

تطبيقات الهندسة الوراثية في مجال إنتاج أصناف مقاومة للأمراض والآفات

تيمور نصر الدين¹

الخلاصة

تعد تقنيات الهندسة الوراثية من الوسائل الفاعلة في تحسين الانتاج الزراعي. ومن الأليات التي وفّرتها هي إمكانية نقل جين أو أكثر تحمل خصائص مرغوبة من كائن حي إلى المحاصيل الاقتصادية. فإمكانية نقل الجين المسؤول عن إنتاج بروتين سام Bt من بكتريا مرضية للحشرات إلى محاصيل اقتصادية اكسب هذه المحاصيل صفة مقاومة للحشرات دون الحاجة لاستخدام مبيدات كيميائية لمكافحتها. وكذلك نقل الجين المسؤول عن صناعة الغلاف البروتيني في الفيروسات الممرضة للنباتات إلى النبات العائل أكسب نباتات العائل الحاملة لجين صناعة الغلاف البروتيني للفيروس صفة مقاومة لذلك الفيروس. وبصورة عامة فإن مزايا التقنيات الحيوية وما رافقها من هندسة وراثية لمحاصيل اقتصادية متعددة أثبتت جدواها في الإنتاج التجاري في الدول المتقدمة والنامية على حد سواء. فتبني التقنيات الحيوية في الدول العربية لمعالجة المشاكل الرئيسية التي تعترض التطور الزراعي فيها بات ضروريا لعدم التمكن من تجاوز هذه المعوقات بالطرق التقليدية السائدة.

الكلمات المفتاحية: النباتات المحورة وراثياً؛ مقاومة الفطريات والفيروسات والحشرات؛ الأمان الحيوي.

مقدمة

أيضاً إلى نقص الصادرات من هذه المحاصيل وخاصة في الدول النامية لذلك استخدم المزارعون المبيدات الكيماوية لحماية محاصيلهم. وبدأ استخدام المبيدات الكيماوية بصورة واسعة في القرن العشرين بعد نهاية الحرب العالمية الثانية وأخذ استهلاك هذه المبيدات في التعاظم حتى وصل إلى معدل تجاوز 10 ملايين طن ولكن الاستخدام المكثف والعشوائي لهذه المبيدات تسببت في الكثير من المشاكل للإنسان والبيئة حيث زادت نسبة التلوث الكيميائي لمصادر المياه والهواء مما أدى إلى حدوث خلل بيئي ظاهر وملموس والذي أدى بدوره إلى اتجاه العلماء لإيجاد البديل الحيوي المناسب لهذه المبيدات الحشرية وتوصل العلماء لتحديد نوع من البكتريا العصوية تسمى (*Bacillus thuringiensis*). تم عزل أول سلالة من هذه البكتريا في اليابان عام 1901 ثم في ألمانيا عام 1911 وتنتج هذه البكتريا أنواع مختلفة من البروتينات السامة للحشرات على هيئة بلورات أثناء تجرثمها وهي سُموم متخصصة لدرجة عالية. إذ أثبتت الدراسات المختلفة أنها غير ضارة لأي من الكائنات الحية الأخرى عدا عائلها من الحشرات. وكان الاتجاه بعد ذلك هو عزل الجينات المسؤولة عن إنتاج البروتينات السامة Bt من البكتريا واستخدام هذه الجينات في إنتاج نباتات معدلة التركيب الوراثي تستطيع إنتاج البروتين السام داخل انسجتها وبالتالي اكتساب مناعة ضد الحشرات (Ishida et al., 1996 وLupotto et al., 1999 وBronwyn et al., 2002).

1.1. أصناف قطن مقاومة:

يعتبر القطن المحصول الرئيسي في الهند حيث تتم زراعته على مساحة تقدر بحوالي 9.3 مليون هكتار، وهي تمثل أكبر مساحة لزراعة القطن في العالم. ويقوم بزراعة القطن أكثر من 4 مليون مزارع من أصحاب الحيازات الصغيرة والمتوسطة. ومن الملاحظ أن هناك انخفاضاً كبيراً في محصول القطن في الهند مقارنةً بالمتوسط العالمي، ويرجع هذا إلى الخسائر الفادحة الناتجة عن الإصابة بالآفات الحشرية وخاصة ديدان لوز القطن، وتقدر تلك الخسائر بحوالي 10-14% سنوياً (Bronwyn et al., 2002 وClover, 2003 وJames, 2006).

النباتات المعدلة أو المحورة وراثياً هي نباتات تحتوي على جين أو عديد من الجينات يتم إدخالها بطريقة غير تقليدية بدلاً من اكتساب النباتات لها عن طريق التلقيح الطبيعي. وهذا الجين الذي يعرف بالجين المنقول من الممكن الحصول عليه من نباتات أو أي كائن حي آخر والنبات الناتج يطلق عليه نبات معدل وراثياً. تستخدم في التعديل الوراثي طريقتين أساسيتين في إدخال الجينات إلى النباتات. الطريقة الأولى والأكثر شيوعاً وخاصة في المحاصيل ذات الفلقتين هي استخدام بكتريا *Agrobacterium* خلال زراعة الأنسجة النباتية. الطريقة الثانية يطلق عليها (قاذف الجينات) وهذه العملية تتم من خلالها تحميل قطعة DNA على جزيئات دقيقة من الذهب أو التنجستين ثم تقذف إلى الخلايا النباتية المستقبلية عن طريق جهاز الدفع المباشر.

