الوحدة الثانية عشر

إنتاج النباتات المعدلة وراثيا لمواجهة المسببات المرضية والحشرات

الأهداف : بنهاية دراسة هذه الوحدة ينبغي أن يكون الطالب 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- يعي بالتأثيرات المتتابعة لإدخال صفات المقاومة الحيوية للنباتات وأثرها فى إنتاج الغذاء

٥ – توضيح علاقة الهندسة الوراثية بالبيئة .

لقد زادت مفهوماتنا عن العمليات البيولوجية من خلال إدخال معلومات وراثية جديدة للنباتات من خلال إستخدام تقنيات الهندسة الوراثية وقد تضمنت تلك التطبيقات ما يلي :

١- المقاومة لمبيدات الحشائش Herbicide Resistance

وتعتبر عملية إدخال صفة المقاومة لمبيدات الحشائش هى من الأهداف المبكرة لتقنيات إنتاج نباتات محورة وراثيا منذ أن تم الإهتمام بإستخدام الجينات كعلامات إنتخابية selectable marker.

٢- المقاومة الحيوية للحشرات

تعتبر المقاومة الحيوية للحشرات أحد التطبيقات الهامة التى إستخدمت على نطاق واسع بنجاح من خلال إستخدام المادة البروتينية السامة proteinaceous *thuringiensis* (B.t) toxin encoded by Bacillus. ، وبذلك فقد تم إنتاج نباتات قطن وذرة محورة وراثيا تحتوى على جين. 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 بإستخدام الهندسة الوراثية فعالة جدا فى مكافحة الفيروسات والتى أصبحت الأن متاحة على نطاق تجارى بعد أن أصبح الإنتاج بحاجة إلى إدخال صفة المقاومة للفيروسات فى الزراعة .

٤- المقاومة الحيوية للفطريات

ويتم ذلك من خلال إستخدام الجينات التى تقوم بإنتاج إنزيم الشيتينيز الذى يقوم بتحليل الجدر الخلوية للفطريات ، كما يمكن أن يحدث هذا الإنزيم مقاومة للحشرات

فى إطار المكافحة الحيوية للحشرات بإستخدام المبيدات الميكروبية فإنه يوجد أيضاً Chitinase gene فى سلالة *Bacillus licheniformis* والتى تقوم بإنتاج كميات كبيرة جداً من إنزيم Chitinase التى يقوم بتحليل Chitin.

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 مبيد حيوى ذو خاصية إنتخابية حيث يعمل ضد بعض الكائنات ولا يعمل ضد البعض الأخر ، حيث يقوم بتحليل الشيتين.

أوضحت دراسات عديدة أن إنزيم Chitinase يتسبب فى زيادة معدل موت الحشرات بفعل المبيد الحيوى Bt. ولذلك فإن تطبيق إستخدام هذا الإنزيم ضمن تحضيرات المبيد الميكروبى Bt يؤدى إلى إتصال جيد وأفضل للـ Bt مع الغشاء الخلوى للقناه الهضمية للحشرات، ولذا فإن إستخدام مثل هذه المبيدات سوف تكون مفيدة جداً فى القضاء على صفة المقاومة الموجودة عادة فى الحشرات ضد مبيد سلالات Bt.

تتميز عملية التعديل الوراثى للنباتات بجين Chitinase بجانب جِين Bt بعدم إمكانية تكوين صفة المقاومة فى الحشرات ضد النباتات المعدلة وراثياً بهذه الجينات معاً ، على العكس مما لو كانت النباتات محورة فقط بجين Bt.

٤ – المقاومة الحيوية للأمراض البكتيرية

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 .

الحفاظ على جودة ثمار الطماطم والثمار الأخرى يتم من خلال إدخال الجينات التى توقف طراوة الثمار .

وحيث أنه يتراكم 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 إستيائها من هذه الهجمات بإنتاج كميات من مثبطات إنزيمات Protease, amylase فى البذور.

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 .

إستراتيجيات 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 بإستخدام النباتات المعدلة وراثياً بالجينات المنتجة للمواد البروتينية السامة المضادة للآفات.

