

الباب الخامس

الفصل الأول

إنتاج النباتات المعدلة وراثيا لمواجهة المسببات المرضية والحشرات

الأهداف : بنهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون المتخصص فى علم الوراثة وبرنامج أمراض النبات قادرا على أن :

- ١- يوضح دور الهندسة الوراثية فى دعم صفة المقاومة الحيوية للنبات من خلال إدخال صفات جديدة للنباتات مثل المقاومة لمبيدات الحشائش ، والمقاومة للحشرات ، والمقاومة للفيروسات ، والمقاومة للفطريات والبكتيريا .
- ٢- يستوعب كيفية إدخال صفات جديدة للنباتات .
- ٣- يتعرف على أهمية إنتاج والتوسع فى زراعة النباتات المعدلة وراثياً بجينات المكافحة للحشرات .
- ٤- يفهم تكنولوجيا إنهاء حياة النباتات المعدلة وراثيا ودورها فى حماية الملكية الفكرية للشركات القائمة على إنتاج النباتات المعدلة وراثيا .
- ٥- يعي بالتأثيرات المتتالية لإدخال صفات المقاومة الحيوية للنباتات وأثرها فى إنتاج الغذاء .
- ٦- يبين المخاطر المتوقعة من تكنولوجيا إنتاج البذور المنتحرة .
- ٧- يتعرف على كيفية عمل تكنولوجيا إنتاج البذور المنتحرة .
- ٨- توضيح علاقة الهندسة الوراثية بالبيئة .
- ٩- يستوعب علاقة إنتاج البذور المنتحرة بالبيئة وبأثرها على البيئة .

مقدمة :

حتى اليوم لا زال يوجد ٨٠٠ مليون فرد لا يستطيعون أن يحصلوا على احتياجاتهم اليومية من الغذاء بسبب الفقد فى إنتاج الغذاء و الذى يرجع إلى مسببات أمراض النبات كأحد عوامل الفقد فى الإنتاج .

- يلعب سوء التغذية الناتج عن نقص الغذاء بسبب الإرهاب البيولوجي دوراً جوهرياً في نصف حالات موت الأطفال الأقل من خمس سنوات على مستوى العالم في الدول النامية والذين يقدر عددهم الكلى بـ ١٢ مليون حالة موت .
- بالإضافة لنقص الغذاء فإن نقص العناصر الغذائية الصغرى خاصة فيتامين A، الحديد ، اليود تعتبر أيضاً من المشاكل الخاصة بسوء التغذية .
- يوجد في الدول النامية حوالي ٦٥٠ مليون من الفقراء الذين يعيشون في هذه الدول يعد نشاطهم الإقتصادي الأساسي هو الإنتاج المحلي للغذاء وبدون زراعة ناجحة وهؤلاء لا يستطيعون أن يحصلوا على احتياجاتهم .
- يعد حوالي ٦٠- ٧٠ % من الإنتاج الغذائي يحتوى على مشتقات معدلة وراثياً. وفي عام ١٩٩٨ تم زراعة أكثر من ٤٥ مليون فدان في الولايات المتحدة الأمريكية بنباتات محورة وراثياً محققاً ذلك زيادة قدرها ٢٥٠% عن زراعات ١٩٩٧ ، وتحتوى هذه النباتات المحورة وراثياً على ٢٥% من المساحة المنزرعة بالذرة ، و٣٨% من المساحة المنزرعة بفول الصويا ، و٤٥% منها منزرعة بالقطن . وتعد المساحة المنزرعة بالمحاصيل الغذائية المحورة وراثياً على مستوى العالم في عام ١٩٩٨ أكثر من ٦٩ مليون فدان ، و١٥% منها منزرعة في الدول النامية . لقد زادت مفهومنا عن العمليات البيولوجية من خلال إدخال معلومات وراثية جديدة للنباتات باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية فى المقاومة الحيوية لمسببات أمراض النبات .

تطبيقات الهندسة الوراثية فى مواجهة الفقد فى إنتاج الغذاء :

١- المقاومة لمبيدات الحشائش Herbicide Resistance :

تعتبر عملية إدخال صفة المقاومة لمبيدات الحشائش هى من الأهداف المبكرة لتقنيات إنتاج نباتات معدلة وراثياً منذ أن تم الاهتمام باستخدام الجينات كعلامات انتخابية selectable marker .

٢- المقاومة الحيوية للحشرات :

تعتبر المقاومة الحيوية للحشرات أحد التطبيقات الهامة التى استخدمت على نطاق واسع بنجاح من خلال اتخدام المادة البروتينية السامة proteinaceous toxin encoded by *Bacillus thuringiensis* (B.t.) ، وبذلك فقد تم إنتاج نباتات قطن وذرة

معدلة وراثياً تحتوى على جين *B.t.* وقد تم تنميتها لأول مرة فى عام ١٩٩٦ ، ومن الجينات الأخرى التى تحدث صفة المقاومة للحشرات protease inhibitors .

٣- المقاومة الحيوية للفيروسات :

تعتبر المقاومة الحيوية للفيروسات باستخدام الهندسة الوراثية فعالة جداً فى مكافحة الفيروسات مثل إنتاج العديد من transgenic melon and squash crops والتي أصبحت الآن متاحة على نطاق تجارى بعد أن أصبح الإنتاج بحاجة إلى إدخال صفة المقاومة للفيروسات فى الزراعة .

٤- المقاومة الحيوية للفطريات :

يتم ذلك من خلال استخدام الجينات التى تقوم بإنتاج إنزيم الشيتينيز الذى يقوم بتحليل الجدر الخلوية للفطريات ، كما يمكن أن يحدث هذا الإنزيم مقاومة حيوية للحشرات. وفى إطار مكافحة الحيوية للحشرات باستخدام المبيدات الميكروبية فإنه يوجد أيضاً Chitinase gene فى سلالة *Bacillus licheniformis* والتي تقوم بإنتاج كميات كبيرة جداً من إنزيم Chitinase الذى يقوم بتحليل Chitin . والشيتين Chitin يوجد فى كيويتكل الكائنات البحرية من الفقاريات ، الهيكل الخارجى للحشرات ، الجدار الخلقى للفطريات ، بينما لا يوجد فى الفقاريات والكائنات النباتية ولذلك فإن إنزيم Chitinase يعتبر مبيداً حيوياً ذا خاصية انتخابية حيث يعمل ضد بعض الكائنات ولا يعمل ضد البعض الآخر ، حيث يقوم بتحليل الشيتين ، ولقد أصبح له اهتماماً خاصاً فى مكافحة كل من الفطريات التى تسبب الأمراض النباتية وكذلك الآفات الحشرية . ولقد أوضحت دراسات عديدة أن إنزيم Chitinase يتسبب فى زيادة معدل موت الحشرات بفعل المبيد الحيوى *Bt* . ولذلك فإن تطبيق استخدام هذا الإنزيم ضمن تحضيرات المبيد الميكروبي *Bt* يؤدى إلى اتصال جيد وأفضل للـ *Bt* مع الغشاء الخلقى للقناة الهضمية للحشرات . استخدام مثل هذه المبيدات سوف تكون مفيدة جداً فى القضاء على صفة المقاومة الموجودة عادة فى الحشرات ضد مبيد سلالات *Bt* . ومع هذا تتميز عملية التعديل الوراثى للنباتات بجين Chitinase بجانب جين *Bt* سوف تعمل على عدم إمكانية تكوين صفة المقاومة فى الحشرات ضد النباتات المعدلة وراثياً بهذه الجينات معاً ، على العكس مما لو كانت النباتات معدلة فقط بجين *Bt* والتي يمكن أن تجعل إمكانية تكوين صفة المقاومة فى الحشرات ضد هذه النباتات المعدلة بجين واحد .

٤- المقاومة الحيوية للأمراض البكتيرية :

وهذه تعتبر من الإستراتيجيات الهامة فى مواجهة مسببات المرضية من خلال الحفاظ على كمية وجودة الحبوب المخزونة المحتوية على البروتين ، وهذا يعتبر من الأهداف المبكرة للمهندسة الوراثية . فالحفاظ على جودة ثمار الطماطم والثمار الأخرى يتم من خلال إدخال الجينات التى توقف طراوة الثمار . وحيث إنه تراكم بالبذور النباتية كميات كبيرة من الكربوهيدرات والنيتروجين فى شكل بروتين ونشا لإعطاء الطاقة اللازمة لعملية إنبات البذور ؛ لذا فإن العديد من الحشرات تتغذى على هذه المصادر الغنية بالعناصر الغذائية . وتعتبر النباتات عن استيائها من هذه الهجمات بإنتاج كميات من مثبطات إنزيمات Protease, amylase فى البذور . وبذلك فإنه يمكن القول أن مواجهة مسببات المرضية بالنباتات المعدلة وراثيا بجينات *Bt* أو بالجينات المنتجة لمثبطات الإنزيمات التى لها علاقة بعملية الهضم فى الحشرات تؤدى إلى إحداث خلل فى الوظائف الفسيولوجية والكيموحيوية لمعدة الحشرات ، الأمر الذى يؤدى إلى موت الحشرات التى تهاجم هذه النباتات فى النهاية . وإستراتيجيات إنتاج النباتات المعدلة وراثيا تلعب دوراً هاماً فى مكافحة الحيوية للحشرات التى تهاجم الجذور والسيقان والثمار ، الأمر الذى يترتب عليه عدم إستمرار النباتات المعدلة وراثيا بمثل هذه الجينات كعوائل لهذه الحشرات مما يعكس مدى أهمية مكافحة الحيوية للآفات باستخدام النباتات المعدلة وراثيا بالجينات المنتجة للمواد البروتينية السامة المضادة للآفات .

المقاومة الحيوية لمرض اللفحة البكتيرية فى الأرز : تم استخدام جهاز قاذف الجينات الموضح فى شكل ٨٧ فى إنتاج نباتات من الأرز مهندسة وراثيا XA21 GENETICALLY MODIFIED RICE لمقاومة مرض اللفحة البكتيرية فى الأرز . وتم إجراء هذا العمل فى جامعة كاليفورنيا بديفز ، وفى الأكاديمية الصينية لعلم الزراعة . وقد تم عزل جين Xa21 gene فى جامعة كاليفورنيا ونقل لسلالة الأرز الصينى باستخدام جهاز قاذف الجينات . والأشكال التالية (شكل رقم ٩٠ ، ٩١) يوضح نباتات الأرز المقاومة لمرض اللفحة البكتيرية وهى النباتات المعدلة وراثيا بجين Xa21 gene .

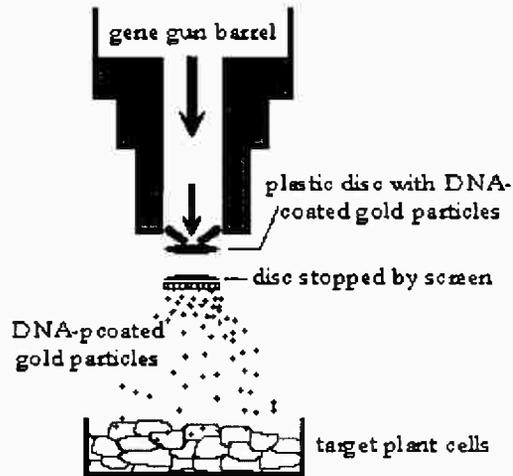


Figure . 90. Functioning of the gene gun.



