الفصل الثانى

تقنينة الجينات

إنَّ تقننة الجينوم تعنى توظيف المعلومات الوراثية لخدمة الإنسان ، فهى التطبيق العملى لعلم الجينات ، وفى تعاملنا مع الأطقم الوراثية لابد أن نُميِّز بين الأطقم السليمة والأطقم المعيبة والأطقم الكامنة ، ولابد أن نكون على دراية تامة بنظام التشفير لكل طاقم وكيفية تعبيره عن نفسه ، وما هى أحسن الظروف التى يظهر فيها أثره ؟.

لقد انصبت تقننة الجينوم بداية على بكتيريا ايشيرشياكولاى (بكتريا القولون) ، وهى نوعٌ من البكتيريا التى تعيش فى القولون بالأمعاء الغليظة ، وقد استخدمت آلاف منها فى تجارب تقننة الجينوم ، وأصبحت هذه البكتيريا متكيفة تمامًا مع الحياة فى أنابيب الاختبار ، وأجهزة التقننة الجينية ، ولا يمكنها الحياة خارجها ، وهذا يعطى نسبة أمان وراثى عالية ، وإن كان احتمال الخطأ مازال موجوداً لكنَّه قليل ، ويمكن التحكم فى حجمه .

تختص تقننة الجينوم بدراسة التطبيق العملى لكل أنواع الجينات

(النباتية والحيوانية والبشرية) ، وفى كافة المراحل العمرية للكائن الحى وعلى كافة المستويات الخلوية المختلفة ، وهذا يشمل تقنيات عديدة منها ما يلى :

أبحاث الدنا المطعَّم :

الهدف من تقنية الدنا المطعم هو إيجاد دنا وراثى ذى خليط من جينات ذات صفات متميزة ، ومن ثمَّ يمكن إنتاج خلايا مطوَّرة وراثيًا لأداء مهام عديدة ، ويعتمد نجاح تقنية الدنا المطعَّم عل أسس عديدة نوردها فيما يلى :

أ ـ اختيار الجين المراد التطعيم به :

لابد أن يتوافر فى الجين أو مجموعة الجينات المختارة صفات محددة متميزة تمثل إضافة متميزة إلى الطاقم الوراثى الموجود ، ولمعرفة ذلك لابد من دراسة الأداء الوظيفى للجينات المختارة ، والأداء الوظيفى للطاقم الوراثى المراد تطعيمه .

قد يكون الطاقم الوراثى المختار للتطعيم يعانى من نقص فى أحد الجينات الموجهة لتكوين إفراز معين مفيد وضرورى لحياة الكائن الحىّ ، ومن ثمَّ لابد من تطعيمه بجين موجه لتكوين الإفراز المطلوب ، وقد يكون الطاقم الوراثى يعانى من جين ما مرضى ، وللتغلب على هذا الجين لابد من عمله بتطعيم الطاقم الوراثى بجين مضاد له وظيفيًا ، وتعتبر هذه التقنية

بديلاً جيداً للجراحة الجينية فى وجود الجينات المرضية فى أنسجة يصعب إجراء الجراحات الجينية عليها .

ب ـ ارتفاع نسبة الأمان الوراثى فى الجين المختار للتطعيم :

يقصد بالأمان الوراثى عدم حدوث اختلال وظيفى فى جينوم الكائن ، بما يعرضه هو والأجيال التالية إلى الأمراض الوراثية .

وقد يحدث هذا الاختلال فى الأداء الجينى نتيجة لتثبيط الجين المطعَّم به لجين موجه لتكوين إفراز هام بالمحتوى الجينى (الدنا المراد تطعيمه) للكائن الحى ، وتزداد الخطورة ، إذا كان هذا الإفراز من إفرازات الجهاز المناعى ، مما يعمل على تعرض الكائن الحى للميكروبات المرضية مع افتقاده إلى السوائل المناعية اللازمة لمهاجمة هذه الميكروبات ، وذلك لتثبيط الجينات الموجهة لتكوينها بفعل الجينات المضادة المطعَّم بها المحتوى الجينى للكائن الحى .

