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 وراثيّاً 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 المتتابعة 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 البيولوجى دوراً جوهرياً فى نصف حالات موت الأطفال الأقل من خمس سنوات على مستوى العالم فى 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 أيضا من المشاكل الخاصة بسوء التغذية .
- يوجد فى الدول النامية حوالى ٦٥٠ مليون من الفقراء الذين يعيشون فى هذه الدول يعد نشاطهم الإقتصادى الأساسى هو الإنتاج المحلى للغذاء وبدون زراعة ناجحة وهؤلاء لا يستطيعون أن يحصلوا على احتياجاتهم .

يعد حوالى ٦٠- ٧٠ % من الإنتاج الغذائى يحتوى على مشتقات معدلة وراثيا. وفى عام ١٩٩٨ تم زراعة أكثر من ٤٥ مليون فدان فى الولايات المتحدة الأمريكية بنباتات محورة وراثيا محققا ذلك زيادة قدرها ٢٥٠% عن زراعات ١٩٩٧ ، وتحتوى هذه النباتات المحورة وراثيا على ٢٥% من المساحة المنزرعة بالذرة ، و٣٨% من المساحة المنزرعة بفول الصويا ، و٤٥% منها منزرعة بالقطن . وتعد المساحة المنزرعة بالمحاصيل الغذائية المحورة وراثيا على مستوى العالم فى عام ١٩٩٨ أكثر من ٦٩ مليون فدان ، و١٥% منها منزرعة فى الدول النامية . لقد زادت مفهومنا عن العمليات البيولوجية من خلال إدخال معلومات وراثية جديدة للنباتات بإستخدام 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 وراثيا 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 وراثيا 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 جدا فى مكافحة الفيروسات مثل إنتاج العديد من transgenic melon and squash crops والتى 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 المكافحة الحيوية للحشرات باستخدام المبيدات الميكروبية فإنه يوجد أيضاً Chitinase gene فى سلالة *Bacillus licheniformis* والتى تقوم بإنتاج كميات كبيرة جداً من إنزيم Chitinase الذى يقوم بتحليل Chitin٠ والشيتين Chitin يوجد فى كيوتيكل الكائنات البحرية من الفقاريات ، الهيكل الخارجى للحشرات ، الجدار الخلوى 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 الحشرية٠ 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 الميكروبى Bt يؤدى إلى اتصال جيد وأفضل للـ *Bt* مع الغشاء الخلوى للقناه الهضمية للحشرات٠ 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 وراثيّاً بهذه الجينات معاً ، على العكس مما لو كانت النباتات معدلة فقط بجين Bt والتى يمكن أن تجعل إمكانية فى تكوين صفة المقاومة فى الحشرات ضد هذه النباتات المعدلة بجين واحد ٠

٤- المقاومة الحيوية للأمراض البكتيرية :

وهذه تعتبر من الإستراتيجيات الهامة فى مواجهة المسببات المرضية من خلال الحفاظ على كمية وجودة الحبوب المخزونة المحتوية على البروتين ، وهذا يعتبر من الأهداف المبكرة للهندسة 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. وتعبر النباتات عن استيائها من هذه الهجمات بإنتاج كميات من مثبطات إنزيمات Protease, amylase فى البذور. وبذلك فإنه يمكن القول أن مواجهة المسببات 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 المكافحة الحيوية للحشرات التى تهاجم الجذور والسيقان والثمار ، الأمر الذى يترتب عليه عدم إستمرار النباتات المعدلة وراثياً بمثل هذه الجينات كعوائل لهذه الحشرات مما يعكس مدى أهمية المكافحة الحيوية للآفات باستخدام النباتات المعدلة وراثياً 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 لعلوم 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 .

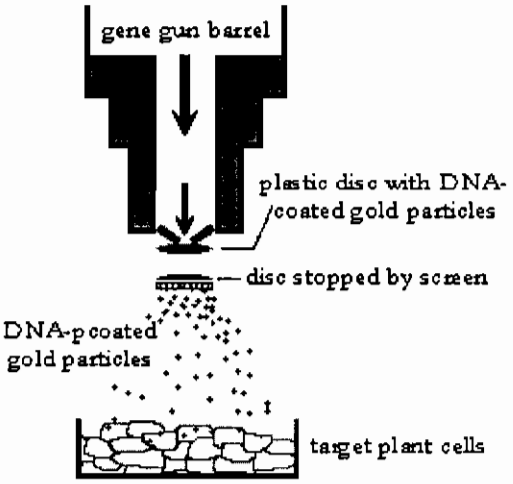


Figure . 90. Functioning of the gene gun.