المقاومة الحيوية لمرض اللفحة البكتيرية فى الأرز : تم إستخدام جهاز قاذف الجينات الموضح فى الشكل التالي 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 للعلوم الزراعة وقد تم عزل جين **Xa21 gene** فى جامعة كاليفورنيا ونقل لسلالة الأرز الصينى بإستخدام جهاز قذف الجينات . والشكل التالي يوضح نباتات الأرز المقاومة لمرض اللفحة البكتيرية وهى النباتات المعدلة وراثيا بجين **Xa21 gene.**

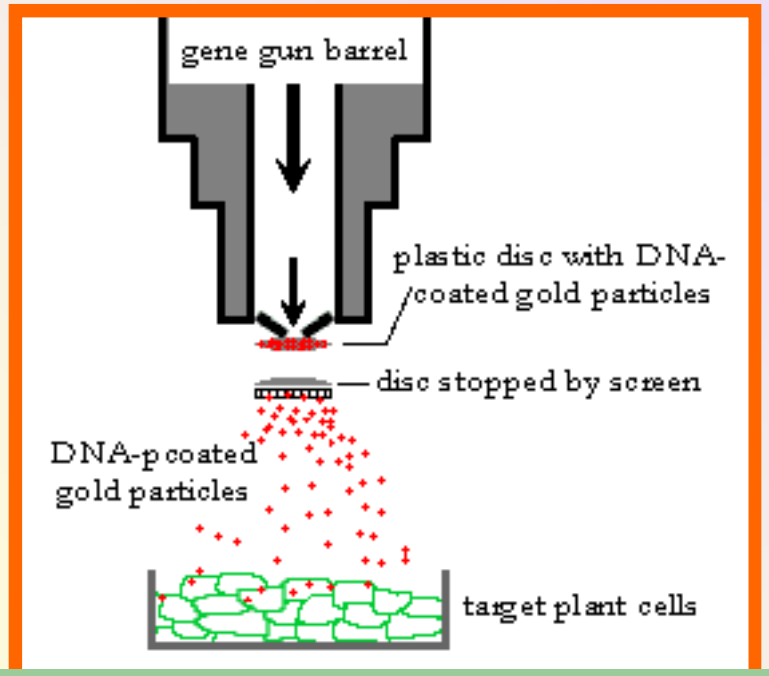


Figure . Functioning of the gene gun.
http://www.artsci.wustl.edu/~anthro/blurb/Backgrounder.html

Figure . Xa21 rice plants being assessed at ILTAB greenhouse
http://www.artsci.wustl.edu/~anthro/blurb/Backgrounder.html

Xa21 rice plants

http://www.artsci.wustl.edu/~anthro/blurb/Backgrounder.html

٥- المقاومة الحيوية بإستخدام مضاد الشفرة Antisense

هذه التقنية تعتمد على تعبير RNA مكمل لذلك الذى يحتوى على الشفرات التى سيتم ترجمتها إلى بروتين مما سيجعل الجينات متوقفة عن العمل This turns gene expression off" 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 مكمل 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 وإنتخاب 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 الإستمرار فى الإنقسام وتكوين الجنين أو عدم تطور الإندوسبرم .

– فى ٤٠ سنه 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 يتم 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 جزء صغير من Ti-plasmid ينفصل ويلتحم بالكروموسومات النباتية، هذا الجزء من البلازميد والذى يلتحم بالكروموسومات النباتية يسمى T-DNA و T-DNA يحتوى على جينات تحفز على زيادة معدل إنقسام الخلايا النباتية مع عدم قدرة هذه الخلايا النباتية على التشكل مما يؤدى إلى تكوين ورم والمسمى بالتدرن التاجى .

