

الفصل الرابع عشر

النلوٲ الجيني

منذ وقت ليس ببعيد وبالتحديد في بداية السبعينيات من القرن الماضي كان إجراء الأبحاث على الحمض النووي (DNA) من أصعب التقنيات التي كانت تواجه علماء الوراثة والبيولوجيا الجزيئية و الكيمياء الحيوية وغيرها من العلوم الأخرى المرتبطة بها. كما كانت معظم الأبحاث تجرى بشكل غير مباشر على الحمض النووي الريبوزي (RNA) أو البروتين و لكن الحال تحول بشكل كامل فأصبح علم الوراثة المتعلق بفحص DNA من أبسط العلوم و أكثرها تطورا لقد أصبح من السهل صنع نسخ عديدة من أى جين (مورث) أو مقطع محدد من أل DNA.

كما أمكن معرفة تسلسل الأحماض النووية بسرعة تتعدى المئات في اليوم الواحد كما استطاع العلماء استكشاف الجينات الموجودة على الكروموسومات كما استطاعوا تغييرها و تعديلها بالشكل الذى يريدون و ليس هذا فحسب بل استطاعوا أن يعيدوا هذه الجينات المعدلة إلى الخلية و غرزها في الكروموسوم الذى يريدون. كما أمكن إنتاج كميات كبيرة من البروتينات كاهرمونات و اللقاحات المختلفة و التي كانت تنتج في السابق من الجثث الميتة أو تستخلص من الحيوانات و التي كانت تحفها المخاطر من انتقال العدوى إلى الإنسان كما أن هذه الثورة العلمية فتحت المجال أمام الكثيرين من محبي هذا العلم في اختراع و اكتشاف طرق جديدة

وحديثة في التعامل وحفظ وتغيير هذه المادة الحيوية في الإنسان و الحيوان والنبات والميكروبات. لقد غير هذه العلم المنطلق كالصاروخ الكثير من المفاهيم الطبية والتي دفعت كثير من الكليات العملية إلى تعديل مقرراتها لتزويد طلابها بالمزيد من هذا العلم.

الهندسة الوراثية:

لقد أطلق على عملية نسخ و تعديل و زرع الجينات اسم الهندسة الوراثية وهو اسم عام لا يحدد فكرة معينة أو تقنية محددة، ولكنه يعنى بكل ما يقام به في تغيير أو تعديل المادة الوراثية ويتفرع من هذا العلم الكثير من التقنيات وهى متناثرة وموزعة على الكثير من فروع العلمية وليس للحصر إليك أهم ٦ تقنيات تختص بالهندسة الوراثية:

- ١- قص وقطع الحمض النووى (DNA) بمقصاة خاصة تسمى إنزيمات القطع و اكتشاف هذه الإنزيمات ساعد كثيرا في مهمة التحكم في آل DNA.
- ٢- فصل قطع آل DNA على لوح من الجل بالكهرباء.
- ٣- معرفة التسلسل النووى لكل قطع آل DNA التى يتم عزلها بشكل سريع و دقيق.و التى تسمح للعلماء معرفة التركيب الإنشائى للجينات و معرفة و استنتاج نوع البروتين الذى ينتج منه.
- ٤- تقنية تهجين الحمض النووى والتى مكنتنا في معرفة أحجام القطع من الحمض النووى والكشف عن القطع المحددة من الحمض النووى في خليط معقد من القطع المتشابهة.
- ٥- استنساخ آل DNA، والتى تسمح بإنشاء نسخ عديدة ومتطابقة من القطع آل DNA.
- ٦- تقنية هندسة أو تعديل الذى إن أى والتى تسمح بإنتاج نسخة معدلة من جين ما ثم أعادته مرة أخرى إلى الخلية.

تطبيقات الهندسة الوراثية:

لقد أصبح للهندسة الوراثية أهداف عظيمة تحقق بعضها والعمل جارى على قدم وساق لتحقيق الباقي ولن تنتهى الطموحات التى فتحتها هذا العلم لخدمة البشرية فى كافة المجالات والتى نجملها فى التالى:

أولا فى مجال تطوير المحاصيل الزراعية:

١. إنتاج نباتات مقاومة للأمراض الفيروسية : هى أهم الصفات الواعدة التى تقدمها الهندسة الوراثية لتحسين الإنتاج النباتى حيث لا يوجد وسيلة مباشرة لعلاج المحاصيل المصابة بالفيروسات سوى الوقاية من الإصابة بها عن طريق الممارسات الزراعية الجيدة مثل استخدام دورة زراعية مناسبة، التخلص من الحشائش وبقايا المحصول السابق التى تكون عائلا ثانيا للفيروس فى فترة عدم وجود العائل الأساسى ، استعمال مبيدات الحشرات القاتلة للحشرات الناقلة للفيروس .