شكل (٩١) نباتات الأرز المقاومة لمرض اللفحة البكتيرية

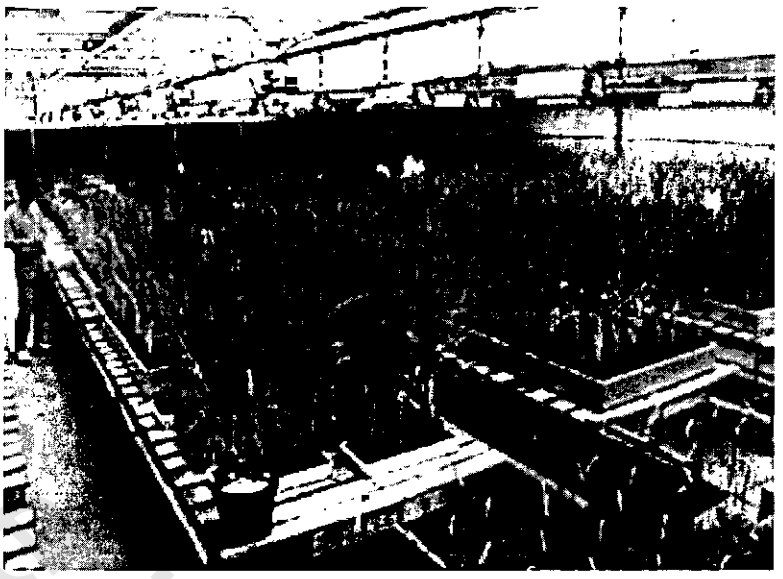


Figure. 92. Xa21 rice plants being assessed at ILTAB greenhouse

٥- المقاومة الحيوية fhاستخدام مضاد الشفرة : Antisense :

هذه التقنية تعتمد على تعبير RNA المكمل لذلك الذى يحتوى على الشفرات التى سيتم ترجمتها إلى بروتين مما سيجعل الجينات متوقفة عن العمل off" gene 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 الذى 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 التى تتبع نفس الجنس ولكن نقل الجينات بواسطة التهجينات بين الأصناف النباتية التى تتبع أجناس نباتية مختلفة عادة لم تنجح لعدم نجاح الإخصاب ، أو أن الزيجوت الناتج كان غير حيوى وغير قادر على الاستمرار فى الاقسام وتكوين الجنين أو عدم تطور الإندوسبرم .

- فى الـ ٤٠ سنة الماضية تطورت طرق زراعة الأنسجة Tissue culture والتى تتلخص فى أخذ خلايا من أنسجة النبات ومعاملتها إنزيمياً لنزع الجدار الخلوى . والخلايا الخالية من الجدار الخلوى تسمى Protoplaste وتتم تنميتها على بيئة غذائية مكونة نسيجاً نباتياً (كالس Calli) وبإضافة بعض الهرمونات النباتية والتى 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 والتى تتبع نفس الجنس والتى لم يمكن سابقا إجراؤها بواسطة طرق التهجينات ، ويرجع الفضل إلى بعض أنواع بكتريا التربة *Agrobacterium tumefaciens* والتى تصيب عديد من نباتات ذوات الفلقتين 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 ينفصل ويلتحم بالكروموسومات النباتية. هذا الجزء من البلازميد والذى يلتحم بالكروموسومات النباتية يسمى T-DNA (شكل رقم ٩٣) ، وT-DNA يحتوى على جينات تحفز على زيادة معدل انقسام الخلايا النباتية مع عدم قدرة هذه الخلايا النباتية على التشكل مما يؤدى إلى تكوين ورم وهو المسمى بالتدرن التاجى.

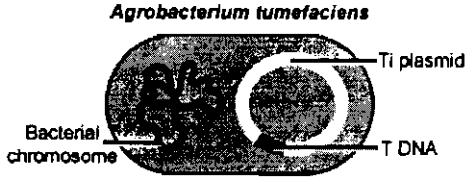


Figure . 93 . Transfer DNA on a plasmid in *Agrobacterium*

استخدم Ti-plasmid كناقل للجينات Vector إلى الخلايا النباتية نظراً لتميزه 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 فى الـ Ti-plasmid على الالتحام داخل كروموسومات النبات وتضاعفها مع تضاعف الكروموسومات النباتية وبالتالى انتقال هذا الـ T-DNA إلى الأجيال التالية ، أى يسلك سلوك الوراثة المندلية .

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

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

١- قطع الـ Ti-plasmid بإحدى الإنزيمات المحددة والتى 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 يؤدى إلى تشكل هذا الكالس إلى نبات كامل٠ بفحص الـ DNA من أنوية هذه النباتات وجد أن T-DNA مع الجين الغريب يكون ملتحماً مع الـ DNA الكروموسومى للنباتات فى عدة مواقع .