وتتمثل الخطوات الأساسية للحصول على نبات معدل وراثياً في عزل الجين المراد استخدامه من الكائن الحي سواء كان بكتريا أو فيروس أو نبات أو غير ذلك ثم عمل Construct يتضمن هذا الجين وجينات أخرى مساعدة وفي نفس الوقت يتم تطوير البروتوكولات الخاصة بزراعات الأنسجة كل حسب نوع المحصول حتى تلائم إجراء عمليات Transformation ثم يلي ذلك إجراء بعض الاختبارات العملية للتأكد من دخول هذه الجينات إلى داخل النبات المعدل وراثياً وثبات هذه الصفة ثم إجراء تجارب التقييم الحيوي Bio-assay والتقييم الحقل للمحصول مع مراعاة شروط الأمان الحيوي قبل تسجيله كصنف جديد معتمد. ويستعرض المقال إنتاج أصناف مقاومة للحشرات ومُسببات الأمراض الفيروسية والفطرية.

1. إنتاج نباتات مقاومة للحشرات

مما لا شك فيه أن الإصابة بالآفات الحشرية تمثل خسارة اقتصادية كبيرة في إنتاجية المحاصيل المختلفة وبالتالي تؤدي

1. معهد بحوث الهندسة الوراثية الزراعية، مركز البحوث الزراعية، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، 9 شارع الجامعة، الجيزة، جمهورية مصر العربية. فاكس: 5731574-202+. بريد إلكتروني: taymour47@yahoo.com

الحشرية الرئيسية وفي عام 1993 تم إنتاج القطن المعدل وراثياً لأول مرة في الصين أما في عام 1997 فقد صرحت لجنة الأمان الحيوي الصينية باستخدام القطن المعدل وراثياً على المستوى التجاري وحالياً يتم إنتاج وزراعة اثنان وعشرون صنفاً من القطن المعدل وراثياً على نطاق تجاري تغطي مساحة تقدر بحوالي 1.5 مليون هكتار ويأتي الجزء الأكبر من أصناف القطن المعدل وراثياً من المعاهد الحكومية الصينية. لقد استفاد ما يزيد عن أربعة ملايين مزارع صيني من زراعة القطن المعدل وراثياً (James, 2006).

تعتبر أعظم فائدة من زراعة القطن المعدل وراثياً هي استخدام أقل قدر من مبيدات الآفات. ففي عام 2001 زادت المساحة المنزرعة بالقطن المعدل وراثياً مما أدى إلى انخفاض استخدام المبيدات بمقدار 78'000 طن، وهذا المقدار يمثل حوالي ربع كمية المبيدات التي تم استخدامها في الصين في منتصف التسعينات ونتج عن ذلك خفض تكاليف الإنتاج بمقدار 20%-33%. كما أدى انخفاض استخدام المبيدات إلى انخفاض أعداد المزارعين الذين يصابون بالتسمم بالمبيدات كل عام. يعتبر خفض تكاليف الإنتاج من أهم الفوائد الاقتصادية الناتجة عن زراعة القطن المعدل وراثياً. فقد أنفق المزارعون مبالغ أقل على المواد الكيماوية والعمالة. يُضاف لما سبق انخفاض تكاليف البذور حيث يتم استخدام كمية أقل من البذور المعدلة وراثياً عند زراعتها مقارنة بكمية البذور التقليدية المستخدمة في الزراعة. والجدير بالذكر أن زيادة المحصول واتساع الرقعة المنزرعة بالقطن المعدل وراثياً أدت إلى انخفاض سعر القطن، الأمر الذي أدى إلى استفادة المستهلكين من انخفاض الأسعار (Brookes and Barfoot, 2005).

مما سبق يتضح أن هناك تأثيراً إيجابياً على مزارعي ومستهلكي القطن المعدل وراثياً في الصين متمثلاً في زيادة الإنتاج وزيادة صافي الدخل لصغار المزارعين، هذا إلى جانب الفوائد الناتجة عن حماية المحصول من الآفات ومن ترشيد استخدام المبيدات وتوفير العمالة والحصول على دخل مرتفع وخفض التأثير السلبي على صحة الإنسان والبيئة (James, 2006).

يساهم محصول القطن في جنوب أفريقيا بحوالي 50 مليون دولار سنوياً بالنسبة للدخل القومي، وتتم زراعته في مساحة تقدر بحوالي 100'000 هكتار، وتتميز أغلب المساحة المنزرعة بأنها مناطق حارة وجافة. ويقوم بزراعة القطن حوالي 1'500 من كبار المزارعين علي مستوي تجاري وحوالي 3'600 من أصحاب الحيازات الصغيرة. ويعتبر القطن المحصول الرئيسي وأهم مصدر للدخل.

ومع ظهور التقانة الحيوية الحديثة في جنوب أفريقيا وتأثير استخدام الكائنات المعدلة وراثياً في عام 1997، وأثناء مناقشات باقي دول أفريقيا مع دول أخرى من العالم النامي، بدأ المزارعون أصحاب الحيازات الصغيرة في زراعة القطن المعدل وراثياً Bt Cotton (Clover, 2003).

أدى استخدام المزارعين للقطن المعدل وراثياً إلي انخفاض تكاليف الإنتاج وذلك بسبب انخفاض استخدام مبيدات الآفات وبالتالي تكاليف العمالة، بالإضافة إلي الزيادة الملموسة في

ولهذا فقد عملت الهند على زيادة إنتاجها من القطن وذلك عن طريق نشر زراعة القطن المعدل وراثياً Bt Cotton بين المزارعين. وقد نقل بروتين بكتيريا Bt كصفة مرغوبة إلى 40 سلالة من القطن الهندي كما تم إجراء تجارب حقلية باستخدام تلك الأصناف على مساحة كبيرة على مدى ثلاث سنوات.

