المحاضرة (٦) : النباتات المهندسة وراثيًا

بفضل الهندسة الوراثية، أمكن تعديل خصائص في بعض النباتات والكائنات، ما أدى إلى فوائد مهمة على صعيد تحسين الإنتاج ومقاومة بعض الآفات الزراعية. في المقابل، يضعنا التعديل الوراثي أمام مخاطر عديدة.

تعريف النباتات المهندسة وراثيًا

هي نباتات يتمّ تغيير خصائصها الوراثية، عبر استخدام تقنيات الهندسة الوراثية، التي تقوم بنقل الجينات من صنف إلى آخر لا تجمعه به أي صلة قرابة، وذلك بهدف تعديل أو إضافة صفة وراثية جديدة. وهنا لا بد من التمييز بين ما يسمّى بالتأصيل التقليدي وبين الهندسة الوراثية. فالتأصيل التقليدي يسمح بتلقيح الجينات ونقلها بين نبتتين من الصنف نفسه أو من صنفين قريبين، كالبطاطا والطماطة ، ولكن لا يمكنه أن ينقل الجينات من زهرة النرجس مثلًا إلى نبتة الأرز كما هي الحال في الهندسة الوراثية.

لمحة تاريخية عن التعديل الوراثي:

تعرّف العلماء خلال أربعينيات القرن الماضي إلى السلاسل الوراثية في الكائنات الحيّة، فحدّدوا الجينات التي تتحكّم بصفاتها، وراحوا ينقلون هذه الجينات إلى نباتات من أنواع مختلفة بهدف زيادة الإنتاجية. خلال الثمانينيات تمكّن العلماء في بلجيكا من إنتاج نوع جديد من البطاطا ذي مناعة على بعض المركّبات الكيميائية، وذلك في سياق عملهم على إنتاج أنواع من النباتات ذات مناعة ضدّ مبيدات الأعشاب وضدّ الحشرات والأمراض الزراعية. وخلال العام ١٩٩٤ أنتجت شركة أميركية الطماطة تبقى طازجة لمدّة طويلة. وفي العام ٢٠٠٨ أدى التعديل الوراثي إلى ظهور نوع من الجزر يُنتج الكالسيوم ويُشكّل علاجًا لترقق العظام.

أهم فوائد التعديل الوراثي

١- تمديد فترة الحفظ من خلال التأثير على أنزيم Polyphenil oxidase المسؤول عن تعفّن الغذاء مع مرور الوقت، وتستخدم هذه الخاصية لإبقاء منتجات مثل الطماطة والتفاح طازجة لمدة أطول.

٢- زيادة الأهمية الغذائية للمنتج، فالرز الذهبي مثلًا اكتسب هذه الصفة من خلال إدخال فيتامين A إليه.

٣- إنتاج نباتات تتحمّل الظروف البيئية الصعبة من صقيع وجفاف وملوحة وغيرها.

٤- إنتاج نباتات مقاومة لمبيدات الادغال.

٥- إنتاج نباتات مقاومة للحشرات والأمراض.

٦- استخدام النباتات المعدّلة وراثيًا لإنتاج الأدوية، فالموز المعدّل وراثيًا والذي يحتوي على لقاح مضاد لفيروس التهاب الكبد الوبائي، يعتبر الوسيلة الأسهل لتقديم هذا اللقاح للأطفال بدلًا من استخدام الحقن الطبية الموجعة.

مخاطر التعديل الوراثي:

مقابل الفوائد التي حققها التعديل الوراثي، ظهرت مخاوف من مخاطر هذا التعديل، مثلًا بات من الممكن زيادة محاصيل القمح و السجلم (الكانولا) وقصب السكر وفول الصويا، بعد أن أصبحت هذه الأنواع المعدّلة قادرة على مقاومة مبيدات الأعشاب. وبالتالي أمكن التغلّب على آفة زراعية من دون إلحاق الضرر بالمحاصيل. لكن انتقال المناعة إلى بعض الأعشاب الضارّة، يجعل من الصعب مكافحتها.