وتعتمد فكرة هندسة النباتات المقاومة للأمراض الفيروسية على الدراسات السابقة فى مجال الوقاية المضادة Cross protection والتى وجدت أن عدوى النباتات بفيروسات ضعيفة تحصن النباتات إذا ما أصابها بالسلالات الأكثر ضراوة وعندما تمكن بيتش وزملاءه سنة ١٩٩٠ فى جامعة واشنطن من نقل الجين المسئول عن إنتاج الغلاف البروتينى لفيروس الدخان الموازيكى (TMV) فى نباتى الطباق والطماطم حيث عبر هذا الجين عن نفسه وأنتج بروتين الغلاف الفيروسي وجد أن النباتات قاومت الإصابة الفيروسية بشدة وبذلك اثبت بتشى صحة نظريته الافتراضية القائلة أن بروتين غلاف (TMV) يضيفى المقاومة على سلالات هذا الفيروس وغيره من الفيروسات القريبة الصلة به، وتلك التقنية أمكن هندسة أكثر من أثنى عشر نباتا مقاوم للفيروسات.

٢- نباتات مقاومة للحشرات: اعتمدت فكرة مقاومة الحشرات خلال الثلاثون

عاما الماضية على إنتاج بروتين تنتجه بكتريا *Bacillus thuringiensis* لتقوم تلك البروتينات على قتل الحشرات. استخدمت تلك المستخلصات البروتينية Bt على نطاق واسع في مقاومة الحشرات حشرية الأجنحة (الفراشات وأبى دقيق) والتي تعتبر آفات رئيسية حيث تقوم تلك البروتينات بالارتباط بأغشية أمعاء الحشرات المستهدفة بأن يتم انتقال الأيونات من البروتينات Bt إلى الخلايا الطلائية بالأمعاء فتتعطل قدرة الحشرات على التغذية فتموت. تلك المبيدات الحشرية ليس لها تأثير سام على الثدييات بل ولا على الأنواع الحشرية الأخرى وفعاليتها لا تدوم إلا وقتا قصيرا وبالتالي فهي آمنة بيئيا.

ولقد تمكن المهندسون الوراثيون في كل من شركة كنت البلجيكية وشركة اجروجين تكس ويسكونسين واكراسيتوس ومنسانتو من عزل جينات تخلص بروتينات المبيدات الحشرية واستخدموا Gene gun أو بكتريا *A. tumefaciens* في إيلاج الجينات في كل من الطماطم والبطاطس والقطن. ولقد ثبت أن وجود جينات Bt داخل نبات القطن قد جعلها مقاومة لكل الآفات اليرقية الرئيسية بما فيها دودة اللوز وعلية يمكن أن يؤدي استخدام تلك النباتات المهندسة إلى خفض كميات المبيدات الحشرية بنسبة ٤٠-٦٠٪.

ولقد تم البحث عن جينات Bt أخرى لتؤثر على حشرات غير يرقية وقد أمكن تصميم جين فعال ضد خنفساء كلورادو التي تصيب البطاطس. كما أمكن تصميم جين Bt آخر في شركة ميكوجين بسان ديبجو بكاليفورنيا لمقاومة النيماتودا، كما صمم جين فعال ضد البعوض الناقل للملاريا. وقد أكدت الاختبارات أن بروتينات Bt آمنة بيئيا فضلا على أن نسبة وجودها في النباتات المهندسة وراثيا لا تتعدى ٠.١٪ من البروتين الكلى في النبات المحور وهذا البروتين يتحلل تماما كأي بروتين في القناة الهضمية.

٣- نباتات مقاومة لمبيدات الحشائش: نظرا لمنافسة الحشائش للنباتات

الاقتصادية في كل من الماء والغذاء وضوء الشمس فأن المحصول عادة ما يقل بنسبة ٧٠ ٪ كما أنها تشكل مأوى للأمراض والآفات، كما أن تواجد بذورها مع غلات المحاصيل الاقتصادية يقلل من قيمتها النوعية ويزيد من تكاليف التنظيف والتنقية لذلك فالممارسات الزراعية تضطر أن يكون من ضمن برامجها استخدام مبيدات الحشائش.

تعتمد فكرة هندسة نباتات مقاومة لمبيد الحشائش كما قامت بها شركة مونسانتو وشركة كالجين بديفز بكاليفورنيا بتمكين النباتات من تحمل مادة Glyphosate وهي المادة الفعالة في مبيد الحشائش المسمى بالراوند اب الواسع الانتشار في مقاومة الحشائش عريضة الأوراق وهو من المبيدات الآمنة بيئيا حيث لا يؤثر على الحيوانات التي لا تمتلك مسالك للأحماض الأمينية العطرية ثم انه يتحلل بسرعة في البيئة إلى مركبات طبيعية غير ضارة ، وتقوم المادة الفعالة في هذا المبيد بتثبيط فعل إنزيم EPSP وهو إنزيم ضروري لإنتاج الأحماض الأمينية العطرية التي تحتاجها النباتات في النمو.

ولقد قام كل من Stocker Comai بشركة كالجين و Chesor، Rogers بشركة مونسانتو بعزل جينات تخليق إنزيم EPSP من البكتريا والنبات ثم اوجت تلك الجينات في الطماطم وفول الصويا والقطن وغيرها من المحاصيل لتتمكن تلك النباتات من تحمل الراوند اب.