ولا تقتصر الخطورة فى هذه الحالة على الكائن الحى المطعَّم جهازه الوراثى فقط ، بل ينتقل هذا الاختلال الجينى الوظيفى إلى الأجيال التالية بعد ذلك ، ولإزالة هذا الاختلال لابد من إجراء استئصال جراحى جينى لمجموعة الجينات التى تمَّ إدخالها ، وتكمن صعوبة إجراء هذه الجراحة إلى احتمال حدوث تلف ولو قليل جداً فى المحتوى الجينى يصعب التعامل معه بعد ذلك .

ج ـ اختيار طاقم وراثى قابل للتطعيم الجينى :

يراعى فى عمليات التطعيم الجينى أن يكون الطاقم المختار لتطعيمه لا يحتوى على جينات موجهة لتكوين إفرازات مناعية مدمرة للجينات المطعَّم بها ، ويمكن التغلب على ذلك بإضافة جينات مضادة لتثبيط عمل هذه الجينات ، بما يتيح للجينات المضافة أن تُعبِّر عن نفسها .

وقد يجبر الطاقم الوراثى المختار للتطعيم الجينات المضافة على الدخول فى مرحلة كمون طويلة ، ومن ثمَّ لا تستطيع التعبير عن نفسها إلاَّ بعد إزالة هذا الكمون ، والتى تحدث غالبًا بحركة فجائية مما قد يُغيِّر من التعبير الوظيفى للجينات المضافة ، ويُحوِّلها إلى جينات مدمرة للبنية الجينية للجهاز الوراثى للكائن الحى ، وللتغلب على ذلك لابد من إجراء اختبارات جينية قبل عملية التطعيم لمعرفة الأداء الوظيفى للطاقم المراد تطعيمه ، أو إجراء عملية التطعيم الجزئى على خلية ما بعد نزعها من النسيج ، وفى وسط محاكى للنسيج الحىّ ، وقياس معدَّل تعبير الجين المضاف عن نفسه ، وتحليل الأداء الوظيفى للطاقم الوراثى بعد التطعيم ، ومقارنة الأداء قبل التطعيم وبعد التطعيم .

د ـ ضمان تعبير الجينات المضافة عن نفسها :

لابد من التأكد من أنَّ الجينات المضافة إلى الدنا الوراثى قادرة على التعبير عن نفسها ، وإظهار الصفات المسئولة عنها ، وعدم تعرضها

للكمون الوراثى الذى يلاشى دورها ، وقد يحولها إلى جينات مدمِّرة ، ويمكن التحقق من فعالية الجينات المضافة بنزع خلايا من الأنسجة الحاوية على الأطقم الوراثية المراد تطعيمها ، ثم إجراء تجارب أولية على الأطقم الوراثية لتلك الخلايا لاختبار مدى تعبيرها عن نفسها .

ويمكن باستخدام التحليلات الكيميائية معرفة تعبير هذه الجينات من عدمه ، من خلال إجراء الكشوفات الوصفية على المواد المتكونة نتيجة لعمل هذه الجينات ، بل ويمكن باستخدام التحليل الكمِّى معرفة مقدار هذه المواد المتكونة ، ولكل جين كمية مُثْلى من المواد المتكونة يمكن قياسها من خلال جداول خاصة ، وبذلك يمكن قياس النسبة المئوية لمدى فعالية هذا الجين .

ويمكن التغلب على انخفاض فعالية جينٍ ما بإضافة مواد كيميائية كمنشطات لعمل هذه الجينات ، ولابد أن تكون هذه المنشطات غير مؤثرة على باقى المحتوى الجينى ، حتى لا يحدث ضعف فى الأداء للجهاز الوراثى للكائن الحى .

أ ـ أماكن التطعيم من الدنا الوراثى :

يتميز الدنا الوراثى بأنَّه شريط مزدوج طويل كثير الالتفاف ومكثَّف بالكروماتين ، ويلتف حول نفسه مائة ألف لفة ، حتى تستوعبه نواة الخلية ، ويوجد على طول هذا الشريط التتابعات النيوتيدية المختلفة والتى

تشفر قواعدها النيتروجينية للمحتوى الموجود من الجينات ، وقد تمَّ رصد أماكن عديدة على طول شريط الدنا لا تشفر لأى محتوى جينى ، ويعتقد أنَّها عوامل مساعدة فى زيادة فعالية الأداء الوظيفى للجينات المجاورة .

هذه الأماكن التى لا تحمل شفرة تمثل أفضل أماكن يمكن إضافة الجينات المختارة للتطعيم عليها ، وذلك بسبب قلة المقاومة للجينات المضافة على هذه الأماكن .