أدت زراعة القطن المعدل وراثياً إلى زيادة في المحصول تقدر بحوالي 24-56% وذلك عند مقارنتها بهجن القطن غير المعدلة وراثياً. اضطر مزارعو القطن في بعض مناطق الهند إلى زيادة الرش بمبيدات الآفات وذلك بسبب المقاومة المتزايدة التي أظهرتها دودة لوز القطن لبعض مبيدات الآفات حيث بلغ عدد مرات الرش بالمبيدات من 15-18 مرة لمكافحة ديدان اللوز بينما نجد أن هناك انخفاضاً ملحوظاً في استخدام المبيدات عند زراعة القطن المعدل وراثياً قد يصل إلى أكثر من 80% حيث يتطلب هذا القطن الرش بالمبيدات مره واحدة عند الإصابة الشديدة بديدان اللوز مقارنة بأربعة رشات في حالة القطن غير المعدل وراثياً. كما أن خفض استخدام مبيدات الآفات أدى إلى زيادة في صافي العائد تقدر بحوالي 43 دولار/هكتار أي ما يساوي 14% من صافي العائد الناتج من زراعة القطن غير المعدل وراثياً. إن استخدام القطن المعدل وراثياً Bt Cotton في الهند سوف يلعب دوراً هاماً في عملية التنمية والدخول في حلبة المنافسة وذلك بسبب فوائده الناتجة عن زيادة المحصول وخفض استخدام المبيدات.

تأمل الصين أن تكون إحدى الدول القيادية عالمياً في مجال أبحاث التقانة الحيوية بالإضافة إلى توفير متطلباتها المحلية من تلك التقانة ويعتمد صناع السياسة في الصين على اعتبار التقانة الحيوية وسيلة استراتيجية هامة لتطوير الأمن الغذائي وزيادة الإنتاجية الزراعية وخلق مكانه تنافسيه لها بين الدول في الأسواق العالمية. وتأتي تلك المكانة القيادية للصين نتيجة وعي وإدراك صانعي السياسة بأن هناك مخاطر مرتبطة بالاعتماد على استيراد التقانة لضمان الأمن الغذائي المحلي بالإضافة إلى أن الاستثمارات الحالية الخاصة بأبحاث التقانة الحيوية الزراعية توجه إلى تطوير بعض المحاصيل مثل القطن والحبوب والمحاصيل الزيتية حيث أنها لا تتمتع بميزات نسبية في الأسواق العالمية ولهذا فإن الصين تهدف إلى توجيه إنتاجها إلى السوق المحلي لتلبية احتياجات المزارعين الفقراء (James, 2006).

ونظراً لزيادة طلب المنتجين للمحصول على أفضل تقانة ورغبة المستهلك في الحصول على منتجات رخيصة الثمن وزيادة حجم ومعدلات الاستثمار في مجال الأبحاث ومراعاة قواعد الأمان الحيوي ونجاح تطوير التقانة في السنوات الماضية يتضح من العوامل السابقة أن التقانة الحيوية سوف تستمر لصنع مستقبل الصين.

تعد الصين رائدة في إنتاج واستهلاك القطن على مستوى العالم حيث يمثل القطن المحصول النقدي لها ويقوم بزراعته أصحاب الحيازات الصغيرة من المزارعين وتسبب دودة لوز القطن وهي الآفة الرئيسية لهذا المحصول أضرار خطيرة في مناطق زراعة القطن وفي عام 1991 بدأت الأكاديمية الصينية للعلوم الزراعية في تطوير القطن المعدل وراثياً Bt Cotton لمقاومة الآفات

مسببة خسائر وتكاليف مكافحة تصل إلى بليون دولار أمريكي في الموسم. وتستطيع الذرة المقاومة للحشرات والتي تحمل جين CryIAb المساهمة في حل المشكلة وذلك بتقليل الخسائر الناتجة من الحشرات إلى النصف (Zhao et al., 1995 و James, 2006 و Negrotto et al., 2002 و al., 1999).

تعتبر ثاقبات الذرة من أخطر الآفات التي تهاجم محصول الذرة الشامية وتحد من إنتاجيته وجودة محصوله، وتنتشر هذه الثاقبات في جميع بلدان العالم ومنها مصر وهو ما جعل هذه الآفة من أهم الآفات الاقتصادية الخطيرة في حقول الذرة. ولقد لجأ المزارعون إلى طرق كثيرة لمكافحة هذه الآفة منها تنظيف التربة والتخلص من السوق المصابة وإطلاق الأعداء الطبيعية مثل الطفيليات والمفترسات، كما أوصى علماء المحاصيل بالزراعة في موعد ضيق للغاية تكون فيه الإصابة أقل ما يمكن وذلك لتفادي أكبر قدر من الخسائر ولكن كل هذه الخطوات لم تساعد في خفض الخسائر الناجمة عن الإصابة فقد أظهرت الدراسة أن الأنواع الثلاثة من الثاقبات وهي دودة القصب الصغرى والكبرى والأوروبية جميعها تهاجم الذرة في مصر ليس فقط في المواعيد المبكرة للزراعة والمواعيد المتأخرة (النيلي) ولكن في الفترة الصيفية الموصى بها.

برغم أن عدد كبير من الهكتارات تصاب سنويا بالثاقبات إلا أن نسبة صغيرة من هذه المساحة المصابة يتم رشها بالمبيدات وذلك لقلة تأثيرها وارتفاع أسعارها ولذلك سيظل استخدامها في نطاق محدود ويرجع ذلك لعدة أسباب منها: أن المقاومة بالمبيدات الحشرية لكي يكون لها نسبة معقولة من النجاح أن يتمكن المبيد من ملامسة الآفة وهو ما يحدث في أوقات قليلة ومحددة نظراً لاختفاء الآفة داخل سوق الذرة وأيضا أن تكون المعاملة في ميعاد محدد تحدده المعرفة الدقيقة لتعداد الآفات ومستوى الإصابة بها وقد يتطلب الأمر اللجوء إلى استخدام أكثر من مبيد حشري واحد لمكافحة الثاقبات. ناهيك عن أن الأثر الباقي للمبيدات الكيماوية في النباتات المستخدمة كعلف حيواني أو لتغذية الإنسان وتأثيرها السلبي على البيئة يعتبر عائقا في زيادة الاعتماد عليها مستقبلاً.