بنفس الأسلوب تم في شركة دوبون إنتاج نباتات تتحمل أنواع من المبيدات سلفونيل يوريا Sulfonylurea. أما شركة نظم وراثه النبات الألمانية فقد انتهجت نهجا آخر بأن عزلت جين من ميكروب Streptomyces hygrosopicus له القدرة على تثبيط المادة الفعالة في مبيد الحشائش المسمى Basta الواسع الانتشار والذي يؤثر على الحشائش من خلال تأثيره على مسار إنتاج إنزيم الجلوتاميك الهام Pathway of glutamine synthase فيؤثر في نموها ويؤدي إلى موتها.

٤- ثمار أجود وتقاوم التلف: طور الباحثين طريقتين لإطالة عمر الثمرة. الطريقة الأولى تعتمد على إيلاج جينات تسمى مضادات الإحساس Antisense لجينات النضج والمسئولة عن إنتاج الاثيلين والأنزيمات الأخرى بأن تنتج بروتينات تقوم بالارتباط مع RNA الخاص بالنضج فيمنعه من نسخ البروتينات الخاصة بالنضج فتؤخر النضج وتقاوم الرخاوة.

أما الطريقة الثانية فتتم عن طريق إيلاج جين يقوم بتصنيع إنزيم يقوم بتحليل مركبات الطليعة Precursor التي تكون الاثيلين وبذلك يتأخر التلف. وقد تمكنت شركة كالجين من إيلاج جين عرف High pigment gene وهو المسئول عن إنتاج الصبغات الملونة في الطماطم مثل الانثوسيانين بكمية كبيرة ليرفع تركيز الصبغة في ثمار الطماطم لكي تتمكن ربة المنزل من استخدام عدد اقل من الثمار.

٥- نباتات ذات خصائص غذائية فائقة: فقد أمكن تطوير نباتات تستطيع تثبيت الأزوت الجوى (النتروجين) بنقل الجين المسمى nife والموجود في بكتريا Azetobacot التي تتطفل على جذور النباتات البقولية وقد أمكن سابقا نقلها إلى Escherichia coli, tumefaciens Agrobacterium, Proteus vulgaris وهناك محاولات في الفلبين واليابان من نقل الجين المسبب لخصوبة المخصب البيولوجي المسمى سرخس الماء Azolla pinnata إلى نبات الأرز. ونظرا لافتقار البروتين النباتي لبعض الأحماض الأمينية الهامة مثل الليسين والتربتوفان كما في الحبوب والذي يعد السبب الرئيسي لسوء التغذية في بلاد العالم الثالث لذلك سعى مهندسو الوراثة إلى إنتاج نباتات تتوفر بها تلك الأحماض الأمينية الهامة والتي يعجز الإنسان والحيوانات وحيدة المعدة مثل صغار الحيوانات المجترة والدواجن من تخليقها في أجسامها لذا يتعين عليها توافرها في غذائها. ولقد تم عزل الجينات المسؤولة عن إنتاج مثل تلك الأحماض وإيلاجها في بعض النباتات لكن لم يتم نقاها إلى الحبوب إلى الآن.

٦- إنتاج نباتات رباعية الكربون مهندسه وراثيا: لزيادة كفاءة التمثيل الغذائي بها بنقل الجين المسئول عن إنتاج إنزيم PEPC ase والذي يؤدي إلى زيادة كفاءة تمثيل ثاني أكسيد الكربون بالتالي زيادة المحصول.

ثانيا في مجال الإنتاج الحيواني:

- ١- إنتاج حيوانات معدلة وراثيا ذات قدرة على مقاومة الأمراض خاصة الفيروسية مثل الأرانب والأسماك والأبقار والخنازير.
- ٢- المعالجة الجينية للحيوانات لزيادة سرعة نموها بتزويدها بالجين الخاص بهرمون النمو السريع وقد تم بالفعل إنتاج عدد من الخنازير الأمريكية والأسترالية وحيوانات المزرعة بهدف سرعة نموها ولزيادة قدرتها على إنتاج اللحم وتحسين خواصه وزيادة القدرة على إدرار اللبن.
- ٣- إنتاج أغنام ذات صوف على الجودة.
- ٤- تقسيم جنين الماشية والحصول على توائم ثنائية وثلاثية ورباعية لزيادة النتاج الثروة الحيوانية.

ثالثا في مجال التصنيع الزراعي:

- ١- إنتاج الأنزيمات المستخدمة في صناعة الألبان.
- ٢- إنتاج المبيدات الحيوية لمقاومة الكثير من الحشرات.
- ٣- إنتاج الهرمونات والأنزيمات لتحويل النشا إلى سكر وإنتاج عصير ذرة سكر.
- ٤- إنتاج الصبغات الطبيعية ومكسبات النكهة والطعم والرائحة.
- ٥- إنتاج لقاحات ضد الأمراض الدواجن مثل النيوكاسل والحمى القلاعية في الحيوان.
- ٦- استخدام الحيوانات والنباتات والبكتريا كمصانع حيوية لتصنيع الدواء والبروتينات والهرمونات والأنزيمات.

- ٧- الاستفادة من مخلفات المزرعة وتحويلها إلى سماد عضوى ومخلفات الغابات من قلف ونشارة خشب وكذلك نفايات مصانع السكر وتحويلها باستخدام بكتريا معدلة وراثيا إلى بروتين يمكن تصنيعه في صناعات اللحوم كذلك إنتاج الغاز الحيوى من مخلفات المزرعة أيضا الاستفادة من بروتين شرس اللبن.
- ٨- استنباط الطاقة من النفايات ببكتريا تحول السيلولوز إلى مواد عضوية نيتروجينية وأخرى تحول الأحماض العضوية إلى ميثان كذلك استخدام بكتريا مثل *Zyomonas mobilis* التى تحول النشا إلى ايثانول.