ويمكن إضافة نفس التتابع المشفِّر لجين ما فى أكثر من موضع على نفس الشريط ، إذا كان الكائن الحىّ فى حاجة إلى كمٍّ كبيرٍ من المواد المتكونة تحت توجيه هذه الجينات ، كما يمكن أن يضاف نفس الجين على طاقم وراثى بخلية أخرى بنفس النسيج ، ولابد من إجراء تجارب أولية لمعرفة مقدار المواد المفرزة عند إضافة الجينات فى أماكن مختلفة بالدنا الوراثى ، ومن ثمَّ يمكن اختيار المكان الملائم للإضافة عليه .

ب ـ ميكانيكية الدنا المطعم :

تعتمد تقنية الدنا المطعَّم على إجراء عملية استئصال للجين المطلوب داخل المحتوى الجينى ، ويتم ذلك باستخدام مجموعة إنزيمية تعرف بإنزيمات البتر (القص) ، والتى تقطع الدنا عند نقطة محددة تمثل موقع التعرف الأول للجين المطلوب ، وعند نقطة أخرى تمثل نهاية التتابع الوراثى للجين ، ثم يتم إدخال هذا الجين إلى الطاقم الوراثى المراد تطعيمه

من خلال تحميل الجين على حامل ، يمكنه توجيه الجين إلى الموضع المختار على شريط الدنا الوراثى ، ويمكن التحكم فى توجيه هذا الحامل من خلال شفرات محددة تربط بين الحامل والموضع المختار على الدنا ، ويدرس العلماء الآن إحداث هذا التحكم من خلال التحكم فى المجالات الكهربية التى تغمر الطاقم الوراثى ، وقد سبق لنا أن أجرينا دراسات عديدة فى هذا المجال ، ونأمل الوصول إلى تحقيق ذلك الأمل باستخدام الخصائص الفيزيائية للتحكم فى توجيه الأطقم الوراثية فى اتجاه محدد ، وموضع معين .

ومن الممكن زيادة عدد النسخ من الجين المطلوب بإجراء استنساخ جينى له ، وذلك بإدخاله فى الدنا الدائرى البكتيرى (البلازميد) بعد معاملته بنفس الإنزيم القاطع للجين ، فيتكاثر البلازميد بنفس معدَّل تكاثر البكتيريا ، ويتكاثر الجين المولج(١) داخل جينوم البلازميد بنفس معدَّل التكاثر ، ثم يتم إجراء عملية استئصال جينى لكل التتابعات المعبِّرة عن الجين ، وإجراء العديد من التطعيمات الدناوية بها بعد ذلك .

ولسهولة إيلاج الجين أو مجموعة الجينات المطلوبة يتم تحميلها على العناصر المتنقلة بالجينوم ، والتى يمكنها الحركة داخل المحتوى الجينى ،

---

(١) المولج : أى المُدْخَل .

حاملة معها الجينات المطلوبة تحت توجيه محدد إلى مواضع معينة من دنا الكائن الحىّ .

وتكمن خطورة تحميل الجين المراد إدخاله لجينوم الكائن على عنصر دناوى متنقل إلى عدم خضوعه للتوجيه الواقع عليه ، ومن ثمَّ فقدان آلية التحديد الموضعى للجين فى الدنا المطعَّم ، وهذا يعنى أنَّ الجين قد يدخل فى أى مكان فى سلسلة التتابعات على الدنا ، ومن ثمَّ فقد يتعرض لحالة كمون وراثى ، أو يجد صعوبة فى التعبير عن نفسه ، أو قد يعبر عن نفسه ولكن ليس بنفس المعدَّل المتوقع .

وفى الشهور القليلة الماضية استطاع بعض علماء الجراحة الجينية إدخال الجينات المطلوبة إلى الدنا الخطى دون الحاجة إلى وجود حامل للجين ، ويأمل العلماء تحقيق نتائج جيدة فى حقل الجراحات الجينية والدنا المطعم .