شكل (٩١) نباتات الأرز المقاومة لمرض اللقحة البكتيرية

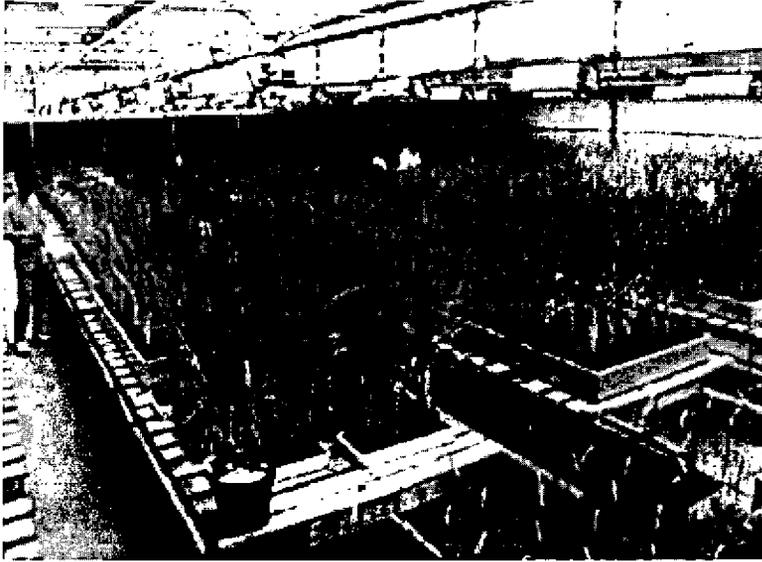


Figure. 92. Xa21 rice plants being assessed at ILTAB greenhouse

٥- المقاومة الحيوية باستخدام مضاد الشفرة : Antisense :

هذه التقنية تعتمد على تعبير RNA المكمل لذلك الذي يحتوى على الشفرات التي سيتم ترجمتها إلى بروتين مما سيجعل الجينات متوقفة عن العمل "gene off" This "turns expression وقد تم حديثا وبتقنية عالية جعل الجين غير فعال gene inactivation وهو ما يعرف (known as RNA interference , RNAi) وهو يعتمد على إدخال تتابع من حلزون مزدوج من DNA يسمى hairpin يكون مكملاً للجين المستهدف to the target gene .

نقل الجينات إلى النباتات :

Transgenic plants :

- تعتمد طريقة تربية النبات على :

- ١- تجميع الصفات الجيدة من الأصناف المنزرعة عن طريق التهجين بينها وانتخاب النسل الذي يحتوى على الصفات الجيدة من كلا الأبوين .
- ٢- أو من خلال التهجينات النوعية Interspecific hybridization لنقل الجينات المقاومة لبعض الأمراض من الأنواع البرية إلى الأصناف المنزرعة .

- تعتمد طرق التربية أساسا على نقل الجينات بواسطة التهجينات بين الأنواع النباتية التي تتبع نفس الجنس ولكن نقل الجينات بواسطة التهجينات بين الأصناف النباتية التي تتبع أجناس نباتية مختلفة عادة لم تنجح لعدم نجاح الإخصاب ، أو أن الزيغوت الناتج كان غير حيوى وغير قادر على الاستمرار فى الأقسام وتكوين الجنين أو عدم تطور الإندوسپرم .
- فى الـ ٤٠ سنة الماضية تطورت طرق زراعة الأنسجة Tissue culture والتي تتلخص فى أخذ خلايا من أنسجة النبات ومعاملتها إنزيمياً لنزع الجدار الخلوى . والخلايا الخالية من الجدار الخلوى تسمى Protoplasts وتم تميتها على بيئة غذائية مكونة نسيجاً نباتياً (كالس Calli) وبإضافة بعض الهرمونات النباتية والتي تحفز على إعادة تشكل Redifferntiation لهذا النسيج إلى جذر وساق وأوراق أى نبات كامل .
- أمكن بواسطة الهندسة الوراثية فى عام ١٩٨٣ نقل جين من البكتريا إلى نبات الدخان وبذلك أمكن نقل الجينات بين الأنواع النباتية والتي تتبع نفس الجنس والتي لم يمكن سابقا إجراؤها بواسطة طرق التهجينات ، ويرجع الفضل إلى بعض أنواع بكتريا التربة *Agrobacterium tumefaciens* والتي تصيب عديد من نباتات نوات الفلقنتين وتسبب تورمات فى مكان الإصابة .
- هذه البكتريا تحتوى بجانب DNA الكروموسومى على بلازميد يسمى Ti-plasmid وعند إصابة البكتريا للخلايا النباتية فإن جزءاً صغيراً من Ti-plasmid يفصل ويلتحم بالكروموسومات النباتية . هذا الجزء من البلازميد الذى يلتحم بالكروموسومات النباتية يسمى T-DNA (شكل رقم ٩٣) ، و T-DNA يحتوى على جينات تحفز على زيادة معدل انقسام الخلايا النباتية مع عدم قدرة هذه الخلايا النباتية على التشكل مما يؤدي إلى تكوين ورم وهو المسمى بالتدرن التاجى .

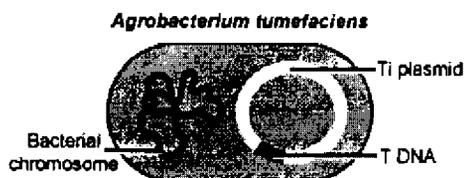


Figure . 93 . Transfer DNA on a plasmid in *Agrobacterium*

استخدم Ti-plasmid كناقل للجينات Vector إلى الخلايا النباتية نظراً لتمييزه بالخاصتين التاليتين :

١- بكتريا الـ *Agrobacterium* الحاملة لهذا البلازميد تستطيع أن تصيب مدى واسع من الأنواع النباتية من ذوات الفلقتين .

٢- مقدرة قطعة الـ T-DNA والموجودة في الـ Ti-plasmid على الالتحام داخل كروموسومات النبات وتضاعفها مع تضاعف الكروموسومات النباتية وبالتالي انتقال هذا الـ T-DNA إلى الأجيال التالية ، أى يسلك سلوك الوراثة المنديلية .

وعلى ذلك فإذا لحم جين من بكتريا أو أى نبات داخل قطعة الـ T-DNA فإنه عند التحام هذه القطعة داخل الكروموسوم النباتي فإنه ينقل معه الجين الغريب وبالتالي يستطيع هذا الجين الغريب أن يشفر منتجاً البروتين داخل الخلايا النباتية .

وتتلخص طرق نقل الجينات بهذه الطريقة (شكل ٩٤) فيما يلي :

١- قطع الـ Ti-plasmid بإحدى الإنزيمات المحددة والتي تقطع فقط داخل T-DNA .

٢- لحم الجين الغريب والمراد نقله إلى النبات مع الـ Ti-plasmid المقطوع وبذلك يتكون Recombinant plasmid وهو عبارة عن Ti-plasmid مع الجين الغريب .

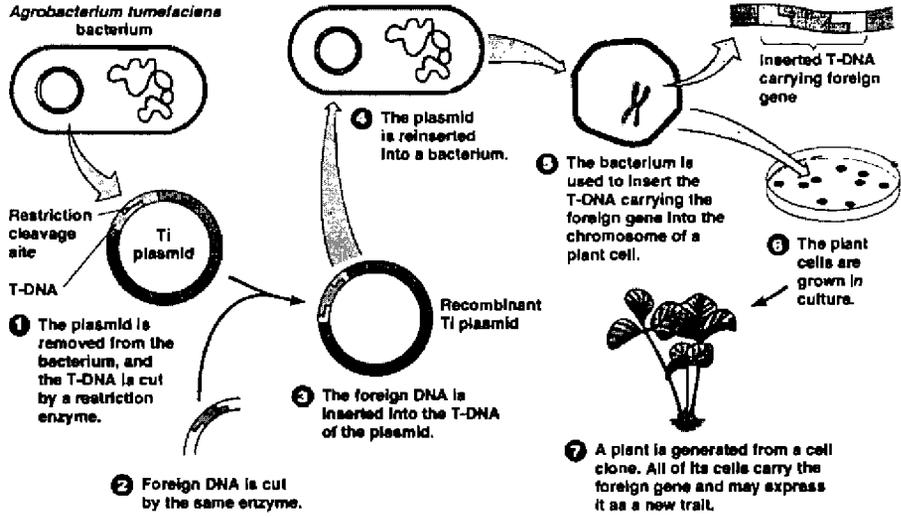
٣- يتم إدخال الجين الغريب داخل الـ *Agrobacterium* .

٤- إصابة الخلايا النباتية (Protoplast) والمراد نقل هذا الجين الغريب إليها بواسطة هذه الـ *Agrobacterium* والمحتوية على البلازميد الهجين .

٥- ترك هذه الخلايا المصابة على بيئة مغذية لا تحتوى على هرمونات نباتية عدة أسابيع حتى يتكون نسيج الكالس Calli .

٦- نقل نسيج الكالس إلى بيئة مغذية لا تحتوى على هرمونات مما يؤدي إلى تشكل هذا الكالس إلى نبات كامل . بفحص الـ DNA من أنوية هذه النباتات وجد أن T-DNA مع الجين الغريب يكون ملتصقاً مع الـ DNA الكروموسومي للنباتات فى عدة مواقع .

Genetic Engineering Using *Agrobacterium*



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc. All rights reserved.

Figure 9.18

شكل رقم ٩٤ . يوضح استخدام الأجرؤبكتيريم في نقل الجينات إلى النبات

بواسطة هذه الطرق تم بالفعل نقل صفة المقاومة ضد بعض الحشرات إلى نبات الدخان والقطن وصفة المقاومة للمبيدات الحشرية إلى بعض النباتات الاقتصادية وكذلك أيضا نقلت للنباتات صفة المقاومة لبعض الفيروسات .

وجد أن بكتريا *Bacillus thuringiensis* تفرز مادة بروتينية سامة Toxin تؤدي إلى موت بعض الحشرات التابعة لرتبة حرشفية وغمدية الأجنحة ، وأمكن فصل هذا الجين البكتيري الشافر للبروتين السام وتم نقله إلى خلايا نبات الدخان بواسطة طريقة Ti-plasmid مما أدى إلى أن هذا الجين البكتيري ينتج البروتين السام داخل أوراق نبات الدخان ، وبالتالي عند تغذية اليرقات على الورقة يؤدي إلى تسممها وموتها (ملحوظة : هذا البروتين السام لا يكون له تأثير على خلايا أوراق الدخان) .

بنقل هذا الجين إلى نبات القطن (شكل رقم ٩٥ ، ٩٦ ، ٩٧) أدى إلى مقاومة النباتات لديدان اللوز ، وبهذه الطريقة لا يحتاج المزارع إلى رش المبيدات

الحشرية مما يؤدي إلى حماية صحة الإنسان والبيئة من التأثير الضار لهذه المبيدات .

Figure 95 . Comparison of a *Bt* cotton hybrid (right) with its non-*Bt* hybrid counterpart (left) at first picking stage during a regulatory field trial in India. Three intra-hirsutum *Bt* cotton hybrids were approved for commercialization by the government of India in 2002.

