التكنولوجيا الحيوية والزراعة الحديثة

أ.د. أحمد الشرقاوى

الحائز على جائزة الدولة التقديرية

مدير معهد الهندسة الوراثية ، جامعة القاهرة

نعيش الآن عصر الاتصالات وغزو الفضاء والصراع بين الإنسان والروبوت والذكاء الاصطناعى . نعيش عالماً جسوراً ، اتحدت فيه التكنولوجيا بالبيولوجيا فى عصر الوراثة الجزيئية أو عصر الهندسة الوراثية ، والتى تعرف ببساطة بأنها عزل ونقل جينات محددة من كائن حى إلى كائن حى آخر بطرق متعددة تضمن الحصول على الصفة المعينة التى يحكمها الجين المنقول إلى المتلقى واستمرارية التعبير عنها فى الأجيال المتلاحقة . إن سياسة الأنواع المفتوحة بشرت بإمكانيه نقل جزيئات دى إن إيه (DNA) عبر حاجز الانواع والأجناس .

وفى الحقيقة فإن تعبير الهندسة الوراثية ليس تعبيراً علميا دقيقا ، بالرغم من أنه لاقى رواجا واستحسانا كبيرً من وسائل الإعلام . ولعل الأصوب أن نقول تطويع الجينات أو تطعيم (الدنا) والجراحة الجينية . إن تبادل واحتواء (دنا) غريبٌ بين كائنات متباينة أصبح ممكنا منذ عام ١٩٧٣ ، عندما تمكن العلماء من بناء مطعوم من (دى إن إيه) ضفدع وبكتريا القولون ، وقد أصبح هذا المجال أسرع مجالات العلم قاطبة ، فكم المعلومات المتوافرة والانجازات المحققة يتضاعف كل إثنى عشر شهراً ، فضلا عن أن هذه التقنيات لا ترفع شعار العلم للعلم بل توظف العلم من أجل خدمة البشرية فى غذائها ودوائها وبيئتها .

وقد إنطلقت صيحات الثورة الخضراء الأولى وردد الثوار هذه الصيحات فى كثير من بلاد العالم فى مواجهة المجاعات التى حصدت ثلاثين مليون مواطن صينى فى ١٩٦٠ - فى حين كانت حصدت أربعة ملايين من الهنود فى ١٩٤٣ . وقد اعتمدت الثورة الخضراء الأولى على إستنباط وزراعة أصناف زراعية جديدة تتميز بارتفاع غلتها واستهلاكها كميات أكبر من الأسمدة ومياه الرى . . ولقد حققت الثورة الخضراء الأولى نجاحات مذهلة فى عدد من بلاد العالم ، حيث حققت اكتفاءاً ذاتياً من القمح بفضل مشروع بورلوج وسياسته ، وكمثال كان إنتاج الهند من القمح ١٢,٣ مليون طن فى ١٩٦٥ إرتفعت إلى نحو ٢٠ مليون طن فى سنة ١٩٧٠ ، لتتجاوز الآن سقف ٦٠ مليون طناً . وخلال هذه الفترة تضاعف عدد السكان مرة واحدة فى حين تضاعف إنتاج القمح نحو خمسة أضعاف . ومثال آخر يأتينا من المكسيك والتى كانت تستورد القمح واكتفت ذاتياً منذ عام ١٩٦٠ ، وفى عام ١٩٦٤ كانت تصدر حوالى نصف مليون طن من القمح .

وإذا كانت الثورة الخضراء قد حققت هذا الإنجاز العظيم فى بلد نامى ، فإنها حققت نجاحاً مماثلا فى بلد متقدم حيث كان متوسط إنتاج هكتار الذرة ١,٨ طن/هكتار فى الولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٩٤٠ وإرتفع إلى ٨,٤ طن/هكتار فى ١٩٩٩. إن أسلوب الهند والمكسيك والولايات المتحدة وغيرها كان توظيف العلم والتكنولوجيا فى الزراعة .

بتغير الظروف الجوية الكونية كان من الضرورى فى ظل التزايد السكانى المضطرد (القنبلة السكانية) . ان يفكر العلماء فى أساليب جديدة لزراعة الأراضى تحت الحدية التى تزيد فيها الملوحة والقلوية . ولتتحمل أغلب النباتات المزروعة إقتصادياً أكثر من ٢٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ جزء من الملوحة (مياة البحر ، تتراوح

ملوحتها ما بين ٣٥ ألف إلى ٤٠ ألف جزء من المليون) . وفى ظل شح المياه العذبة المتوقع دون شك كان من الضرورى أن تستنبط أصناف من القمح والذرة والأرز تتحمل درجة ملوحة حوالى عشرة ألاف جزء من المليون . وكان هذا ممكنا عن طريق نقل جينات بمقدروها أن تنظم الاسموزية فى الخلايا Osmo-regulatory Genes من كائنات كالبكتريا والفطر ، خاصة ان لدينا العديد من النباتات التى تنمو فى مياه مالحة كأشجار المنجروف والبوص والخريزة والاتربلكس وغيرها، وكان هذا ممكنا.