تتعرض الذرة الشامية للإصابة بأجيال متعاقبة من الثاقبات علاوة على أن الثقوب الناتجة من تغذية الآفة تسهل دخول مسببات الأمراض التي تسبب تعفن الساق والكيان وإفراز السموم الفطرية خاصة الميكوتوكسينات (كالأفلاتوكسينات). ومما سبق يتبين أن تداخل وتعدد هذه الأجيال يجعل من المكافحة عملية صعبة ومكلفة وقليلة الجدوى ويزيد من صعوبة عملية المكافحة.

لقد برهنت الذرة المقاومة للحشرات على سلامتها وكفاءتها الإنتاجية، وقد اجتازت جميع التجارب الخاصة بالسلامة الغذائية وكعلف للماشية كما برهنت الذرة المقاومة للحشرات على أنها آمنة للبيئة ولها قدرة عالية على مكافحة الآفات الحشرية حرشية الأجنحة وهذا ما شجع المزارعين على استخدام هذه الأصناف المنتجة بالتقانة الحيوية وزراعتها في 99 مليون هكتار في السنوات العشر الأخيرة (James, 2006).

إن الانتشار الواسع لأصناف الذرة المقاومة للحشرات Bt قد زاد

إنتاجية المحصول والتي تقدر بحوالي 27-40%. وبالرغم من ارتفاع تكاليف بذور القطن المعدل وراثياً، إلا أن انخفاض تكاليف الإنتاج وارتفاع الإنتاجية تحقق للمزارع إجمالي فرق يقدر بحوالي 50 دولار لكل هكتار .

أدت زراعة القطن المعدل وراثياً إلى خفض عدد مرات الرش بمبيدات الآفات من 10 إلى 4 مرات لكل موسم، كما أدت إلى التبريد في برامج المقاومة لذلك انخفضت المخاطر الناتجة عن الإصابة بدودة اللوز والتي تعتبر أخطر آفة حشرية تصيب محصول القطن. انخفاض استخدام مبيدات الآفات ونتج عن ذلك انخفاض عدد المزارعين المصابين بالتسمم نتيجة تعرضهم لتلك المبيدات وهؤلاء المزارعون هم الذين لا يستخدمون الملابس الواقية أثناء عملية الرش بالمبيدات ولا يتبعون وسائل الأمان الخاصة بتلك العملية.

ومن الناحية الاجتماعية أدى توفير الوقت لدى المزارعين وأسرهم إلى استغلاله في زراعة محاصيل أخرى وقضاء وقت أكبر في المدارس، بالإضافة إلى المكاسب التي من المتوقع أن تحصل عليها تلك التجمعات الزراعية. أما عن الناحية الصحية فقد استفاد عامة الناس وأيضاً البيئة وذلك نتيجة انخفاض استخدام مبيدات الآفات، وبالتالي انخفاض تكاليف إنتاجها وشحنها وتخزينها وكذلك انخفاض مخاطر التعرض لها (Brookes & Barfoot, 2005 و Clover, 2003).

في مصر تم توقيع عقد مع شركة مونسانتو متعددة الجنسيات لإنتاج قطن مصري طويل التيلة مقاوم للحشرات عن طريق نقل جينات المقاومة من القطن الأمريكي المعدل وراثياً إلى القطن المصري باستخدام طرق التهجين التقليدية ثم التهجين الرجعي للحصول على قطن مصري ذو المواصفات العالية بالإضافة إلى مقاومته للحشرات وتقام هذه التجارب تحت الظروف الحقلية في مصر ومن المنتظر انتهائها خلال عامين يتم بعد ذلك التسويق التجاري له .

وهذا يبرهن على أن استخدام التقانة ومع وجود إستراتيجيات زراعية أخرى، يعتبر أداة فعالة لمساعدة المزارعين في الدول النامية كما يؤدي إلى زيادة الإنتاج وتحسين المستوى الصحي والارتقاء بالناحية الاقتصادية والاجتماعية (Firoozabady, 1990 و Bayley, 1992 و Finer & McMullen, 1990 و Gould & Magallanes-Cedono, 1997 و Sawahel, 2001 و 1998).

2.1. أصناف ذرة مقاومة:

تعد الآفات حرشية الأجنحة خاصة ثاقبات الساق من أهم الآفات الحشرية ذات القيمة الاقتصادية التي تصيب محصول الذرة الشامية أو الصفراء *Zea mays*. وتصيب هذه الآفات ما يقرب من نصف (46%) مساحة الذرة الشامية المنزرعة في الخمس وعشرون دولة التي تعتبر الذرة الشامية محصولاً رئيسياً بها. وتبلغ نسبة الإصابة الحشرية 40% في المناطق المعتدلة و60% في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. وتصيب دودة جنود الذرة 20 مليون هكتار في شمال وجنوب أمريكا وهي بذلك تحتاج إلى استخدام كمية أكبر من المبيدات عن أي آفة أخرى

الجديدة وما يتبعه من إضافة صفات جديدة لهذه المحاصيل إلا أنه من المؤكد أن كمية البروتين المنتجة عن طريق هذه الجينات من الناحية الكمية ضئيلة جداً وهذا البروتين يعاد هضمه في معدة الإنسان أو الحيوان كأى بروتين آخر حيث يتم تكسيره في عملية الهضم

من أجل رفع مستوى معيشة المزارعين أصبحت الفلبين أول دول آسيا في إقرار زراعة الذرة المعدلة وراثياً المقاومة للحشرات (Bt Corn) وقد أكدت التجارب قدرتها على مقاومة الآفات مثل ثاقبات الذرة الآسيوية كما أوضحت زيادة المحصول بمقدار 41% وزيادة أرباح المزارعين بنسبة 25% مقارنة بمتوسط أرباح الأصناف التقليدية للذرة.