obeikandl.com

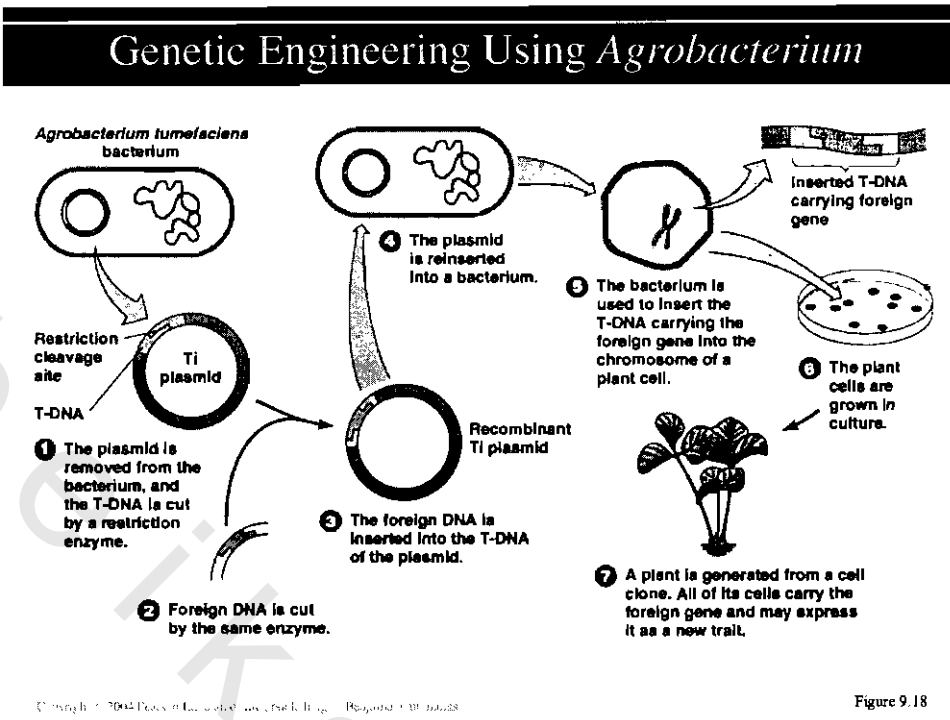


Figure 9.18

شكل رقم ٩٤ . يوضح استخدام الأجروبكتيريم فى 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 تؤدى إلى موت بعض الحشرات التابعة لرتبة حرشفية وغمدية الأجنحة ، وأمكن فصل هذا الجين البكتيرى الشافر للبروتين السام وتم نقله إلى خلايا نبات الدخان بواسطة طريقة Ti-plasmid مما أدى إلى أن هذا الجين البكتيرى ينتج البروتين السام داخل أوراق نبات الدخان ، وبالتالى عند تغذية اليرقات على الورقة يؤدى 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 يؤدى 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.

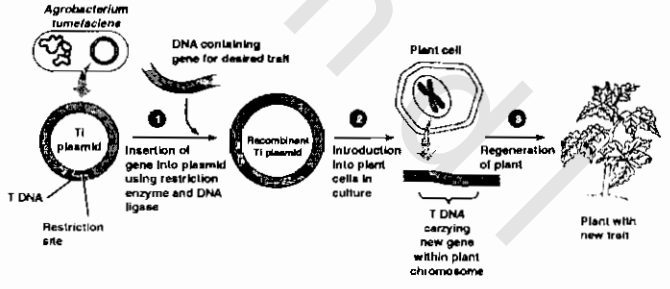
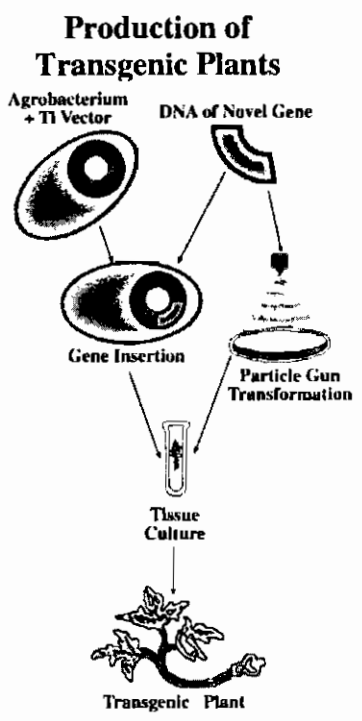


Figure 12.18A

Copyright © 2003 Pearson Education, Inc. publishing as Benjamin Cummings

Overview of how transgenic crops are created

شكل رقم٩٦. يوضح كيف تخلق المحاصيل المعدلة وراثيا بجينات معينة لتحسين الصفات الإقتصادية للنباتات وفيها استخدمت الأجروبكتيريم 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 ، والتى تحدث تحوراً لكائن معين بواسطة إدخال جينات خاصة بالمقاومة الحيوية إليه من كائن آخر ، ويترتب على ذلك حدوث تغيرات وراثية لم تشاهد فى الكائن الأصلى 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 الوراثى بطرق مختلفة للمساعدة فى تصنيع الغذاء ولتحسين بعض الصفات مثل القيمة الغذائية للأطعمة ومقدرتها التخزينية ، مثل نباتات الطماطم التى تم لها إدخال جينات جديدة والذى كان بغرض حمايتها من عملية تكسير الجدار الخلوى الذى يعمل على طراوة أنسجة الثمار مما يعمل على حماية الثمار عند تخزينها لفترات طويلة . ومن أحد الأمور التى تحيط باستخدام الكائنات المحورة وراثيا هى عملية التحور الوراثى نفسها ، خاصة وأن التحور

obeikandl.com

الوراثى يرجع إلى انتقال DNA من كائن يتبع جنس معين لكائن آخر يتبع جنس آخر . وقد أمكن حديثا استخدام DNA من كائن يتبع جنس معين لكائن أخر يتبع يتبع جنس أخر . كما أمكن حديثا استخدام ال DNA من مصدر حيوانى أو من البكتيريا ونقله للنباتات ، ومن هنا نستطيع أن نستنتج ونتوقع المخاطر الصحية المحتملة ، وتسمى مجموعة الأطعمة التى إستخدمت فيها تقنيات التطويع الجينى بالـ Frankenfood أو الأطعمة خليعة الهندسة الوراثية .