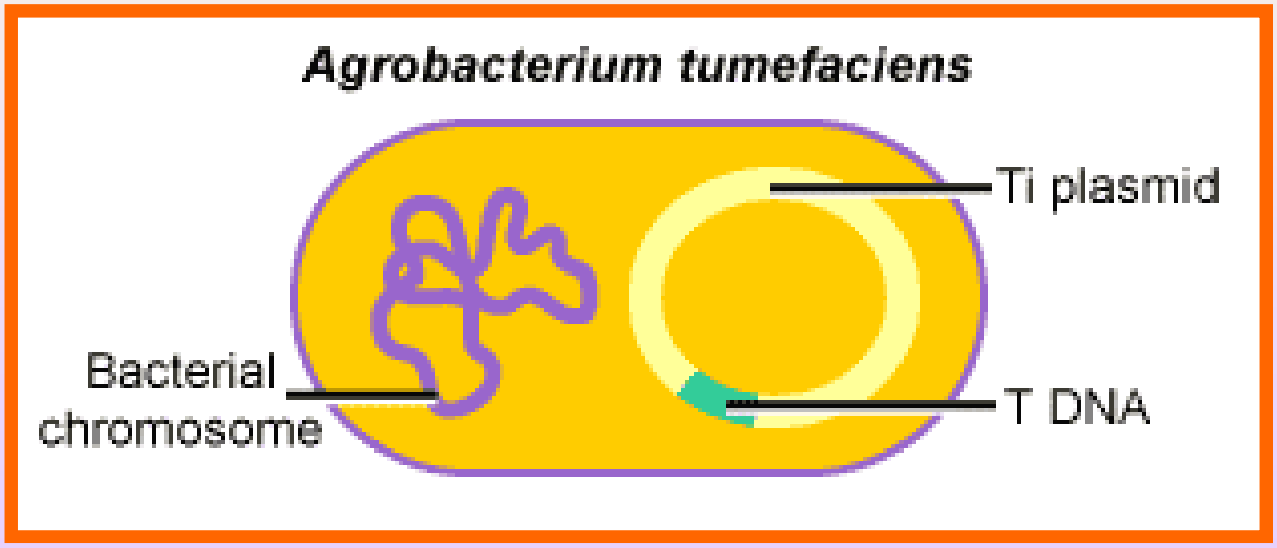


Figure. Transfer DNA on a plasmid in *Agrobacterium*
http://www.scq.ubc.ca/?p=518

إستخدم Ti-plasmid كناقل للجينات Vector إلى الخلايا النباتية نظراً لتميزه بالخاصيتين 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 الإلتحام داخل كروموسومات النبات وتضاعفها مع تضاعف الكروموسومات النباتية وبالتالى إنتقال 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 إلتحام هذه القطعة داخل الكروموسومِ النباتى فإنه ينقل معه الجين الغريب وبالتالى يستطيع هذا الجين الغريب أن يشفر منتجاً البروتين داخل الخلايا النباتية.

وتتلخص طرق نقل الجينات بهذه الطريقة فيما يلى :-

١- قطع الـ Ti-plasmid بإحدى الإنزيمات المحددة والتى تقطع فقط داخل T-DNA0

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.