يعتمد مزارعون في الفلبين على زراعة الذرة كمصدر أساسي للدخل ولسوء الحظ نجد أن ثاقبات الذرة الآسيوية تتسبب في خسائر فادحة في المحصول تقدر بحوالي 10% إلى 30% سنوياً، لذلك فإن زراعة الذرة المعدلة وراثياً Bt Corn المقاومة للآفات تلقى قبولاً في الفلبين وغيرها من الدول النامية. في عام 2001 تم إجراء التجارب الحقلية للذرة المعدلة وراثياً في ثلاثة مناطق بالفلبين، وكان الهدف من تعدد الأماكن هو إجراء تقييم اقتصادي - اجتماعي لتأثير زراعة الذرة المعدلة وراثياً ومقارنة ذلك بالذرة التقليدية.

وقد كانت أوجه المقارنة تنحصر في أربعة عوامل هي الزيادة في المحصول المنتج وتكلفة الإنتاج وصافي الربح ومستوى المعيشة، وعند مقارنة التكلفة أتضح أن سعر بذور الذرة المعدلة وراثياً قد يتماثل أو يزيد قليلاً عن سعر بذور الذرة التقليدية، كما أوضحت النتائج أن هجن الذرة المعدلة وراثياً تعطى غلة أكثر مقارنة بهجن الذرة التقليدية وذلك بنسبة 41% إلى 60%، كما دلت النتائج على انخفاض تكاليف الإنتاج عن تكاليف الذرة التقليدية بنسبة 24%. ونتيجة لتلك المقارنات يتضح تأثر مستوى المعيشة نتيجة استخدام تلك التفاضل. إن الاستخدام الآمن والمتعقل للتقانة الحيوية يعد اختياراً تدعمه الحكومة الفلبينية من أجل التحديث الزراعي ورفع مستوى معيشة المزارعين (James, 2006).

صرحت وزارة الزراعة الأرجنتينية مؤخراً باستخدام صنف من الذرة الشامية المقاوم للحشرات وفى نفس الوقت مقاوم للحشائش وهو يحتوى على أكثر من جين واحد وذلك في الموسم الزراعي 2007-2008 ويبدو أن الصفات المجمعة في محصول واحد مقاوم للحشرات والحشائش في نفس الوقت قد تكون السمة التي تميز محاصيل التقانة الحيوية في الحقبة القادمة وقد تمت الموافقة بعد إجراء التجارب من خلال نظم الأمان الحيوي بالأرجنتين. ويعتقد المسؤولون بالشركة المنتجة أن هذا السماح يعطى فرصة لزيادة الإنتاجية التي تقدر بحوالي 5-7% وخاصة أن الإصابة بالآفات في الذرة في بعض الأحيان قد تصل إلى 80% في هذه المناطق هذا بالإضافة إلى أن مقاومة الحشائش وهى عامل منافس للنبات ماوى للحشرات التي تصيب النبات.

إن إصابة كيزان الذرة قبل الحصاد وأثناء التخزين بالفطر (*Aspergillus flavus*) مسبباً التلوث بالسموم الفطرية (خاصة Aflatoxins) كمشكلة كبيرة تواجه مزارعي الذرة على مستوى

من إنتاج الذرة بما يعادل 35 مليون طن تقدر قيمتها بحوالي 3.7 مليون دولار أمريكي في العام. وقد زاد محصول الذرة نتيجة زراعة هذه الأصناف المنتجة بالتقانة الحيوية والمقاومة للحشرات بنسبة 5% في المناطق المعتدلة و10% في المناطق الاستوائية حيث تختلف نسبة الإصابة الحشرية حسب منطقة الزراعة. وبنظرة على مستقبل الذرة المقاومة للحشرات Bt على مستوى العالم نرى أن هناك زيادة معنوية في المساحة والمحصول سوف تحدث على المدى القريب.

لقد اختار مزارعو الذرة الأصناف المقاومة للحشرات Bt لقيمتهما العالية وزيادة العائد من زراعتها وكفاءتها في مقاومة الآفات الزراعية والتي ينفقون عليها كثيراً من المال والجهد والوقت لمكافحةها عند زراعة الأصناف التقليدية. وتعتبر دودة جذور الذرة من أهم الأمثلة حيث أنها تصيب حوالي 13 مليون هكتار في الولايات المتحدة الأمريكية وبهذا سوف توفر الأصناف المنتجة بالتقانة الحيوية ما يعادل 460 مليون دولار أمريكي سنوياً لمكافحة هذه الآفة كما يوفر المزارع 289 مليون دولار أمريكي سنوياً إذا استخدم الذرة المقاومة للحشرات Bt والمنتجة بالتقانة الحيوية (James, 2006).