و اعتبارًا من العام ٢٠٠٠، بدأت ردود الفعل العالمية المحذّرة من مخاطر المحاصيل المعدّلة وراثيًا بالظهور، خصوصًا بعد أن تبيّن أن الذرّة المعالجة جينيًا قد تتسبّب بحدوث بعض أنواع الحساسية لدى بعض الأفراد. هذا الأمر دفع شركة مجموعة أفنتس إلى سحب منتجاتها المهندسة جينيًا من الأسواق، ما أدّى إلى تكبّدها خسائر بقيمة ٦٠ مليون جنيه استرليني.

وقد طرحت المشكلة نفسها في ما يتعلق بالذرة والبطاطا والقطن التي عدّلت وراثيًا على نحو أتاح إنتاجها مادة سامة تقاوم الحشرات، إذ يمكن أن تنتقل المناعة إلى الحشرات نفسها.

كما ويحذّر بعض علماء البيئة من النباتات المعدّلة وراثيًا التي يمكن أن تنتشر وتتهاجن مع كائنات طبيعية أخرى، وهو ما يؤدي إلى نشوء أنواع جديدة من النباتات التي لا يمكن التنبؤ بحجم تأثيرها في عملية التوازن الطبيعي على الكرة الأرضية.

إضافة إلى ذلك، الجمعية الطبية البريطانية أصدرت في العام ٢٠٠٤ تقريرًا مفصلًا حول مخاطر هذه الأغذية المعدّلة وراثيًا والتي يمكن أن تسبّب لدى الإنسان ردود فعل تحسسيه خطيرة، وتشكّل خطرًا على صحة من يتناولها على المديين المتوسط والبعيد. وأكد التقرير أن هذه الأغذية تسبّبت باضطرابات عصبية لدى أشخاص تناولوا حبوبًا تحتوي على حامض أميني تنتجه بكتيريا تمّ تعديل خصائصها الوراثية في الولايات المتحدة الأميركية.

انتشار زراعة النباتات المعدّلة وراثيًا في العالم

في أواخر العام ٢٠٠٨، بلغت مساحة الأراضي المزروعة بنباتات معدّلة وراثيًا نحو ١٢٥ مليون كيلومتر مربع، أي ما يساوي مساحة فرنسا وألمانيا معًا. وتحتكر ثلاث دول ٨٠% من الإنتاج العالمي المعدّل وراثيًا وهي: الولايات المتحدة الأميركية (٥٠%) والبرازيل والأرجنتين (٣٠%). وبدورها تنتج كندا وكينيا والهند ١٥% من الإنتاج المذكور. وقد شهدت المساحات المزروعة بالمحاصيل المعدّلة وراثيًا خلال العقد المنصرم ارتفاعًا ملحوظًا في ٢٥ بلدًا في العالم، وتمنع دول كثيرة زراعة النباتات المعدّلة وراثيًا وأبرزها، أستراليا، اليابان، نيوزيلندا، بعض المناطق في كاليفورنيا، فرنسا، ألمانيا، النمسا، هنغاريا، اليونان، للوكسمبورغ، أيرلندا، بولندا، وبلغاريا.

الهندسة الوراثية: آلياتها وطرقها

تبدأ الهندسة الوراثية بتحديد الجين المسؤول عن الصفة التي يراد إضافتها للنبات المراد تعديله وراثيًا، وعزله بمساعدة أنزيمات. الخطوة الثانية هي اختيار النبات وإدخال الجين إلى المادة الوراثية للنبتة (الجينوم) عن طريق أحد النواقل الأربعة الآتية:

