



التطبيقات الحديثة للبيوكنولوجيا فى الزراعة

أ.د/ مسعد مسعد شتيوى

أستاذ فسيولوجيا الحيوان ورئيس قسم الإنتاج الحيوانى
كلية العلوم الزراعية بالعريش - جامعة قناة السويس

البيوتكنولوجيا أو التقنية الحيوية تعنى ببساطة الوسائل أو الطرق techniques التى نستخدم بها الكائنات الحية من بكتيريا ونباتات وحيوانات أو أجزاء منها لتصنيع أو تحسين منتجات مفيدة للإنسان . والبيوتكنولوجيا biotechnology كلمة تتكون من مقطعين بيو bio وتعنى حياة وتكنولوجيا technology وتعنى تطبيق العلم أو المعرفة فى الحياة العملية. والبيوتكنولوجيا بمعناها الواسع بدأت منذ أن استأنس الإنسان النباتات والحيوانات أى منذ حوالي عشرة آلاف عام. وقد استخدمها المصريون القدماء فى صناعة الخبز والجبن والخمور منذ أكثر من ستة آلاف عام . أما البيوتكنولوجيا الحديثة فقد نشأت نتيجة التقدم الكبير الذى حدث فى فروع العلم المختلفة، ففي أوائل السبعينيات من القرن العشرين استطاع العلماء لأول مرة فى تاريخ البشرية من عزل المادة الوراثية DNA وإحداث تغييرات فيها. والـ DNA أو الحمض النووى الريبوزى المختزل موجود فى جميع خلايا الكائنات الحية ويتكون من وحدات تعرف بالجينات genes أو المورثات وهى التى تحمل المعلومات أو الصفات الوراثية للكائن الحي وتساعد على انتقالها من جيل إلى جيل.

ويعرف التعامل مع هذه الجينات بالهندسة الوراثية genetic engineering أو تكنولوجيا الـ DNA المطعم أو المعاد تشكيله (recombinant DNA) واختصاراً rDNA وتتضمن أخذ جين أو أكثر من موضع معين فى كائن حي ونقله إما إلى كائن حي آخر أو وضعه ثانية فى نفس الكائن ولكن فى مجموعة أو توليفة مختلفة؛ والكائنات الناتجة بعد هذه العملية تعرف بالكائنات العبر جينية transgenic أو المحورة وراثياً GMO والبيوتكنولوجيا هى فى الحقيقة مجموعة من التكنولوجيات المختلفة وتشمل ليس فقط الهندسة الوراثية، ولكن

أيضا تحليل الـ DNA ، ورسم الخريطة الجينية، ونقل الجينات، وزراعة الأنسجة، التخمرات البيولوجية، والاستنساخ الحيواني. تحليل الـ DNA ورسم الخريطة الجينية genetic mapping مكن العلماء من أن يضعوا أيديهم على جينات معينة، تحمل صفات مرغوبة، فى جينوم الكائن الحى ونقلها باستخدام تكنولوجيا نقل الجينات gene transfer من كائن إلى آخر. كما إن زراعة الأنسجة النباتية plant tissue culture مكن العلماء من تنمية الخلايا لنتج نباتات كاملة، وبها نستطيع الإكثار من الأنواع الممتازة من النباتات بسرعة وسهولة. أما التخمر الحيوى biofermentation فقد مكن العلماء من الإنتاج المكثف mass production للأحياء الدقيقة، وتطوير ميكروبات تستخدم فى مكافحة الحويية للآفات التي تصيب النباتات، وإنتاج مخصبات بيولوجية. وعن طريق الاستنساخ cloning نستطيع إنتاج حيوانات متشابهة فى جميع صفاتها وبذلك نستطيع الإكثار من الأنواع الممتازة والنادرة . والأهداف التى يسعى العلماء حاليا لتحقيقها باستخدام البيوتكنولوجيا الحديثة فى النباتات هى نفسها تقريبا نفس الأهداف التى كان المربون يسعون لتحقيقها بالطرق التقليدية للتربية من خلط وتهجين وانتخاب وخلافه ، إلا أن التحوير الجينى genetic modification باستخدام البيوتكنولوجيا الحديثة يتميز بعدد من الخصائص الفريدة :

١- التخصص والدقة :

يمكن اختيار الصفة المطلوبة، وتجنب الصفات غير المرغوبة، بمنتهى الدقة من بين آلاف الصفات التى يمتلكها النبات .

٢- السرعة :

يمكن تثبيت الصفة المرغوبة فى جيل واحد، أما فى طرق التربية التقليدية فيتطلب الأمر عدة أجيال تستغرق سنوات .

٣- كسر الحواجز بين الأنواع :

طرق التربية التقليدية تعتمد على التكاثر الجيسى ، أما تكنولوجيا rDNA فيمكنها نقل جينات من نباتات إلى نباتات أخرى لا تتوافق معها جنسيا ، بل من حشرات أو حيوانات أو بكتيريا إلى النباتات كما حدث فى حالة المحاصيل المقاومة للحشرات (Bt crops) حيث تم

نقل جينات من البكتيريا إلى النباتات ، وبالتالي يمكن استنباط أنواع تحمل صفات فريدة لم توجد في الطبيعة من قبل . وكنتيجة للفوائد المتوقعة من استخدام البيوتكنولوجيا في الزراعة فقد ورد في تقرير التنمية البشرية الصادر عن الأمم المتحدة في عام ٢٠٠١ أن استخدام البيوتكنولوجيا في الزراعة يعتبر خطوة جبارة بالنسبة للدول النامية. وقد كان الهدف الرئيسي المعلن من وراء تطوير وإنتاج النباتات والحيوانات المحورة وراثيا هو توفير الغذاء لملايين الجوعى والمحرومين من شعوب هذه الدول. وعبر عن ذلك نورمان بورلوج N. Borlaug (أبو الثورة الخضراء) والحائز على جائزة نوبل بقوله: "وفرة الغذاء adequate food تعتبر أول مكونات العدالة الاجتماعية" وأضاف بأننا نمتلك الآن المعلومات والتكنولوجيات التي تمكننا من إنتاج الطعام الذي يكفى لتغذية البشر الذين سيعيشون على سطح هذا الكوكب في عام ٢٠٢٥م. وقد وقع بورلوج مع ٣٣٠٠ عالم آخر من شتى أنحاء العالم (منهم ١٨ حائزين على جائزة نوبل) وثيقة لتدعيم البيوتكنولوجيا النباتية . ولكن ، هل وفرة الغذاء أو الكمية التي ينتجها العالم هي العامل المحدد لنسبة الجوع أو سوء التغذية؟ منظمة الأغذية والزراعة (الفاو FAO) تقول في تقرير لها إن الإنتاج العالمى من الغذاء يكفى لسد حاجة الـ ٦ مليارات إنسان الموجودين على سطح هذا الكوكب، إنتاج الحبوب وحده إذا ما تم توزيعه بالعدل يكفى لسد حاجة جميع السكان من الطاقة . المشكلة إذن ليست مشكلة إنتاج ولكنها، ويا للأسف ، مشكلة توزيع ، ولإدراك حجم الفجوة الاستهلاكية الضخمة بين البلدان المتقدمة والبلدان النامية يكفى أن نشير إلى أن البلدان المتقدمة الغنية تضم فقط ٢٠% من مجموع السكان في العالم ومع ذلك فإنها تستهلك حوالي ٨٦% من الاستهلاك العالمى ، وفى المقابل فإن أفقر ٢٠% من سكان العالم يستهلكون فقط ١,٣% من الاستهلاك العالمى. ورغم تصاعد النشاط الاقتصادي الذى يقدر حاليا بنحو ٣٠ تريليون دولار سنويا، إلا أن حوالى ١,٢ بليون شخص فى العالم يعيشون على أقل من دولار واحد يوميا. ولكن، والفضل لله، فإن منطقتنا العربية (الشرق الأوسط وشمال أفريقيا) طبقا لتقرير التنمية البشرية الصادر عن الأمم المتحدة عام ٢٠٠٢م هى أفضل منطقة فى العالم من ناحية عدالة توزيع الدخل ، بالإضافة إلى أن نسبة الفقر المدقع بها أقل ما يمكن، حيث يعيش ٢,٥% فقط من سكان هذه المنطقة على دولارا واحدا أو أقل، وهى نسبة بسيطة إذا ما قورنت بالنسبة العالمية (٢٠%) . والسبب فى ذلك يرجع إلى أن الإسلام يحض على التكافل الاجتماعى ومساعدة الفقراء والمحتاجين.. وطبقا