وكذلك زاد الشعور بأهمية الزراعة النظيفة فى الأونة الأخيرة ، واقبل الناس على المنتجات العضوية التى تنتج دون أسمدة ومبيدات كيماوية . لذلك إستخدم أسلوب التطعيم الجينى فى تربية أصناف من المحاصيل الاقتصادية قليلة الاحتياج للعناصر السمادية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، كذلك أصناف من المحاصيل الإقتصادية تستطيع أن تدافع عن ذواتها ضد الهجمات الشرسة للفطر والبكتريا والفيروس ناهيك عن الحشرات (هذه الآفات تستهلك ما يقرب من عشرين بالمائة من المحصول وتزداد هذه النسبة فى دول العالم النامى) . وقد أمكن تحديد والتعرف على ثمه جينات تضفى عند زراعتها فى هذه الأصناف الجديدة صفة الاحتمال أ و المقاومة مثل البى تى ، الكوليسترول ، أو كسيديز والديفنسين وغيرها كثيرة . ومن ناحية أخرى فهناك مدرسة للتكنولوجيا الحيوية مهتمة بتقوية جهاز المناعة لدى النباتات لتعظم نظم الاستشعار ورد فعل النباتات عند مهاجمتها بكائن ويكون ذلك أما بإفراز سموم كيماوية تقضى على الضيف الثقيل أو بتفجير الموت المبرمج Apoptosis أى التضحية بالجزء من أجل الكل .

يعتمد البشر منذ زمن على عدة محاصيل غذائيـــة (الأرز والقمـــح والـــذرة الشامية والشعير والبطاطس والذرة الرفيعة والبطاطا والفول وقصب السكر وفـــول الصويا) والسؤال المطروح هل يمكن إيجاد محاصيل أخرى للغذاء فى ظل ثـــورة المعلومات التى نعيشها الآن ؟

تطبيقات الهندسة الوراثية فى الزراعة

من الصعب أن نحصر انجازات التكنولوجيا الحيوية فـــى الزراعـــة والتـــى تتوالى بسرعة كبيرة والتى عرفت فى مجملها بالثورة الخضراء الثانية (مقارنـــة بالثورة الخضراء الأولى فى منتصف الستينات) والتى تميزت (الثـــورة الثانيـــة) بتفضيل أصناف مقاومة للضغوط البيئية لا تعتمد على أساليب التربية التقليدية وانما تعتمد على تقنيات حديثة أهمها التطعيم الجينى و التهجين الخلوى وزراعة الخلايـــا والأنسجة.

فيما يلى بعض الأمثلة التى تشير إلى إنجازات الهندسة الوراثية فى الزراعة :-

زرعت الصين فى عام ٢٠٠١ من القطن الـــ بى تى المحور وراثياً نحـــو ١,٥ مليون فدان وكانت تزرع فى عام ١٩٩٨ مائة ألف فدان فقط . أما الهند فقـــد زرعت مليون فدان بهذا القطن فى عام ٢٠٠٣ .

استخدام الهندسة الوراثية على نطاق غير محدود فى إنتاج عدد كبيـــر مـــن الكائنات المعدلة الوراثية التى وافقت استخدامات معينة ومن ذلك :-

١- إنتاج نباتات تتحمل الإصابة بيرقات حرشفية وغمدية الأجنحة باســـلوب زرع الجينات الخاصة بإنتاج بروتين ايبرى مأخوذ من بكتريا الباسيلس ثورنجنسس.

٢- إنتاج نباتات تتحمل الإصابة بالفيروس بأسلوب زرع الجين الخاص بالغلاف البروتينى ويعرف هذا الأسلوب من المقاومة به (Coat – protein mediated resistan), CP – MIR .

٣- إنتاج نباتات تتحمل الإصابة بفطريات اللفحة المتأخرة فى الأرز الذى يسببه Pyricularia oryzae من خلال زيادة جرعة الجينات المتحكمة فى إنزيمات الكيتينيز Chitinases والتى تحلل الكايتين الموجود فى جدر خلايا الفطريات.

٤- إنتاج نباتات متحملة للعديد من يرقات الحشرات بأسلوب تزويدها بالجينات الخاصة بتعطيل هضم البروتين Proteinase inhibitor .

- **انتاج نباتات متحملة لمبيدات الحشائش :**

تقلل الحشائش النامية وسط الحقول من الغلة الموجودة بما يزيد عن١٠% من المنتج المتوقع . إن استعمال مبيدات الحشائش فضلاً عن أنه مكلف فإن الكيماويات المستعملة ملوثة للبيئة . فمثلا مبيد الحشائش الجلايفوسيت غير اختيارى . وقد وجد أن النباتات المتأقلمة للنمو فى وجود هذا المبيد تتسم بتعبير فائق للبروتين المستهدف بواسطة المبيد والذى يتحكم فيه EPSP synthetase .