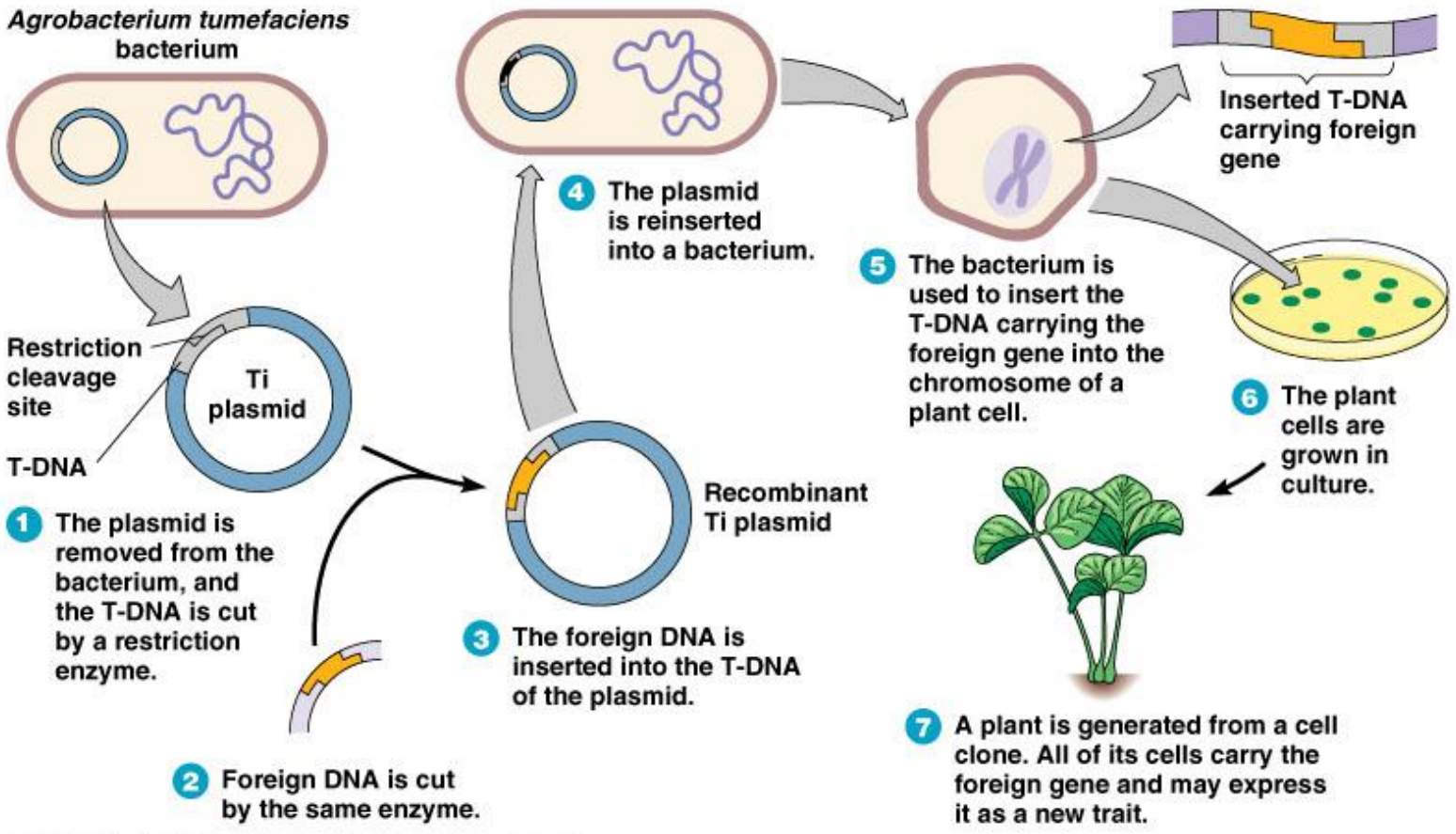
٣- يتم إدخال الجين الغريب داخل الـ Agrobacterium.

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.

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

Genetic Engineering Using *Agrobacterium*



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Figure 9.18

شكل . يوضح إستخدام الأجروبكتيريم فى نقل الجينات إلى النبات.

http://www.nmc.edu/~koverbaugh/micro/lecture9_files/frame.htm#slide0138.htm

- بواسطة هذه الطرق تم بالفعل نقل صفة المقاومة ضد بعض الحشرات إلى نبات الدخان والقطن وصفة المقاومة للمبيدات الحشرية إلى بعض النباتات الإقتصادية 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.

- بنقل هذا الجين إلى نبات القطن أدى إلى مقاومتة لديدان اللوز وبهذه الطريقة لا يحتاج المزارع إلى رش المبيدات الحشرية مما يؤدى إلى حماية صحة الإنسان والبيئة من التأثير الضار لهذه المبيدات.

Figure 1 .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.
http://www.agbioforum.org/v7n12/v7n12a04-zehr.htm