الكائنات المعدلة وراثيا لماذا ؟؟

لقد أصبحت الآن صناعة الغذاء تتفق مع الحاجة لمواجهة المسببات المرضية بإنتاج كائنات معدلة وراثيا لتقليل تكاليف الإنتاج وخفض الحاجة للكيماويات والأسمدة والمبيدات و المعاملات الميكانيكية المستخدمة فى 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 والتى تعتمد على الأرز كمصدر رئيسى للغذاء هى نفسها فى الغالب الدول التى تعانى 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 فى الدول النامية :

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

أهداف إنتاج النباتات المعدلة وراثيا لمواجهة المسببات المرضية والآفات :

تساعد التكنولوجيا الحيوية من خلال عملية التحول الوراثى للنباتات على زيادة إنتاج الغذاء ليتواكب والزيادة السكانية المضطردة فى العالم من خلال إدخال صفات جديدة خاصة بالمقاومة الحيوية للنباتات لمواجهة المسببات المرضية والآفات . حيث تساعد على تكوين صفة المقاومة فى النبات للآفات الحشرية وكذلك صفة المقاومة للأمراض وللظروف البيئية القاسية الناتجة عن الإجهادات البيئية ، كما تعمل كذلك على تحسين القيمة الغذائية للمنتج الزراعى 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 فى مجال التحور الوراثى للنباتات على التحكم فى وجود الأعشاب الضارة ، ومن ثم زيادة دخل المزارع وتوفير الوقت الذى يستغرقه المزارع فى مكافحة هذه الأعشاب أو الحشائش. كما أن التكنولوجيا الحيوية سوف تعمل على زيادة محتوى بعض المنتجات الزراعية من الحديد وفيتامين أ والإقلال من التكاليف التى سوف تنفق على شراء الأدوية المحتوية على هذه العناصر الغذائية .

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

والتوسع فى زراعة النباتات المعدلة وراثيّاً بجينات المكافحة للحشرات سوف تؤدى 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 المكافحة الحيوية مثل الأعداء الطبيعية للآفات.

٤-الإقلال من تركيز الأثر المتبقى للمبيدات فى الأطعمة والمنتجات الغذائية .

٥-توفير بيئة آمنة للحياه ومعيشة الشعوب .

٦-تزيد 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- تزيد من محتوى الغذاء من الكربوهيدرات .

١٠- تزيد 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 .

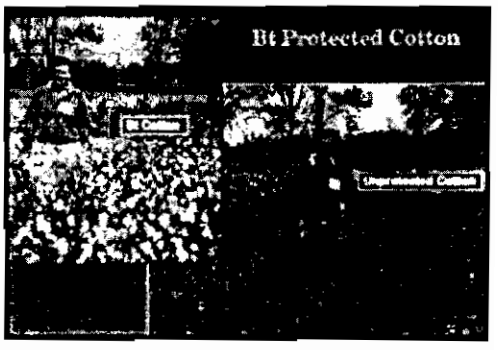
١٤- حماية البيئة .

١٥- لها تأثير إيجابي على المزارع والحد من تكاليف الإنتاج .

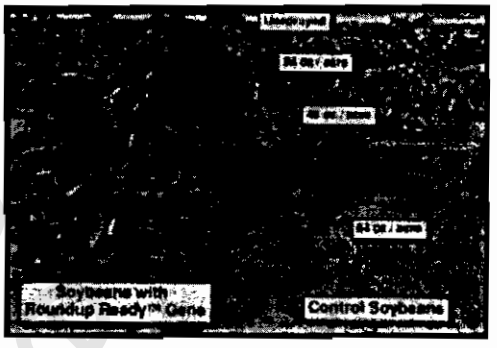
١٦- تعد المحاصيل المعدلة وراثيا بمثابة مصانع حيوية ومصدراً للمواد الصناعية الخام .

obeikandl.com

الشكل التالي (الشكل رقم ٩٨ ، ٩٩) يوضح نباتات القطن وفـول الصـويا المعدلة وراثيا لمواجهة الأفات .



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 فى إنتاجية المحاصيل والفاكهة والخضروات ؛ لذلك إستخدم المزارعون المبيدات الكيماوية لحماية محاصيلهم ، لكن الاستخدام المكثف والعشوائى لتلك المبيدات تسبب فى العديد من المشاكل لكل من الإنسان والحيوان والبيئة . ولقد وجد العلماء البديل الحـيوى المناسـب لهذه المبيدات الكيماوية متمثلا فى المقاومة الحيوية باستخدام نوع من البكـتريا يسـمى " باسيلس ثيرونجينسيس *Bacillus thuringiensis*" والتى تنتج أنواعاً من البروتينات السامة للحشرات دون أن تسبب أى أضرار على الكائنات الحية الأخرى . ويتم استخدام المخمرات ذات السعات العالية فى الإنتاج الكمى للمادة الفعالة (البروتين السام) لتلك البكتريا ، وتدخل هذه المادة الفعالة فى عمليات تصنيع المبيد الحيوى والذى يرش على أسطح النباتات لكى يؤثر على الحشرات حرشفية الأجنحة وغمدية الأجنحة، كما يرش فى المستنقعات لمكافحة الحشرات ثنائية الأجنحة حيث تنتشر يرقات الناموس والذباب .