قدراً علماء معهد الأبحاث الزراعية والتكنولوجيا IRTA بكتالونيا في اسبانيا متوسط الزيادة في إنتاج الذرة المقاومة للحشرات Bt بحوالي 7.3% وهو ما يعادل 1'055 كجم/هكتار وذلك مقارنة بأصناف الذرة التقليدية. وقد لاحظ العلماء زيادة في جودة الحبوب والتي انخفضت بها السموم الفطرية بـ 83% كما لاحظ العلماء أن الأصناف المنتجة بالتقانة الحيوية أظهرت مقاومة للفطريات الممرضة للذرة. والجدير بالذكر أن هناك ما يزيد عن 53'000 هكتار قد تم زراعتها بأصناف الذرة المقاومة للحشرات في اسبانيا خلال عام 2005. ولقد أكدت الدراسة على أهمية وجود منطقة عازلة تقدر بحوالي 15-20 متر بين الأصناف المقاومة للحشرات والأصناف التقليدية وهى مسافة كافية لتحقيق نظرية التعايش بينهما.

من أحد فوائد استخدام المحاصيل المقاومة للحشرات Bt Crops في الذرة هو تحسين كفاءة الحبوب التي تؤكد أمان الغذاء الأدمي والحيواني لتلك الحبوب. وقد أثبت الباحثون أن تقليل الأثر الضار من الحشرات التي تصيب الحبوب في الكوز والتي تعتبر المصدر الرئيسي للإصابة بالفطريات الثانوية مثل الفيوزاريوم ويظهر تأثيرها أيضاً في المخزن ومن ناحية أخرى ينتج عن بعضها سموم Micotoxins التي تؤثر على الحيوانات أو الإنسان الذي تغذى عليها. قد تصل نسبة انخفاض الأثر الضار إلى 90-93%.

وقد أثبتت التجارب المكثفة أن منتجات البيوتكنولوجي والتي ينتج عنها بروتينات نتيجة لدخول جينات معينة - هذه البروتينات آمنة تماماً للاستهلاك الأدمي كما أنها لم تغير في طعم ونكهة الطعام المعتاد أو على غذاء الحيوان أو تؤثر على البيئة فمن الواضح أن مميزات المحصول لم تتغير كذلك التركيب الكيماوي للنبات مقارنة بالنباتات غير المعدلة.

هذا وبالرغم من حدوث إضافة من الجينات أو البروتينات

في هذا الصدد لإحداث مقاومه للفيروسات. استخدم منها إدخال الجين المسؤول عن الغلاف البروتيني للفيروس Coat protein gene وقد تم نقل الجين عن طريق بكتريا *Agrobacterium* وهي نوع من البكتريا تمتاز بقدرتها على نقل الجين أثناء عدوى النباتات وتستخدم هذه الطريقة بكفاءة في النباتات ذات الفلقتين كما هو الحال في نباتات البطاطس. كما استخدمت طرق البيولوجيا الجزيئية للتأكد من انتقال الجين الجديد إلى النباتات وارتباطه بالمجموعة الكروموسومية للنبات ما تم التأكد من التعبير الدال على عمل هذا الجين.

تم استخدام تقانات الهندسة الوراثية الحديثة والبيولوجيا الجزيئية لإنتاج نباتات بطاطس معدلة التركيب الوراثي ومقاومة لفيروس Y البطاطس مما يؤدي إلى زيادة إنتاجية المحصول كما يقلل الاعتماد على المبيدات الكيماوية التي تستخدم لمقاومة حشرات المن الناقلة للفيروس أثناء موسم النمو. ومن ناحية أخرى المحافظة على سلامه البيئة من التلوث الناتج عن طريق هذه المبيدات والحفاظ على صحة الإنسان وقد روعي أثناء تنفيذ التجارب الخاصة بالبيولوجيا الجزيئية بهذا البحث أن تتم في نطاق تعليمات الأمان الحيوي.

ترجع أهمية هذا البحث من الناحية التطبيقية إلى إنتاج نباتات بطاطس معدلة التركيب الوراثي ومقاومة لفيروس Y البطاطس والذي يسبب خسائر كبيرة للمحصول وهذا يؤدي إلى زيادة إنتاجيته وجودته. ويؤدي إلى تقليل الاعتماد على المبيدات التي يتم استخدامها لمقاومة الحشرات الناقلة لهذا الفيروس خلال موسم النمو كما يحافظ على سلامة البيئة من التلوث كذلك يشجع على زيادة الرقعة الزراعية من أراضى الاستصلاح الجديدة لزراعه البطاطس. ومثال آخر هو فاكهة الباباوا المحور وراثياً ضد الفيروس حيث تم تطويره في هاواي ويحتوي علي جين الغلاف البروتيني لفيروس PRSV ويعتبر البروتين الناتج من الغلاف البروتيني لهذا الفيروس حماية ضد هذا الفيروس. هذا المنتج متوفر في الولايات المتحدة الأمريكية وقد أنقذ زراعة الباباوا في هاواي (James, 2006).

قام العلماء في كينيا بإجراء أبحاث تهدف إلي إنتاج بطاطا sweet potato مُعدلة وراثياً لمقاومة الفيروسات والذي يتسبب عنه خسائر تقدر بحوالي 80% من المحصول. وقد توالي العمل البحثي في كينيا من خلال معهد البحوث الزراعية الكيني بالتعاون مع عدة منظمات دولية، ويهدف البحث إلى نقل صفات مقاومة الفيروس إلى أصناف البطاطا الكينية باستخدام الهندسة الوراثية .