Figure 1. Overview of how transgenic crops are created

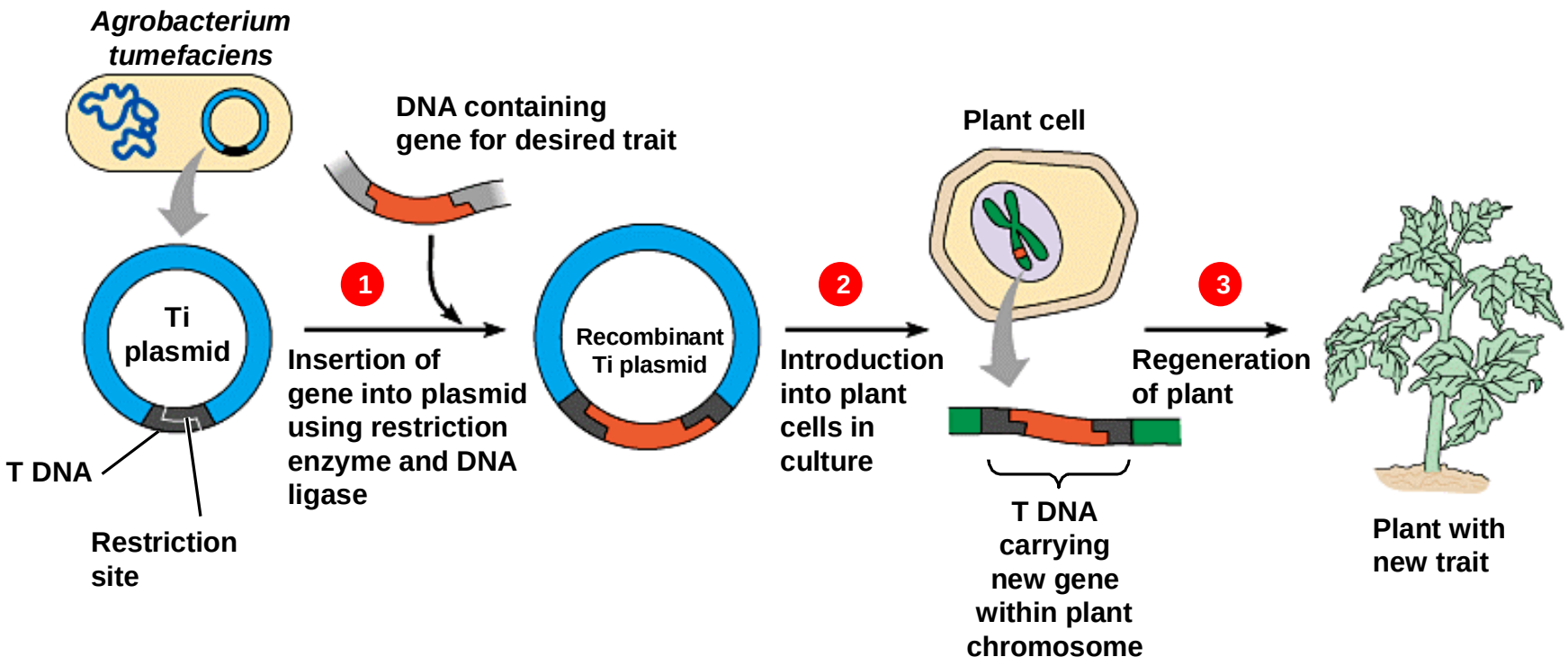


Figure 12.18A

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

شكل يوضح كيف تخلق المحاصيل المعدلة وراثيا بجينات معينة لتحسين الصفات الإقتصادية للنباتات وفيها إستخدمت الأجروبكتيريم كناقل للجينات.

http://www.scq.ubc.ca/?p=518

عملية إنتاج والتوسع فى زراعة النباتات المعدلة وراثياً بجينات المكافحة للحشرات سوف تؤدى إلى ما يلى :-

١- إنخفاض كبير جداً فى رش المبيدات الكيماوية على النباتات لمكافحة الآفات.

٢- إنخفاض 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 تحسن من كمية البروتين فى الغذاء

٩- تزيد من محتوى الغذاء من الكربوهيدرات

١٠- تزيد من الناتج المحصولي

١١- تحدث دفاع بيولوجى 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 ومصدر للمواد الصناعية الخام

ومع ذلك فإن مقاومة العوائل النباتية للآفات سوف تقلل من الحاجة لإستخدام المبيدات الحشرية فى مكافحة الآفات وهذا يتوافق مع بعض مكونات مكافحة الآفات فى برامج المكافحة.