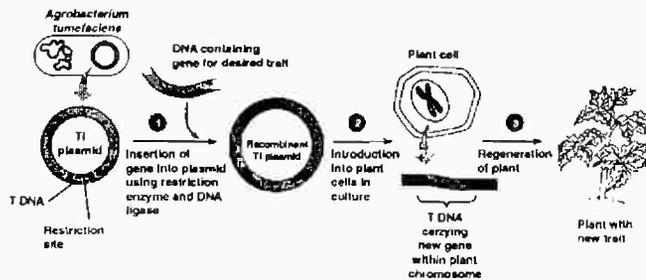
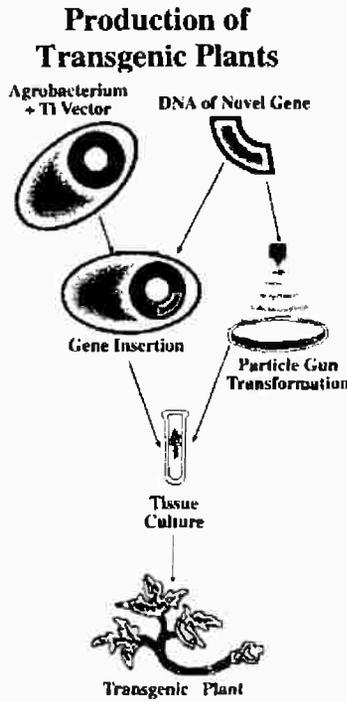


Figure 12.18A

Copyright © 2013 Pearson Education, Inc. publishing as Benjamin Cummings

Overview of how transgenic crops are created

شكل رقم ٩٦ . يوضح كيف تخلق المحاصيل المعدلة وراثيا بجينات معينة لتحسين الصفات الإقتصادية للنباتات وفيها استخدمت الأجرؤبكتيريم كناقل للجينات



شكل رقم ٩٧ : يوضح إنتاج النباتات المعدلة وراثيا

تعرف الكائنات المعدلة وراثيا بأنها الكائنات الناتجة عن استخدام طرق التكنولوجيا الحيوية لتطعيم المادة الوراثية DNA ، والتي تحدث تحوراً لكائن معين بواسطة إدخال جينات خاصة بالمقاومة الحيوية إليه من كائن آخر ، ويترتب على ذلك حدوث تغيرات وراثية لم تشاهد في الكائن الأصلي وذلك لمواجهة الإرهاب البيولوجي الناتج عن مسببات أمراض النبات ، ومن أمثلة الكائنات المعدلة وراثيا المحاصيل المقاومة للحشرات ونباتات العائلة القرعية المقاومة للفيروس ، الطماطم المقاومة لمرض الذبول المتأخر ، المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش ، نباتات القطن المقاومة لمبيد Bromoxynil ، ونباتات فول الصويا المتحملة للـ Lyphosate وقد استخدمت عمليات التحور الوراثي بطرق مختلفة للمساعدة في تصنيع الغذاء وتحسين بعض الصفات مثل القيمة الغذائية للأطعمة ومقدرتها التخزينية ، مثل نباتات الطماطم التي تم لها إدخال جينات جديدة والذي كان بغرض حمايتها من عملية تكسير الجدار الخلوي الذي يعمل على طراوة أنسجة الثمار مما يعمل على حماية الثمار عند تخزينها لفترات طويلة . ومن أحد الأمور التي تحيط باستخدام الكائنات المحورة وراثيا هي عملية التحور الوراثي نفسها ، خاصة وأن التحور

الوراثي يرجع إلى انتقال DNA من كائن يتبع جنس معين لكائن آخر يتبع جنس آخر . وقد أمكن حديثاً استخدام DNA من كائن يتبع جنس معين لكائن آخر يتبع جنس آخر . كما أمكن حديثاً استخدام ال DNA من مصدر حيواني أو من البكتيريا ونقله للنباتات ، ومن هنا نستطيع أن نستنتج ونتوقع المخاطر الصحية المحتملة ، وتسمى مجموعة الأطعمة التي إستخدمت فيها تقنيات التطوير الجيني بالـ Frankenfood أو الأطعمة خليعة الهندسة الوراثية .

الكائنات المعدلة وراثيا لماذا؟؟

لقد أصبحت الآن صناعة الغذاء تتقّق مع الحاجة لمواجهة المسببات المرضية بإنتاج كائنات معدلة وراثيا لتقليل تكاليف الإنتاج وخفض الحاجة للكيمويات والأسمدة والمبيدات و المعاملات الميكانيكية المستخدمة في الزراعة والحصاد ، ولقد عملت الهندسة الوراثية على إنتاج نباتات غنية بالعناصر الغذائية ، والمثال على ذلك هو Golden rice ، وتحتوى هذه السلالات من الأرز على البيتاكاروتين كمصدر لفيتامين A والحديد . فالدول النامية والتي تعتمد على الأرز كمصدر رئيسي للغذاء هي نفسها في الغالب الدول التي تعاني من معدلات مرتفعة من العمى والأنيميا الحادة . وإضافة الحديد وفيتامين A لغذائهم عمل على علاجهم من كل من الأنيميا الحادة والعمى على الترتيب .

اتجاهات وأهداف المقاومة الحيوية في الدول النامية :

يوجد في العالم حوالي ٨٠٠ مليون فرد يذهبون إلى النوم يوميا وهم جوعى بمعدة خالية من الطعام وحوالي ٤٠,٠٠٠ يموتون يوميا من الجوع نصفهم من الأطفال ، وسوف يصل هذا العدد إلى مليون بحلول عام ٢٠٢٠ ، وفي العديد من الدول النامية والتي تقدر على إعطاء طعام كاف للحياة فهو غالبا أقل من الحد الآمن . وتوجد حاليا ٦ أكاديميات دولية للعلوم في الولايات المتحدة ، بريطانيا ، البرازيل ، الصين ، الهند ، المكسيك ، بالإضافة إلى الأكاديمية الدولية للعلوم في العالم الثالث ، تعمل على إدخال المقاومة الحيوية في إنتاج الغذاء من خلال الشركات والحكومات لحل مشاكل العالم النامي .

أهداف إنتاج النباتات المعدلة وراثياً لمواجهة المسببات المرضية والآفات :

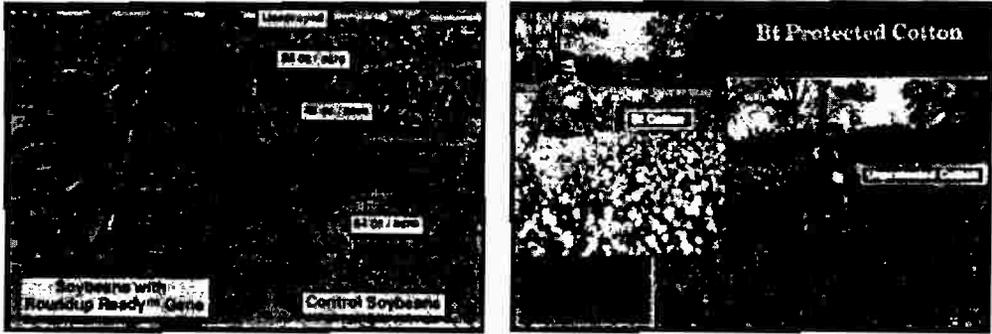
تساعد التكنولوجيا الحيوية من خلال عملية التحول الوراثي للنباتات على زيادة إنتاج الغذاء ليتواءم والزيادة السكانية المضطربة في العالم من خلال إدخال صفات جديدة خاصة بالمقاومة الحيوية للنباتات لمواجهة المسببات المرضية والآفات . حيث تساعد على تكوين صفة المقاومة في النبات للآفات الحشرية وكذلك صفة المقاومة للأمراض وللظروف البيئية القاسية الناتجة عن الإجهادات البيئية ، كما تعمل كذلك على تحسين القيمة الغذائية للمنتج الزراعي وتعمل على تعزيز تحمل المنتج لعمليات الحصاد والتخزين . فالأنواع الجديدة من المحاصيل والمبيدات الحيوية سوف تعملان معاً على الإقلال من معدلات استخدام المبيدات الكيماوية وسوف تقلل من تكلفة الإنتاج والمقاومة للمزارع وسوف تعمل كذلك على حماية صحة الإنسان والبيئة من التلوث بفعل استخدام المبيدات الكيماوية والأسمدة ، وسوف تعمل الأبحاث في مجال التحور الوراثي للنباتات على التحكم في وجود الأعشاب الضارة ، ومن ثم زيادة دخل المزارع وتوفير الوقت الذي يستغرقه المزارع في مكافحة هذه الأعشاب أو الحشائش . كما أن التكنولوجيا الحيوية سوف تعمل على زيادة محتوى بعض المنتجات الزراعية من الحديد وفيتامين أ والإقلال من التكاليف التي سوف تنفق على شراء الأدوية المحتوية على هذه العناصر الغذائية .

نباتات الذرة المعدلة وراثياً بجين Cry 1A (الجين الذي يقوم بإنتاج المادة البروتينية السامة في الباسيلس ثيرونجنسز) والذي تم استخدامه في عمل تحول وراثي لنباتات الذرة ، قد أدى إلى الإقلال من تغذية ثاقبات الساق على الأوراق بمعدل ٧٦% . كما أن نباتات القطن المعدلة وراثياً بجينات Bt قد حدث فيها إنخفاض في الأضرار التي تصيب كل من الأزهار واللوز يقدر بحوالي ٩٤ ، ٩١% على الترتيب . كما تسبب الانخفاض في الأضرار الناتجة عن مهاجمة الحشرات لنباتات القطن المحولة وراثياً إلى زيادة الإنتاج من محصول البذرة في القطن بواقع ٣٩% . ولذلك فإنه توجد حاجة ماسة وملحة وعاجلة نحو استخدام طرق المقاومة الحيوية والتكنولوجيا الحيوية لزيادة إنتاج المحاصيل الحقلية والتي تلعب دوراً رئيسياً في حياة وغذاء الشعوب خاصة في الدول النامية الفقيرة التي تعتمد أساساً على الإنتاج الزراعي في الغذاء . وبالإضافة للانخفاض في معدل الفقد في الإنتاج الزراعي والراجع لمهاجمة الحشرات للمحاصيل فإن عملية الإنتاج

والتوسع فى زراعة النباتات المعدلة وراثياً بجينات مكافحة للحشرات سوف تؤدي إلى ما يلى :

- ١- انخفاض كبير جداً فى رش المبيدات الكيماوية على النباتات لمكافحة الآفات .
- ٢- انخفاض معدل تعرض المزارع والكائنات غير المستهدفة من رش المبيدات من تعرضها للمبيدات الحشرية .
- ٣- زيادة كفاءة الوسائل الطبيعية فى مكافحة الحيوية مثل الأعداء الطبيعية للآفات.
- ٤- الإقلال من تركيز الأثر المتبقى للمبيدات فى الأطعمة والمنتجات الغذائية .
- ٥- توفير بيئة آمنة للحياه ومعيشة الشعوب .
- ٦- تزييد من وفرة الغذاء للشعوب .
- ٧- تحسن من جودة الغذاء من خلال عدم إصابته بالأمراض أو الحشرات .
- ٨- تحسن من القيمة الغذائية للطعام كما تحسن من صحة الإنسان وتحسن من كمية البروتين فى الغذاء .
- ٩- تزييد من محتوى الغذاء من الكربوهيدرات .
- ١٠- تزييد من الناتج المحصولي .
- ١١- تحدث دفاعاً بيولوجياً ضد الحشرات والأمراض التى تصيب النباتات ، الحشائش ، مبيدات الحشائش ، الإجهادات البيئية والفيروسات التى تتعرض لها النباتات وتقلل من الإنتاج .
- ١٢- تعمل على تصنيع فاكسينات وعقاقير صالحة للأكل .
- ١٣- تعمل على تنقية البيئة من التلوث .
- ١٤- حماية البيئة .
- ١٥- لها تأثير إيجابي على المزارع والحد من تكاليف الإنتاج .
- ١٦- تعد المحاصيل المعدلة وراثياً بمثابة مصانع حيوية ومصدراً للمواد الصناعية الخام .