لتقديرات منظمة الفاو FAO فإن ٤٠-٥٥% من سكان الجنوب فى أفريقيا يعانون من سوء التغذية المزمن، بل أن حالتهم أكثر سوءاً مما كانت عليه منذ ٣٠ عاماً مضت. نصيب الفرد من الحبوب فى جنوب القارة فى الوقت الحالى أقل بحوالى ١٩% مما كان عليه عام ١٩٧٠م. والفجوة بين الإنتاج والطلب على الحبوب من المتوقع أن تقفز من ٩ ملايين طن عام ١٩٩٠ إلى ٢٧ مليون طن عام ٢٠٢٠م. إذن فالسبيل الوحيد للخروج من المشكلة هو أن ينتج الإنسان غذاؤه بنفسه بالكميات التي تكفيه ولا يعتمد على المنح والمساعدات التي غالباً ما يكون وراءها أهدافاً سياسية، وقديماً قالوا: "من لا يملك قوته لا يملك حريته" وما حدث فى الهند يعتبر مثالا يحتذى، فمنذ أكثر من ثلاثين عاماً كان السكان هناك يعانون من سوء التغذية والفقر المدقع ولم يكن هناك أمل فى توفير الطعام لهذا العدد الهائل والمتزايد من السكان، ولكن بداية من نوفمبر ٢٠٠٢م أصبحت الهند أكبر مورد للقمح (١ مليون طن متري من القمح سنوياً). وفى الصين، انخفضت نسبة الفقر بحوالى ٨٥% منذ عام ١٩٧٨ نتيجة زيادة الإنتاج الزراعي وأدى ذلك إلى ثبات الأسعار وتحسن مستوى التغذية. وسنناقش فى هذا المقال بشئ من التفصيل أهم تطبيقات البيوتكنولوجيا الحديثة فى النباتات والتوقعات المستقبلية، ثم المخاطر البيئية والصحية التي قد تحدث.

أولاً: أهم تطبيقات البيوتكنولوجيا الحديثة فى النباتات :

يمكن تقسيم التطبيقات البيوتكنولوجية إلى :

أ- تطبيقات تهدف الى تغيير الصفات أو الخصائص المحصولية .

ب- تغيير خصائص المنتجات النباتية .

ج- إنتاج مركبات صيدلانية .

د- إنتاج فاكسينات نباتية .

أ- الخصائص المحصولية Agronomic Traits :

تحسين الصفات أو الخصائص المحصولية يمكن أن تساعد على زيادة الإنتاج بعدة

وسائل أهمها :

١- زيادة كمية الغذاء التي ينتجها النبات الواحد .

٢- تقليل الفقد فى المحصول نتيجة الإصابة بالآفات والأمراض أو الحشائش .

٣- التغلب على الظروف البيئية المناوئة لنمو النباتات .

والفوائد المتوقعة نتيجة تحسين الصفات المحصولية هي زيادة إنتاج المحاصيل، والحصول على إنتاج مستمر ومتجانس، تخفيض تكاليف الإنتاج ، والاستفادة من الأراضي غير الصالحة لزراعة المحاصيل العادية، بالإضافة إلى تقليل العمالة وتوفير الوقت .

١- زيادة انتاجية النباتات : Increasing Yields

في المعهد القومي الياباني للموارد البيولوجية ، تمكن العلماء من نقل جينات التمثيل الضوئي photosynthesis من البطاطس إلى الأرز لزيادة كفاءته في إنتاج النشا النباتي. وقد أدت هذه العملية إلى زيادة المحصول بنسبة ٣٠%. علماء آخرون يحاولون تعديل الميتابولزم (التمثيل الغذائي) في النباتات عن طريق إبطال مفعول بعض الجينات لكي يتحول مسار بعض المغذيات nutrients من جزء إلى جزء آخر من أجزاء النبات. فمثلا النباتات الزيتية كالكانولا canola (الشلجم من عائلة اللفت) يزداد الإنتاج كلما زاد تركيز الأحماض الدهنية في البذور وليس في الأوراق . يستطيع العلماء أيضا، باستخدام البيوتكنولوجيا ، تطوير محاصيل أكثر قدرة على استخلاص العناصر الغذائية من التربة. مثال ذلك ما قام به العلماء المكسيكيون من تجارب أسفرت عن إنتاج نباتات عبر جينية لها القدرة على إفراز حمض الستريك citric acid من جذورها إلى التربة، فتزداد حموضة التربة قليلا ما يؤدي إلى انسياب أو تفكك المعادن المرتبطة بجزيئات التربة فيمتصها النبات بسهولة . النيتروجين أو الآزوت nitrogen هو العنصر السهل الممتع ، فعلى الرغم من أنه يشكل أكبر نسبة من الهواء الجوى (٨٠%)، إلا أن معظم الكائنات الحية بما فيها النباتات لا تستطيع الاستفادة منه في صورته الغازية، وفي نفس الوقت لا تستطيع الاستغناء عنه، فهو إذن العنصر المحدد limiting factor لنمو هذه الكائنات. من هنا، يحاول الباحثون في مختلف التخصصات معرفة أسرار العلاقة التكافلية التي تسمح لبكتيريا العقد الجذرية root nodules الموجودة في جذور النباتات البقولية كالفاصوليا والبازلاء من تثبيت النيتروجين الجوى وتحويله إلى أمونيا يستفيد منها النبات الذي يحتضن هذه البكتيريا في جذوره . وقد تعرف علماء النبات في المجر وفي إنجلترا على الجين النباتي الذي يمكن النبات من تكوين علاقة تكافلية مع بكتيريا تثبيت النيتروجين الموجودة في التربة. وتعرف علماء الميكروبيولوجيا في جامعة كوينزلاند في

استراليا على جينات البكتيريا التي تحفز النبات على تكوين العقد الجذرية وقد أدى التعاون بين علماء البيولوجيا في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة وكندا إلى فك شفرة الجينوم الخاص بإحدى سلالات بكتيريا تثبيت النيتروجين، وتمكن علماء كيمياء البروتينات من معرفة التركيب الدقيق للإنزيم البكتيري الذي يقوم بتحويل النيتروجين الجوي إلى صورة أخرى يمكن للنبات أن يمتصها ويستفيد منها .

٢- نباتات تقاوم الآفات : Pest-Resistant Plants :

لاحظ العلماء أن بكتيريا التربة المسماة (*Bacillus thuringiensis* Bt) تنتج بروتيناً طبيعياً يقتل الحشرات التي تتطفل على بعض المحاصيل الزراعية دون أن يضر بالمحصول نفسه أو بالإنسان . ويعد حفار الذرة الأوروبي *European corn borer* من أخطر الحشرات التي تصيب المحاصيل، إذ يكلف الولايات المتحدة وحدها ١,٢ بلايين دولار سنوياً ، ولذلك فإن محاليل هذه البكتيريا كانت تستخدم منذ ثلاثينيات القرن الماضي على هيئة رذاذ لرش المحاصيل الحقلية بدلاً من استخدام المواد الكيماوية . من هنا فطن الباحثون إلى إمكانية نقل هذا الجين البكتيري المسنول عن إنتاج هذا البروتين القاتل وإلجأه في جينوم النبات حتى يستطيع إنتاجه بنفسه وبالتالي يتمتع بخاصية المقاومة الذاتية للحشرات. وهذا ما حدث بالفعل مع محاصيل الذرة والبطاطس والقطن وما زالت الأبحاث تجرى على قدم وساق لإحداث هذا التحويل الجيني في بقية المحاصيل ذات الأهمية الاقتصادية. هذه البروتينات القاتلة للحشرات ستعطى النباتات حماية ولو جزئية تؤدي إلى التقليل من استخدام المبيدات الحشرية التي تضر بالبيئة وبالإنسان. وفي نفس الوقت تخفض من تكاليف شراء المبيدات وماكينات أو طائرات الرش والعمالة... الخ .