إن عملية استخدام النباتات المعدلة وراثيّاً بجينات *Bt* لمواجهة الآفات لها مميزات عديدة يترتب عليها انعدام أو ترشيد استخدام المبيدات الكيماوية ، غياب التأثيرات الضارة المتبقية لها فى التربة ، غياب تأثيراتها الضارة على الكائنات غير المستهدفة من استخدام هذه المبيدات الكيماوية، بينما عملية استخدام المبيد الحيوى *Bt* عن طريق الرش تؤدى إلى فقدان صفة الاستمرار فى 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 التى تهاجم الجذور والسيقان والثمار هى عملية إنتاج نباتات محولة وراثيّاً بجينات *Bt* يحدث بها تعبير وإنتاج المادة البروتينية السامة فى خلايا الأنسجة النباتية ، وهذه النباتات المحورة وراثياً تعمل على توفير الطاقة والمجهود المستخدمين فى رش النباتات بالمبيد الحيوى أو بالمبيد الكيماوى ، وبهذه الطريقة تم إنتاج نباتات محولة وراثيّاً فى كل من البطاطس ، الذره ، القطن والتى حدث فى خلاياها تعبير لجينات *Bt* وإنتاج المادة البروتينية السامة ، الأمر الذى أدى إلى استمرار وجود المادة البروتينية السامة Bt بصفة مستمرة فى خلايا هذه النباتات خلال موسم النمو مما يؤدى إلى مكافحة الحشرات التى تهاجم هذه النباتات بصفة مستمرة وأولاً بأول. الشكل التالي (شكل رقم ١٠٠ ، ١٠١) يوضح المادة البروتينية السامة (الكريستال بروتين) الناتج عن بكتيريا الباسيلس ثيرونجنسز والذى يحدث المقاومة الحيوية ضد الهجمات الحشرية .

obeikandl.com

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

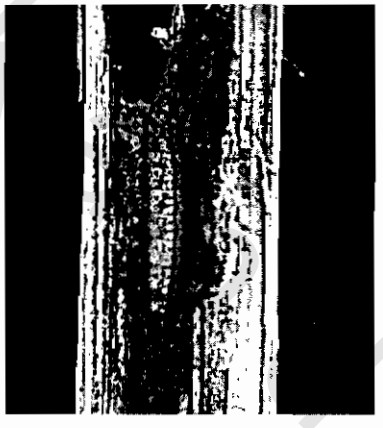


Fig.101 . European corn borer larva tunneling in a maize stalk

الشكل التالي يوضح يرقة ثاقبات الذرة الأوربية على ساق نبات الذرة :

الشكل رقم (١٠٢) يوضح يرقات كيزان الذرة التى تتغذى على الكوز ، بينما الشكل رقم (١٠٣) يوضح شكل يرقة ثاقبات الذرة ، بينما الشكل رقم (١٠٤) يوضح فى اليسار الأضرار الناشئة عن ثاقبات سيقان الذرة ، وفى اليمين نباتات ذرة سليمة معدلة وراثيا بجين *Bt* والتى فيها تم البناء الوراثي لصفة المقاومة الحيوية لهذه الحشرة . مع ملاحظة أنه حتى الآن لم تتكون صفة المقاومة فى 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

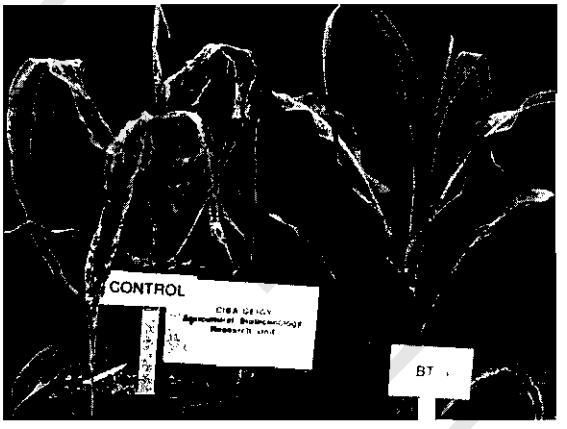


Figure 104 . LEFT – Conventional maize attacked by the European corn borer larvae. RIGHT – *Bt* maize showing builtin protection to attack by European corn borer larvae.

يرقة ثاقبات الذرة كما يوضحها الشكل (شكل رقم ١٠٥) تسير مخترقة 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 الذى تسبب فى عدم تكوين صفة المقاومة فى 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 فى صورة نقية لم يكن لها أى تأثير سمي على الفئران .