ج ـ المحاكاة الجينية وتقنيات الدنا المطعَّم :

تعتبر المحاكاة الجينية أحد فروع المحاكاة الحيوية ، والتى تهتم بمحاكاة عمل الجينات وظيفيًّا ، أو الدخول وبعمق فى مجال صناعة الجينات ، وذلك بكشف الشفرة المكونة لجين ما من خلال التعرف على سلسلة النيوتيدات المكونة له ، ومن ثمَّ تحديد الترتيب الثلاثى من القواعد النيتروجينية الداخلة فى تركيب الجين ، ثم صناعة هذه القواعد بمحاكاة

تركيبها الكيميائى والذى يجب فيه مراعاة توزيع العناصر المكونة للقاعدة النيتروجينية فى الشبكة البللورية(١) ، ونظام توزيع الروابط فى هذه الشبكة .

يتم بعد ذلك وضع كل مكوِّن فى موضعه من الترتيب الثلاثى المشفَّر للجين ، ثمَّ يجرى التطعيم به طبقًا للتقنيات السابق شرحها .

ويوجد نوع آخر من تقنيات المحاكاة الجينية ، والذى يهدف إلى صناعة المكوِّن النهائى لتفاعلات المادة الوراثية (الدنا ، الرنا) « البروتين » ، حيث يتم نسخ الدنا الوراثى لخلية ما على شريط من الرنا الريبوسومى ، وتسجيل شفراته على أجهزة الحاسب « الكمبيوتر » ، ثم تصنيع الأحماض الأمينية الخاصة بتلك الشفرات باستخدام نظام المحاكاة الكيميائية ، ووضع كل حمض أمينى فى موضعه فى سلسلة بناء البروتين حتى يتم الوصول إلى شفرة الإنهاء للسِلْسِلَة .

كل هذه العمليات تحدث خارج الخلية ، وفى معامل معدَّة لهذه العملية ، ويتوقف نجاح تلك التقنية على دقة التعرف على الشفرات المعبِّرة عن ترتيب النيوتيدات فى سلْسلَة الدنا الوراثى ، ثم دقة نسخ هذه

---

(١) الشبكة البللورية : هى نظام محدد لتوزيع ذرات كل مركب كيميائى فى البناء الكيميائى له .

الشفرات على قالب من الدنا الوراثى ، والتوزيع الصحيح الدقيق للعناصر الداخلة فى تركيب الأحماض الأمينية ، ونظام توزيع الروابط الكيميائية لتلك الأحماض .

وتفيد تقنية المحاكاة الجينية لصناعة البروتين فى إنتاج العديد من البروتينات العلاجية الهامة كهرمون الأنسيولين ومركب الإنترفيرون المضاد لأمراض السرطان ، وهذا يتيح فرصة أكبر لتقبل أنسجة الكائن الحى للبروتين المستخدم ، وعدم وجود أى مقاومة من الجهاز المناعى لهذا البروتين .

د ـ استخدامات الدنا المطعَّم :

استخدمت تقنية الدنا المطعَّم فى كثيرٍ من المجالات النباتية والحيوانية والبشرية ، وكان ذلك بمثابة طفرة فى تلك المجالات على المستوى الإنتاجى والوقائى والعلاجى ، مما أوجد الأمل فى غدٍ محسَّن كمًّا وكيفًا ؛ فيه سنجد الثمرة كبيرة الحجم ، غنية الغذاء ، خاليةً من المسببات المرضية ، وتحوى العديد من البروتينات المفيدة علاجيًّا فى القضاء على العديد من الميكروبات .

فيه سنجد الغدد الثديية للحيوانات الثديية تفرز اللبن المحتوى على العديد من البروتينات العلاجية .

إنَّ استخدامات الدنا المطعم عديدة ، ولها آثارها المباشرة وغير المباشرة على الإنسان ، ويمكننا عرض استخدامات الدنا المطعم فيما يلى :

١ ـ عمليات التشخيص الوراثى :

تستخدم تقنية الدنا المطعم فى تشخيص العديد من الأمراض الوراثية ، وذلك من خلال قطع من الدنا مفردة الشريط لاصقة تتكامل قواعدها مع الجين المرضى إن وجد .

وهذه التتابعات يتم إعدادها طبقًا لخرائط عديدة تختص بالجينوم الخاص بكل كائن حى ، ففى حالة وجود جين ما مرضى ، وإدخال التتابع اللاصق لهذا الجين ، فإنَّه سيتكامل مع القواعد النيتروجينية لهذا الجين ، ومن ثمَّ يمكن معرفة وجود جين مرضى من عدمه ، بل ونوعية الجين الموجود والمرض الناشئ عنه ، ويمكن إجراء هذه التحليلات الوراثية باستخدام أجهزة الحاسب « الكمبيوتر » كما سنورده فيما بعد .