رابعاً فى مجال العلاج الطبى :

- ١- إنتاج لقاحات ضد الأمراض فى الإنسان مثل الملاريا، وقد توصل العلماء إلى تطوير بكتريا تحتوى على جينات الانترفيرونات البشرية وهى عبارة عن بروتينات تعمل على وقف تضاعف الفيروسات مثل الفيروسات المسببة لللانفلونزا وشلل الأطفال وهى تنتج داخل جسم الإنسان وتنطلق لمهاجمه الفيروس وهى قد تكون مفيدة فى علاج الإيدز والسرطان.
- ٢- العلاج الجينى: لعل الحلم الذى أصبح حقيقة فى سبتمبر عام ١٩٩٠ عندما أجريت أول تجربة للعلاج الجينى على الطفلة (أشانتى ديسيلفيا) والتى قام بها فريق من العلماء الأمريكين بقيادة (فرنش أندرسون) هو الذى فتح آفاق هذا المجال الجديد فى الطب و الذى يفتح الأمل أمام المرضى بالعديد من الأمراض الوراثية التى ليس لها علاج . وقد كانت هذه الطفلة تعاني من نقص موروث فى إنزيم ADA وهو أحد الأنزيمات المهمة لعمل الجهاز المناعى والذى يؤدى غيابة إلى فقد قدرة الجهاز المناعى عن العمل فيصبح الطفل بدون جهاز مناعة ويموت قبل أن يبلغ الخامسة من عمرة تماما مثل مريض الايدز ولكن بدون عدوى بالفيروس.

ويحدث هذا العلاج الجينى من خلال إصلاح الجين المعيوب من خلال علم

الهندسة الوراثية وإعادة حقنة مرة أخرى في خلايا نخاع العظام الأم STEM CELLS بعد أن يحمل على الحامض النووي لنوع من الفيروسات الغير ضارة وبذلك ينتج الجهاز المناعى هذا الأنزيم ويعود إلى العمل مرة أخرى. وحتى عام ١٩٩٥ كان هناك أكثر من مائة عملية في خلال الخمس سنوات الماضية لعلاج بعض الأمراض الموروثة عن طريق هذا العلاج الجينى وهناك أكثر من ٤٠٠٠ حالة مرضية يمكن أن يستفيد أصحابها من هذا النوع من العلاج وربما كان أهم هذه الأمراض السرطان وخاصة سرطان الجلد والمثانة والكبد والثدى واللوكميا وبعض الأمراض الخاصة لأمراض المناعة مثل مرض نقص المناعة الموروثة والايديز وتصلب الشرايين والهيموفيليا والروماتويد.

و يعتقد العلماء أنه بحلول عام ٢٠١٥ سيصبح علماء الوراثة قادرين على رسم خريطة كروموسومية لكل إنسان عندما يبلغ الثامنة عشر يحتوى على كل ما يمكن إن يحدث له من أمراض وقد يساعده ذلك على اختيار زوجته من الناحية الوراثة لكى ينجب أطفال أصحاء كما يمكن للأطباء التدخل بالعلاج الجينى لعلاج الجينات المعيبة عند حدوث اى إخصاب وتكوين البويضة المخصبة كما أمكن زرع خلايا لانجهانز من البنكرياس والتي تفرز الانسولين فى الوريد البابى بالكبد ونجحت العملية ويعيش صاحبها حية طبيعية بعد أن تجنب الإصابة بأمراض الفشل الكلوى وقصور الشرايين والتهاب الأعصاب وضعف النظر وغيرها.

٣- هناك علم جديد يسمى علم هندسة الأنسجة تعتمد فكرته فى زراعة خلايا معينه مثل خلايا الكبد فى نوع خاص من رقائق البلاستيك أو البوليمرات الذى يعتبر وسط مناسب مع توفير المناخ والغذاء المناسب فتنمو الخلايا حتى تملأ الفراغ البلاستيكى فيتم زراعته دون أن يرفضه الجسم.

٤- هرمونات النمو: اجرى العالم الدكتور جفرى فريدمان دراسات على جين يساعد الخلايا على إنتاج هرمون اللبتين الذى يزداد أنتاجه بزيادة السمنة و

يعتقد العلماء أن هذا الهرمون يسير في الدم إلى مركز تنظيم الشهية في المخ فإذا زادت نسبة السمنة بالجسم أصدر المخ إشارة إلى الجسم للتوقف عن الأكل والأمل في استخدامه في علاج السمنة في القريب العاجل.

٥- كذلك تحضير فكسينات للقضاء نهائيا على الحساسية الناتجة عن استخدام الهندسة الوراثية.