من المعروف أن المبيدات الحشرية سامة جداً للوسائل الحيوية الطبيعية (الأعداء الطبيعية للآفات) ، تسبب تلوث بيئى ، تسبب أضراراً بالكائنات غير المستهدفة من إستخدام المبيدات Non-target organisms وتسبب أضراراً شديدة بالبيئة.

كما أن إستخدام العوائل النباتية المقاومة للآفات سوف يعمل على إنخفاض معدل الزيادة فى تعداد عشائر الحشرات فى المزارع الحقلية وسوف يعطى فرصة أكبر لعمل الأعداء الطبيعية للآفات.

الأشكال التالية توضح نباتات القطن وفول الصويا المعدلة وراثيا لمواجهة المسببات المرضية.

1- http://www.american.edu/projects/mandala/TED/SOYBEAN.HTM
http://www.pakissan.com/english/advisory/biotechnology/white.lie.about.the.bt.cotton.shtml

الشكل رقم ٢٠

الشكل رقم ١٩

المقاومة الحيوية للآفات بإستخدام المبيد الحيوي Bt

إن الاستخدام المكثف والعشوائى للمبيدات الكيميائية تسبب فى العديد من المشاكل لكل من الانسان والحيوان والبيئة.

وجد العلماء البديل الحيوى المناسب لهذه المبيدات الكيماوية متمثلا فى المقاومة الحيوية بإستخدام نوع من البكتريا يسمى " باسيلس ثيرونجينسيس ***Bacillus thuringiensis***" والتى تنتج أنواع من البروتينات السامة للحشرات دون أن تسبب أى اضرار على الكائنات الحية الأخرى. ويتم استخدام المخمرات ذات السعات العالية فى الانتاج الكمى للمادة الفعالة (البروتين السام) لتلك البكتريا.

تدخل 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.

عملية إستخدام النباتات المعدلة وراثياً بجينات Bt لمواجهة الآفات لها مميزات عديدة يترتب عليها إنعدام أو ترشيد إستخدام المبيدات الكيماوية ، غياب التأثيرات الضارة المتبقية لها فى التربة ، غياب تأثيراتها الضارة على الكائنات غير المستهدفة من إستخدام هذه المبيدات الكيماوية.

عملية إستخدام المبيد الحيوى Bt عن طريق الرش تؤدى إلى فقدان صفة الإستمرار 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 وراثياً بجينات Btيحدث فى خلاياها تعبير وإنتاج المادة البروتينية السامة فى خلايا الأنسجة النباتية.

تم إنتاج نباتات محولة وراثياً فى كل من البطاطا ، الذره ، القطن والتى حدث فى خلاياها تعبير لجينات Bt وإنتاج المادة البروتينية السامة، الأمر الذى أدى إلى إستمرار 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 يوضح المادة البروتينية السامة (الكريستال بروتين) الناتج بكتيريا الباسيلس ثيرونجنسز والذى يحدث المقاومة الحيوية ضد الهجمات الحشرية .

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

http://www.biosicherheit.de/imagescontent/lexikon/leximg_id39_145x93.jpg.

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

Fig. . European corn borer larva tunneling in a maize stalk
http://www.apsnet.org/education/feature/maize/top.htm

الشكل يوضح يرقات كيزان الذرة التى تتغذى علي الكوز ، بينما الشكل يوضح فى اليسار الاضرار الناشئة عن ثاقبات سيقان الذرة وفى 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 فى الحشرات ضد المحاصيل المعدلة وراثيا.