ويوجد في معهد البحوث الزراعية الكيني (KARI) معمل التقانة الحيوية الخاص بالتعديل الوراثي للبطاطا الأفريقية المحلية وقد تم تطويره لإجراء التجارب المعملية للنباتات المعدلة وراثياً. ويعتبر هذا المشروع وسيلة محفزة لتشكيل وتفعيل نظام الأمان الحيوي والنظام المصدق عليه بشأن إدخال المحاصيل المعدلة وراثياً الأخرى إلى كينيا

يعد محصول الكوسة واحد من أهم محاصيل الخضر في مصر ولكنه يصاب بالأمراض الفيروسية بشدة وخاصة فيروس

العالم. النوع السائد هو B1 وهو أقوى مسبب أساسي للسرطان في الطبيعة وقد ظهر من خلال بعض الدراسات الحديثة أنه يوجد بروتين معين (glyoxalase) أظهر أهمية في دور المقاومة خلال التحكم في مستوى Methylglyoxal وهو أساس إنتاج الأفلاتوكسين aflatoxin وقد قادت هذه الدراسات إلى تحديد جينات محددة تساعد على تحديد الأصناف المقاومة لتراكم هذه السموم في الذرة (Clover, 2003).

2. إنتاج أصناف محاصيل مقاومة للفيروسات

تستخدم عدة طرق للحصول على نباتات معدلة التركيب الوراثي ومقاومة للفيروس أهمها استخدام جين الغلاف البروتيني للفيروس Coat Protein Gene وفيها تتم الحماية عن طريق إدخال هذا الجين إلى النبات حيث ينتج غطاء بروتيني للفيروس بصفة مستمرة داخل خلايا النبات وعند دخول الفيروس الحقيقي لعدوى النبات وأثناء التضاعف حيث تقتضى التخلص من الغطاء البروتيني، يواجأ الفيروس بتكوين غطاء بروتيني له فيحدث ارتباك وعدم استمرار التضاعف الفيروسي ويتم تحديد إقامته في الخلية فلا يتكاثر أو ينتقل من هذه الخلية. وقد استخدمت هذه الاستراتيجية بنجاح في مقاومة بعض الفيروسات وخاصة فيروس البطاطس (X) وفيروس البطاطس (Y) ومرض التبرقش الأصفر على القرع ZYMV الذي يصيب القرعيات وغيرها .

يعتبر محصول البطاطس من المحاصيل الاقتصادية الهامة على المستوى العالمي حيث يمثل هذا المحصول الترتيب الرابع كمحصول غذائي يأتي بعد مجموعة الحبوب الرئيسية وقد بلغت متوسط المساحة المنزرعة في مصر خلال الخمسة سنوات الماضية 175 ألف فدان باجمالى إنتاجية حوالي 2.2 مليون طن. ومن المعروف أن مصر تقوم باستيراد تقاوي البطاطس كل عام من مجموعة الدول الأوروبية وهى حوالي 65 ألف طن والسبب الرئيسي هو تدهور المحصول عند تكرار زراعته حيث تنتشر الأمراض وخاصة الأمراض الفيروسية وذلك لتوافر الحشرات الناقلة واعتدال المناخ في البيئة المصرية مقارنة بشمال أوروبا. وتصاب البطاطس بعدد من الفيروسات وقد تصل عددها إلى أكثر من 20 فيروس مختلف ومنها Y البطاطس (PVY) الذي ينتقل عن طريق حشرة المن Aphids باستخدام الدرناات المصابة وبالاحتكاك بين النباتات في الحقل وتُسبب الأمراض الفيروسية خسائر في المحصول قد تصل إلى 80% وذلك حسب شدة الإصابة وسلالة الفيروس والفيروسات المصاحبة له.

تعتمد طرق التحسين الوراثي للبطاطس على طرق إما تقليديه مثل استخدام التهجين أو أحداث طفرات عن طريق المطفرات أو الانتقاء أو التهجين بين الخلايا الجسمية بطريقه دمج البروتوبلاست أو البحث عن الاختلافات الوراثية عن طريق Somaclonal variation خلال زراعات الأنسجة.

والطريقة الأخرى وهى عزل واستخدام جينات مفردة ونقلها إلى النباتات للحصول على نباتات معدلة التركيب الوراثي تحمل الصفة المراد نقلها بالإضافة إلى الصفات الأخرى الموجودة أصلاً في صنف البطاطس الاصلى. وهناك أكثر من استراتيجية معروفة

- bal economic and environmental/impact-the first nine years 1996-2004, Ag Bio forum, 8, 187 .
- Clover, J. 2003. Food security in Africa. In: African Security Rev., 12, 1.
- Finer, J. and McMullen, M. 1990. Transformation of cotton via particle bombardment. Plant Cell Rep., 8, 586.
- Firoozabady, E.; De Boer, D.; Merlo, D.; Halk, E.; Amerson, L.; Raska, K. and Murry, E. 1987. Transformation of cotton by *Agrobacterium tumefaciens*. Plant Molec. Biol., 19, 195.
- Gould, J. H. and Magallanes-Cedono, M. 1998. Adaptation of Cotton Shoot Apex Culture to *Agrobacterium*-Mediated Transformation. Plant Molec. Biol. Rep., 16, 1.
- Gould, J. H.; Zhou, Y.; Shen, Y.; Magallanes-Cedeno, M. and Luo, J. 1997. Shoot apex transformation of cotton using *Agrobacterium*. Beltwide Cotton Production Conferences, National Cotton Council, Memphis TN. P. 432.
- Ishida, Y.; Saito, H.; Ohta, S.; Hiei, Y.; Komari, T. and Kumashiro, T. 1996. High efficiency transformation of maize (*Zea mays* L.) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. Nature Biotech., 14, 745.
- James, C. 2006. Global Status at Commercialized Biotech/GM Crops 2006. ISAAA- New York .
- Kamoun, S.; West, P. and Govers, F. 2004. Quantification of late blight resistance of potato using transgenic *Phytophthora infestans* expressing β -glucuronidase. European J. Plant Pathol., 521.
- Lupotto, E.; Reali, A.; Passera, S. and Chan, M. T. 1999. Maize elite inbred lines are susceptible to *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation. Maydica, 44, 211.
- Metry, E. A.; Enan, M. R.; Gad El-Karim, Gh. A.; Nasr El-Din, T. M. and Madkour, M. A. 2002. Production of genetically modified potato plants conferring fungal resistance. Arab. J. Biotech., 5, 11.
- Negrotto ,D.; Jolley, M.; Beer, S.; Wench, A. R. and Hansen, G. 2000. The use of phosphomannose-isomerase as a selectable marker to re-