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

الخلاصة :

سوف تقلل مقاومة العوائل النباتية لمسببات أمراض النبات وللآفات من الحاجة لاستخدام المبيدات الحشرية والفطرية فى مكافحة المسببات المرضية والآفات ، وهذا يتوافق مع بعض برامج المكافحة وخدمة البيئة . فمن المعروف أن المبيدات الحشرية والفطرية سامة جدًا للوسائل الحيوية الطبيعية (الأعداء الطبيعية للآفات)، تسبب تلوثًا بيئيًا ، تسبب أضراراً بالكائنات غير المستهدفة من استخدام المبيدات Non-target organisms وتسبب أضراراً شديدة بالبيئة. كما أن استخدام العوائل النباتية المقاومة للآفات سوف يعمل على انخفاض معدل الزيادة فى تعداد عشائر الحشرات فى 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 فى مكافحة مسببات الفقد فى إنتاج الغذاء وأثر ذلك على الاقتصاد العالمي ؟

٢- اشرح موضحا بالرسم طريقة نقل الجينات للنباتات ذوات الفلقتين باستخدام الأجروبكتيريم ؟

٣- اذكر لماذا يستخدم Ti- plasmid كناقل للجينات إلى الخلايا النباتية ؟

٤- ما هى الكائنات المعدلة وراثيا وما هى Frankenfood ؟

٥- اذكر أهداف المقاومة الحيوية فى الدول النامية لمواجهة المسببات المرضية والأفات ؟

٦- أجب بنعم أم لا مع التعليل :

أ- يستخدم جين الشيتينيز فى دعم صفة المقاومة الحيوية فى النبات للفطريات والحشرات ؟

obeikandl.com

ب- تم نقل جين Xa21 gene إلى سلالة الأرز الصينى باستخدام قاذف الجينات لمقاومة مرض اللفحة البكتيرية فى الأرز ؟

ج- تجري عمليات التحور الوراثي للنباتات بغرض المساعدة فى تصنيع الغذاء ولتحسين القيمة الغذائية للأطعمة ومقدرتها التخزينية ؟

د- الجينات الجديدة التى أدخلت لنباتات الطماطم لتحميها من عملية تكسير الجدار الخلوي ساهمت فى تخزين الثمار لفترات طويلة ؟

هـ- ترجع محاذير ومخاطر الأطعمة المعدلة وراثيا إلى إنتقال DNA من كائن يتبع جنساً معيناً لكائن آخر يتبع جنساً آخر ؟

و- نباتات الذرة المعدلة وراثيا بجين Cry 1A حدث بها انخفاض فى تغذية ثاقبات الساق على الأوراق بمعدل ٧٦% ؟

ل- نباتات القطن المعدلة وراثيا بجينات *Bt* حدث بها انخفاض فى الأضرار التى تصيب الأزهار واللوز بحوالي ٩٤ ، ٩١ % على الترتيب ؟

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثاني

القضاء على تواصل الأجيال النباتية Terminator technology

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

١- يستوعب الدور الذى قامت به شركة Delta & Pine Company بالتعاون مع وزارة الزراعة الأمريكية في تكوين نظام جديد يحدد الوقت الذى يحدث فيه تعبير وظيفى للجين في النباتات المعدلة وراثيا وذلك بتحولها من حالة العمل إلى حالة التوقف عن العمل عند الرغبة فى 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 تؤدى إلى انتشار صفة العقم فى نباتات أخرى .

٣- يتعرف على الخطوات المتبعة فى تكنولوجيا وقف تواصل الأجيال النباتية فى النباتات المعدلة وراثيا .

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

٥- توعية المزارعين بخطورة Terminator genes 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 ، خاصة وأن الجينات المميتة 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 امياً فى النباتات .

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

٧- يفهم تكنولوجيا عّمل الجينات الشيطانية بأنها هى عبارة عن محصلة أعمال الهندسة الوراثية لجعل بذور النباتات عقيمة ولا يمكن زراعتها فى العام التالى لكى لا يتم تواصل الأجيال النباتية .

٨- يستوعب بأن هذه التكنولوجيا هدفها الأساسي هو حماية منتجات الشركات الكبرى فى إنتاج البذور ، وقد امتلكت شركات إنتاج البذور الكبرى هذه التكنولوجيا بالتعاون مع الحكومة الأمريكية ، وذلك للتحكم فى إنتاج البذور من المصدر مما يجعل الإنسان لا يستطيع إنتاج غذاءه من البذور التى قام بتخزينها فى العام الماضى بسبب أن معظم الجينات الضارة قد تم تركيبها فى هذه النباتات التى أصبحت تسمى بالنباتات المنتحرة التى 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 الذى يحدث فيه تعبير وظيفى للجين وكيفية حدوث تعبير للجينات التى استخدمت فى التحور الوراثى للنباتات ، وذلك بتحولها من حالة العمل إلى حالة التوقف عن العمل عند الرغبة فى ذلك . وتعد إحدى التطبيقات المقترحة فى هذه التكنولوجيا هى كيفية تحول الجين المميت للعمل أثناء مرحلة تكوين البذور حيث ينمو النبات عادى تماما ولكن لا يكون قادرا على إنتاج بذور الجيل التالى .

فلقد وقع المزارعون الذين يقومون بشراء وزراعة المحاصيل المحورة وراثيا بالموافقة على عدم زراعة هذه النباتات فى 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 تؤدى إلى انتشار صفة العقم فى نباتات أخرى . إن هذه التكنولوجيا المسماه 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 التطويع 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 التطويع 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 وهى 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 هى التتراسيكلين والتى تعمل على بدء جينات انتحار النباتات Terminator gene فى التفاعل لآداء تعبيرها الوظيفى و حيث توجد عدة طرق تغطى بكفاءة كيفية قيام هذه الجينات بالتفاعل وما يلى هى طريقة من هذه الطرق لتوضيح كيف تعمل هذه الجينات :

أولا : 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 المنشىء Promoter ، ولقد قام العلماء بوضع شظية من DNA بين جينين هما Promotor وRecombinase وهى تعد موقعاً 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 وبالتالى 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 أخر .