الشكل التالي (الشكل رقم ٩٨ ، ٩٩) يوضح نباتات القطن وفول الصويا المعدلة وراثيا لمواجهة الآفات .



الشكل رقم ٩٨ يوضح نباتات القطن المعدلة وراثياً الشكل رقم ٩٩ يوضح نباتات فول الصويا المعدلة وراثياً

المقاومة الحيوية للآفات باستخدام المبيد الحيوي Bt :

نظرا لما تسببه الآفات الحشرية من خسائر اقتصادية كبيرة في إنتاجية المحاصيل والفاكهة والخضروات ؛ لذلك إستخدم المزارعون المبيدات الكيماوية لحماية محاصيلهم ، لكن الاستخدام المكثف والعشوائي لتلك المبيدات تسبب في العديد من المشاكل لكل من الإنسان والحيوان والبيئة . ولقد وجد العلماء البديل الحيوي المناسب لهذه المبيدات الكيماوية متمثلا في المقاومة الحيوية باستخدام نوع من البكتريا يسمى " باسيلس ثيرونجينسيس *Bacillus thuringiensis* " والتي تنتج أنواعاً من البروتينات السامة للحشرات دون أن تسبب أى أضرار على الكائنات الحية الأخرى . ويتم استخدام المخمرات ذات السعات العالية في الإنتاج الكمي للمادة الفعالة (البروتين السام) لتلك البكتريا ، وتدخل هذه المادة الفعالة في عمليات تصنيع المبيد الحيوي والذي يرش على أسطح النباتات لكي يؤثر على الحشرات حرشفية الأجنحة وغمدية الأجنحة، كما يرش في المستنقعات لمكافحة الحشرات ثنائية الأجنحة حيث تنتشر يرقات الناموس والذباب .

إن عملية استخدام النباتات المعدلة وراثياً بجينات *Bt* لمواجهة الآفات لها مميزات عديدة يترتب عليها انعدام أو ترشيد استخدام المبيدات الكيماوية ، غياب التأثيرات الضارة المتبقية لها في التربة ، غياب تأثيراتها الضارة على الكائنات غير المستهدفة من استخدام هذه المبيدات الكيماوية، بينما عملية استخدام المبيد الحيوي *Bt* عن طريق الرش تؤدي إلى فقدان صفة الاستمرار في البيئة كما تعمل

على حماية الأسطح النباتية فقط ، بينما لم تتأثر به حشرات الجذور وثاقبات السيقان والثمار ، ولذا فإن الوسيلة الوحيدة لمكافحة المجموعة الأخيرة من الحشرات التي تهاجم الجذور والسيقان والثمار هي عملية إنتاج نباتات محولة وراثياً بجينات *Bt* يحدث بها تعبير وإنتاج المادة البروتينية السامة في خلايا الأنسجة النباتية ، وهذه النباتات المحورة وراثياً تعمل على توفير الطاقة والمجهود المستخدمين في رش النباتات بالمبيد الحيوي أو بالمبيد الكيماوي ، وبهذه الطريقة تم إنتاج نباتات محولة وراثياً في كل من البطاطس ، الذره ، القطن والتي حدث في خلاياها تعبير لجينات *Bt* وإنتاج المادة البروتينية السامة ، الأمر الذي أدى إلى استمرار وجود المادة البروتينية السامة *Bt* بصفة مستمرة في خلايا هذه النباتات خلال موسم النمو مما يؤدي إلى مكافحة الحشرات التي تهاجم هذه النباتات بصفة مستمرة وأولاً بأول .

الشكل التالي (شكل رقم ١٠٠ ، ١٠١) يوضح المادة البروتينية السامة (الكريستال بروتين) الناتج عن بكتيريا الباسيلس ثيرونجنسز والذي يحدث المقاومة الحيوية ضد الهجمات الحشرية .



Figure 100 . Bipyramidal protein toxin crystals (each ca. 1) produced by the bacterium *Bacillus thuringiensis*.

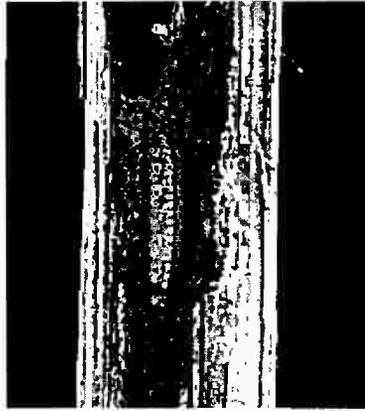


Fig.101 . European corn borer larva tunneling in a maize stalk

الشكل التالي يوضح يرقة ثاقبات الذرة الأوروبية على ساق نبات الذرة :
الشكل رقم (١٠٢) يوضح يرقات كيزان الذرة التي تتغذى على الكوز ، بينما
الشكل رقم (١٠٣) يوضح شكل يرقة ثاقبات الذرة ، بينما الشكل رقم (١٠٤)
يوضح في اليسار الأضرار الناشئة عن ثاقبات سيقان الذرة ، وفي اليمين نباتات
ذرة سليمة معدلة وراثيا بجين *Bt* والتي فيها تم البناء الوراثي لصفة المقاومة
الحيوية لهذه الحشرة . مع ملاحظة أنه حتى الآن لم تتكون صفة المقاومة في
الحشرات ضد المحاصيل المعدلة وراثيا .

No insect resistance has appeared yet to transgenic 'Bt' crops.



Fig. 102 . Corn earworm larva feasting on a maize ear.

شكل يرقة ثاقبات الذرة



Figure 103. Southwestern corn borer larva

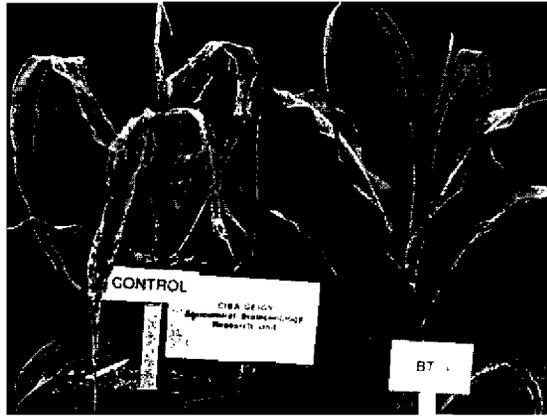


Figure 104 . LEFT – Conventional maize attacked by the European corn borer larvae. RIGHT – Bt maize showing built-in protection to attack by European corn borer larvae.

يرقة ثاقبات الذرة كما يوضحها الشكل (شكل رقم ١٠٥) تسير مخترقه ساق النبات وتتغذى وهى تسير فى طريقها على ساق النبات . وقد تم تسجيل معدلات *Bt* protein فى هجن الذرة المعدلة وراثيا وتبين أنها تتراوح ما بين كميات غير محسوسة (أقل من ٠,٠٠٥ ميكروجرام / جرام من النسيج النباتي) إلى ٤ ميكروجرام / جرام ، مع ملاحظة أنه على العكس من طرق المكافحة الشائعة

الاستخدام فإن الأنسجة النباتية المختلفة لا تنتج نفس المادة البروتينية السامة ، الأمر الذي تسبب في عدم تكوين صفة المقاومة في الحشرات ضد هذا المبيد الحيوى .

It eats its way right through the stalk of the maize plant



Figure 105. The European corn borer

(*Ostrinia nubilalis*) is the pest most dreaded by the maize grower;

وقد تبين أن تغذية الفئران على جرعات عالية من المادة البروتينية السامة للحشرات insecticidal proteins في صورة نقية لم يكن لها أى تأثير سمي على الفئران .

كما تبين أيضا أن *cryIA(b)* gene المسئول عن تكوين المادة البروتينية السامة في الباسيليس ثيرونجنسز *Bt* عندما تم نقله لنبات الكرنب باستخدام *Agrobacterium tumefaciens* ، فقد اتضح من النتائج أن النباتات المعدلة وراثيا والتي كانت مقاومة للكاناميسين كعلامة انتخابية هي التي تم تكاثرها . وقد اتضح من نتائج التهجينات أن الجين المسئول عن إنتاج المادة البروتينية قد حدث له اندماج في جينوم الكرنب ، وقد حدث أيضا له نسخ mRNA expression ، وقد نتج عن ذلك التعبير الجيني نشاط مضاد للحشرات (مقاومة حيوية) في الكرنب ضد حشرة Diamondback moth ، وقد اتضح أيضا أن الجين المنقول للكرنب والذي يعتمد في تعبيره على جينات النباتات وحيدة الفلقة based on monocot codon قد حدث له تعبير في النباتات ثنائية الفلقة وأحدث بها مقاومة حيوية .

الخلاصة :

سوف تقلل مقاومة العوائل النباتية لمسببات أمراض النبات وللآفات من الحاجة لاستخدام المبيدات الحشرية والفطرية في مكافحة المسببات المرضية والآفات ، وهذا يتوافق مع بعض برامج مكافحة وخدمة البيئة . فمن المعروف أن المبيدات الحشرية والفطرية سامة جدًا للوسائل الحيوية الطبيعية (الأعداء الطبيعية للآفات) ، تسبب تلوثًا بيئيًا ، تسبب أضرارًا بالكائنات غير المستهدفة من استخدام المبيدات Non-target organisms وتسبب أضرارًا شديدة بالبيئة . كما أن استخدام العوائل النباتية المقاومة للآفات سوف يعمل على انخفاض معدل الزيادة في تعداد عشائر الحشرات في المزارع الحقلية وسوف يعطى فرصة أكبر لعمل الأعداء الطبيعية للآفات . ولقد أوضحت الدراسات الأولية أنه لا توجد تأثيرات ضارة للنباتات المعدلة وراثيًا لمواجهة المسببات المرضية والآفات على ظهور الأعداء الطبيعية للآفات .

الأسئلة :

- ١- اذكر التطبيقات المختلفة للهندسة الوراثية في مكافحة مسببات الفقد في إنتاج الغذاء وأثر ذلك على الاقتصاد العالمي ؟
- ٢- اشرح موضحاً بالرسم طريقة نقل الجينات للنباتات ذوات الفلقتين باستخدام الأجر و بكتيريوم ؟
- ٣- اذكر لماذا يستخدم Ti- plasmid كناقل للجينات إلى الخلايا النباتية ؟
- ٤- ما هي الكائنات المعدلة وراثيا وما هي Frankenfood ؟
- ٥- اذكر أهداف المقاومة الحيوية في الدول النامية لمواجهة المسببات المرضية والآفات ؟
- ٦- **أجب بنعم أم لا مع التعليل :**
- أ- يستخدم جين الشيتينيز في دعم صفة المقاومة الحيوية في النبات للفطريات والحشرات ؟

- ب- تم نقل جين Xa21 gene إلى سلالة الأرز الصيني باستخدام قاذف الجينات لمقاومة مرض اللفحة البكتيرية في الأرز ؟
- ج- تجري عمليات التحور الوراثي للنباتات بغرض المساعدة في تصنيع الغذاء ولتحسين القيمة الغذائية للأطعمة ومقدرتها التخزينية ؟
- د- الجينات الجديدة التي أدخلت لنباتات الطماطم لتحميها من عملية تكسير الجدار الخلوي ساهمت في تخزين الثمار لفترات طويلة ؟
- هـ- ترجع محاذير ومخاطر الأطعمة المعدلة وراثياً إلى إنتقال DNA من كائن يتبع جنساً معيناً لكائن آخر يتبع جنساً آخر ؟
- و- نباتات الذرة المعدلة وراثياً بجين Cry 1A حدث بها انخفاض في تغذية ثاقبات الساق على الأوراق بمعدل ٧٦% ؟
- ل- نباتات القطن المعدلة وراثياً بجينات Bt حدث بها انخفاض في الأضرار التي تصيب الأزهار واللوز بحوالي ٩٤ ، ٩١ % على الترتيب ؟

الفصل الثاني

القضاء على تواصل الأجيال النباتية Terminator technology

الأهداف : بنهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون المتخصص في علم الوراثة وبرنامج أمراض النبات قادراً على أن :

١- يستوعب الدور الذي قامت به شركة Delta & Pine Company بالتعاون مع وزارة الزراعة الأمريكية في تكوين نظام جديد يحدد الوقت الذي يحدث فيه تعبير وظيفى للجين في النباتات المعدلة وراثياً وذلك بتحولها من حالة العمل إلى حالة التوقف عن العمل عند الرغبة في ذلك لحماية الملكية الفكرية لمنتجات الهندسة الوراثية بما يجبر المزارعين على شراء بذور جديدة من التجار كل عام .