٢ ـ تحضير البروتينات العلاجية :

تستخدم تقنية الدنا المطعم فى الطب العلاجى ، وذلك لإنتاج بروتينات مفيدة هامة طبيًا ، حيث تستخدم هذه البروتينات كمضادات للميكروبات المرضية ، أو منشطات للإفرازات المناعية لزيادة قدرتها فى مقاومة المسببات المرضية .

قد تستخدم تلك البروتينات كمضادات للمواد الكيميائية السامة «التوكسينات» التى تفرزها الميكروبات ، ومن ثمَّ إبطال مفعولها .

وتعتمد تقنية الدنا المطعم فى إنتاج البروتينات العلاجية على نظام المحاكاة الجينية ، والذى يمكن من خلاله استنساخ الجين الموجه لغدة ما لإفراز هذا البروتين ، ثم إيلاج هذا الجين فى المحتوى الجينى للغدة ، فالعملية تطعيم للجين المستنسخ فى جينوم الغدة المفرزة للبروتين ، ولكى تنجح هذه العملية لابد من التأكد من ارتفاع معدَّل نشاط الجين بعد إجراء عملية التطعيم الجينى مباشرةً .

٣ ـ التخلص من المخلفات العضوية :

يستخدم الدنا المطعَّم كتقنية هامة وآمنة بيئيًّا فى التخلص من المخلفات العضوية باختلاف مصادرها وأنواعها ، ولقد بُذِلَت العديد من الدراسات ، وأجريت العديد من التجارب ، وبخاصة بالدول الصناعية الكبرى بهدف التخلص الآمن من هذه المخلفات التى أصبحت تمثل خطراً على صحة الإنسان ، باعتبارها ملوثات جديدة تضاف إلى قائمة الملوثات المدمرة لصحة الإنسان .

تعتمد تقنية الدنا المطعم للتخلص من المخلفات العضوية فى تحضير مواد محللة لهذه المخلفات ، ويمكن إنتاج هذه المواد بتصنيع أو نسخ الجينات الموجهة لتكوينها ، ولزيادة أعداد هذه الجينات تُحمَّل على دنا

بكتيرى دائرى « البلازميد » حيث تتكاثر مع البلازميد بتكاثر البكتيريا ، ثم يتم استخلاص هذه الجينات وإزالة المعطوب منها ، ثم تحميلها على الدنا البكتيرى الخطى ، والذى يوجه البكتيريا لإنتاج المواد المحللة للمخلفات العضوية ، ويمكن استخدام نفس التقنية مع خلايا الخميرة أو أى كائن دقيق آخر ، وتفضل البكتيريا لأسباب عديدة منها :

أ ـ السرعة الفائقة فى تكاثرها .

ب ـ استطاعتها الحياة فى بيئات مختلفة .

جـ ـ سهولة تطعيم الدنا البكتيرى أكثر من غيره من الكائنات الأخرى .

ويمكن إطلاق هذه البكتيريا فى البحار الملوَّثة ببقع النفط فتعمل على تحليلها ، وقد استخدمت هذه التقنية فى تنقية مياه الخليج العربى من آثار النفط عقب انتهاء حرب الخليج ، وتجرى الآن أبحاث عديدة لإعداد مخازن للبكتيريا ذات الدنا المطعم فى السفن الحاملة للبترول ، حيث يتم إطلاق هذه البكتيريا عند تسرب النفط من السفينة ، كما يمكن بنفس الطريقة التخلص من مخلفات المصانع قبل أن تصل إلى المجارى المائية كالأنهار والبحيرات ، وتستخدم نفس الطريقة للتخلص من المخلفات بعد وصولها إلى مياه المجارى المائية .

وقد نجحت نفس التقنية عند تطبيقها فى مواسير الصرف الصحى

للتخلص من المواد المتراكمة والتى تعوق حركة الصرف إلى محطات الترسيب عبر مواسير الصرف ، وكان قبل تطبيق هذه التقنية لابد من إزالة المواسير المتراكم بها تلك المواد ، أو إضافة أحماض عضوية تعمل على تآكل هذه المواد ، وهذا يعرض المادة المصنعة من إعادة استخدام الصرف إلى التلوث ، إلاَّ إذا تم لها عملية تنقية من تلك الملوثات وهذا يرفع من تكلفة المنتجات .