أما بالنسبة للنظام الثانى والذى فيه تكون Terminator genes تحت تأثير المحفز الكيميائى 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 الكيميائى Inducer يتداخل مع البروتين الكابت (ال 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 مؤخرا فى نهاية الموسم. ويمكن توضيح هذا النظام كما يلي (شكل رقم ١٠٦) :

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

LP – Toxin gene

↓ ↓

Toxin Bloker

وهو الذى يتم إنتاجه ويتم قطع هذا القافل بواسطة

ويقوم بقتل الأجنة قبل نضج إنزيم Recombinase

البذور والحصاد

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 يؤدى إلى إنتاجها وموت الأجنة وإنتاج بذور منتحرة وراثيا بطرق كيموحيوية تؤدى 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، ففى 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 والتى كانت تنظر وتأمل على مدار سنوات عديدة إلى طرق تمنع المزارع من إعادة دورة حياة النبات بالبذور المنتجة منه مما يمنع من تواصل الأجيال النباتية . وبذلك استطاعت وزارة الزراعة الأمريكية أن تحمى منتجاتها فورا من النباتات المحورة وراثيا

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 هى القيام بمنع تواصل الأجيال وهى عبارة عن محصلة أعمال الهندسة الوراثية لتجعل بذور النباتات عقيمة لا يمكن زراعتها فى العام التالى لكى لا يتم تواصل الأجيال النباتية . وقد امتلكت شركات إنتاج البذور الكبرى هذه التكنولوجيا بالتعاون مع الحكومة الأمريكية وذلك للتحكم فى إنتاج البذور من المصدر مما يجعل بدوره الإنسان لا يستطيع إنتاج غذاءه من البذور التى قام بتخزينها فى العام الماضى حيث أدخلت معظم الجينات الضارة التى تم تركيبها فى هذه النباتات التى أصبحت تسمى بالنباتات المنتحرة التى 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 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 المميتة والمسببة لموت الأجنة فى البذور وكذلك الجينات المتعلقة بها تعتبر ضارة بالخلايا بما فى ذلك خلايا الثديات ، فبعض هذه الجينات الضارة يمكن أن تنتشر من خلال حبوب اللقاح محدثة عقم ذكرى فى النباتات نتيجة لهذه التراكيب الجينية وبالضرورة قد تسبب عقم أمى فى النباتات . فعملية إنتشار الجينات وكذلك التراكيب الوراثية فى 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 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 التى تودى بحياة الأجنة تزداد بسبب النقل الأفقى للجينات Horizontal gene transfer واستحداث التوافيق الوراثية . وتعتبر عملية النقل الأفقى للجينات واستحداث التوافيق الوراثية واحدة من الطرق الأساسية

المتولدة عن الفيروسات والبكتيريا المسببة للأمراض والتى تعمل على نشر صفات المقاومة للمضادات الحيوية والعقاقير والتى 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 المتتابعة 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 لإنذار 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 Antiidiotope 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 والتى تنتج إنزيمات مضادة للمضادات الحيوية التى تستخدم فى علاج الحساسية . والإنزيمات المضادة المضادات الحيوية هى 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 الذرة ، الكيك ، وكل الأغذية التركيبية للأطفال مثل الصويا واللبن والتى 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 Supper 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 تماما 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 المربون 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 متوقفا 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 والتى تؤثر على Activator gene الذى يمنع Repressor gene من العمل مما يسمح للـ Terminator gene أن يأتى للعمل فى مرحلة لاحقة والذى سيعمل على إيقاف مرحلة تكوين البذور مؤخرا .

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 وراثيا 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 فى احتمال هروب Terminator gene وانتشاره فى حقول أخرى وللنباتات البرية مسببا فشل تكوين البذور فى المحاصيل المختلفة مما يعمل على نشر صفة العقم فى الأنظمة البيئية المختلفة فى العالم بسبب انتشارها وإحداث صفة العقم فى النباتات والأشجار والأنظمة البيئية المختلفة . حيث إن أى نبات يحمل Terminator gene سوف لا ينتج بذوراً حية ، فإذا قامت حبة لقاح من النبات المهندس وراثيا ويحمل نظام GURT بإخصاب نبات قريب وغير مهندس وراثيا فى الحقل فإن نتيجة هذا التلقيح سوف لا تتكون بذوراً خصبة ، فلقد تم برمجة هذه الطريقة لمنع النباتات المهندسة وراثيا بجينات معينة من أن تبقى حية للجيل التالى . ولقد استخدم نظام GURT لمنع هروب الصفات المهندسة وراثيا بطريقة النقل الأفقى 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 حيّة مما يمنع من انتشار الصفات المهندسة وراثيا فى حقول أخرى أو فى 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 أى بذور سوف تنتج من هذا التلقيح فى حقول الكانولا الغير مهندسة وراثيا سوف لا تنمو إذا قام المزارع بتخزين هذه البذور لزراعتها فى العام التالى . 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 تبطىء من انتشار المحاصيل المهندسة وراثيا أو من انتشار جينات المحاصيل التى هى خارج نطاق الزراعة الحقلية فى الطبيعة ، ويمكن أن يؤدى انتشار الجينات الخاصة بتحمل مبيدات

الحشائش وتلك المقاومة للحشرات عن طريق حبوب اللقاح أو البذور لمحاصيل قريبة وراثيا فيؤدى ذلك إلى تكوين أعشاب متفوقة . إن البذور الخصبة يمكن أن تنتج من نباتات تنقصها الجينات الخاصة بإنهاء حياة النبات Defective terminator plants مما يؤدى 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 الجنسى والبذرى ، وهذا يتضمن انتقال DNA بواسطة الفيروسات ، البكتريا ، الحشرات ، الفطريات .