خامسا مقاومة التلوث البيئي:

- ١- إنتاج بكتيريا محللة لفضلات مياه المجارى
- ٢- إنتاج البكتيريا لبروتينات تغلف المواد الضارة بالبيئة مثل مركب ددت.
- ٣- إنتاج بكتيريا تقاوم التلوث البحرى بالبتروول باستخدام بكتيريا تفتت وتلتهم جزيئات البتروول .
- ٤- إنتاج بوليمرات تسمى Biopal تنتجها بكتريا يوتر وفاس إلى E. coil ثم إلى النبات هذا البلاستيك الحيوى يشبه البلاستيك ويسهل تحلله بكتيريا وعليه فهو بديل آمن بيئيا اكتشفه الكيميائى دوجلاس دينيس حيث وجد أن بعض أنواع البكتيريا لها القدرة على إنتاج مادة (PHB) البلاستيكية ثم جاء دكتور كريس سومر (عالم نبات جامعة ميتشجان) فقام بنقل جينات PHB ببكتيريا يوتر وفاس إلى الشريط الوراثى لبعض نباتات العائلة الخردلية وهذا يمثل خطوة هامة فى صناعة البوليمرات حيث أمكن لتلك النباتات إنتاج مادة PHB البلاستيكية.
- ٥- استخدام البكتريا المحللة لمياه المجارى وإعادة تدوير المياه المعالجة واستخدامها فى زراعة الأشجار الخشبية.

الهندسة الوراثية والمخاطر البيئية

من الجدير بالذكر أن الأغذية الحديثة (المعدلة وراثيا) لم تخضع بعد لدراسات وتجارب تبين أثرها على صحة الإنسان وعلى البيئة على المدى البعيد!! - حيث

توجد وجهات نظر عديدة حول الموضوع وتعدّد المؤتمرات العالمية لبحث مختلف نواحيه، آخرها المؤتمر العالمي الذي عقد في سياتل في الولايات المتحدة الأمريكية في تشرين الأول ١٩٩٩ والذي لم يخرج الباحثون منه بأية نتائج ملموسة أو توصيات محددة لوقف أو استمرار العمل في هذا المجال، ومن جهة أخرى، لا يعلم المواطن المستهلك شيئاً عن ماهية هذه الأغذية ومن يقوم بإنتاجها وهل لها تأثير على صحة الإنسان وعلى البيئة بشكل عام؟ وما هو السبيل لتجنب آثارها الضارة؟! وكيف يتم تعديل الأغذية وراثياً؟

لقد توصل العلماء إلى أساليب يستطيعون بواسطتها التصرف بالجينات من حيث فصلها وتركيبها وإعادة بناء سلسلة DNA كما يشاءون فيصبح عندها الكائن الحي الذي تم تغيير سلسلته الوراثية كائناً معدلاً وراثياً (GM genetically modified)، أو بعبارة أخرى، كائناً مغيراً وراثياً (GA Genetically Altered). وبطرق معينة وفي ظروف المختبرات، يتم قطع الجين الذي تم اختياره من أحد وغرسه في سلسلة DNA لكائن حي، وهكذا يتم تغيير أو تبديل نوعية النباتات والمحاصيل الزراعية المختلفة التي تشكل أساس الغذاء والطعام للإنسان والحيوان.

ولقد حققت الهندسة الوراثية وعملية نقل الجينات - كما ذكرنا سابقاً - منافع جمة للمجتمع، فعلى سبيل المثال، يستخدم الحمض النووي DNA حالياً على نطاق واسع في مجالات عدة، منها الطب والقضايا الجنائية، كتحليل الدم وسوائل الجسم، والإسهام بشكل فعال في تحرير وإطلاق سراح أعداد لا حصر لها من أفراد كانوا متهمين بجرائم لم يرتكبوها. وبشكل مماثل أيضاً، تأخذ الهندسة الوراثية مجراها في حل مشاكل تخص الأبوة والأنساب في المحاكم، وذلك على أسس الفحص الجيني.

بالإضافة إلى فوائدها في علم الآثار وفي مجال التعدين في استخراج الذهب والنحاس وغيرهما من المعادن، وذلك بتطوير واستخدام كائنات محورة وراثياً. وأيضاً في مجال تنقية قنوات تصريف الزيوت والمياه لإبطال تأثير الملوثات الخطرة.

كما يتم استخدام بعض الكائنات المعدلة وراثيا في امتصاص الإشعاعات المختلفة. كما تم تطوير بكتيريا معدلة وراثيا من أجل استخدامها لتحويل النفايات والفضلات بهدف إنتاج الوقود وحقول اقتصادية أخرى.

وفي عام ١٩٩٢ أعلنت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية US FDA أن التشريعات الخاصة بالأغذية المهندسة وراثيا سوف لا تختلف عن التشريعات الموضوعة للأغذية التقليدية. لقد أحدثت صناعة الأغذية الحيوية تحولات في الزراعة الأمريكية، بحيث لم تعد تخضع في الواقع لأية أنظمة أو قوانين أو لآى إشراف أو مراقبة، ولا حتى لآى اهتمام بالرأى العام وبالأضرار التى تحيط بكل ذلك.

