئية النباتية."Plant Molecular Biology
1985م:	اكتشاف البصمة الجينية DNA fingerprintبواسطة أليك جيفيرس.
1986م:	إنتاج خنزير معدل وراثياً يحمل جينهرمون النمو البشرى.
1987م:	*استخدام البصمة الجينية كدليل جنائىفى المحاكم الأمريكية .

	*أول عملية لتقييم النباتات والكائنات الدقيقة المعدلةوراثياً خارج المعمل.
1988م:	أول كائن دقيق معدل وراثياً يجازتسويقه.
1989م:	*عزلالجين المسئول عن مرض التليف الكيسى Cystic fibrosisبواسطة لاب شتسى، وفرانسيسكولين . *تمكن ستيفينروسينبيرج من تصميم أول نظاملنقل الجينات فى الإنسان . *بداية علاج الأمراضالوراثية بالجينات.Gene therapy
1993م:	عزل الجين المسئول عن مرض هنتجتون.Hunttington's disease
1994م:	*ظهورسلاح الجينات الانتحارية كعلاج للسرطان . *إنتاج أرزمقاوم للآفات والأمراض أطلق عليه "الأرز السوبر."
1995م:	*العلاجالجينى لتبقع الجلد الوراثي. *العلاج الجينى للتحلل الفقاعىالوراثي . *تصنيع هرمون الغدة النخامية الذى يعملعلى تنشيط التبويض كعلاج للعقم.
1996م:	استنساخ النعجة ميجانوموراج على يدأيان ويلموت باستخدام الخلايا الجنينية.
1997م:	*تمكنسانج لى بمعهد العلوم والتقنية بكوريا من عزل جينPHAالمسئول عن إنتاج بولستر مننوع من البكتريا ونقله إلى بكتريا إشيرشياكولاىE. coli لزيادة الإنتاج . *تمكن إيان ويلموت من استنساخ النعجة "دوللى" باستنساخ تقنيةاستبدال الأجهزة الوراثية عن طريق إدماج نواة خلية جسدية من ضرع (ثدي) نعجة فنلنديةفى بويضة مفرغة (بدون نواة) مأخوذة من نعجة أسكتلندية . *استنساخ اثنين من القردة فى مركز بحوث أوريجتون بالولاياتالمتحدة الأمريكية باستخدام تقنية الفصل المجهرى للخلايا الجينية للحصول على نسخمنها تحمل نفس الصفات الوراثية . *أعلنت شركةأمريكية لتربية الحيوانات عن نجاحها فى استنساخ بقرة أطلقوا عليها اسم (جين)، وذلكباستخدام تقنية "استبدال الأجهزة الوراثية" عن طريق استخدام خلاياPriodial stemمنجنين بقرة عمره 30 يوماً . *الحصول على فئران تحملكروموسومات بشرية كاملة ينتظم بكل منها ما يقرب من الألف جين، بعد أن كانت عملياتنقل الجينات لا تتضمن أكثر من جين أو جينين على الأكثر. وأطلقوا عليه اسم مانى "الفأر المؤنسن"، وهى كلمة منحوتة من كلمتي إنسان وحيوان . * أعلن مايكل ماردين بفرنسا عن نقل جين الهيموجلوبين البشري(ألفا وبيتاجلوبين) إلى كلوروبلاستChloroplastخلايا نبات التبغ والحصول علىالنبات الكامل وتمكنه من عزل وتنقية الهيموجلوبين من بذور وجذور النبات.
1998م:	*إنتاجالسمك الذكرى المتفوق كبير الحجم باستخدام تقنية التحوير الوراثى . *إنتاج بعوض غير ممرض باستخدام أساليب الهندسة الوراثية.
1999م:	*بدايةإنتاج العسل الدوائى عن طريق نباتات تم تعديل أزهارها وراثياً . *استنباط نبات تبغ معدل وراثياً للكشف عن مواقعal al3^am