- **تحسين خواص الثمار**

يصاحب نضج الثمار تغيرات مرغوبة كالليونة وتحول النشا إلى سكر ونقص الكلوروفيل وتخليق الصبغات والمواد الطيارة . وتتحكم الهورمونات فى عمليات النضج . إن إبطاء العمليات الحيوية يؤدى إلى إطالة عمر الثمرة فيسهل تسويقها ، لقد تم التعرف على الجين المتحكم فى إنتاج إنزيم البولى جالاكتويورينيز Polygalactouronase والذى يسبب تحلل جدر الخلايا فتحدث الليونة فى الثمار.

واتضح كذلك أن عمليات نضج الثمار يصاحبها زيادة فى إنتاج الإثيلين بواسطة الجينات التى تحفز أحد الإنزيمات الداخلة فى التفاعل .

إن زيادة نمبة المواد الصلبة الذائبة فى الثمار عن طريق الجينات المتحكمة فى إنزيم الانفرتيز Invertase (الطماطم الخاصة بصنع الصلصة ، إرتفاع نسبه المواد الصلبه الذائبه من٥ إلى ٦% يوفر ٥٧ مليون دولار فى الولايات المتحدة وحدها) . وفى البطاطس المعدة للتصنيع تم نقل جين ADP glucose من البكتريا فأدى إلى رفع نسبة النشا من ٢٢ إلى ٢٥% وهذا يقلل من كمية الرطوبة المطلوب التخلص منها وكذلك يقلل من امتصاص البطاطس لزيت التحمير.

- **تحسين خواص البذور:**

توجد أهمية إقتصادية لتحسين القيمة الغذائية للبذور خاصة المحتوى البروتينى ، وهو موضوع ملح بالنسبة للعالم الثالث والذى يعتمد فيه السكان على محصول واحد كالذرة أو الفول او الارز . يخزن البروتين فى البقوليات عادة على صورة جلوبيولين Globulin و ينقصه الأحماض الأمينية الميثونين والسيستين ، كما يخزن على صورة بروالامين Prolamin وينقصه الأحماض الأمينية الليسين والتربتوفان . يمكن عن طريق هندسة البروتينات Protein engineering علاج هذا النقص .

- **إنتاج نباتات متحملة للبرودة والجفاف والملوحة :**

وجد أن الأحماض الدهنية غير المشبعة فى أغشية الخلية تضفى عليها مرونة تمنعها من التجمد عند درجات حرارة منخفضة ، وقد أمكن تزويد النباتات بالجينات المسئولة عن الإنزيمات الداخلة فى تخليق الدهون الفوسفاتية Phospholipids مثل إنزيم اسايا ترانسفيريز acyl transferase .

تستجيب النباتات طبيعيا للجفاف بتخليق مجموعة من المشتقات السكرية تسمى بولى يول Poluols ومنها الميثانول و السربيتول ، حيث تكون النباتات ذات المحتوى العالى من البولى يول أكثر تحملا للجفاف من غيرها . كذلك أمكن عزل جين من البكتريا يشفر لانزيم يدخل فى تخليق المانيتول والنباتات المجهزة بهذا الجين تكون أكثر تحملاً للجفاف .

- **لقاحات للأكل Edible vaccines . ونباتات تنتج أجساماً مضادة Antibodies :**

من المعروف أن الوقاية خير من العلاج ، وعليه يعتبر تخليق الأجسام المُضادة أفضل وسيلة لمقاومة الأمراض ، كما أن التطعيم هو أكثر الطرق كفاءة للتحصين . لقد أدى استعمال تقنيات (دنا) المطعم إلى تغيير جذرى فى مجال اللقاحات . فى الماضى كانت البكتريا والفيروس المروض مصدر انتاج أجسام مضادة لأمراض خطيرة كداء الكبد الوبانى طراز ب وداء الكلب .

أمكن فى الوقت الحالى إنتاج نباتات تبغ تنتج لقاح ضد داء الكبد يولد إستجابة مناعية عند حقنه فى الفئران . كما أمكن إنتاج نباتات بطاطس تحتوى على عنصر مناعى مشابه بنائيا لسم الكوليرا ، متحمل للحرارة يمكن استعماله كلقاح ضد أمراض الاسهال ومن زاوية أخرى أمكن تفصيل نباتات مطعمة تنتج أجساماً مضادة لبكتريا Streptococcus التى تسبب تسوس الأسنان. وبالمثل فقد استنبطت نباتات فول صويا تنتج الجسم المضاد وحيد الكلون BR96 الفعال فى مقاومة لحالات سرطان الثدى والقولون والرئة .

وأخيرا ، كنا نقسم العالم فيما مضى إلى دول غنية تملك ودول فقيرة لا تملك. الآن نقسم العالم إلى دول غنية تعلم ودول فقيرة لا تعلم . الأمل معقود على شباب العلماء المصريين . لقد آن الآوان لنلقى بدلونا في هذا المجال الحيوى .