ZYMV الذي يؤدي إلى تدمير المحصول كلياً أو خفض الإنتاجية بصورة كبيرة وليس ذلك في مصر فقط ولكن في أماكن كثيرة من العالم وقد نجح فريق الباحثين في معهد بحوث الهندسة الوراثية الزراعية المصري في إنتاج سلالات من الكوسة مقاومة للفيروس وتم تجربتها تحت ظروف الحقل.

3. إنتاج أصناف محاصيل مقاومة للفطريات

تصاب نباتات الخضر وغيرها بالأمراض الفطرية ويتسبب عنها خسائر كبيرة في المحاصيل المختلفة وفي العادة تقاوم هذه الأمراض باستخدام المبيدات الفطرية مما يؤدي إلى تلوث البيئة وإنتاج سلالات جديدة من هذه الفطريات مقاومة للمبيدات ويعتبر إنتاج سلالات نباتية مقاومة للفطريات من أفضل الطرق لمقاومة الأمراض الفطرية التي تصيب هذه المحاصيل (Pieterse *et al.*, 1993 و Broglie *et al.*, 1991) و (Kamoun *et al.*, 2004).

إنتاج سلالات من البطاطس التجارية المقاومة للفطريات التي تصيب البطاطس مثل فطريات الذبول وتبقعات الأوراق مثل الندوة المبكرة والمتأخرة في البطاطس وتقوم الاستراتيجيات المستخدمة على إدخال جين *Chitinase* وهو معزول من نوع من البكتيريا تسمى *Serratia marcescens* وتتخصص الإنجازات التي تمت في هذا البحث في عزل وتعريف عدة سلالات محلية من هذه البكتيريا ثم تعريف الجين (*Chitinase*) ودراسة التتابع النيوكليوتيدي لهذا الجين وقد تم تسجيل براءة اختراع لهذا الجين وإدخاله إلى نبات البطاطس وجارى حالياً اختبار كفاءة النباتات الناتجة لمقاومة الفطريات المختلفة بالصوب الزراعية التابعة لمعهد بحوث الهندسة الوراثية الزراعية المصرية (Metry *et al.*, 2002).

References

- Bayley, C.; Trolinder, N.; Ray, C.; Morgan, M.; Quisenberry, J. and Ow, D. 1992 Engineering 2,4-D resistance into cotton. Theor. Appl. Genet., 83, 645.
- Broglie, K.; Chet, I.; Holliday, M.; Cressman, R.; Biddle, P.; Knowlton, S.; Mauvais, C. J. and Broglie, R. 1991. Transgenic plants with enhanced resistance to the fungal pathogen *Rhizoctonia solani*. Science, 254, 1194.
- Bronwyn, R.; Shou, H.; Chikwamba, R.; Zhang, Z.; Xiang, C.; Fonger, T.; Ellen, S.; Pegg, K.; Li, B.; Nettleton, D.; Pei, D. and Wang, K. 2002. *Agrobacterium tumefaciens*-Mediated transformation of maize embryos using a standard binary vector system. Plant Physiol., 129,13.
- Brookes, G. and Barfoot, P. 2005. GM Crops; the glo-

cott on plants using polybrene-spermidine treatment. *Plant Molec. Biol. Rep.*, 19, 377.

Zhao, Z. Y.; Gu, W.; Cai, T.; Tagliani, L. A.; Hondred, D. A.; Bond, D.; Krell, S.; Rudert, M. L.; Bruce, W. B. and Pierce, D. A. 1998. Molecular analysis of T0 plants transformed by *Agrobacterium* and comparison of *Agrobacterium*-mediated transformation with bombardment transformation in maize. *Maize Genet. Coop. Newsletter*, 72, 34.

cover transgenic maize plants (*Zea mays* L.) via *Agrobacterium* transformation. *Plant Cell Rep.*, 19, 798.

Pieterse, C.; Verbakel, H. M.; Hoek Spaans, J.; Davidse, L. C. and Govers, F. 1993. Increased expression of the calmodulin gene of the late blight fungus *Phytophthora infestans* during pathogenesis on potato. *Molec. Plant-Microbe Interact*, 6, 164.

Sawahel, W. A. 2001. Stable genetic transformation of

Application of Genetic Engineering in the Breeding Vraites Resident to Pests and Diseases

Taymour Nasr El Din ¹

Summary

Genetic engineering offers major tools to enhance agricultural production. The tools of biotechnology allow plant breeders to select single gene(s) that produce desired traits and transfer them from plant to another. A bacterial gene, for example, which produce toxic protein (Bt) to certain group of insects can be transferred to a plant and protect it from insects without externally applied chemicals. Also, certain gene from plant viruses (Coat protein gene) can be transferred to protect plants from viruses.

Generally, the benefits of using biotechnology and growing of genetic modified crops are diverse and have already proven to be practically applied in industrial and developing countries as well.

The adoption of biotechnology in Arab countries to address priority problems that represent specific constrains in agriculture productivity and can not be resolved by conventional means is very important.

1. Agricultural Genetic Engineering Research Institute, Agricultural Research Center, Ministry of Agriculture and Land Reclamation, 9 Gamaa St., Giza, Egypt. Fax: +202-5731574, E-mail: taymour47@yahoo.com