يتم استخدام هذه التقنية بإطلاق البكتيريا المفرزة لمواد التحلل العضوى ، حيث تقوم بتحليل الرواسب والتخلص منها ، وتنظيف مجرى مواسير الصرف الصحى دون إضافة أى ملوثات للمواد المصنعة منه .

وتزداد أهمية استخدام هذه البكتيريا فى حالة انسداد مواسير المياه ، وصعوبة تسليك هذه المواسير ، واستحالة إضافة مواد كيماوية لخطورة ذلك مباشرةً على صحة الإنسان من خلال عملية شرب هذه المياه المحملة بالمواد الكيماوية مما قد ينتج عنه العديد من الأمراض .

ويمكن لهذه البكتيريا الحياة داخل مواسير الصرف الصحى ، أو مواسير المياه دون مشاكل ، وكأن هذه المواسير تمثل أنابيب اختبار لها .

ويمكن استخدام نفس البكتيريا فى محطات غسيل السيارات للتخلص من المواد المتخلفة من عمليات التشحيم والتزييت المختلفة ، كما يمكن

التخلص من بقايا البنزين وعمليات التشحيم بالسيارة من خلال نفس التقنية .

بل ويوجد مؤشر لاستخدام تقنية البكتيريا المفرزة للمواد المحللة فى عمليات الغسيل المنزلى للتخلص من الدهون ، وتزداد أهميتها فى هذه الحالة فى الفنادق والمطاعم الكبرى ، حيث يتم الغسيل آليًا ، ويصبح التخلص من الترسيبات الدهنية على الأطباق صعبًا للغاية .

قد تقوم البكتيريا المستخدمة فى تلك التقنية بتحليل الماد العضوية إلى مكوناتها وجعلها وجبة جاهزة لغيرها من الكائنات الحيَّة الأخرى ، أو تحليلها والتغذى على نواتج التحلل .

وقد يتم استخدام نفس التقنية مع بعض النباتات ، وذلك بتطعيم الدنا الخاص بها ببعض الجينات الموجهة لتكوين الموادا لمحللة ، ومن الممكن إجراء هذه التقنية على خلايا الأجنة فى البذرة ، والتى تتم زراعتها فى الأماكن المتراكم بها مخلفات عضوية ، أو فى قنوات صرف مخلفات المصانع ، حيث تقوم تلك النباتات بإفراز مواد محللة للمواد العضوية الموجودة ، والتغذية على نواتج التحلل ، وبذلك يحقق استخدام هذه التقنية فائدتين :

أولاً : التخلص من المخلفات العضوية كملوثات للبيئة .

ثانياً : زراعة نباتات ذات صفات معينة يمكن الاستفادة من ثمارها أو

تحميلها بجينات أخرى موجهة لتكوين بروتينات علاجية يمكن استخدامها فى نواحى طبية عديدة .

إنَّ ثمَّة اتجاه يحدو بالعديد من باحثى تقننة الدنا المطعم إلى إنتاج مكعبات من المواد المحللة للمخلفات العضوية جاهزةً للاستخدام مباشرة .

ويمكن الاستفادة من الجينات المكونة لمواد التحلل فى تطعيم جينات خاصة بخلايا جذور النباتات الضارة ، مما يعمل على تكوين مواد تقوم بتحليل هذه الجذور ، ومن ثمَّ التخلص من تلك النباتات الضارة ، وهذا يتطلب إعداد خريطة كاملة للجينات المسئولة عن تكوين تلك المواد ، ونسخها وحفظها بعد ذلك فى بنوك الجينات .

وقد يتم تطعيم تلك الجينات على جينوم المجموع الخضرى للنباتات عديمة الجذور كنبات الهالوك المتطفل على نبات الفول ويسبب خسارة كبيرة فى المحصول .

وعند تطعيم المجموع الخضرى بالجينات المكونة للمواد المحللة ، تعمل هذه المواد على تحليل جسم النبات وذبوله وموته ، ومن ثم التخلص من الأضرار التى يسببها لنبات الفول ، ولقد تمَّ تعميم هذه التقنية على العديد من النباتات الضارة ، ويعقد العلماء آمالاً عريضة لتحقيق نتائج جيدة من خلال هذه التقنية .