٢- يحذر من أن هذه التكنولوجيا Terminator technology يمكن أن تؤدي إلى انتشار صفة العقم في نباتات أخرى .

٣- يتعرف على الخطوات المتبعة في تكنولوجيا وقف تواصل الأجيال النباتية في النباتات المعدلة وراثياً .

٤- توضيح طريقة عمل Terminator genes في وجود وفي غياب المحفز الكيميائي التتراسيكلين .

٥- توعية المزارعين بخطورة Terminator genes في أن إنزيمات Recombinase ، والإنزيمات المشابهة ربما تكون أكثر خطورة لأنها تسبب تراكيب وراثية جديدة في مواقع غير متخصصة مما يتسبب في تكوين تراكيب وراثية متسلقة ، خاصة وأن الجينات المميتة والمسببة لموت الأجنة في البذور وكذلك الجينات المتعلقة بها تعتبر ضارة بالخلايا بما في ذلك خلايا الثدييات ، فبعض هذه الجينات الضارة يمكن أن تنتشر من خلال حبوب اللقاح محدثة عمقاً ذكرياً في النباتات نتيجة لهذه التراكيب الجينية وبالضرورة قد تسبب عمقاً امياً في النباتات .

٦- يستوعب تكنولوجيا إنهاء حياة النباتات المعدلة وراثيا على أساس أنها صديقة للبيئة Environmentally friendly وذلك لأنها تبطئ من انتشار المحاصيل المهندسة وراثيا ، وبأنه يمكن أن يؤدي انتشار الجينات الخاصة بتحمل مبيدات الحشائش وتلك المقاومة للحشرات عن طريق حبوب اللقاح أو البذور لمحاصيل قريبة وراثيا فيؤدي ذلك إلى تكوين أعشاب متفوقة .

٧- يفهم تكنولوجيا عمّل الجينات الشيطانية بأنها هي عبارة عن محصلة أعمال الهندسة الوراثية لجعل بذور النباتات عقيمة ولا يمكن زراعتها في العام التالي لكي لا يتم تواصل الأجيال النباتية .

٨- يستوعب بأن هذه التكنولوجيا هدفها الأساسي هو حماية منتجات الشركات الكبرى في إنتاج البذور ، وقد امتلكت شركات إنتاج البذور الكبرى هذه التكنولوجيا بالتعاون مع الحكومة الأمريكية ، وذلك للتحكم في إنتاج البذور من المصدر مما يجعل الإنسان لا يستطيع إنتاج غذاءه من البذور التي قام بتخزينها في العام الماضي بسبب أن معظم الجينات الضارة قد تم تركيبها في هذه النباتات التي أصبحت تسمى بالنباتات المنتحرة التي تحطم نفسها بنفسها بإنتاجها لبذور عقيمة من خلال هذه التكنولوجيا ، وبذلك تسمى هذه النباتات نباتات منتحرة Terminator crops .

مقدمة :

مع بداية عام ١٩٩٨ عملت شركة Delta & Pine Company بالتعاون مع وزارة الزراعة الأمريكية على تكوين نظام جديد يحدد الوقت الذي يحدث فيه تعبير وظيفي للجين وكيفية حدوث تعبير للجينات التي استخدمت في التحور الوراثي للنباتات ، وذلك بتحويلها من حالة العمل إلى حالة التوقف عن العمل عند الرغبة في ذلك . وتعد إحدى التطبيقات المقترحة في هذه التكنولوجيا هي كيفية تحول الجين المميت للعمل أثناء مرحلة تكوين البذور حيث ينمو النبات عسادي تماما ولكن لا يكون قادرا على إنتاج بذور الجيل التالي .

فلقد وقع المزارعون الذين يقومون بشراء زراعة المحاصيل المحورة وراثيا بالموافقة على عدم زراعة هذه النباتات في الأعوام التالية من البذور المخزنة لديهم والمتحصل عليها من نباتات مهندسة وراثيا ولكن عليهم أن يقوموا باستبدال هذه البذور بشراء بذور جديدة من التجار كل عام . وبذلك فإن إدخال هذه التكنولوجيا

الجديدة لدى شركات إنتاج البذور بطرق التكنولوجيا الحيوية فى مجال الزراعة أصبحت علامات بارزة فى المحاصيل المهندسة وراثيا لمنع المزارعين من الغش والخداع Cheating بالعمل على كسر موافقتهم وقيامهم بتخزين البذور بأى طريقة. ولهذا السبب فإن إستراتيجية قتل البذور The seed – killing strategy سميت مؤخرا بالـ Genetic use restriction technology or GURT (الاستخدام الوراثى لتكنولوجيا القطع) . إن استخدام تكنولوجيا إنهاء حياة النبات Terminator technology المقصود منها هو المزارع الصغير الذى يعتمد على تخزين البذور لزراعتها فى العام التالى ولا يقدم على شراء بذور كل عام ، وذلك مع التحذير من أن هذه التكنولوجيا يمكن أن تؤدي إلى انتشار صفة العقم فى نباتات أخرى . إن هذه التكنولوجيا المسماة GURT كما حددتها براءة الاختراع لشركة Delta & Pine Company لا زالت إستراتيجية نظرية Is still a hypothetical strategy وحتى اليوم لم يتم هندسة النباتات بها بأى طريقة فى العالم على مستوى المحاصيل المنتشرة والمعروفة . وتعتمد هذه الشركة فى الوقت الحالى على إدخال هذه التكنولوجيا للاستخدام مع نباتات القطن .

ترتب على تكنولوجيا عمليات التطوير الجينى للنباتات المعدلة وراثيا بجينات معينة لصفات اقتصادية مرغوبة ؛ أن تطورت هذه التكنولوجيا باستخدام جينات أخرى تعمل على إنهاء حياة النبات وعدم تواصل الأجيال النباتية من خلال قتل البذور بطرق بيوكيميائية خاصة باستخدام تكنولوجيا التطوير الجينى وهذا هو ما يعرف بنظام Technology protection system وتستخدم هذه التكنولوجيا بواسطة شركات البذور المنتجة للنباتات المعدلة وراثيا بغرض منع المزارعين من تخزين البذور لزراعتها فيما بعد ، وتعمل هذه التكنولوجيا على قتل جنين البذرة فقط دون المساس بالمكونات الأخرى الهامة فى البذور مثل الزيوت والدهون .

كيفية عمل تكنولوجيا وقف تواصل الأجيال النباتية فى النباتات المحورة وراثيا :

يمكن استخدام هذه التكنولوجيا بثلاث طرق ولكنها على العموم تتضمن ثلاث خطوات :

١- إضافة Terminator genes للمحاصيل .

٢- تحدد شركات إنتاج البذور عملية Terminator قبل بيع البذور عن طريق إضافة المحفز Inducer وهو مادة كيميائية مناسبة .

٣- يقوم المزارع بزراعة البذور وتنمو النباتات وتصل لمرحلة النضج والحصاد ولكن تكون بذورها عقيمة وهي ما تسمى بالنباتات المنتحرة بطرق كيموحيوية وراثية بسبب موت أجنة البذور .

يأتى هذا الدور لهذه الجينات متأخرا جدا فى أثناء عملية تكوين البذور ، حيث تعمل هذه الجينات Terminator genes بطريقة خاصة تحت تأثير المحفز الكيميائى الذى يجعل هذه الجينات تنتج مواد سامة تعمل بدورها على قتل الجنين والذى يعتبر جزءاً من مكونات البذور الناضجة .

تقوم شركات البذور بمعاملة البذور بمادة كيميائية محفزة - Chemical inducer ، ربما تكون هي التتراسيكلين والتي تعمل على بدء جينات انتحار النباتات Terminator gene فى التفاعل لأداء تعبيرها الوظيفى و حيث توجد عدة طرق تغطى بكفاءة كيفية قيام هذه الجينات بالتفاعل وما يلى هي طريقة من هذه الطرق لتوضيح كيف تعمل هذه الجينات :

أولاً : الجينات الانتحارية Terminator gene فى غياب المحفز الكيميائى الجين الأول :

Gene 1 (Repressor gene) :

وفى هذه الحالة يقوم هذا الجين بإنتاج البروتين الكابت Repressor protein .

الجين الثانى :

(Recombinase gene) :

ويتم التحكم فى عمل هذا الجين بواسطة المحفز أو المنشئ Promoter ، ولقد قام العلماء بوضع شظية من DNA بين جينين هما Promoter و Recombinase وهى تعد موقعا يرتبط به الـ Repressor وهو البروتين الناتج عن الجين الأول وهو Repressor gene . وفى غياب المحفز الكيميائى فإن الـ Repressor يرتبط بشظية DNA الملحومة بين Recombinase , promoter

genes وبالتالي لا يستطيع النبات أن ينتج Recombinase protein وهو الإنزيم الذى يعمل على قص DNA إلى قطع صغيرة .

الجين الثالث :

وهذا الجين هو الذى يقوم بإنتاج مواد بروتينية سامة (Toxin gene) تعمل على قتل الأجنة. ويتم التحكم فى عمله مؤخراً بواسطة جين محفز Is controlled by a late promoter حيث ينشط هذا الجين فقط فى أثناء المراحل الأخيرة من تكوين البذور . ولقد قام العلماء بلحم قطعة من DNA بين Late promoter و Toxin gen سميت هذه القطعة بالـ Blocker وهى التى تجعل للـ Promoter المقدرة على تحول الجين للعمل .

ويتم العمل هنا على مستوى الجين بأنه فى غياب المحفز الكيماوى Inducer فإن جين Recombinase لا يقوم بإنتاج إنزيم Recombinase الذى يقوم بقطع القافل الوراثى الـ Blocker ، حيث انه بوجود القافل الوراثى فى مكانه فإن المادة البروتينية السامة التى تقوم بقتل الجنين لا تنتج ، وبذلك فإنه بدون معاملة البذور بهذه المواد الكيماوية فإن شركات البذور تستطيع أن تنتج البذور الحية التى تستخدم فى الزراعة عاماً بعد آخر .

أما بالنسبة للنظام الثانى والذى فيه تكون Terminator genes تحت تأثير المحفز الكيماوى Inducer فإنه يحدث الآتى :

١- الجين الأول وهو جين Repressor : يقوم هذا الجين بإنتاج الـ Repressor protein

٢- أما بالنسبة للجين الثانى وهو جين Recombinase : فإن المحفز الكيماوى Inducer يتداخل مع البروتين الكابت (الـ Repressor protein) ويرتبط بالموقع الذى يسمح للجين الثانى بإنتاج إنزيم Recombinase .