ولما تبصرت الجهات المختلفة فى الولايات المتحدة الأمريكية، كالمؤسسات العلمية والبيئية والدينية وإدارات الصحة العامة، وأخذت تزن الأمور المتعلقة بهذا الأمر، بدعم من المزارعين المتضررين والذين يزرعون على أسس طبيعية، ومن مستهلكى الأغذية الطبيعية، أصبحت الصناعة الحيوية نوعا ما تراجع وتنسحب. وفى خضم هذه التغيرات والمؤثرات المتتالية، الاجتماعية منها والاقتصادية والسياسية، غدت عملية الإشارة إلى بعض المواد الغذائية أمرا لا بد منه لبيان نوعيتها من حيث إنها معدلة وراثيا أم غير معدلة! وقد بدأ الاهتمام فى الآونة الأخيرة بالموضوع وقامت مجلات وصحف رئيسية معروفة بتغطيته من جوانب عديدة أيضا، وخصوصا من الجوانب ذات العلاقة بالحرب التجارية، التى لاحت فى الأفق ما بين الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبى فى هذه القضية.

إن معظم دول العالم، وبشكل خاص الدول الأوروبية، بدأت بمراقبة التكنولوجيا الجديدة فى محاولات للحد من النشاطات غير المرغوب فيها. نذكر بهذا الخصوص مرض جنون البقر الوبائى الذى بسببه دعت جمعية الطب البريطانية إلى اتخاذ قرار رسمى بتعليق نشاطات إنتاج محاصيل وتطوير أغذية معدلة وراثيا وبشكل تجارى لحين إجراء دراسات وأبحاث وافية ومكثفة عليها وعلى أثرها على

الصحة والبيئة. ولقد دعا نادى سيرا ومنظمة الاتحاد الوطنى للأحياء البرية واتحاد المستهلكين ومؤسسات أخرى ذات اهتمام بالموضوع إلى وقف مثل هذه الأعمال. إضافة إلى أن العلماء يجذرون من زيادة العواقب المتعلقة بأمراض مختلفة، كأعراض الحساسية وأمراض نقص المناعة والسرطان وغيرها من الأمراض والعلل التي قد يسببها تناول أغذية معدلة وراثيا.

إن الأمر لدى حكومات بعض الدول لا يستدعى وضع ملصقات أو علامات تدل المواطنين على ماذا يبتاعون من المتاجر وماذا يأكلون في بيوتهم أو في المطاعم أو ماذا يزرعون في مزارعهم وفي حدائقهم المنزلية! إن الولايات المتحدة الأمريكية هي على رأس قائمة الدول الأكثر تطورا في العلوم الحياتية وبالتحديد في الهندسة الوراثية، ومن أوائل الدول المنتجة والمصنعة لهذا النوع من الأغذية.

لقد صارت أعداد لا تحصى من المنتجات الغذائية المغيرة وراثيا مستخدمة في مختلف أرجاء العالم، وتشير التقديرات بأن حوالى ٣٦٠ مليون هكتار من أراضي الولايات المتحدة الأمريكية مزروعة بمحاصيل مغيرة وراثيا. وهذا يشمل حوالى ٥٥٪ من فول الصويا و ٤٠٪ من القطن و ٣٥٪ من الذرة و ٥٪ من البطاطس.

وجدير بنا أن نذكر هنا نتائج بعض الدراسات المنشورة حول مخاطر تناول الأغذية المحورة وراثيا التي تقول بأن بعض المخاطر تكمن في رفع مستوى سمية الأغذية وبعضها في زيادة الكائنات المسببة لبعض الأمراض ومقاومتها للمضادات الحيوية، وبأن عملية تحوير الأغذية (النباتات) لجعلها مقاومة للحشرات هي خطوة للوراء بالنسبة إلى طرق الانتخاب الطبيعى المنتشرة بين النباتات عبر ملايين السنين. فعلى سبيل المثال، عند هندسة النباتات بهدف جعلها مقاومة للمفترسات (الآفات الزراعية)، غالبا ما يتطلب من جهاز المناعة تكوين (تصنيع) جينات طبيعية تسبب مرض السرطان.

كما يجب علينا أن نشير هنا إلى أن إحدى المخاوف البيئية أيضا تتمثل في إنتاج

الأعشاب بالصدفة، ولكن هذا مردود عليه؛ حيث إن الصفة العشبية في النباتات هي نتيجة فعل جينات عديدة تعمل معا؛ وبالتالي لا يحتمل أن تنتج بدون قصد. كذلك الخوف من انتقال بعض الجينات للأعشاب مثل مقاومة مبيدات الحشائش والحشرات، وقد ثبت أن هذا ليس قاصرا على نباتات الهندسة الوراثية بل إنه قد يحدث أيضا في النباتات غير المعدلة وراثيا، هذا بالإضافة إلى أنه تم وضع إستراتيجية لمنع انتقال الجينات للأقارب العشبية. كما أن انتقال الجينات للكائنات الدقيقة في التربة - وهو أحد المخاوف البيئية المثارة أيضا، والتي قد تؤدي إلى تغيير الفلورا الميكروبية- أثبتت الدراسات الحديثة أن هذا الانتقال لا يحدث؛ وإذا حدث يكون بمعدلات قليلة جدا.