وتجدر الإشارة إلى أن الآفات تتسبب في فقد أكثر من نصف الإنتاج العالمي من المحاصيل، وتقدر الخسائر قبل وبعد الحصاد بحوالي ١٠٠ بليون دولار سنوياً. وتختلف الخسائر من منطقة إلى أخرى في العالم ، ففي أفريقيا مثلاً تقدر الخسائر الناجمة عن الإصابة بالأمراض والحشرات والحشائش بما يعادل قيمة المحاصيل التي تم حصادها مقارنة ب ٥٠% فقط من قيمتها في أمريكا الشمالية. ويتوقع الخبراء أن تؤدي المحاصيل المعدلة وراثياً لمقاومة الحشرات والفطريات (القطن - الذرة - الأرز - الفواكه - الخضراوات) إلى توفير ٢,٨ بلايين

دولار من الـ ٨ بلايين التي يتم إنفاقها سنوياً في مقاومة الآفات، وهذا سيفيد الدول التي تنتشر فيها هذه الآفات أكثر من غيرها. فمثلاً، بين عامي ١٩٩٨، ٢٠٠١ حقق إنتاج القطن العالمي زيادة في الدخل مقدارها ١,٧ بليون دولار نتيجة زراعة القطن المقاوم للحشرات Bt cotton وقد تراوحت الزيادة في المحصول نتيجة زراعته من ٥-١٠% في الصين، ١٠% في الولايات المتحدة والمكسيك، ٢٥% في جنوب أفريقيا، ١٠-١٥% في المناطق التي تنتشر فيها الحشرات في أسبانيا. وحديثاً (أكتوبر ٢٠٠٤) نشرت مجلة Economist البريطانية تقريراً أوضحت فيه أن المساحة التي زرعت من القطن المقاوم للحشرات في العالم في عام ١٩٩٧م كانت ١,٤ مليون هكتار hectare (الهكتار = ١٠ آلاف متر مربع) فقط، إزدادت في عام ٢٠٠٣ إلى ٧,٢ ملايين هكتار. أما في أمريكا التي استتبطت هذا الصنف فتزرع منه حالياً ٧٥% من إجمالي المساحة المزروعة بالقطن. والصين التي اعتمدت زراعته تجارياً فقط في عام ١٩٩٧م زرعت في عام ٢٠٠١م ١,٥ ملايين هكتار بما يعادل ٣٠% من المساحة المزروعة وفي عام ٢٠٠٣ زرعت منه ٢,٨ ملايين هكتار. ورغم أن أسعار بذور المحاصيل المعدلة جينياً لمقاومة الحشرات (Bt crops) أعلى نسبياً من البذور العادية.

أثناء المؤتمر العالمي للتنمية المستدامة sustainable development الذي عقد تحت رعاية الأمم المتحدة في جوهانسبرج في أغسطس/سبتمبر ٢٠٠٢م تظاهر مئات من المزارعين الهنود والأفارقة للمطالبة باستخدام البيوتكنولوجيا الحديثة في الزراعة. أحد المتظاهرين من جنوب أفريقيا يدعى T.J. Buthelezi قال أنه عندما زرع القطن المعدل وراثياً لأول مرة حصل على أربعة أضعاف ما يعطيه المحصول التقليدي، وأضاف أنه أصبح يدخر نقوداً للمرة الأولى في حياته وأصبح يستطيع سداد ديونه. وتشير الإحصاءات إلى أن ٧٥% من المزارعين (٤,٥ ملايين تقريباً معظمهم في الصين وفي جنوب أفريقيا) الذين زرعوا القطن المعدل وراثياً كانوا من أمثال هذا المزارع الفقير. ولكن يجب الحذر تماماً قبل التوسع في زراعة هذه المحاصيل، فهناك بعض المخاطر أو الجوانب السلبية التي قد تحدث - كما هو الحال دائماً عند استخدام أي تكنولوجيا جديدة. وعلى سبيل المثال ما حدث في عام ١٩٩٩م بعد أن تمت الموافقة على الاستخدام التجاري لبعض المحاصيل المعدلة لمقاومة الحشرات (Bt-crops) لاحظ فريق من الباحثين العاملين في مناطق مجاورة أن بروتين الـ Bt يقتل كائنات غير مستهدفة non-target organisms مثل يرقات الفراشة الملكية monarch

caterpillars ونتيجة لهذا التقرير قامت وزارة الزراعة الأمريكية USDA بتحقيق واسع وأبحاث مدعمة من قبل الحكومة لدراسة تأثير بروتين Bt الذى تنتجه نباتات الذرة المحورة وراثيا على يرقات الفراشة الملكية، ولكن النتائج أثبتت أن الزراعة الحقلية للذرة Bt تشكل تهديدا طفيفا للغاية negligible على هذه الفراشات. ومع ذلك فقد أوصى العلماء بالمتابعة الدقيقة لتأثيرات هذه النباتات على البيئة فى المدى الطويل.

٣- نباتات تتحمل مبيدات الحشائش : Herbicide-Tolerant Plants :

الظروف الجيدة التى تسمح بنمو المحصول تسمح أيضا بنمو الحشائش والأعشاب فى نفس الوقت والمكان مما يقلل من إنتاجية المحصول نتيجة تنافس الحشائش معه على نفس الموارد المتاحة. فى الزراعة التقليدية يتم القضاء على هذه الحشائش أما باستخدام مبيدات الحشائش أو بالحرث أو بالاثنين معاً . وغالباً ما يتطلب الأمر الرش عدة مرات أثناء دورة نمو المحصول مما يزيد من تكاليف الإنتاج ، بالإضافة إلى الأضرار البيئية الناجمة عن ذلك. أما الحرث فرغم أنه يؤدي إلى التخلص من الحشائش ومن بقايا المحصول السابق ويفيد فى تهوية التربة إلا أنه يعرض التربة للرياح والأمطار مما قد يؤدي إلى تآكل التربة وتعريضها soil erosion (خاصة فى الأماكن المعرضة للتعرية) وفقدانها لكثير من العناصر الغذائية مثل النيتروجين والفسفور. والاتجاه حالياً -خاصة فى الولايات المتحدة - يتزايد نحو الزراعة بدون حرث ولكن مفتاح نجاحه يكمن فى القضاء على الأعشاب الضارة، ومن هنا برزت أهمية المحاصيل التى تتحمل مبيدات الأعشاب . وقد استطاع العلماء استنباط أنواع من النباتات لا تتأثر بمبيدات الحشائش -يطلق عليها Herbicide-tolerant plants (Ht) مما يسمح للمزارعين باستخدام عددا من مبيدات الحشائش دون الأضرار بالمحصول الرئيسى . وقد تم إدخال هذه الصفة فى عدد لا بأس به من المحاصيل الاقتصادية مثل القطن والذرة وفول الصويا والكانولا .

٤- نباتات تتحمل الظروف البيئية السيئة Hardier Plants :

بالإضافة إلى التحديات التى ذكرت سابقا (الآفات، الحشائش..الخ) تواجه النباتات تحديات أخرى فى غاية الأهمية مثل نقص المياه، ملوحة أو حموضة التربة، حرارة أو برودة الجو،... الخ ورغم أن المربين على مر العصور نجحوا فى استنباط أنواع من النباتات تتحمل الظروف القاسية ، إلا أن هذا النجاح كان محدودا بسبب الصعوبات التى تعترض طريقهم أثناء

عمليات الانتخاب والخلط بين الأنواع. لذا فإن العلماء يعلقون آمالا كبيرة على البيوتكنولوجيا الحديثة للتغلب على هذه العقبات .

الجفاف والملوحة :

نقص المياه من أكبر المشاكل التي تواجه الزراعة والتنمية ، فالحياة تقتزن دائماً بوجود الماء، وقد أشار المولى عز وجل إلى هذه الحقيقة في كتابه الكريم.. "وجعلنا من الماء كل شيء حي" (الأنبياء: ٣٠) . وما زالت الزراعة تحظى بالنصيب الأوفر (٧٠%) من جميع المياه المستخدمة في العالم ؛ أكثر من ٢٤٠ مليون هكتار أو ١٨% من الأراضي المزروعة في العالم يتم ريها بالمياه . وأكثر من ٤٠% من الغذاء العالمي ينتج من هذه الأراضي . وبالتالي فإن نقص المياه والجفاف المستمر يهدد كثيراً من الدول الأفريقية والآسيوية ويحد من مقدراتها على تغذية شعوبها. وطبقاً لتقرير صدر عن الأمم المتحدة في عام ٢٠٠٠م فإن ١٤ دولة أفريقية معرضة لنقص المياه ، وسيلحق بها ١١ دولة أخرى بحلول عام ٢٠٢٥م. وطبقاً لدراسة أعدها المعهد الدولي لإدارة المياه (IWMI) فإن ثلث سكان العالم سيعيشون في مناطق جافة بحلول عام ٢٠٢٥م. والولايات المتحدة الأمريكية لم تسلم هي الأخرى من نقص المياه ، فقد تعرضت بعض ولايات الجنوب للجفاف في الخمس سنوات الماضية، ولأول مرة تدفع الحكومة أموالاً للمزارعين في ولاية جورجيا حتى يمتنعوا عن ري محاصيلهم بالمياه . وعلى الرغم من التوصل إلى بعض أنواع النباتات العبر جينية والتي تتحمل الجفاف والملوحة، إلا أن استخدامها عملياً في الزراعة مازال بعيد المنال . فمعظم الأبحاث عليها كانت تجرى في الصوب الزراعية greenhouses ولذلك فإنه من الصعب الاعتماد على النتائج المتحصل عليها وتطبيقها في الحقول تحت الظروف الطبيعية الحقيقية . ولكن يمكن استخدام هذه النباتات في زراعة الأراضي المستصلحة حديثاً، وبالتالي نزيد من مساحة الرقعة القابلة للزراعة في المستقبل . ويجب ألا ننسى أن كثيراً من الأراضي الملحية نشأت من عدم المداومة أو الانتظام في الري أو بسبب نوعية المياه المستخدمة. لذلك فإنه يجب أن نعطي الأولوية لأسباب حدوث الملوحة وكيفية التغلب عليها، وإلا فإن الملوحة ستزداد في التربة بدرجة قد لا تتحملها حتى النباتات المعدلة وراثياً لتحمل الملوحة. وقد توصل بعض الباحثين إلى إنتاج طماطم تتحمل ملوحة أكثر ب ٣٠٠ مرة مما تتحملة الطماطم العادية .