٣- أما بالنسبة للجين الثالث وهو : المنتج للسموم فإن إنزيم Recombinase الذى أنتجه الجين الثانى يقوم بقطع القافل الوراثى Blocker مما يسمح للمحفز النهائى أن يقوم بفتح النظام ليقوم الجين المنتج للمواد البروتينية السامة Toxin gene بإنتاجها مؤخراً فى نهاية الموسم. ويمكن توضيح هذا النظام كما يلي (شكل رقم ١٠٦) :

Promoter (LP) ----- Bloker ----- Toxin gene

LP – Toxin gene

↓

Toxin

وهو الذى يتم إنتاجه

ويقوم بقتل الأجنة قبل نضج

البذور والحصاد

↓

Bloker

ويتم قطع هذا القافل بواسطة

إنزيم Recombinase

شكل رقم ١٠٦ . يوضح كيف تعمل الـ Terminator genes

وبذلك فإنه يمكن القول بأن وجود القافل الوراثى يمنع من إنتاج المادة البروتينية السامة التى تعمل على قتل الجنين بينما عدم وجوده يؤدي إلى إنتاجها وموت الأجنة وإنتاج بذور منتحرة وراثيا بطرق كيموحيوية تؤدي إلى موت الجنين، وأن معاملة شركات إنتاج البذور لمنتجات الهندسة الوراثية من البذور بالمحفز الكيميائى المعين ، سوف يترتب عليه إنتاج بذور عقيمة من النباتات ، بينما عدم معاملة البذور بهذا المحفز الكيماوى سوف يترتب عليه إنتاج بذور خصبة .

تكنولوجيا عمل جينات إنهاء حياة النبات :

Terminator Technology :

يتمثل عمل الجينات الشيطانية بجعل بذور النباتات عقيمة ولا تستطيع الإنبات، ففي مارس عام ١٩٩٨ تم تدعيم وزارة الزراعة الأمريكية وشركات إنتاج البذور Mississippi seed company ، Delta and pine land company بتكنيك ذي كفاءة يجعل من شأنه البذور المنتجة عقيمة فى معظم المحاصيل الزراعية ، وهذا هو المتوقع أن تتم أقلمة التكنولوجيا بواسطة شركات إنتاج البذور الكبرى والتي كانت تنظر وتأمل على مدار سنوات عديدة إلى طرق تمتلح المزارع من إعادة دورة حياة النبات بالبذور المنتجة منه مما يمنع من تواصل الأجيال النباتية . وبذلك استطاعت وزارة الزراعة الأمريكية أن تحمي منتجاتها فوراً من النباتات المحورة وراثياً

بجعلها تنتج بذوراً عقيمة ليس لها القدرة على الإنبات مما يضطر بالمزارع إلى شراء البذور كل عام ، مما يعمل بدوره على حماية الملكية الفكرية لهذه التكنولوجيا بطرق كيموحيوية جزيئية .

وبذلك فإن تكنولوجيا الجينات الشيطانية هي القيام بمنع تواصل الأجيال وهي عبارة عن محصلة أعمال الهندسة الوراثية لتجعل بذور النباتات عقيمة لا يمكن زراعتها في العام التالي لكي لا يتم تواصل الأجيال النباتية . وقد امتلكت شركات إنتاج البذور الكبرى هذه التكنولوجيا بالتعاون مع الحكومة الأمريكية وذلك للتحكم في إنتاج البذور من المصدر مما يجعل بدوره الإنسان لا يستطيع إنتاج غذاءه من البذور التي قام بتخزينها في العام الماضي حيث أدخلت معظم الجينات الضارة التي تم تركيبها في هذه النباتات التي أصبحت تسمى بالنباتات المنتحرة التي تحطم نفسها بنفسها بإنتاجها لبذور عقيمة من خلال هذه التكنولوجيا ، وبذلك تسمى هذه النباتات نباتات منتحرة Terminator crops .

خطورة تكنولوجيا إنتاج البذور المنتحرة :

تتمثل هذه الخطورة في أن إنزيمات Recombinase والإنزيمات المشابهة ربما تكون أكثر خطورة ؛ لأنها تسبب تراكيب وراثية جديدة في مواقع غير متخصصة مما يتسبب في تكوين تراكيب وراثية متسلقة ، وهو ما يسمى Terminator recombinase does scramble genomes ، وبذلك فالجينات المميثة والمسببة لموت الأجنة في البذور وكذلك الجينات المتعلقة بها تعتبر ضارة بالخلايا بما في ذلك خلايا الثدييات ، فبعض هذه الجينات الضارة يمكن أن تنتشر من خلال حبوب اللقاح محدثة عقم ذكرى في النباتات نتيجة لهذه التراكيب الجينية وبالضرورة قد تسبب عقم أمى في النباتات . فعملية إنتشار الجينات وكذلك التراكيب الوراثية في النباتات المحورة وراثيا بجينات معينة ليس بالضرورة أن يتم من خلال التلقيح المفتوح ولكن يمكن أن يتم عن طريق النقل الأفقى للجينات لأنواع غير قريبة من الأنواع التي تحتوى على هذه التراكيب الوراثية وهذه العملية لا يمكن التحكم فيها بالتالى . فعدم ثبات هذه التراكيب المحورة وراثيا على العموم وما يتعلق بها وعلى الأخص التراكيب الوراثية الانتحارية التي تودى بحياة الأجنة تزداد بسبب النقل الأفقى للجينات Horizontal gene transfer واستحداث التوافق الوراثية . وتعتبر عملية النقل الأفقى للجينات واستحداث التوافق الوراثية واحدة من الطرق الأساسية

المتولدة عن الفيروسات والبكتيريا المسببة للأمراض والتي تعمل على نشر صفات المقاومة للمضادات الحيوية والعقاقير والتي بدورها تجعل الأمراض غير قابلة للعلاج . وعلى العموم فإن المخاطر الشديدة من تكنولوجيا تكوين البذور المنتحرة فى النباتات يجب أن تتوقف كما يجب التخلص من كل هذه المحاصيل التى تنهى حياتها بهذه الطريقة الشيطانية .

التأثيرات المتتابة لإدخال صفات المقاومة الحيوية فى مجال الزراعة وإنتاج الغذاء :

تعتبر تفاعلات الحساسية الناتجة عن تناول الأغذية المحورة وراثيا هى من أكثر التأثيرات الصحية المتعلقة بتناول هذه المنتجات ، وتسبب البروتينات الخاصة فى كل من اللبن والبيض ، القمح ، السمك ، الفول السودانى ، فول الصويا أكثر من ٩٠% من حالات الحساسية الناتجة عن تناول الغذاء . فإذا تم حقن واحد من هذه البروتينات من هذه الأنواع الغذائية داخل الغذاء الذى لا يحتوى عادة على هذا البروتين فإن الأشخاص التى عندها حساسية لهذه الأنتيجينات سوف لا تتقبل عملية هضم هذه الأطعمة وسوف تحدث بهم تأثيرات صحية غير مرغوبة ، وقد عملت منظمة FDA على وضع مقاييس يلزم الأمر اتباعها عند إنتاج الأطعمة المهندسة وراثيا وهذا الدليل العلمى هو ألا يتم إدخال مواد تتعلق بالحساسية فى منتجات الهندسة الوراثية من الأطعمة المختلفة ، وإذا لم يتم اتباع هذا الدليل فإن الأمر يتطلب أن تقوم منظمة FDA بوضع ملصق على هذا المنتج لإصدار المستهلك من احتمالات المشاكل الصحية الناتجة عن استخدامه . و تعد تأثيرات الكائنات المحورة وراثيا على أنظمة الحياة على الأرض غير معروفة حتى الآن ، ولا توجد حتى الآن إزاء ذلك دراسات على المدى البعيد عن تأثيراتها الصحية للإنسان والحيوان والنظم الحية الأخرى ، وسوف نتناول من تلك التأثيرات ما يلى :

١- الحساسية :

ربما يتسبب التعرض لتلك المواد البروتينية الجديدة أو للبروتينات غير المعروفة فى إحداث تفاعلات الحساسية لدى بعض المستهلكين لها ، فقد تتسبب عملية نقل المادة الوراثية أو إحداث الطفرات فيها إلى إحداث حساسية من أنواع جديدة لا نستطيع تحديدها أو التعرف عليها ، ويعرف هذا التأثير بالـ Antidiotope allergen . ويكمن فى الأطعمة المهندسة وراثيا وحالات الحساسية الناتجة عنها أنه

عندما يتكون الجسم المضاد ضد الأنتيجن المعروف بالـ Allergen فإنه يتكون جسم مضاد ضد الجسم المضاد المعروف بالـ Antiidiotope . وتحتوى معظم المحاصيل المهندسة وراثيا على جينات لتحمل المضادات الحيوية والتي تنتج إنزيمات مضادة للمضادات الحيوية التي تستخدم فى علاج الحساسية . والإنزيمات المضادة للمضادات الحيوية هي بدورها مسببة للحساسية . وعلى ذلك فإن معظم المحاصيل المهندسة وراثيا سوف تكون مسببة للحساسية للأشخاص الذين لديهم حساسية للمضادات الحيوية .

٢- المقاومة للمضادات الحيوية :

تكمن خطورة استخدام الجينات المقاومة للمضادات الحيوية كعلامات انتخابية فى نقل صفة المقاومة للمضادات الحيوية للإنسان والبيئة بوجه عام وفى إبعاد كفاءة تأثير المضادات الحيوية فى الإنسان . والآن تحتوى أكثر من ٦٠% من الأطعمة التى نتناولها على مشتقات مهندسة وراثيا ، وهذه تتضمن أغذية الأطفال ، الصودا ، شيبسى النزة ، الكيك ، وكل الأغذية التركيبية للأطفال مثل الصويا واللبن والتي تحتوى بصفة أساسية على مشتقات معدلة وراثيا .

إن الهندسة الوراثية فى مجال الزراعة سوف تعمل على تلبية الحاجة الملحة لإنتاج مبيدات حشائش أكثر سمية لمكافحة الأعشاب المتفوقة Super weeds وسوف تعمل أيضا على إنتاج مبيدات حيوية لمكافحة الحشرات المتفوقة Super insects . يمكن إزالة الحساسية للأطعمة المهندسة وراثيا من خلال الهندسة الحيوية لها ، كما يوجد احتمال قائم وهو أن البروتينات من مصادر غير غذائية ربما تصبح مصادر جديدة للحساسية . تحتوى الأطعمة المهندسة وراثيا على جينات من البكتيريا مقاومة للمضادات الحيوية الشائعة .

كيفية عمل تكنولوجيا إنتاج البذور المنتحرة :

How the technology works :

نظام GURT كما تم تحديده فى براءة الاختراع لشركة Delta & Pines Patent يشمل ثلاث خطوات كل منها يتم التحكم فيها بواسطة جين معين تم إدخاله للنبات بطرق الهندسة الوراثية :

١- **A terminator gene** : وهو الجين الذى يوقف مرحلة تكوين البذور والذى يتم برمجته لأن يبدأ فى العمل بصفة خاصة أثناء تكوين جنين البذرة عندما يقترب نمو البذور من مرحلة النضج وذلك بطريقة وراثية يتحكم فيها Seed – specific promoter . ومن أحد الأمثلة يجب أن يكون البروتين غير سام ويوقف عملية تكوين البروتين فى جنين البذور ، وهنا سنجد أن النباتات والبذور الناتجة عنها مثلما هو الحال فى فول الصويا والذرة سوف يكون شكلها ونموها عادياً تماماً أثناء الحصاد ولكن بالنسبة للنمو فإن هذه البذور سوف لا تنمو عند زراعتها .