جينات إنهاء حياة النبات Terminator genes

هى الجينات التى يتم إدخالها للتركيب الوراثى 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 فى التركيب الوراثى للنبات :

١- A gene encoding toxin :

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

٢- A gene encoding a recombinase :

وهو الإنزيم الذى يعمل على إزالة الفاصل فى Toxin gene مما يسمح له بالتعبير الجينى .

٣- A repressor gene :

وهو الذى ينتج بروتين يرتبط بالـPromoter الخاص بالـ Recombinase مما يجعله غير نشط .

وهنا يجب ملاحظة أنه عندما يتم نقع البذور قبل بيعها فى محلول Tetracycline فإنه يحدث الآتى :

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

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

١- لنفترض أن الجين الانتحارى 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 الذى يفصل من على جانبيه تتابعاً قاطعاً من نوع خاص Specific excision sequences يسمى بالـ EX يوجد على جانبى القافل الوراثى Block كما يلى :

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 Recom –(r) P.

٣- أما الجين الثالث وهو يسمى Repress gene يعمل على إنتاج Repressor الذى يرتبط مع Repressible promoter P (r) لجعل الجين الثانى فى حالة توقف عن العمل ، ومع ذلك فإن البروتين الكابت يعتبر إحدى مكونات هذا النظام المسئول عن الاستجابة للكيماويات الخارجية مثل التتراسيكلين ، وهو يعتبر محفز خارجياً (p (tet 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 Recombinase P (r) ويوقفه عن العمل مما يجعل هذا الجين متوقفا عن العمل Blocked وبالتالى لا يحدث أى شىء .

أما فى غياب التتراسيكلين 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 المذكر من الزهرة وأن الجين P (t) هو Promoter والذى يحدث له تعبير فقط فى الجزء المذكر من الزهرة وبذلك فإن النبات سوف يكون عقيماً ذكريا .

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 فى المراحل المتأخرة من عمليات التكوين الجنينى ، وتكوين البذور ، وتكوين الأزهار ، وتكوين الأوراق أو فى تكوين الجذور أو فى تكوين الأنسجة الوعائية ، أو فى تكوين حبوب اللقاح (العقم الذكرى) .

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 الذكرى أى جين مميت يرتبط Anther – specific promoter أو Pollen – specific promoter وتتضمن الجينات المميتة أيضا البروتين المثبط للبروتينات .

الجين المميت المرتبط بمحفز Promoter والذى يكون نشطاً أثناء المراحل المتأخرة من تكوين الجنين سوف يجعل البذور عقيمة ، وعندما يكون مرتبطاً بمحفز Promoter نشطاً أثناء الإنبات سوف يجعل البذور تفشل فى الإنبات . وبالنسبة لتتابعات القفل الوراثى Blocking sequence هى عبارة عن تتابعات وراثية من النيوكليتيدات تتسبب فى العقم الذكرى .

تركيب جينات نباتية متخصصة فى تحفيز تكوين الأزهار المذكرة :

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

١- استجابة المحفز P (I) لوجود أو عدم وجود محث كيماوى خارجى والذى يرتبط بالجين الكابت Gene repress لإنتاج البروتين الكابت Repressor protein مما يحدث تثبيطاً لجين Promoter وهو ما يسمى P (I) – Repress

٢- استجابة (Operator (Op للبروتين الكابت ترتبط بمحفز المتخصص الذكرى (Male specific promoter p (m والذى يرتبط بالتحول فى إحداث الخلل من خلال قيام الجين بإنتاج البروتين محدث الخلل والذى 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 الذكرى . 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 المنتحرة - 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 المميتة 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. فعملية إنتشار الجينات وكذلك التراكيب الوراثية فى النباتات المعدلة 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 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 الإنتحارية التى 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 والتى تعمل على نشر صفات المقاومة للمضادات الحيوية والعقاقير والتى 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 .

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 في 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 سيترتب على التوسع فى زراعة النباتات المعدلة وراثيا بجينات المكافحة الحيوية للحشرات والمسببات المرضية ؟

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

١٢- هل للهندسة الوراثية دور فى دعم صفة المقاومة الحيوية لمرض اللفحة البكتيرية فى 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 وراثيا 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 وراثيا كل عام ؟

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

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

د- التتراسيكلين هو المحفز الكيميائي الذى يعمل على بدء جينات Terminator genes فى 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 والذى لا ينتج فى غياب المحفز الكيميائي ؟

ل- عدم معاملة البذور بالمحفز الكيميائي يؤدي إلى إنتاج البذور الحية التى تستخدم عاماً بعد أخر ؟

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 وراثيا باستخدام Terminator genes ؟

obeikandl.com