حيث أن نقل الجينات إلى النباتات يستلزم استخدام الناقل الوراثي أو ما يعرف باسم البلازميد (وهي أجسام من الحمض النووي تسبح في سيتوبلازم الخلية بوصفها عوامل ناقلة للمادة الوراثية). ويحتوى البلازميد بالإضافة إلى الجين المرغوب نقله على جينات أخرى مقاومة للمضادات الحيوية مثل: جين مقاومة الأمبسلين، والكاناميسن، وجين لمتابعة كفاءة عمل الجين المرغوب. وقد أثارت جينات مقاومة المضادات الحيوية مخاوف من انتقالها إلى أمعاء الإنسان بعد تناوله النباتات المعدلة وراثيا. مما يؤدي إلى أن تصبح البكتريا الموجودة في معدة وأمعاء الإنسان مقاومة للمضادات الحيوية، والآثار المترتبة على ذلك هي فشل المضادات الحيوية التي يصفها الطبيب في علاج الأمراض التي قد تصيب الإنسان، مما يستدعى البحث عن جيل آخر من المضادات الحيوية، وهي عملية شاقة تستغرق وقتا وجهدا وأموالا طائلة.

ومن المخاوف المثارة أيضا أنه حتى وإن لم يتناول الإنسان النباتات المعدلة، فهو لا يزال عرضة لدخول هذه الجينات إلى جسمه وغذائه، وذلك عن طريق استنشاق حبوب اللقاح الناتجة من هذه النباتات، أو تناول لحوم ومنتجات الحيوانات التي استنشقت حبوب اللقاح المحملة بالجينات أو تناول عسل النحل الملوث بحبوب

اللقاح المحملة بالجينات، والذي تنقله شغالة النحل من أزهار النباتات المعدلة وراثيا إلى خلايا العسل. أى أننا سوف نكون محاصرين بما يسمى بالتلوث الجيني. وتشير الأبحاث الحديثة إلى أنه لا يوجد دليل علمى على أن جين مقاومة الأمبسلين يمكن أن ينتقل من النباتات المعدلة وراثيا إلى البكتريا حتى إذا توفرت الظروف المناسبة. كما تشير الأبحاث -أيضا- إلى أن ٧٠٪ من البكتريا الموجودة في الأبقار، ٣٠٪ من البكتريا الموجودة في الحيوانات المجترة، ٥٠٪ من البكتريا الموجودة في معدة الإنسان تحتوي على جين مقاومة الأمبسلين. كما تشير الأبحاث -أيضا- إلى أن الإنسان يتناول يوميا ١.٢ × ٦١٠ (حوالى مليون وربع) بكتريا مقاومة للمضاد الحيوى كاناميسن، وخصوصا من السلطة الطازجة. وبذلك فإن افتراضية انتقال جين مقاومة الأمبسلين والكاناميسن للإنسان لن تثير شيئا جديدا. وقد تم أيضا إثبات أن البروتين الناتج من الجين المتابع لكفاءة عمل الجين المرغوب (II NPT) لا يوجد له تأثيرات صحية ضارة حيث إنه يتحلل بسرعة إلى الأحماض الأمينية المكونة له.

وبالرغم من إثبات أن جينات مقاومة المضادات الحيوية (الكاناميسن، والنيوميسن والأمبسلين) ليس لها تأثير صحى ضار، فهناك العديد من جينات مقاومة المضادات الحيوية الأخرى التى تستخدم في تجارب إنتاج النباتات المعدلة وراثيا مثل:

هيجروميسن و بليوميسن وجيتتاميسن. وحيث إن الاحتياج لوجود مثل هذه الجينات على الناقل الوراثى ينحصر فقط في المراحل الأولى لإنتاج النباتات المعدلة وراثيا، وليس لها فائدة في المنتج النهائى فقد تم استحداث نظام يطلق عليه "المقص الجيني" لإزالة هذه الجينات من النباتات المعدلة وراثيا أو على الأقل إيقاف نشاطها. وذلك لإزالة المخاوف الصحية نهائيا وعدم العمل على زيادة مستوى المقاومة للمضادات الحيوية.

المراجع

المراجع العربية

- ١- محمد السيد أرنأؤوط (١٩٩٩): الانسان وتلوث البيئة، الدار المصرية اللبنانية.
- ٢- أحمد عبد الوهاب (١٩٩٧): موسوعة بيئة الوطن العربى قضايا النفايات فى الوطن العربى، الدار العربية للنشر والتوزيع.
- ٣- رشيد الحمد (١٩٨٤): البيئة ومشكلاتها، الكويت .
- ٤- زين الدين عبد المقصود (١٩٧٦): أبحاث فى مشاكل البيئة، الإسكندرية.
- ٥- على محمد على عبدالله (١٩٩٩): التلوث البيئى والهندسة الوراثية، مهرجان القراءة للجميع، مصر.
- ٦- أكثر من ألف موقع ومنتدى من منتديات شبكة المعلومات العالمية (الأترنت).