فى جامعة كورنيل بالولايات المتحدة ، قام الباحثون بقيادة Ray Wu أستاذ الوراثة والبيولوجيا الجزيئية بتطوير نوع من الأرز مقاوم للجفاف والظروف البيئية السيئة. وقد نشأت الفكرة عندما لاحظ العلماء أن بعض النباتات الصحراوية تقلل نشاطها الى ما يقرب من الصفر وتبدو وكأنها ميتة عندما تشح المياه ، ثم تعود ثانية للحياة عندما يسقط المطر. يعتقد العلماء أن هذه الكائنات تنتج نوع من السكر يسمى التري هالوز trehalose يساعد على مواجهة الظروف البيئية الصعبة. قام الباحثون بهندسة جينات نبات الأرز من النوع basmati ووضعوا به الجين الذى يشفر لانتاج التري هالوز (من بكتيريا أ. كولاي E. coli) ونجحوا فى زراعة هذا الأرز (stress-tolerant rice) وقالوا أنه استطاع المعيشة والنمو بنجاح فى التربة المالحة، وعند درجات الحرارة المنخفضة، وتحت ظروف الجفاف. ويتوقع العلماء أن يحل هذا الأرز الجديد مشكلة الغذاء فى المناطق الجافة والمالحة . ورغم النجاح الذى يمكن تحقيقه باستخدام الهندسة الوراثية، إلا أن التغيير الوراثي باستخدام الطرق التقليدية مازال محل تقدير واهتمام العلماء. فقد تمكن الباحثون من رابطة غرب أفريقيا لتنمية الأرز (W.A.R.D.A) ومقرها ساحل العاج - من خلط الأرز الأفريقى بالأرز الآسيوي لإنتاج أرز هجين hybrid يسمى NERICA ومعناها أرز جديد لأفريقيا. يستطيع هذا الأرز الهجين المعيشة والنمو تحت ظروف الجفاف فى أفريقيا، بالإضافة إلى أن إنتاجيته تفوق إنتاجية الأرز التقليدي وبالتالي يمكن استخدامه فى سد جانب كبير من الاحتياجات الغذائية للسكان فى المناطق الجافة من أفريقيا. ومن المعروف أن إنتاج الغذاء فى دول الجنوب الأفريقي يتناقص منذ الستينيات من القرن الماضي . وتجدر الإشارة إلى أنه يوجد نوعين رئيسيين من الأرز فى العالم هما الأرز الأفريقى والأرز الآسيوي ، والشئ الغريب أن حوالى ٨٠% من الأرز الذى تنتجه أفريقيا هو أرز من النوع الآسيوي، ١٥% فقط من النوع الأفريقي .

ب- تحسين خواص المنتجات الغذائية Quality Traits :

شهد عام ١٩٩٤م أول منتج نباتى يتم تطويره باستخدام الهندسة الوراثية وطرحه فى الأسواق للاستهلاك البشرى ... إنها طماطم الفلافر سافر flavr savr التى أحدثت ضجة إعلامية فى ذلك الوقت وتحدث عنها الناس باعتبارها بداية لثورة جديدة تشهد معها الأسواق أنواع من المنتجات الزراعية لم يعرفها الناس من قبل . والفلافر سافر تم تعديلها بحيث تبقى

على أغصانها حتى تصل إلى تمام النضج وحسن الطعم ، بالإضافة إلى إمكانية تخزينها لفترة أطول بعد الحصاد دون أن تتلف ، على العكس من ذلك الطماطم التقليدية (الغير معدلة) حيث يتم حصادها وهي مازالت خضراء ومتماسكة كي لا تنعصر أو تتلف قبل وصولها إلى المستهلك ، وأحيانا يتم إنضاجها بعد الشحن صناعيا بغاز الايثيلين. ورغم ذلك، لم تحقق الفلافرسافر النجاح المتوقع بالأسواق نظرا لارتفاع أسعارها من ناحية، ولعدم استساغة طعمها من ناحية أخرى، الأمر الذى أدى إلى توقف إنتاجها والبحث عن بدائل أفضل. ويعتبر تحسين القيمة الغذائية للمحاصيل من أهم الوسائل التى يمكن بها علاج أمراض نقص أو سوء التغذية malnutrition خاصة فى الدول النامية. فمثلا، الأرز الذهبى والطماطم الغنية بالبيتاكاروتين يفيد فى علاج نقص فيتامين A (أ)، البطاطس الغنية بالبروتين تفيد فى حالات نقص البروتين والأحماض الأمينية، وفول الصويا الغنى بالزيوت غير المشبعة يفيد فى تخفيض نسبة الكوليسترول والوقاية من تصلب الشرايين، والطماطم الغنية بالليكوبين lycopene مفيدة للوقاية من أمراض القلب والسرطان... الخ .

١- الأرز الذهبى Golden Rice :

يعانى أكثر من ١٣٠ مليون طفل فى شتى أنحاء العالم من نقص فيتامين A ، يموت منهم ٢ ملايين طفل كل عام، ويصاب بالعمى ملايين آخرين. هذا النقص فى الفيتامين يحدث بسبب الاعتماد على محصول أو اثنين من المحاصيل الأساسية كغذاء. فمثلاً الأرز لا يحتوى على المقادير الكافية من البيتاكاروتين التى توفر الاحتياجات المقررة من فيتامين (A) والبيتاكاروتين betacarotene ، هو المركب الذى يتكون منه فيتامين (A) فى الجسم و١٢ وحدة من البيتاكاروتين تتحول فى الجسم إلى وحدة واحدة من فيتامين (A) ، وبالإضافة إلى وظيفته فى المحافظة على النظر فإنه يساعد على تأخير الشيخوخة والتقليل من مضاعفات مرض السكر ومخاطر الإصابة ببعض أنواع السرطان ويحسن من وظيفة الرئتين ، ويوجد بكثرة فى الجزر والخضر والفاكهة الصفراء والبرتقالية مثل المانجو والكانتالوب والمشمش والكيوى والبطاطا (الحلوة) والبروكلى والسبانخ. ويظهر نقص فيتامين (A) بوضوح فى قارة آسيا حيث يمثل الأرز المحصول الرئيسى فى غذاء السكان (تنتج آسيا ٩٠% من محصول الأرز العالمى). فى جنوب شرق آسيا يصاب ٥ ملايين طفل كل عام بالعمى ولو جزئيا على الأقل. وتقدر الاحتياجات اليومية من الفيتامين بحوالى ٦٠٠ ميكروجرام (مكجم)،

إلا أن السيدات الحوامل والمرضعات يحتجن أكثر من ذلك (ألف مكجم)، علماً بأن الجزرة الواحدة التي تبلغ ٧ بوصات تعطي الجسم حوالى ٢ مكجم من فيتامين (A) ولكن يجب الحذر من تناول جرعات تزيد عن الحدود المسموح بها نظراً لسميته . استطاع الدكتور Ingo Potrykus من المعهد الفيدرالى السويسرى والدكتور Peter Beyer من جامعة Freiburg من تطوير سلالة من الأرز تنتج البيتاكاروتين فى الحبة نفسها (أوراق الأرز الخضراء التي لا تؤكل تحتوى على بيتاكاروتين) . وبسبب أن البيتاكاروتين يضيف لونا أصفر على الحبوب، فقد أطلق عليه الأرز الذهبى golden rice . أما الأساس العلمى الذى تم على أساسه تم تطوير هذا النوع من الأرز فقد استغرق حوالى عقدين من الزمان وتكلف ملايين الدولارات . باختصار ، فإن الأرز الذهبى ما هو إلا أرز يابانى تم تحويله جينيا بحيث يحتوى على دورة ميتابولزمية جديدة new pathway يتحول خلالها مركب ظليعى للبيتاكاروتين precursor إلى البيتاكاروتين نفسه، فى الجزء الداخلى الذى يؤكل من الحبة أو ما يطلق عليه الإندوسبرم endosperm . تكوين هذه الدورة الجديدة تطلب عزل اثنين من جينات نبات النرجس البرى daffodil وجينا آخر من البكتيريا وتكوين توليفة جينية جديدة genetic construct تم إدخالها وإدماجها بنجاح فى جينوم الأرز اليابانى. هذه التركيبة الجينية الجديدة استطاعت أن تنتج ثلاث إنزيمات مختلفة فى نبات الأرز أدت إلى إنتاج البيتاكاروتين. وحتى الآن لم تعرف الجهة أو الهيئة التى ستتحكم فى توزيع هذا الأرز ومن الذى سيجنى أرباحه.، والبعض ينادى بجعله مجانا أمام شعوب البلدان النامية .