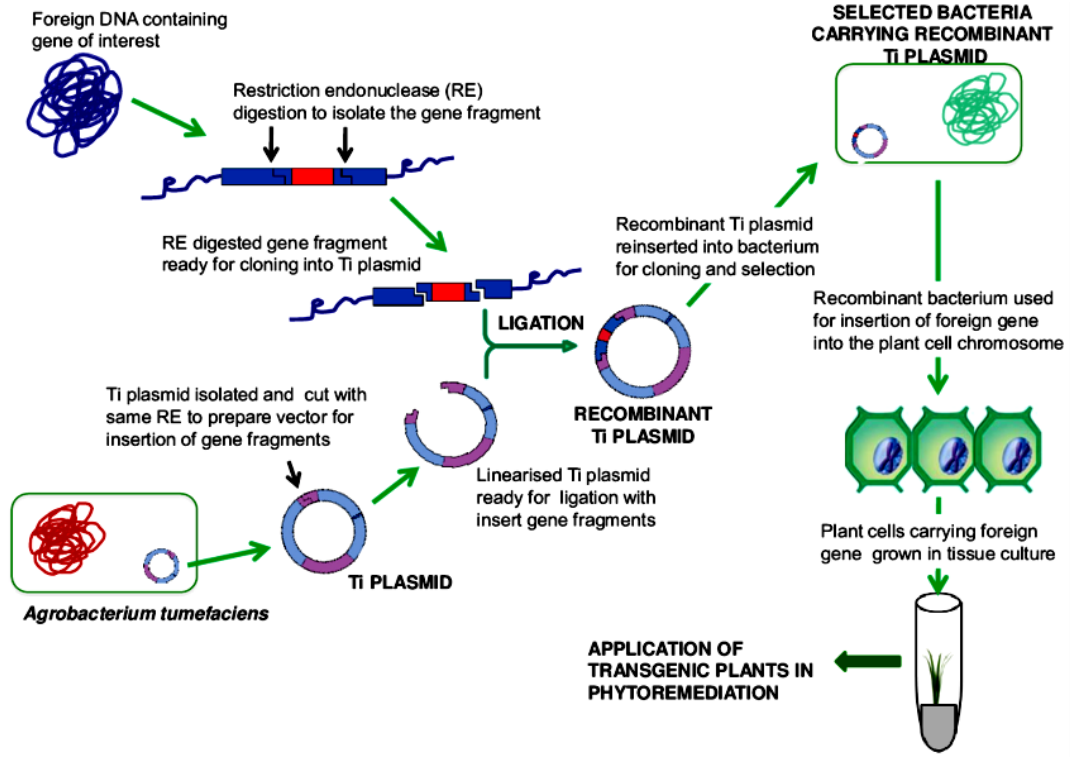
1- طريقة الاصابة بالبكتيريا الزراعية لنقل الجين Agrobactrium mediated Gene Transfer:

استخدمت بكتيريا *Agrobacterium tumefuciens* والتي تسبب مرض التدرن التاجي في بعض جذور المحاصيل البقولية أي ثنائية الفلقة، وهي تتميّز بالقدرة على إدخال جيناتها إلى النبات، أي بلا شك أفضل ناقل طبيعي للعامل الوراثي المرغوب بهدف إنتاج النباتات المحمولة وراثيا ، فهذه البكتيريا لها المقدرة علي نقل جزء من البلازميد والذي يطلق عليه Ti – Plasmid إلي الجينوم النووي للخلايا النباتية حيث يتكامل هذا البلازميد والذي يطلق عليه (Transferred DNA (T – DNA مع جينوم النبات العائل وينتقل الي نسل النباتات المحمولة .

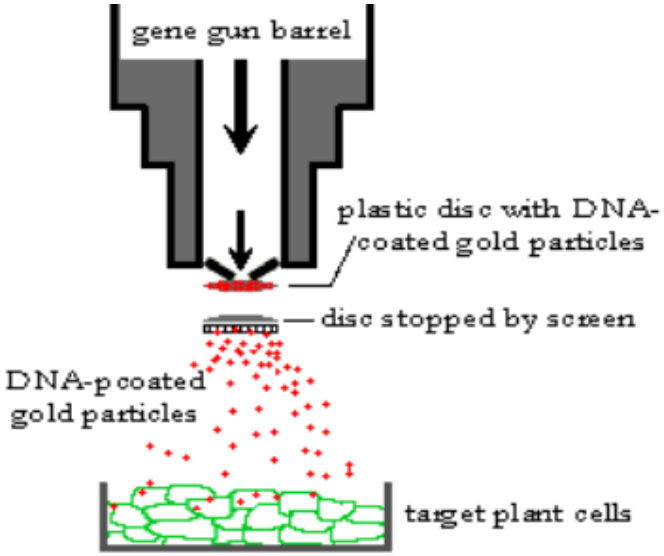
ولعل عمليات العدوى البكتيرية من الأمور الهامة في هذا الشأن ، ولزيادة معدل العدوى بسلالة البكتيريا يمكن استخدام وسائل ميكانيكية مثل الملاقط أو استخدام بودرة Carborandum الكاربوراندم لعمل جروح في النباتات المستقبل أو العائل . وهناك بعض المواد الكيماوية مثل الكلوكوز أو Acetosyringone أو Xylose يمكنها تنشيط عملية العدوى بسلالة البكتريا *A. tumefuciens* ومثل هذه المواد تتواجد طبيعيا عند حدوث جرح في خلايا النبات وتلعب دورا هاما في حدوث العدوى .