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

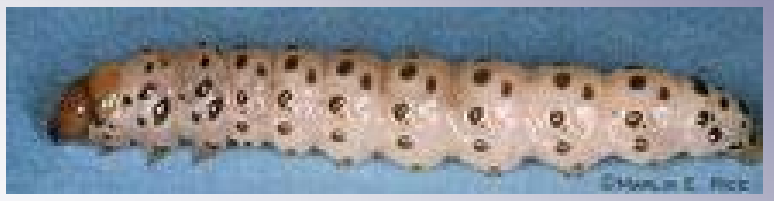


Fig. . Corn earworm larva .feasting on a maize ear

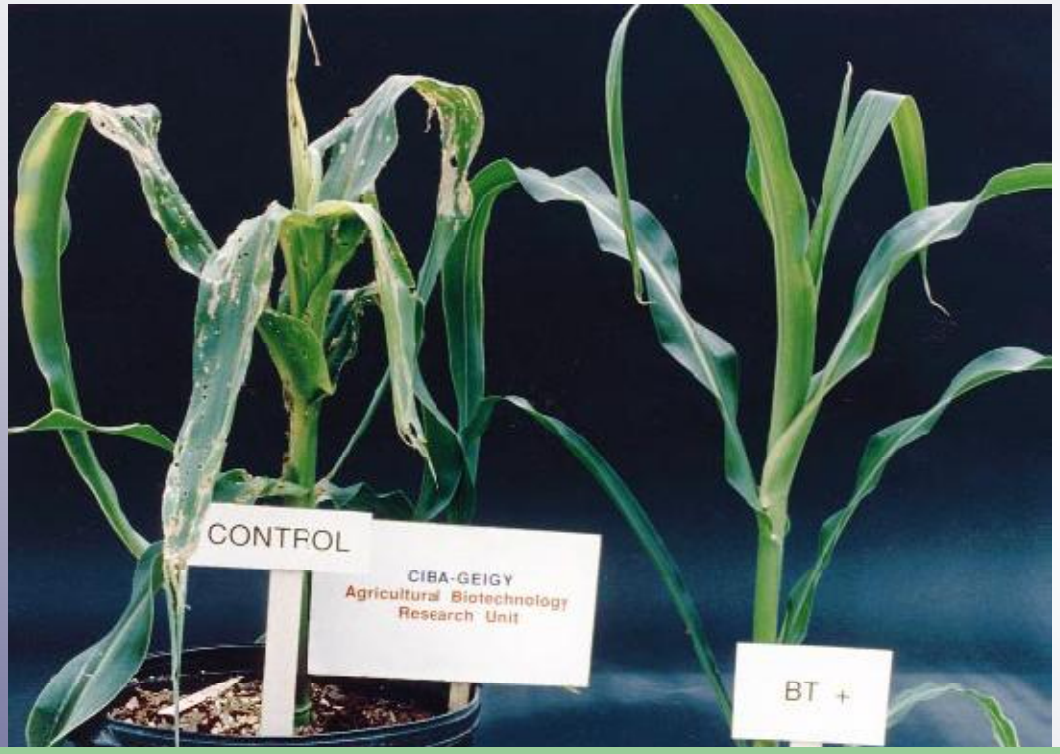


Figure . LEFT – Conventional maize attacked by the European corn borer larvae. RIGHT – Bt maize showing builtin protection to attack by European corn borer larvae.
http://www.apsnet.org/education/feature/maize/top.htm

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 الإستخدام فإن الأنسجة النباتية المختلفة لا تنتج نفس المادة البروتينية السامة الأمر الذى تسبب فى عدم تكوين صفة المقاومة فى الحشرات ضد هذا المبيد الحيوى .

Figure 26. The European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) is the pest most dreaded by the maize grower; it eats its way right through the stalk of the maize plant . http://www.apsnet.org/education/feature/maize/top.htm

تم نقل ***cryIA(b)* gene** المسئول عن تكوين المادة البروتينية السامة فى الباسيليس ثيرونجنسز **Bt** لنبات الكرنب بإستخدام ***Agrobacterium tumefaciens***، وقد إتضح من نتائج التهجينات أن الجين المسئول عن إنتاج المادة البروتينية قد حدث له إندماج فى جينوم الكرنب وقد حدث أيضا له نسخ **mRNA expression**، وقد نتج عن ذلك التعبير الجيني نشاط مضاد للحشرات (مقاومة حيوية) فى الكرنب ضد حشرة **Diamondback moth** .

الشكل التالي يوضح مدى المقاومة الحيوية لنباتات الكرنب المعدلة وراثيا مقارنة بالنباتات الغير معدلة وراثيا والتى أحدثت بها الحشرة أضرارا كبيرة.