٢- طماطم غنية بالليكوبين وأخرى بالبيتاكاروتين :

الليكوبين lycopene عبارة عن صبغة تقوم بعض النباتات بتخليقها لحمايتها من أضرار الذرات الحرة الناتجة من أشعة الشمس، وهو الذى يعطى اللون الأحمر للطماطم والبطيخ وغيرهما. والليكوبين من مضادات الأكسدة القوية التى تحمى الجسم من خطر الشوارد الحرة التى تنطلق نتيجة لعمليات الأكسدة التى تحدث فى الجسم ، ويساعد فى الوقاية من سرطان الثدي والبروستاتا ومن الأزمات القلبية (مجلة الفيسل عدد ٣٠١). والطماطم من أغنى مصادر الليكوبين المعروفة على الإطلاق ، وعن طريقها يحصل الإنسان على معظم ما فى جسمه من ليكوبين، ومن حسن الحظ أن الليكوبين لا يتأثر بالحرارة ولذلك فإن منتجات الطماطم تحتوى على ليكوبين بتركيز أعلى من الثمار الطازجة. والطماطم المطبوخة يستفيد

الجسم منها أكثر من استفادته من الطماطم الطازجة نتيجة تكسير الخلايا الليلية للطماطم وإطلاقها لليكوبين الذى يذوب فى الزيت ويمتصه الجسم .

وقد قام علماء من جامعة Purdue ووزارة الزراعة الأمريكية USDA بإنتاج طماطم معدلة وراثيا بحيث تحتوى على كمية من الليكوبين تعادل ثلاثة أضعاف ما تحتويه الطماطم العادية. ويقول الباحثان هاندا أفثار ، وأوتر ماتو أصحاب الاكتشاف أن بحثهما يعتبر من الأبحاث القوية التى تدل على فائدة استخدام البيوتكنولوجيا الحديثة فى تحسين القيمة الغذائية للمنتجات الزراعية ، وبالتالي تحسين صحة المواطنين. ويتوقع هاندا أن تتوفر هذه الطماطم فى الأسواق فى المستقبل القريب. ومن الجدير بالذكر أنه قد تم اختيار هذا النوع من الطماطم ليتصدر قائمة المنتجات البيوتكنولوجية الأمريكية فى عام ٢٠٠٢ م . وفى تجربة أخرى، توصل باحثون فى جامعة لندن إلى نوع من الطماطم المعدلة وراثيا بحيث تحتوى على كمية من البيتاكاروتين تعادل ثلاثة أضعاف الكمية الموجودة فى الطماطم العادية والبيتاكاروتين، كما سبق أن أوضحنا فهو يساعد فى المحافظة على البصر ، سلامة الأنسجة والخلايا ، سلامة العظام والجهاز العصبى والمناعى ويساعد أيضا فى الوقاية من السرطان والأزمات القلبية. والأبحاث على الطماطم لا تنتهى ، فقد اكتشف باحثون من USDA مع باحثين آخرين من قسم أبحاث النبات BTI بجامعة كورنيل الجين الذى يسبب نضج الطماطم (rin gene) ويعطيها طعمها المميز أو (Holy Grail) ، أى الكأس الذى شرب منه السيد المسيح فى العشاء الأخير كما يخلو للبعض تسميته) . وعند إبطال مفعول هذا الجين تظل الطماطم على أغصانها لفترة أطول ، وبالتالي تكتسب مزيداً من المغذيات خاصة الليكوبين ، ويتحسن لونها ومذاقها. ويأمل الباحثون أن يتمكنوا من تطبيق هذه الطريقة على أصناف أخرى من الخضراوات والفاكهة التى تتعرض للتلف والظراوة بعد حصادها بفترة قصيرة مثل الفراولة والموز والفلفل الكبير والليمون وغيرها .

٣- ذرة ومحاصيل زيتية غنية بفيتامين (E) :

فيتامين E (هـ) من مضادات الأكسدة المعروفة بقوتها فى ترويض الجزيئات الحرة أو ما يعرف بالشق الطليق free radical هذا الشق الطليق يؤدي إلى حدوث سلسلة من التفاعلات تؤدى فى النهاية إلى انحلال غشاء الخلية وما بداخلها من جسيمات، مما يفتح

الباب للأمراض القاتلة مثل السرطان والقلب - قاتل أميركا الأول - وفيتامين (E) من مضادات الأكسدة المأمونة حيث يمكن للزيادة (حتى ١٠٠٠ ملجم يوميا) أن تخزن في مستودعات الدهون دون ظهور آثار جانبية أكثر من المغص أو اصفرار الجلد . وتقدر الاحتياجات اليومية من فيتامين (E) التي تكفى لمنع الأمراض بحوالى ١٥ ملجم للبالغين، ولكنه حينما يعطى بكميات أكبر من هذه الكميات الدنيا ، فإنه يؤدي إلى تحسين المناعة والنمو والتناسل . وقد ثبت أنه ينشط عملية إنتاج الخلايا القاتلة الطبيعية وهى الخلايا التى تبحث عن الجراثيم أو الخلايا السرطانية وتقتلها، ويساعد أيضاً على إنتاج خلايا بيتا B-cells التى تنتج الأجسام المضادة للميكروبات . استطاع البروفيسور دين ديلاينا D. DellaPena أستاذ الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الجزيئية بالولايات المتحدة التعرف على الجين المسئول عن تحويل الصورة الضعيفة من فيتامين (E) (جاما) الموجودة فى المحاصيل الزيتية إلى الصورة الأكثر قوة وفاعلية (ألفا). وقد نجح فى تحسين نبات ورد الماء أو ورد النيل (water cress, Arabidopsis thaliana) بحيث ارتفع معدل الفيتامين به حوالى ١٠ مرات. وحيث أن المسار pathway الذى يتحول به النوع جاما إلى النوع ألفا هو نفسه الموجود فى فول الصويا والذرة والكانولا ، فيعتقد الباحثون إمكانية تطبيق نفس الأسلوب على هذه المحاصيل . ومن المعروف أن فول الصويا والكانولا وهما من أفضل مصادر فيتامين (E) يحتويان فقط على ٣ ملجم فى الحصة الواحدة، يمكن زيادتها إلى عشرة أضعاف هذه الكمية عند تعديلها وراثياً .

٤- زيوت صحية من فول الصويا Healthier Soybean Oil :

كلنا يعرف أن الأحماض الدهنية المشبعة الموجودة فى الدهون الصلبة خطر على الصحة، لأنها ترفع من مستوى الكوليسترول السيئ فى الدم (LDL). أما الأحماض الدهنية الغير مشبعة (PUF) الموجودة فى الزيوت السائلة فهى فى حد ذاتها غير ضارة، إلا أن رجال الصناعة يعملون لها درجة hydrogenation أى تشبييع الروابط الموجودة بها بالهيدروجين فتتحول من الصورة الطبيعية (سيز CIS) إلى الصورة (ترانس TRANS) الأكثر صلابة وثباتا والأكثر ضرراً فى نفس الوقت، مما حدا برجال FDA إلى ضرورة ترقيم labeling الأغذية التى تحتوى على هذا النوع من الزيوت ابتداءً من أول يناير ٢٠٠٦م. وتجدر الإشارة إلى أن الدهون المشبعة والدهون من النوع ترانس -كما تشير كثير من

الدراسات- تزيد من مخاطر الإصابة بمرض الشريان التاجي CHD ذلك المرض الخطير الذى يقضى على حياة ٥٠٠ ألف مواطن فى أمريكا وحدها كل عام، بالإضافة إلى ١٣ مليوناً آخرين فى قائمة الانتظار. استطاع توم كليمنت Tom Clemente وزملاؤه فى جامعة نبراسكا الأمريكية ، عن طريق إبطال مفعول اثنين من الجينات فى فول الصويا، أن يزيدوا من مستوى حمض الأوليك oleic فى الفول - وهو من الأحماض الدهنية أحادية عدم التشبع MUF التى تنتج الدهون الجيدة- وأن يقللوا من إنتاج حمض البالميتيك palmitic وهو من الأحماض الدهنية المشبعة التى تنتج الدهون الضارة . يقول كليمنت أن الأبحاث التى أجريت على فول الصويا منذ عشرات السنين وحتى الآن هى التى سهلت له مهمته، فمنذ أكثر من ٢٥ سنة والباحثون يحاولون إنتاج فول صويا غنى بـ حمض الأوليك oleic ولكنهم لم ينجحوا فى ذلك بسبب أن الجينات المسؤولة عن إنتاج هذا الحمض هى جينات متنحية أو متخفية recessive بمعنى أنها دائماً موجودة وإن كان تأثيرها لا يظهر إلا عندما يغيب الجين السائد. من هذه التجارب التقليدية استطاع كليمنت أن يحدد الجينات التى يجب إسكاتها silenced على حد تعبيره .