ورغم أهمية تقنية الدنا المطعَّم فى إنتاج المواد المحللة ، إلاَّ أنها لا تخلو

من الخطورة ، فقد تنتج بطريق الخطأ من أحد معامل الهندسة الوراثية المنتشرة بالدول المتقدمة بكتيريا تحمل فى الجينوم الخاص بها جينات مكونة لمواد التحلل ، وتكمن الخطورة فى إفراز هذه البكتيريا لمواد محللة للأنسجة البشرية ، مما يهدد حياة الإنسان على سطح الأرض ، ويعرضه للإبادة .

وما زلنا نذكر البكتيريا التى انتشرت فى عام ١٩٩٤م ، والتى كانت تحمل بالفعل مواد موجهة لتكوين إفرازات محللة للأنسجة البشرية ، وقد شهد انتشار هذه البكتيريا ضجة فى الأوساط العلمية لمحاولة الوصول إلى تفسير حقيقى لهذه الظاهرة ، وكان من تلك التفسيرات التى ذكرت علميًّا هو تحرر إحدى أنواع البكتيريا من أحد معامل هندسة الجينات ، والتى كان الدنا المطعم الخاص بها يحمل جينات موجهة لتكوين مواد محللة للأنسجة الحيوانية الثديية ، للتخلص من بقايا الحيوانات النافقة ، وبقايا الحيوانات البحرية فى أعماق البحار والمحيطات ، وهذا ما يجعلنا ننادى بفرض رقابة صارمة على تجارب تقننة الجينوم لمنع تكرار الأخطاء المهددة لحياة البشر .

٤ ـ إنتاج مواد النكهة والرائحة والطعم :

تستخدم تقنية الدنا المطعم فى إيلاج بعض الجينات الخاصة بالنكهة

والرائحة والطعم سواءً كانت طبيعية أو مستنسخة فى الدنا الخاص بالعديد من الثمار والنباتات لتعطى رائحة ما أو طعم ما مفضل .

ويتم إجراء هذه التقنية باستئصال الجين المسبب لنكهة معينة من الكائن الحىّ الحامل له فى جينومه ، باستخدام إنزيم قطع معين ، ثم يتم تطعيم هذا الجين فى دنا النبات أو أى جزء منه مفرز لمادة يراد إضافة نكهة معينة لها ، أو إلى دنا الغدد الموجودة فى الحيوانات .

وقد لا يتم استئصال الجين المسبب للنكهة ، لكن تجرى له عملية استنساخ جينى للحصول على نسخة منه ، ثم يتم إيلاج هذا الجين بنفس التقنية السابقة .

وقد يتم استخلاص المواد المسببة للنكهة والطعم والرائحة من الأعضاء المفرزة لها بعد تطعيم الدنا الخاص بها ، وطرحها للاستخدام فى صورة مكعبات يمكن استخدامها مباشرة لزيادة نكهة المواد الغذائية ، أو للحصول على نكهة جديدة .

وتستخدم نفس التقنية فى إدخال رائحة جديدة لزهرة ما من خلال تطعيم الدنا الخاص بها بالجين الموجه لتكوين المواد المسببة لتلك الرائحة بأعضاء الزهرة ، وقد يتم الحصول على رائحة جديدة هى مزيج من الرائحة الجديدة الناتجة من تعديل جينوم الزهرة ، والرائحة الأصلية للزهرة .

ويستغل ذلك فى إتمام حدوث التلقيح عند غياب نوع الحشرات الناقل لحبوب اللقاح لزهرة ما ، مع وجود نوعٍ آخر من الحشرات منتشر ببيئة الزهرة ، فيتم تعديل جينوم الزهرة بجين مفرز للمواد ذات الرائحة الجاذبة لنوع الحشرات الموجود .

سَيُحْدِث هذا ـ لا شك ـ طفرة فى علم التلقيح بحيث يضمن تلقيح نسبة كبيرة من النباتات الزهرية ، وهذا يؤدى إلى رفع نسبة التكوين الثمرى ، بما يوفر الغذاء للعديد من الأفواه الجائعة من البشر .

إنَّ العديد من الشركات المتخصصة فى هندسة الجينات تتجه إلى إنتاج مواد الرائحة فى صورة مغلفة ومطروحة للاستخدام ، بحيث يمكن استغلالها فى صناعة المواد الغذائية .

وقد يتم استخدام نفس التقنية ولكن لتقليل معدَّل التلقيح بأكبر قدر ممكن ، بحيث يتم إيلاج جين موجه لتكوين مواد منفرة وطاردة للحشرات ، وهذا يؤدى إلى نوع من التحكم فى معدَّل التكاثر .