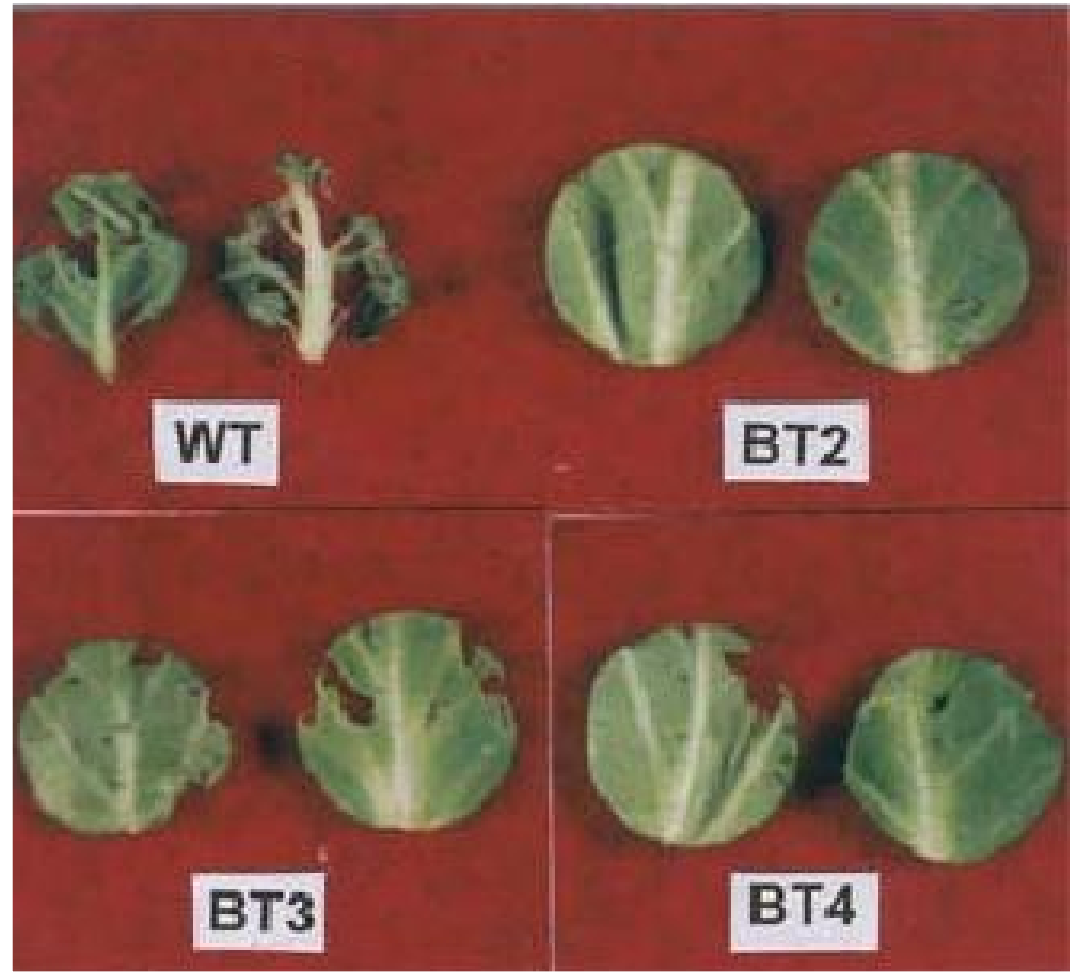


Figure . Insect-feeding bioassay of *Bt*-transgenics. Late secondinstar larvae of *P. xylostella* were released on leaf-discs of transgenic and wild type (WT) plants. Insect mortality and leaf area damage were recorded at 24 h after release.
www.iisc.ernet.in/currsci/jul252002/146.pdf

الشكل التالي يوضح اليرقات التى تمت تغذيتها على النباتات الغير معدلة (WT) وراثيا وتلك التى تمت تغذيتها على النباتات المعدلة وراثيا (T)

Figure . Inhibition of larval growth due to feeding on *Bt*-trangenics. Growth of the larvae after 24 h feeding on transgenics and wild type leaf-discs was compared. T, Larvae fed on transgenic leaf-discs; WT, Larvae fed on wild type leaf-discs.
www.iisc.ernet.in/currsci/jul252002/146.pdf