٢- **A repressor gene** : وهو الجين الذى يجعل جين Terminator فى حالة توقف عن العمل لحين بيع البذور للمزارع . وسوف يحتاج المرء وشركات إنتاج البذور إلى طريقة تمكنهم من إنتاج عدة أجيال من النبات قبل بيع البذور وبدون موت البذور فى العام التالى . وسوف يتم برمجة هذا الجين ليبدأ فى العمل كل الوقت A constitutive promoter وهذا يبقى بصورة طبيعية على Terminator gene متوقفاً عن العمل .

٣- **An activator gene** : وهذا الجين فى وجود بعض المواد الكيماوية التى تضاف للبذور يعتبر An inducible promoter ويقوم بإنتاج بروتين يعمل على القص والتخلص snips out من جزء Terminator gene الذى يتعرف عليه Repressor gene . ويحدث هذا عندما تكون شركات إنتاج البذور جاهزة لبيع منتجاتها من البذور للمزارعين ، حيث تقوم فى البداية بمعاملة البذور ببعض المواد الكيماوية التى تؤثر على Activator gene الذى يمنع Repressor gene من العمل مما يسمح لل Terminator gene أن يأتى للعمل فى مرحلة لاحقة والذى سيعمل على إيقاف مرحلة تكوين البذور مؤخرًا .

والسؤال الآن لماذا لا يتم قتل هذه البذور قبل بيعها للمزارع ؟؟

الإجابة : هى لأن activator وهو المادة الكيماوية التى تعامل بها البذور يجرى استخدامها بعد مرحلة النمو والتكوين الكامل للبذور حيث يكون Terminator gene غير قادر على إيقاف عملية تكوين البذور حتى الجيل الثانى من البذور مما يجعل البذور قابلة للحصاد بواسطة المزارع . وبذلك فإن نظام GURT يعمل على حماية النفقات المالية فى إنتاج الأنواع النباتية للمحاصيل الجديدة المهندسة وراثياً وتطبيق استخدام هذا النظام بواسطة شركات إنتاج البذور سوف يعمل على عدم إمكانية

جعل تكنولوجيا النباتات المهندسة وراثيا متاحة بحرية للمزارعين والمربين بوجه عام . وتكمن خطورة Terminator technology في احتمال هروب Terminator gene وانتشاره في حقول أخرى وللنباتات البرية مسببا فشل تكوين البذور في المحاصيل المختلفة مما يعمل على نشر صفة العقم في الأنظمة البيئية المختلفة في العالم بسبب انتشارها وإحداث صفة العقم في النباتات والأشجار والأنظمة البيئية المختلفة . حيث إن أي نبات يحمل Terminator gene سوف لا ينتج بذورا حية ، فإذا قامت حبة لقاح من النبات المهندس وراثيا ويحمل نظام GURT بإخصاب نبات قريب وغير مهندس وراثيا في الحقل فإن نتيجة هذا التلقيح سوف لا تتكون بذورا خصبة ، فلقد تم برمجة هذه الطريقة لمنع النباتات المهندسة وراثيا بجينات معينة من أن تبقى حية للجيل التالي . ولقد استخدم نظام GURT لمنع هروب الصفات المهندسة وراثيا بطريقة النقل الأفقي للجينات A horizontal gene transfer . فإذا كانت النباتات المهندسة وراثيا محمية بنظام GURT فإن كل البذور الناتجة عن طريق التلقيح معها أو بهروب حبوب لقاح إليها سوف لا تكون حية مما يمنع من انتشار الصفات المهندسة وراثيا في حقول أخرى أو في العشائر البرية ، وإذا كانت على سبيل المثال حبة لقاح من نبات كانولا مهندس وراثيا قد تم حملها بواسطة حشرة ما إلى حقول كانولا غير المهندسة وراثيا فإن أي بذور سوف تنتج من هذا التلقيح في حقول الكانولا الغير مهندسة وراثيا سوف لا تنمو إذا قام المزارع بتخزين هذه البذور لزرعتها في العام التالي . وهذا هو التلوث الناتج عن استخدام الكائنات المعدلة وراثيا .. وبالمثل إذا انتقلت حبوب اللقاح من نبات كانولا مهندس وراثيا وقامت بإخصاب نباتات عشبية قريبة منها فإن هذه النباتات العشبية سوف لا تكون قادرة على إنتاج بذور هجينة من النباتات المهندسة وراثيا من هذا النوع .

والسؤال الآن هو : هل Terminator technology تجعل الكائنات

المهندسة وراثيا تحت ظروف متحكم فيها ؟؟؟

Can the terminator technology keep genetically engineered organisms under controls ?

يمكن تنظيم تكنولوجيا إنهاء حياة النباتات المهندسة وراثيا على أساس أنها صديقة للبيئة Environmentally friendly وذلك لأنها تبطيء من انتشار المحاصيل المهندسة وراثيا أو من انتشار جينات المحاصيل التي هي خارج نطاق الزراعة الحقلية في الطبيعة ، ويمكن أن يؤدي انتشار الجينات الخاصة بتحمل مبيدات

الحشائش وتلك المقاومة للحشرات عن طريق حبوب اللقاح أو البذور لمحاصيل قريبة وراثيا فيؤدي ذلك إلى تكوين أعشاب متفوقة . إن البذور الخصبة يمكن أن تنتج من نباتات تنقصها الجينات الخاصة بإنهاء حياة النبات Defective terminator plants مما يؤدي بها إلى إمكانية إعادة دورة الحياة للنبات . علما بأن حبوب لقاح النباتات المعدلة وراثيا سوف تكون قادرة على إخصاب Non - terminator plants بدون قتلها : وعلى العموم فإن الصفات المحمية بهذه التكنولوجيا يمكن لها أن تنتشر عن طريق التكاثر الجنسي والبذري ، وهذا يتضمن انتقال DNA بواسطة الفيروسات ، البكتريا ، الحشرات ، الفطريات .

جينات إنهاء حياة النبات Terminator genes

هي الجينات التي يتم إدخالها للتركيب الوراثي للنبات لجعل النبات ينتج بذوراً غير خصبة ، وهذه تعتبر قوة تجبر بدورها المزارع على شراء بذور جديدة كل موسم وألا يقوم بتخزين البذور من موسم لآخر . وهذه العملية تتضمن إدخال ٣ جينات في التركيب الوراثي للنبات :

١ - A gene encoding toxin :

هذا الجين يكون مميتاً لمرحلة تكوين البذور ولا يؤثر على البذور الناضجة أو النبات . والوضع الطبيعي لهذا الجين هو أنه لا يكون نشطاً لمطاطية قطعة الـ DNA التي تحقق بين هذا الجين والـ Promoter .

٢ - A gene encoding a recombinase :

وهو الإنزيم الذي يعمل على إزالة الفاصل في Toxin gene مما يسمح له بالتعبير الجيني .

٣ - A repressor gene :

وهو الذي ينتج بروتين يرتبط بالـ Promoter الخاص بالـ Recombinase مما يجعله غير نشط .

وهنا يجب ملاحظة أنه عندما يتم نقع البذور قبل بيعها في محلول Tetracycline فإنه يحدث الآتي :

- يتم قفل نظام تكوين البروتين المحفز Repressor .
- يصبح جين الـ Recombinase نشطاً .
- يتم إزالة الفاصل من جين Toxin gene مما يسمح لهذا الجين بالتعبير الوظيفي .
- وهنا نجد أن المادة البروتينية السامة المتكونة لا يكون لها تأثير ضار على النبات ولكن تؤثر فقط على تكوين البذور حيث ينمو النبات بشكل عادي تماماً فيما عدا أن البذور المتكونة تكون عقيمة . وهنا نجد أن المزارعين وبصفة خاصة في الدول النامية يرغبون في تخزين بعضا من البذور من الموسم الحالي إلى الموسم القادم لزراعتها . في الوقت الذي ترغب فيه شركات البذور على بيع منتجاتها . ولقد استطاع الباحثون في شركة Mansanto أن ينقلوا جين هرمون النمو من الإنسان وحقنه في DNA البلاستيدات الخضراء لنباتات الدخان فحدث للجين تعبير وظيفي وأنتج البروتين الخاص به ولكن الجين لم ينتقل إلى نسل هذه النباتات .

إن حق هذا الاختراع سوف يغطي ليس فقط تكتيكات إنهاء حياة النبات بإنتاج البذور المنتحرة من خلال طرق الهندسة الوراثية ، وكذلك إنتاج حبوب اللقاح العقيمة ولكن أيضا سوف يتم التحكم في تعبير جينات لصفات خاصة مثل المقاومة للحشرات ، تحمل الجفاف أو التحور في عمليات تمثيل غذائي ثانوية . وبذلك فإن الهدف من هذه التكنولوجيا في الحقيقة هو التحكم في إنتاج البذور ومصادر الصفات الاقتصادية الهامة من الناحية الزراعية ؛ ولذا فإن الجينات المستخدمة وكذلك تلك التي تم تركيبها هي عبارة عن نتاجات سوف تحدث اختلافات حيوية وصحية . وتتلخص طرق استحداث عملية الانتحار في النباتات بإنتاجها لبذور عقيمة في الخطوات التالية :

١- لنفترض أن الجين الانتحاري Terminator gene القاتل يسمى بالجين Gene a مرتبط بزائل Transiently نشط هو Promotor يسمى P (T) ، وهنا يجب فصل الجين والـ Promoter بواسطة تتابع قافل Blocking sequence يسمى بالـ Blocker الذي يفصل من على جانبيه تتابعاً قاطعاً من نوع خاص Specific excision sequences يسمى بالـ EX يوجد على جانبي القافل الوراثي Block كما يلي :

P (T) - Ex - Block - Ex - Gene (a)

٢- أما الجين الثانى الذى يلزم تركيبه فى هذا النظام يسمى بجين *Recom* وهو يقوم بإنتاج إنزيم *Recombinase* وهو إنزيم متخصص فى التعامل مع تتابع القطع *Ex* فى التركيب الأول السابق . وهذا الجين يرتبط مع المحفز الكابت *Repressible promoter* والذى يصبح نشطاً أثناء إنبات البذور *P (r) - Recom*.

٣- أما الجين الثالث وهو يسمى *Repress gene* يعمل على إنتاج *Repressor* الذى يرتبط مع *P (r) Repressible promoter* لجعل الجين الثانى فى حالة توقف عن العمل ، ومع ذلك فإن البروتين الكابت يعتبر إحدى مكونات هذا النظام المسئول عن الاستجابة للكيمواويات الخارجية مثل النتراتسيكلين ، وهو يعتبر محفز خارجياً *(tet) p* يرتبط بالـ *Repressor* مما يجعل الـ *Repressor* فعال (وربما يتوقف عن العمل بطريقة أخرى) *P (tet) - repress* .

وتقوم إحدى هذه الأنظمة الثلاثة بالعمل . ويتم إنبات البذور بواسطة الشركات مما يعمل على قيام *Repress gene* بإنتاج *Repress protein* الذى يرتبط بدوره بالـ *P (r) Recombinase* ويوقفه عن العمل مما يجعل هذا الجين متوقفاً عن العمل *Blocked* وبالتالي لا يحدث أى شىء .