تعتبر هذه الطريقة هي أول وأسهل الطرق التي استعملت لإدخال الـ DNA إلى الخلايا بعد نزع جدارها وتحويلها إلى Protoplasts وفيها كما يبين الشكل في ادناه ، تخلط الـ protoplasts بقطع الـ DNA التي تمثل الجين المرغوب فيه ويحضن

الخليط على درجه حرارة الغرفة لمده عشره دقائق (min10) أو على درجه $C^0$4 لمده ثلاثون دقيقه (min٣٠) ثم تضاف إلى الخليط تركيزات معينه من كل من الـ PEG وال Ca معا إلى تجميع الـ protoplasts واندماجها مع جعل غشائها البلازمي أكثر نفاذية لجزيئات الـ DNA فتسمح بدخوله إليها مسببا تحويلها وراثيا.

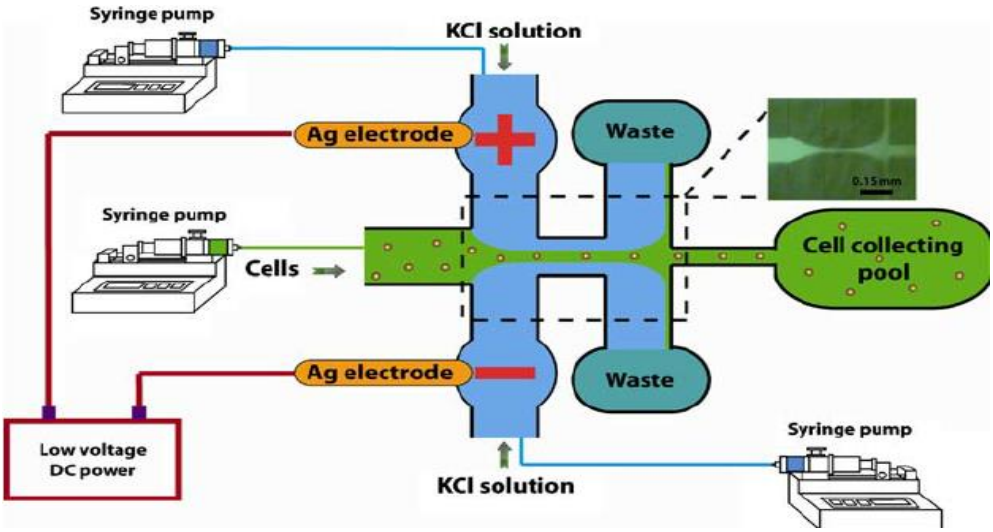


2- **بندقية الجينات Biolistis or Particle gun:** وهي طريقة يتمّ فيها تغليف الجين المطلوب بغبار الذهب، ومن ثم يتمّ إدخاله إلى الخليّة النباتية تحت ضغط عالٍ. وتعتمد هذه الطريقة على الدفع السريع للجينات المرغوبة إلي داخل الخلايا أو الأنسجة باستعمال بندقية العامل الوراثي أو Genetic particle gun ، وفيها تستخدم جزيئات دقيقة (٠.٣ – ٠.٥ ميكرون) من معدن التنجستين أو الذهب وتكون مغطاة بالحامض النووي ويتم دفع هذه الجزيئات microprojectiles إلي داخل الخلية حيث تثقب وتخترق الجدار الخلوي حيث تلتصق وتتكامل جزيئات الحامض النووي DNA مع الجينوم النووي للنبات .



3- الصعق الكهربائي Electroporation:

ويقضي باستخدام الكهرباء لإدخال الجين المطلوب عبر إحداث فتحات في الخلية المتلقية.