وتجدر الإشارة إلى أن زيت فول الصويا العادى يكتسب رائحة السمك بعد فترة من تخزينه مما يعنى أنه قد تزنخ rancid بسبب احتوائه على مستويات مرتفعة من حمض اللينوليك linoleic وهو حمض دهنى غير مشبع متعدد PUF وغير ثابت لذلك لا يمكن استعمال زيت فول الصويا الطبيعى فى الصناعة دون إضافة زيوت نباتية أخرى مهدرجة جزئياً لتحسينه وإطالة عمره . أما فول الصويا المعدل فينتج زيت يحتوى على ٧٥-٨٠% من حمض الأوليك (حمض غير مشبع أحادى) مما يجعل الزيت أكثر ثباتاً ولا يحتاج إلى إضافة أى زيوت أخرى عند تصنيعه، مقارنةً بزيت الصويا الطبيعى الذى يحتوى على ١٥-٢٠% حمض أوليك .

٥- منتجات لا تسبب حساسية :

الحساسية للطعام هى استجابة الجسم المناعية لطعام يعتقد الجسم أنه مؤذ بالنسبة له. فبمجرد أن يقرر الجهاز المناعى immune system أن هذا الطعام مؤذ فإنه يكون أجسام مضادة له، وفى المرة التالية التى يأكل فيها الشخص هذا الطعام فإن الجهاز المناعى

يطلق كميات كبيرة من المواد الكيماوية - بما فيها الهستامين - بهدف حماية الجسم. هذه الكيماويات تحدث سلسلة متتابعة من تفاعلات الحساسية التي يمكن أن تؤثر على الجهاز التنفسي والهضمي والجلد أو الجهاز الدوري. ويقدر الخبراء أن عدد المصابين بالحساسية في أمريكا وحدها يبلغ ١١ مليون مواطن. وهناك مظاهر عدة لتفاعل الحساسية منها: التهاب الفم، تورم اللسان والزور، صعوبة التنفس، القيء، التقلصات المعوية، الإسهال، انخفاض ضغط الدم، فقد الوعي وقد تؤدي إلى الوفاة والعياذ بالله. والأعراض قد تظهر في خلال ثلاث دقائق وقد تمتد حتى ساعتين من تناول الشخص للطعام المسبب للحساسية. ولا يوجد في الوقت الحالي علاج ناجع للحساسية الناتجة عن الطعام، ولذلك فإن أفضل شيء هو الامتناع عن تناول أى أغذية تسبب الحساسية. ويمكن أن يصاب الفرد بالحساسية من أى طعام بما فيها الخضراوات والفاكهة واللحوم، ولكن هناك حوالي ثمانية مواد تسبب ٩٠% من حالات الحساسية وهي: (اللبن - البيض - الفول السوداني - الجوز - اللوز - السمك، المحار - الصويا - القمح). وفول الصويا ينتج بروتينا يسبب الحساسية لـ ٦-٨% من الأطفال، ١-٢% من البالغين. وحديثاً، استطاع العلماء التعرف على الجين (P34) الذى يشفر لهذا البروتين وتمكنوا من إبطال مفعوله. ويقترح L.Val Giddings نائب رئيس هيئة البيوتكنولوجيا الصناعية أنه يمكن القضاء على الحساسية التى يسببها الغذاء من منظور آخر هو تصميم أجسام مضادة monoclonal antibodies ترتبط مع وتزيل المركب الذى يتكون نتيجة اتحاد الأجسام الغريبة allergens مع الأجسام المضادة التى ينتجها الجسم وتثير الحساسية. يقول Giddings أن هذا النوع من العلاج ربما يكون مقبولا لدى الجمهور أكثر من الأغذية المعدلة وراثياً.

٦- فاكهة وخضراوات دائما طازجة : Fresher Fruits and Veg :

ربما نأكل فى المستقبل فاكهة وخضراوات أفضل طعما ومذاقا وأكثر نضارة مما نأكله اليوم، فقد اكتشف بيتر ماير Peter Meyer - أستاذ النبات بجامعة ليدز بالمملكة المتحدة- ومساعدوه الجين الذى يشفر لإنتاج الهرمون الذى يؤدي إلى تأخير نضج المنتجات النباتية، وباستخدام البيوتكنولوجيا يمكن تفعيل هذا الجين أو الإكثار منه لإنتاج مزيد من الهرمون. يقول الباحثون أنهم رأوا نتائج مشجعة جدا، فعندما وضعوا أجزاء من النباتات

المعدلة فى زجاجة بها ماء وجدوا أنها ظلت حية لمدة ٦ شهور. ومن الناحية العملية، فالفوائد التى يمكن تحقيقها من هذا المشروع كثيرة وأهمها المحافظة على الثمار طازجة وبحالة جيدة عند نقلها من بلد إلى بلد ، وهذه الخاصية تهم الدول النامية أكثر من غيرها حيث يكون الإنتاج غزيراً أحياناً، ولكن لا توجد بنية تحتية أو مواصلات سهلة تمكنهم من الاستغلال الأمثل للمحصول ، ما يؤدى إلى خسائر اقتصادية كبيرة .

٧- خس معدل بجينات العنب للوقاية من أمراض القلب والسرطان GM Lettuce :
استطاع الباحث Tet Fatt Chia بالمعهد القومى للتعليم بسنغافورة عزل الجين الذى يشفر لمادة الريزفيراترول resveratrol بالعنب الأحمر وإدخاله فى نبات الخس الأحمر لإنتاج نفس المادة فى الخس . يقول الباحث أن لون الخس قد تغير إلى القرنفلى pink ولكن طعمه لم يتغير . ومعروف أن مادة الريزفيراترول مهمة فى رفع نسبة الكوليستيرول الجيد HDL وتخفيض السيئ LDL وبالتالي تساعد على الوقاية من أمراض القلب والشرابيين. ويأمل الباحثون فى إدخالها إلى كثير من الخضراوات والفاكهة مثل السبانخ والطماطم والكرنب والبطيخ والفراولة وغيرها .

٨- قهوة منزوعة الكافيين Decaf. Coffee :

القهوة منزوعة الكافيين التي تشربها حالياً ، يتم نزع الكافيين منها صناعياً بالمذيبات الكيماوية ، وهذه العملية مكلفة وتؤثر على مذاق القهوة . بالإضافة إلى أن بعض الدراسات (دراسة في جامعة ألاباما Alabama شملت أكثر من ٣١ ألفاً من النساء واستمرت أكثر من عشر سنوات) أثبتت أن كثرة تناول النساء المسنات (٥٥ - ٦٩ عاماً) للقهوة المنزوعة الكافيين تزيد من فرص إصابتهن بداء الروماتويد الذي يصيب المفاصل rheumatoid arthritis ويحدث هذا المرض عندما يهاجم جهاز المناعة الجسم نفسه خاصة الأنسجة المحيطة بالمفاصل joints الأمر الذي يؤدي إلى تورم المفاصل وصعوبة تحريكها مع الشعور بالألم شديد ، ويصيب هذا المرض النساء أكثر من الرجال . حديثاً ، توصل الباحثون في مركز الأبحاث والمعلومات الوراثية في اليابان إلى الطريقة التي يمكن بها إبطال مفعول الجينات المسؤولة عن إنتاج الكافيين في النبات نفسه . الحبوب المعدلة جينياً بهذه الطريقة تحتوى على ٣٠% فقط من الكافيين الموجود في الحبوب العادية. وقد تم نشر هذه النتائج في مجلة Nature البريطانية عدد يونيو ٢٠٠٣م. وذكر الباحثون أن النباتات المعدلة تبدو في جميع خصائصها مثل النباتات الغير معدلة تماماً (باستثناء محتواها من الكافيين) ، إلا أن طريقتهم اختصرت أكثر من ٢٥ عاماً كانت ستستغرقها طرق تربية النباتات التقليدية للحصول على مثل هذه النتائج. وقد استعمل الباحثون نبات البن العربي C. Arabica plants نظراً لسمعتها العالمية ، حيث تساهم بنسبة تبلغ ٧٠% من السوق العالمي .