أما فى غياب النتراتسيكلين فإن المزارع يقوم بإنبات البذور وحينئذ لا ينتج البروتين الكابت *Repressor protein* ، ولذا فإنه خلال إنتاج البذور فإن جين *Recombinase* يتحول للعمل ليقوم بإنتاج الإنزيم ، ويقوم إنزيم *Recombinase* بقطع تتابع القفل الوراثى *(Block)* مما يجعل الجين *Gene a* يحدث له تعبير وظيفى . فإذا كان الجين *a* جين قاتل فإنه سيؤدى إلى قتل الجزء المذكور من الزهرة وأن الجين *P (t)* هو *Promoter* والذى يحدث له تعبير فقط فى الجزء المذكور من الزهرة وبذلك فإن النبات سوف يكون عقيماً ذكورياً .

أما إذا كان الجين *a* والـ *Promoter* الخاص به مختصاً بالجزء المؤنث من الزهرة فإن النبات سوف يكون عقيماً من الناحية المؤنثة *Female sterile* ، أما إذا كان الجين *a* والـ *promoter* الخاص به مختصاً بالإنبات فإن البذور سوف تبقى على وضعها ولا يحدث لها إنبات . وعلى العموم فإن جينات *promoters* ، *repressors* نفسها يمكن أن تكون واحدة من المختارة من مجموعة احتمالات ؛ ولذا فإن الجين *a* ربما يكون واحداً من الجينات التالية : جين مضاد للحشرات ، جين مضاد للفطريات ، جين مضاد للبكتيريا ، جين مقاوم للملوحة ، جين منتج لبروتين معين ، جين يحور من عملية تمثيل غذائى ثانوية ، وعلى ذلك فإن *promoter*

النشط $P(t)$ ربما يكون نشط في المراحل المتأخرة من عمليات التكوين الجنيني ، وتكوين البذور ، وتكوين الأزهار ، وتكوين الأوراق أو في تكوين الجذور أو في تكوين الأنسجة الوعائية ، أو في تكوين حبوب اللقاح (العقم الذكري) .

تتابع القطع الخاص وإنزيم Recombinase قد تم إنتخابها من مجموعة تتضمن ليس فقط مواقع متخصصة للـ Recombinase ولكن للـ Transposase , Flippase , Resolvase and Integrase ويتضمن العقم الذكري أى جين مميت يرتبط - Anther specific promoter أو Pollen - specific promoter وتتضمن الجينات المميّة أيضا البروتين المثبط للبروتينات .

الجين المميت المرتبط بمحفز Promoter والذي يكون نشطاً أثناء المراحل المتأخرة من تكوين الجنين سوف يجعل البذور عقيمة ، وعندما يكون مرتبطاً بمحفز Promoter نشطاً أثناء الإنبات سوف يجعل البذور تفشل في الإنبات . وبالنسبة لتتابعات القفل الوراثي Blocking sequence هي عبارة عن تتابعات وراثية من النيوكليوتيدات تتسبب في العقم الذكري .

تركيب جينات نباتية متخصصة في تحفيز تكوين الأزهار المذكورة :

تم إجراء هذا النوع من التركيبات الوراثية لأول مرة في عام ١٩٩٠ وهو يتضمن سلسلة عمل للجينات التنظيمية نتيجة عملها النهائي هو إنتاج بروتين يحدث خللاً في تكوين حبوب اللقاح وهذا البروتين يحدث الخلل يكون متخصصاً في الأجزاء المذكورة للنبات وهو يعمل ضد تيار Upstream تخصص المحفز Promoter والدور الذى يقوم به في الأزهار المذكورة في النبات . حيث يتم وضع المحفز المتخصص في الأجزاء المذكورة تحت تحكم التتابعات التنظيمية المسماة بالـ Operator والتي تصبح مقفلة بواسطة Repressor protein الذى يتخصص في الإرتباط بها . ويتم إنتاج Repressor protein بواسطة مادة كيميائية خاصة تضاف خارجياً ويتم عمل هذه التركيبات الوراثية على النحو التالى :

١- استجابة المحفز $P(I)$ لوجود أو عدم وجود محث كيمائى خارجى والذي يرتبط بالجين الكابت Gene repress لإنتاج البروتين الكابت Repressor protein مما يحدث تثبيطاً لجين Promoter وهو ما يسمى $P(I) - \text{Repress}$

٢- استجابة (Op) Operator للبروتين الكابت ترتبط بمحفز المتخصص الذكري Male specific promoter p (m) والذي يرتبط بالتحول في إحداث الخلل من خلال قيام الجين بإنتاج البروتين محدث الخلل والذي يقوم بقتل حبوب اللقاح op - p (m) - disrupt . ويعمل هذا النظام كالتالى :

عندما يكون المحث الكيماوى Chemical inducer موجوداً فإن سلسلة الجينات التالية تقوم بالعمل على النحو التالى External chemical inducer → repressor → operator → no expression of disrupter protein .

وفى غياب المحفز الكيماوى فإن الجين المنتج للبروتين الكابت repressor لا يحدث له تعبير وظيفى ؛ ولذا فإن البروتين محدث الخلل Disrupter protein سوف يحدث له تعبير وظيفى مسبباً العقم الذكري . وهذه الطريقة مشابهة لتلك التى قامت بتطبيقها وزارة الزراعة الأمريكية ولكنها لا تشمل كيفية عمل Recombinase . ولذا فإن الشركات التى تقوم بإنتاج البذور تعمل على إضافة محفز كيماوى خارجى لمنتجاتها من البذور للمحافظة على خصوبتها ، وبذلك يمكن لهذه الشركات التحكم فى إنتاج بذور خصبة .

الخلاصة :

تتمثل المخاطر المتوقعة من تكنولوجيا إنتاج البذور المنتشرة - فى أن إنزيمات Recombinase والإنزيمات المشابهة ربما تكون أكثر خطورة ؛ لأنها تسبب تراكيب وراثية جديدة فى مواقع غير متخصصة مما يتسبب فى تكوين تراكيب وراثية متسلقة وهو ما يسمى Terminator recombinase does scramble genomes ، وبذلك فالجينات المميّنة والمسببة لموت الأجنة فى البذور وكذلك الجينات المتعلقة بها تعتبر ضارة بالخلايا بما فى ذلك خلايا الثدييات ، فبعض هذه الجينات الضارة يمكن أن تنتشر من خلال حبوب اللقاح محدثة عقماً ذكرياً فى النباتات نتيجة لهذه التراكيب الجينية ، وبالضرورة قد تسبب عقماً أمياً فى النباتات. فعلمية إنتشار الجينات وكذلك التراكيب الوراثية فى النباتات المعدلة وراثياً بجينات معينة ليس بالضرورة أن يتم من خلال التلقيح المفتوح ولكن يمكن أن يتم عن طريق النقل الأفقى للجينات لأنواع غير قريبة من الأنواع التى تحتوى على هذه التراكيب الوراثية ، وهذه العملية لا يمكن التحكم فيها بالتالى . فعدم ثبات هذه

التراكيب المحورة وراثيا على العموم وما يتعلق بها ، وعلى الأخص التراكيب الوراثية الانتحارية التي تودى بحياة الأجنة ، تزداد بسبب النقل الأفقى للجينات Horizontal gene transfer واستحداث التوافيق الوراثية . تعتبر عملية النقل الأفقى للجينات واستحداث التوافيق الوراثية واحدة من الطرق الأساسية المتولدة عن الفيروسات والبكتيريا المسببة للأمراض والتي تعمل على نشر صفات المقاومة للمضادات الحيوية والعقاقير والتي بدورها تجعل الأمراض غير قابلة للعلاج . وعلى العموم فإن المخاطر الشديدة من تكنولوجيا تكوين البذور المنتحرة فى النباتات يجب أن تتوقف كما يجب التخلص من كل هذه المحاصيل التي تنهى حياتها بهذه الطريقة الشيطانية .

الأسئلة :

- ١- وضح طريقة استخدمت فيها الوراثة لدعم المقاومة الحيوية فى النبات لكل من الحشرات والفطريات والفيروسات والأمراض البكتيرية ؟
- ٢- اذكر ما تعرفه عن المقاومة الحيوية باستخدام مضاد الشفرة ؟
- ٣- صمم طريقة توضح بها كيفية نقل جين مرغوب من البكتيريا إلى النبات ؟
- ٤- علل : يستخدم Ti - plasmid كناقل للجينات إلى الخلايا النباتية ؟
- ٥- ما هي Frankenfood مع ذكر أمثلة لها ؟
- ٦- ما رأيك فى أن صناعة الغذاء أصبحت تتفق الآن مع الحاجة لمواجهة المسببات المرضية كأحد عوامل الفقد فى الإنتاج ؟
- ٧- علل : أصبحت صناعة الغذاء تتفق مع أهمية استخدام المقاومة الحيوية فى إنتاج الغذاء ؟
- ٨- ما رأيك فى رواج الأطعمة المعدلة وراثيا فى الولايات المتحدة الأمريكية وفى تأثيراتها الصحية على الإنسان والحيوان والنظم الحية الأخرى ؟
- ٩- اكتب موضوعا عن أهداف إنتاج النباتات المعدلة وراثيا وعن دورها فى حماية البيئة من التلوث وتقليل نفقات الإنتاج ؟

١٠- ما الذي سيزترتب على التوسع في زراعة النباتات المعدلة وراثياً بجينات مكافحة الحيوية للحشرات والمسببات المرضية ؟

١١- ما رأيك في طبيعة المقاومة الحيوية للآفات باستخدام المبيد الحيوي *Bt* ؟

١٢- هل للهندسة الوراثية دور في دعم صفة المقاومة الحيوية لمرض الفحة البكتيرية في الأرز ؟

١٣- ما رأيك في Terminator technology كوسيلة حماية فكرية لمنتجات الهندسة الوراثية ما هو أثرها على البيئة والأصناف النباتية المنزرعة ، مبينا لماذا تلجأ إليها شركات إنتاج البذور وكيف تعمل هذه التكنولوجيا ؟

١٤- اشرح المخاطر البيئية المتوقعة من إنتاج البذور المنتحرة ؟

١٥- علل : للأطعمة المعدلة وراثياً تأثيرات صحية على الإنسان والحيوان والنظم الحية الأخرى ؟

١٦- أجب بنعم أم لا :

أ- الهدف من إدخال تكنولوجيا الجينات الانتحارية للنبات هو إجبار المزارعين على شراء بذور جديدة من المحاصيل المهندسة وراثياً كل عام ؟

ب- من محاذير Terminator technology هي أنها يمكن أن تؤدي إلى انتشار صفة العقم الذكري إلى نباتات أخرى مسبباً فشل تكوين البذور فيها ؟

ج- تعمل Terminator technology على قتل جنين البذرة فقط دون المساس بالمكونات الأخرى في البذور وتعمل هذه الجينات في مرحلة مبكرة من نمو النبات ؟

د- التتراسيكلين هو المحفز الكيميائي الذي يعمل على بدء جينات Terminator genes في تعبيرها الوظيفي لإنتاج مواد بروتينية سامة تعمل على قتل جنين البذرة ؟

هـ- تقوم شركات إنتاج البذور بإضافة المحفز الكيميائي للبذور قبل بيعها للمزارع ؟

- و- يرتبط موت أجنة البذور بنشاط إنزيم الـ Recombinase والذي لا ينتج فى غياب المحفز الكيميائي ؟
- ل- عدم معاملة البذور بالمحفز الكيميائي يؤدي إلى إنتاج البذور الحية التى تستخدم عاماً بعد آخر ؟
- م- وجود القافل الوراثي يمنع من إنتاج المادة البروتينية السامة التى تقوم بقتل جنين البذرة ؟
- ن- استطاعت وزارة الزراعة الأمريكية أن تحمي منتجاتها من النباتات المحورة وراثياً باستخدام Terminator genes ؟