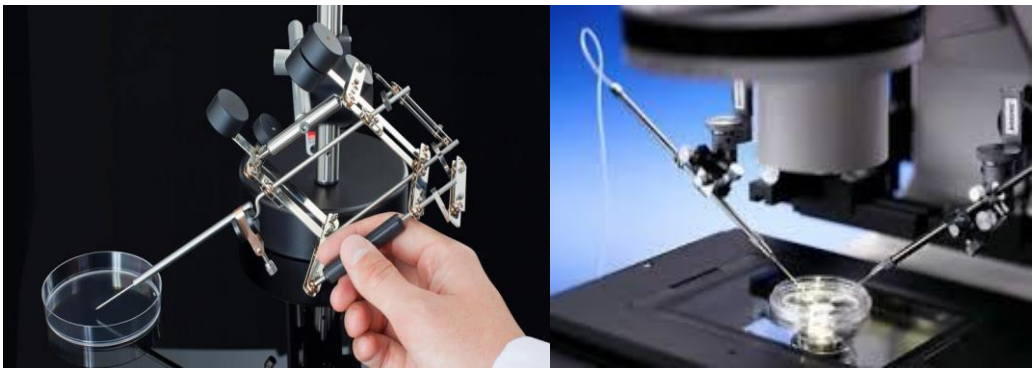


في هذه الطريقة يتم خلط قطع إلي DNA مع الخلايا المراد إدخالها إليها ثم تعرض الخلايا إلى نبضات كهربائية لفترات قصيرة بقوه قدرها 200-600 V/cm حيث تقوم هذه النبضات بإحداث ثقوب في الأغشية البلازمية دون الحاجة إلى حدوث عمليه الالتهام الخلوي (Endocytosis) التي كانت لازمه في حاله استعمال طريقه دقائق راسب فوسفات الكالسيوم. وبذلك نتخلص من احتمالات تحطم قطع الـ DNA داخل الخلية بفعل إنزيمات الـ Nucleases أثناء الفترة الطويلة التي تاخدها قطع الـ DNA لتحرر من الحويصلات التي تتكون حولها أثناء عمليه الالتهام الخلوي. وتمتاز هذه ألطريقه بسهوله إجرائها وارتفاع كفاءتها التحويلية.

4- طريقة الحقن الدقيق Microinjection

وهى طريقه مباشره لحقن الـ DNA داخل نواة الخلية وتستعمل فيها أجهزة خاصة يطلق عليها أجهزه التداول الدقيقة (Micromanipulators) حيث يتم تثبيت الخلية المراد حقن الـ DNA داخل نواتها بالاستعانة بأنبوبه زجاجيه دقيقه يتم الاقتراب

بمقدمتها نحو الخلية مع إحداث تفريغ (Suction) من الجانب الآخر للأنبوبة فتندفع الخلية نحو الطرف وتصبح في وضع مقيد. هنا يتم حقن الـ DNA بواسطة أنبوبه زجاجيه أخرى دقيقه جدا بدفعها عبر الغشاء البلازمي للخلية فتثقبه دون الإضرار به وتعبر مقدمتها السايتوبلازم لتصل إلى النواة حيث يتم دفع ما تحتويه من قطع الـ DNA.



وهذه ألطريقه ذات كفاءة مرتفعه لتحويل الخلايا إذا قيمت على مستوى الخلية الواحدة كما إنها الطريقة الوحيدة التي يكون الباحث في ظلها على يقين بان الـ DNA قد دخل الخلية فعلا. غير إنها تحتاج إلى قدر كبير من الجهد والحرص لإجرائها حيث يمكن حقن عده مئات فقط من الخلايا بهذه ألطريقة في التجربة الواحدة. وتعتبر هذه ألطريقة هي المفضلة في بعض التجارب لإدخال ليس فقط قطع الـ DNA إلى الخلايا بل أيضا جزيئات الـ RNA والبروتين.

٥- طريقة Microtargeting:

يعتمد تنفيذها علي استخدام جهاز جديد يسمح بتوجيه جزيئات micro projectiles الي المساحات الصغيرة جدا في القمة النامية لبادرات المحاصيل النجيلية . وهذا الجهاز يجمع بين مزايا طريقة الحقن الدقيق (حيث يمكن تحديد مكان وصول الـــ DNA) ومزايا طريقة Biolistics (حيث يتم نقل الجينات الي عدة خلايا مرة واحدة).