ج- إنتاج مركبات صيدلانية Pharmaceuticals :

تستخدم النباتات منذ آلاف السنين في علاج الكثير من الأمراض التي تصيب البشر. وفي العصر الحديث ستتحول النباتات باستخدام تكنولوجيا نقل الجينات إلى مصانع لإنتاج الأدوية والبروتينات التي تستخدم في علاج الأمراض الخطيرة مثل : (أمراض القلب - السكر - التليف الحوصلي - التهاب المفاصل - الإلتهاب الكبدي وأمراض الكلى) وغيرها . وتتميز طريقة إنتاج المركبات الصيدلانية من النباتات بأنها آمنة وذات كفاءة عالية ويمكن أن تستخدم كبديل للطرق البيوتكنولوجية الحالية التي تتضمن استخدام الميكروبات أو مزارع الخلايا الحيوانية . وإنتاج البروتينات العلاجية من النباتات لا يتضمن أى خوف من انتشار العوامل الممرضة التي قد تنتشر في حالة استخدام الخلايا الحيوانية، مع قلة التكاليف بإنتاجها

على نطاق تجارى. وبالرغم من كل هذه المزايا، إلا أن إنتاج المركبات الصيدلانية من النباتات لابد وأن يخضع لقوانين وإجراءات صارمة قد تستغرق سنوات نظراً لخطورة الموضوع وحساسيته صحياً وبيئياً. والنباتات المنتجة لهذه العقاقير يتم تربيتها فى بيئة محكمة للغاية ، وعند الحصاد تمر بسلسلة من الخطوات لاستخلاص وفصل وتنقية ثم تعبئة وقبل أن تستخدم فى العلاج يجب الحصول على موافقة الهيئات الرسمية مثل FDA التى تأخذ سنوات هى الأخرى . وهناك الكثير من النباتات التى يمكن أن تستخدم لهذا الغرض، مثل الذرة والشعير والأرز والبرسيم الحجازى والتبغ . وتحظى النباتات التى تستخدم كغذاء مثل : (المحاصيل الحقلية) بأهمية خاصة فى هذا المجال نظراً لكثافة المعلومات والخبرات المتوافرة عنها لدى الباحثين، مما يسهل من إجراء مثل هذه التجارب وسرعة الحصول على النتائج . ويختلف إنتاج المركبات الصيدلانية من النباتات (PMP) عن إنتاج الفاكسينات المأكولة edible vaccines رغم أن كليهما يتم إنتاجه باستخدام البيوتكنولوجيا الحديثة ، فالأولى تنتج المادة الفعالة active ingredient التى توضع فى الدواء ، ولا يتم إنتاجها بغرض أن تؤكل كغذاء، ولكن بعد تصنيعها يمكن أن تؤخذ عن طريق الفم أو الوريد أو موضعياً على الجلد مثلها مثل أى دواء . ويجب الفصل بينها تماماً وبين البروتينات التى تقع ضمن السلسلة الغذائية food chain. أما الفاكسينات التى تنتجها المحاصيل الحقلية فتؤخذ عن طريق الفم ولكن بجرعات محددة ومحسوبة، لأن ثمرة واحدة يمكن أن تصيب الإنسان بالتسمم إذا كانت تحتوى على جرعة مركزة. وعموماً فهذه المنتجات سواء ال PMP أو الفاكسينات لابد وأن تخضع للإشراف الطبى الدقيق . وتجدر الإشارة هنا إلى أن إنتاج الأدوية باستخدام الكائنات الحية حالياً (عن طريق التخمر الميكروبي أو إنماء الخلايا الحيوانية) يأخذ كثيراً من الوقت والجهد ويتكلف ملايين الدولارات مقارنة بإنتاج الأدوية المخلفة صناعياً synthetic drugs فالخبراء يقولون أن تكاليف المنشآت فقط يبلغ حوالى ٢٥٠ مليون دولار أما إجمالى التكاليف فتبلغ حوالى ٢٠-١٠٠ ضعف التخليق الصناعى الغير بيولوجى . والأمل فى المستقبل كبير .

د- نباتات تنتج فاكسينات Edible Vaccines :

الطرق التقليدية لإنتاج الفاكسينات (اللقاحات) تتطلب تعريض الإنسان لجرعة ضعيفة غير ممرضة من الفيروسات أو البكتيريا بهدف تحفيز الجهاز المناعى لإنتاج الأجسام

المضادة وتقوية دفاعات الجسم استعدادا لأي هجوم حقيقى من هذه الكائنات الممرضة . وقد وجد أنه ليس من الضروري أن يتعرض الإنسان للكائن الغريب ككل (بكتيريا أو فيروسات) حتى يأخذ المناعة، وإنما يكفى أن يتعرض لبروتين واحد فقط من هذا الكائن (حتى ولو كان فى الغلاف الذى يغطيه مثلا) حتى يحدث نفس التأثير . وقد كان ادوارد جينر Edward Jenner أول من استخدم جدري الأبقار cow pox فى نهاية القرن الثامن عشر للحد من انتشار الجدري البشرى small pox ، وبالتالي فإنه يعد أول من برهن على أنه يمكن الوقاية من المرض عن طريق التطعيم vaccination . ومنذ ذلك الحين استخدمت البيوتكنولوجيا كوسيلة لإنتاج أكثر من خمسة عشر لقاحاً لحماية الناس من كثير من الأمراض الفتاكة . وفى الولايات المتحدة يتم تطعيم الأطفال روتينيا بحوالى ١١ من هذه اللقاحات ، وبالإضافة إلى ذلك فإن العلماء يسعون حاليا إلى التوصل إلى لقاحات ضد جميع الأمراض التى تسببها البكتيريا والفيروسات والبروتوزوا، وتعتبر الكوليرا والمalaria والأيدز فى مقدمة الأمراض التى يتم البحث عن لقاحات لها .

ومن المعروف أن تكلفة إنتاج اللقاحات فى الوقت الحالى تعتبر مرتفعة خاصة بالنسبة للمواطنين فى دول العالم الثالث الذين هم فى أمس الحاجة إليها ، بالإضافة إلى أن اللقاحات الحالية تحتاج إلى تبريد حتى يحين وقت استخدامها وتحتاج أيضا إلى إبر وأدوات معقمة وأيد مدربة . كل هذا يشكل عقبات أمام تداولها فى الدول النامية . ويسعى علماء البيوتكنولوجيا فى الوقت الحالى إلى محاولة التغلب على هذه العقبات باستحداث لقاحات أو وسائل جديدة. إحدى الاستراتيجيات الجديدة تتلخص فى تحويل بعض النباتات وراثياً بحيث نجعلها قادرة على إنتاج فاكسينات تؤكل edible vaccines أى تكون موجودة فى الثمار أو الأوراق التى يتناولها الإنسان .

شارلز أرنتزن Charles Arntzen عالم البيولوجيا فى جامعة ولاية أريزونا الأمريكية ظل يعمل لمدة خمس سنوات تقريبا لإنتاج طماطم، ولكنها ليست كالطماطم العادية، إذ أنها تحتوى على جين مستخرج من إحدى سلالات بكتريا إي .كولاي E.Coli المعروفة بضراوتها وقدرتها على إصابة الإنسان بإسهال شديد قد ينتهى به إلى الموت . هذا الجين المنقول من البكتريا إلى الطماطم يجعل الطماطم تنتج البروتين البكتيري الذى يسبب الإسهال ولكنه فى هذه الحالة سيعمل كلقاح vaccine يمتص خلال الأمعاء إلى تيار الدم فيشجع

الجهاز المناعي في الإنسان على تكوين أجسام مضادة لهذا البروتين تكون جاهزة ومستعدة لمواجهة السموم الحقيقية التي تفرزها بكتيريا إي .كولاي عندما تدخل الجسم عن طريق أى طعام ملوث . وقد ركز العالم أرنتزن Arntzen على الإسهال لأن الإسهال يقتل على الأقل ٢ مليون إنسان فى العالم كل عام ، معظمهم من الأطفال .وقد تم اختيار الطماطم لسببين :
١- أن الطماطم يمكن زراعتها فى الصوب الزراعية green houses وفى هذه الحالة ستكون مأمونة ولا يمكنها تمرير جيناتها الغريبة إلى المحاصيل الأخرى .