المراجع الأجنبية

1. Alexander M. 1994. Biodegradation and bioremediation. San Diego: Academic Press.
2. Anderson JM. 1978. Inter- and intra-habitat relationships between woodland crypto-stigmata species diversity and the diversity of soil and litter microhabitats. *Oecologia* 32: 341- 348.
3. Atlas, R.M. 1993. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications* 3rd Ed. . p. 39 - 43.
4. Bezdicek DF, Kennedy AC. 1988. Symbiotic nitrogen fixation and nitrogen cycling in terrestrial environments. Pages 241- 260 in Lynch JM, Hobbie JE, eds. *Micro-organisms in action: concepts and applications in microbial ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
5. CG, Brand S. 1995. The role of animals in an arid ecosystem: snails and isopods as controllers of soil formation, erosion and desalinization. Pages 37- 50 in Blume HP, Berkowicz SM, eds. *arid ecosystems*. Cremlingen-Destedt (Germany): Catena Verlag.
6. Costanza R, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253- 260.
7. Dobereiner J, Baldani VLD, Reis VM. 1995. Endophytic

- occurrences of diazotrophic bacteria in non-leguminous crops. Pages 3- 14 in Fendrik I, ed. *Azospirillum VI and related microorganisms: genetics, physiology, ecology*. Berlin: Springer-Verlag.
8. Dobereiner J, Pedrosa FO. 1987. Nitrogen-fixing bacteria in nonleguminous crop plants. Madison (WI): Science Tech Publishers.
 9. Einstein D. 1995. Environmental management. Madison (WI): University of Wisconsin Press.
 10. Fankhauser S. 1993. Evaluating the social cost of greenhouse gas emissions. London: Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London and University of East Anglia.
 11. Farnsworth NR, Soejarto DD. 1991. Global importance of medicinal plants. Pages 25- 52 in Akerele O, Heywood V, Synge H, eds. *The conservation of medicinal plants*. New York: Cambridge University Press.
 12. Fiechter, A. 1990. *Plastics from Bacteria and for Bacteria: Poly (B-Hydroxyalkanoates) as Natural, Biocompatible, and Biodegradable Polyesters*, p. 77 - 93. Springer-Verlag, New York
 13. Frank JH, McCoy ED. 1995. Introduction to insect behavioral ecology: the good, the bad, and the beautiful: non-indigenous species in Florida: Invasive adventive insects and other organisms in Florida. *Florida Entomologist* 78: 1- 15.
 14. Groombridge B. 1992. *Global biodiversity: status of the earth' s living resources*. London: Chapman & Hall.
 15. Harker J. 1995. Maine growers diversify to succeed. *American Fruit Grower* 115: 16v- 16w.
 16. Harlan JR. 1977. Sources of genetic defense. *Annals of the New York Academy of Science* 287: 345- 356.

17. Heywood VH, ed. 1995. Global biodiversity assessment. United Nations Environment Programme. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
18. Kathuri C, Polastro ET, Mellor N. 1993. Biotechnology in an uncommon market. *BioTechnology* 10: 1545- 1547.
19. Kress-Rogers, E. "Handbook of Biosensors and Electronic Noses: Medicine, Food and the Environment", CRC Press, Boca Raton, USA, 1996.
20. LaSalle J, Gould ID. 1993. Hymenoptera: their diversity and their impact on the diversity of other organisms. Pages 1- 26 in LaSalle J, Gould ID, eds. Hymenoptera and biodiversity. Oxon (UK): CAB International.
21. Mannion AM. 1995. Agriculture, environment, and biotechnology. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 53: 31- 45.
22. Neff JL, Simpson BB. 1993. Bees pollination systems and plant diversity. Pages 143- 167 in LaSalle J, Gauld ID, eds. Hymenoptera and biodiversity. Wallingford (UK): CAB International.
23. Pimentel D, et al. 1991. Environmental and economic impacts of reducing US agricultural pesticide use. Pages 679- 718 in Pimentel D, ed. Handbook of pest management in agriculture. Boca Raton (FL): CRC Press.
24. Pimentel D, et al. 1993. Assessment of environmental and economic costs of pesticide use. Pages 47- 84 in Pimentel D, Lehman H, eds. The pesticide question: environment, economics and ethics. New York: Chapman & Hall.
25. Pimentel D, Hunter MS, LaGro JA, Efronymson RA, Landers JC, Mervis FT, McCarthy CA, Boyd AE. 1989. Benefits and risks of genetic engineering in agriculture. *BioScience* 39: 606- 614.

26. Pimentel D, Stachow U, Takacs DA, Brubaker HW, Dumas AR, Meaney JJ, O' Neil J, Onsi DE, Corzilius DB. 1992. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *BioScience* 42: 354- 362.
27. Pimentel D. 1980. *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton (FL): CRC Press.
28. Pimm SL, Russell GJ, Gittleman JL, Brooks TM. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269: 347- 350.
29. Plotkin MJ. 1991. Traditional knowledge of medicinal plants: the search for new jungle medicines. Pages 53- 64 in Akerele O, Heywood V, Synge H, eds. *The conservation of medicinal plants*. New York: Cambridge University Press.
30. Pool, Robert. 1989. *Science*. “ In search of the plastic potato”. p. 1187-1189. Vol. 245
31. Principe PP. 1991. Valuing the biodiversity of medicinal plants. Pages 79- 124 in Akerele O, Heywood V, Synge H, eds. *The conservation of medicinal plants*. New York: Cambridge University Press.
32. Tadesse P, Donaldson JD, Gremes SM. 1994. Contaminated and polluted land: a general review of decontamination management and control. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 60: 227- 240.
33. Turner, A.P.F., Karube, I. and Wilson, G.S. (1987) *Biosensors: Fundamentals and Applications*. Oxford University Press, Oxford. 770p.