٢- أن عمليات وأدوات تصنيع الطماطم وتحويلها إلى عصير سهلة ورخيصة .
ولعل البعض يتساءل أليس من الأفضل والأسهل أن نأكل الطماطم المحتوية على اللقاح طازجة سليمة كما هى ؟ والإجابة أن هذا قد يؤدي إلى كارثة! فالطماطم تأتي بأحجام مختلفة وبالتالي تحتوى على كميات مختلفة من البروتين الغريب، مما قد يؤدي إلى التسمم إذا زادت كميته . والمفتاح الحقيقي لكي ينجح هذا اللقاح (الفاكسين) هو أن تكون الجرعة مضبوطة ومقننة وإلا فالعواقب وخيمة . ويفكر أرنتزن فى عمل اللقاحات بهذه الطريقة لأمراض أخرى مثل الكوليرا والالتهاب الكبدى والحصبة وغيرها . ولا يعمل أرنتزن وحده فى هذا المجال فهناك معامل أخرى كثيرة حول العالم تحاول عمل لقاحات مستخرجة من نباتات الطماطم والبطاطس والموز ، وفى خلال سنوات يأمل العلماء فى الحد من خطورة أو القضاء على أخبث وأشرس القتل على وجه الأرض ٠٠ الأمراض الفتاكة التى تودى بحياة ١٥ مليون طفل سنويا، لأن هناك فرق اقتصادي مهم بين اللقاح النباتي edible vaccine والتقليدي injected vaccine إذ تتكلف الجرعة من الأول حوالي ٠,٠٢ دولاراً عند إنتاجه تجارياً موازنة ب ١٢٥ دولاراً تكلفة الجرعة من اللقاح المحقون. ويبدو أن العبارة التي قالها أبو قراط Hippocrates الطبيب الإغريقي الشهير "دع غذاك يكون دواءك" على وشك أن تتحقق ، فعما قريب سينتهى الحد الفاصل بين الغذاء والدواء .

دول العالم تختلف فى درجة استخدامها للبيوتكنولوجيا النباتية ومنتجاتها :
بالرغم من الانتشار السريع للمحاصيل المعدلة وراثياً، حيث بلغت المساحة الكلية المزروعة بهذه المحاصيل حوالي ٦٨ مليون هكتار موزعة على ١٨ دولة من دول العالم طبقاً

لإحصاءات عام ٢٠٠٣م، إلا أن ٩٨% من هذه المساحة تتركز في خمس دول فقط، هي بالترتيب: الولايات المتحدة (٦٣%)، الأرجنتين (٢١%)، كندا (٦%)، البرازيل (٤%) والصين (٤%). وما يلفت الانتباه أكثر أن صفتين فقط وأربعة محاصيل كان لهم النصيب الأوفر (٩٩%) من التعديلات الوراثية، فأما الصفتان فهما مقاومة الحشرات وتحمل الحشائش، وأما المحاصيل فهي فول الصويا والذرة والقطن والكانولا.

ثانياً: مخاطر استخدام البيوتكنولوجيا الحديثة في النباتات :

أ- المخاطر البيئية :

الانسياب أو التسرب الجيني *gene flow* وهو انتقال الجينات الجديدة *novel genes* من المحاصيل المعدلة وراثياً *GM crops* إلى المحاصيل العادية الموجودة في البيئة المحيطة يعتبر من أهم المخاطر التي تشغل بال العلماء والمهتمين بقضايا البيئة. فالنباتات المعدلة (GM) يمكن أن تختلط مع السلالات الأخرى من النباتات البرية (الخلط الخارجى *outcrossing*) لإنتاج ما يعرف بالعشب الفائق أو السوبر *super weed* وهو نبات قوى يمكن أن يحل تدريجياً محل النباتات المحلية أو يصبح من الآفات الزراعية التي تتداخل مع زراعة المحاصيل وتعوق نموها ، فيؤدى ذلك فى النهاية إلى القضاء على التنوع البيولوجى *biological diversity* ، فمثلاً ، وجد الباحثون فى المكسيك أدلة تشير إلى تسرب جينات من نبات الذرة المعدل *Bt corn* الى محاصيلهم المحلية . ورغم وجود اعتراضات على مثل هذه الدراسات، إلا أن احتمالات انتقال الجينات من النباتات المحورة وراثياً إلى النباتات الطبيعية تبقى قائمة ما لم تتخذ كافة الاحتياطات لمنع حدوث ذلك .

بعض الباحثين يحاولون، باستخدام نفس الطرق المتبعة فى التحوير الجينى ، منع الخلط الخارجى بيولوجياً وذلك بالحد من قدرة النباتات المعدلة وراثياً على التكاثر . فهناك جينات تسمى جينات الإنهاء *terminator genes* تسبب العقم أو انخفاض الخصوبة *infertility* إذا وضعت فى جينوم النبات. هذه الجينات تستخدم فى عدد من الأغراض منها:

١ - حماية حقوق مطورى المحاصيل المعدلة وراثياً GM حيث لا يمكن إعادة زراعة البذور الناتجة من هذه المحاصيل .

٢- عدم حدوث الخلط الخارجى وما يعقبه من إمكان نشوء صفات غير مرغوبة. ولكن، هذا الأسلوب واجه بعض الاعتراضات على أساس أن التحكم فى المقدرة التناسلية للبذور يعطى الفرصة للشركات الكبيرة أن تتحكم فى الأسواق مما يؤثر بالسلب على المزارعين فى البلدان النامية الذين يعانون الفقر والمجاعة .

ب- المخاطر الصحية :

على الرغم من أن استهلاك محاصيل GM فى دول كثيرة من العالم لم يؤد إلى تأثيرات خطيرة على الصحة حتى الآن، إلا أنه من الواجب دراسة التأثيرات على المدى الطويل . ومن أهم القضايا التى غالباً ما تثار عند مناقشة هذا الموضوع هو الخوف من أن محاصيل GM قد تنتج سموم أو مواد مثيرة للحساسية **toxins or allergens** يمكن أن تدخل فى السلسلة الغذائية للإنسان .

ومن المعروف أن أى بروتين غريب ينتجه النبات GM نتيجة إدخال جين لم يكن موجوداً من قبل فى هذا النبات أو فى غيره من النباتات المعروفة لنا يمكن أن يسبب حساسية للإنسان الذى يأكله . ومن ناحية أخرى ، فمن المحتمل أن يؤثر اللعب فى الجينات على التركيب الغذائى **nutritional makeup** للمنتجات بأن يرفع أو يخفض من عناصر أخرى غير التى يقصدها الباحث .

وأخيراً ، فإن التحويل الوراثى للمحاصيل قد يؤثر فى مجتمعات بدرجة أكبر من غيرها، فمثلاً لو حدث تعديل فى محصول معين وليكن الأرز وأصبح يصيب من يأكله بالحساسية فإن الدول التى تعتمد على الأرز كغذاء رئيسي ستصاب بالحساسية أكثر من تلك التى تعتمد على القمح كغذاء رئيسي وقس على ذلك أى شئ آخر . وفى النهاية يقول الخالق عز وجل فى كتابه الكريم : "وترى الأرض هامدة فإذا أنزلنا عليها الماء اهتزت وربت وأنبتت من كل زوج بهيج" الحج : ٥

المراجع :

- 1- <http://www.bio.org/speeches/pubs/er/agriculture.asp>. Agricultural production applications.
- 2- <http://www.whybiotech.com/index.asp?id=1973>. Biotech and better health.
- 3- <http://www.google.com/search?hl=en&q=garthoff+biotech+shaping+the+future&spel>. Biotechnology in agriculture: Shaping the future
- 4- <http://www.whybiotech.com/index.asp?id=3844>. Building a better bean
- 5- <http://woundcare.org/newsvol6n1/nut3.htm>. Cooking with healthier oils. March, 2001. Biotechnology Information Bureau.
- 6- <http://www.pewagbiotech.org/resources/issuebriefs/feedtheworld.pdf>. Feeding the world. The Pew initiative on Food and Biotechnology. March 2004.
- 7- <http://www.sciam.com/article.cfm?articleid=000143e5-ad76-1e0c-8b3b809ec588eedf>. Fixing food. Allergen-free comestibles might be on the way. December 30, 2002.
- 8- http://www.animalbiotechnology.org/future_uses.pdf. Harvest on the horizon: Future uses of agricultural biotechnology.
- 9- <http://www.meforum.org/article/513> How the Arabs Compare. Arab Human Development Report 2002.
- 10- <http://news.bbc.co.uk/2/hi/africa/4078003.stm> 'No drop' in world hunger deaths. Dec. 8, 2004.
- 11- <http://www.whybiotech.ca/canada-english.asp?id=3850>. Plant biotechnology in Africa.
- 12- <http://www.whybiotech.com/index.asp?id=2095> Products in the Pipeline, Council for Biotechnology Information 2004.
- 13- <http://www.bio.org/healthcare/pharmaceutical/pmp/Plant-made> pharmaceuticals.
- 14- http://economist.com/science/PrinterFriendly.cfm?Story_ID=32623771. The men in white coats are winning, slowly. Oct 7th 2004