٥ ـ الدنا المطعم وعمليات التكوين الجنينى والنمو:

يمكن استخدام تقنية الدنا المطعَّم فى توجيه عمليات التكوين الجنينى والنمو ، وذلك بهدف تنشيط عمليات النمو واختصار فترة التكوين الجنينى ، مما يؤدى إلى تسارع نمو النبات .

وتتم عملية التطعيم بجين طبيعى من جينات النمو ، أو جين مستنسخ من جينات النمو ، حيث يُولج الجين داخل دنا خلايا الجنين الأولى مما يعمل على تسارع فترة النمو فى فترة زمنية أقل من الفترة الطبيعية للنمو .

وتستخدم تقنية الدنا المطعَّم على المستويات الحياتية المختلفة (البشرية والحيوانية والنباتية) ، ففى مجال الجينات النباتية سيؤدى استخدام مثل هذه التقنية إلى حدوث طفرة فى معدَّل الإنتاج النباتى ، فمن خلال هذه التقنية أمكن إنتاج العديد من الحبوب والثمار ذات الحجم الكبير وفى معدَّل نمو أقل بكثير من المعدَّل الطبيعى ، ويأمل العلماء فى تعميم تلك التقنية على العديد من نباتات المحاصيل والفواكه .

وفى مجال الجينات الحيوانية يجرى العلماء تجارب عديدة للحصول على معدَّل أسرع لتعبير هرمون « الثيروكسين » وغيره من هرمونات النمو ، بما يؤدى إلى تسارع عمليات التكوين الجنينى ، ثم يستمر النمو بنفس المعدَّل ، وهذا سيؤدى إلى زيادة الإنتاج الحيوانى ، وإن كان العديد من هذه التجارب مازال فى مرحلة التجارب الأولية ، ويأمل العلَماء فى الوصول إلى نتائج جيدة فى هذا المجال ، ففى إحدى التجارب قام فريق من الباحثين بتطعيم دنا إحدى الضفادع بجينات منشطة لتكوين هرمون النمو « الثيروكسين » ، حيث أحدثت الجينات زيادة فى نشاط مفرط

للغدة الدرقية فى إفراز هرمون « الثيروكسين » ، وقد ساعد فى تسارع عمليات النمو ، وإنتاج ضفادع عملاقة ، وقد أجريت نفس التقنية لتثبيط عمليات النمو ، ونتج عنها ضفادع قزمة .

وعلى مستوى الجينات البشرية يأمل الكثير من العلماء فى إحداث تسارع فى معدَّل النمو للخلايا الجنينية ، من خلال زيادة الإفرزات من هرمونات النمو بإضافة جينات تعمل على سرعة تكوين الهرمونات وزيادة الكمية المفرزة منها .

وهناك اتجاه إلى تصنيع هذه الهرمونات بالتقنية الوراثية فى صورة أقراص دوائية للتداول ، وإن كان التعامل مع الجينات البشرية سيحتاج المزيد من الوقت والجهد والمال لإنجاز ذلك ، وهو مشروع حيوى وضرورى على كل المستويات ، ولاسيما فى المجالين النباتى والحيوانى ، واللذين سيوفران الغذاء للعديد من البشر الذين يعانون من الجوع فى مناطق مختلفة من سطح الأرض .

٦ ـ الدنا المطعَّم والتسميد الذاتى :

تحتاج النباتات إلى عمليات تسميد دورية حتى تواصل نموها ، وتدخل مرحلة التكوين الزهرى والثمرى ، وتمثل عمليات التسميد تلك ، تكلفة عالية ، وقد يؤدى التصنيع غير الآمن بيئياً لهذه الأسمدة إلى تلويث التربة وخفض نسبة صلاحيتها للزراعة .

وتوجد بعض النباتات « البقوليات » والتى تستضيف جذورها بكتيريا العقد الجذرية ، التى تعمل على تثبيت النيتروجين الجوى ليستفيد منه النبات البقولى كسماد آزوتى .

وقد استطاع العلماء كشف التتابع الوراثى الذى يشفِّر لبكتيريا التأزت المسئولة عن تثبيت النيتروجين من الجو ، ومن ثمَّ صناعة الجينات الخاصة بهذه التتابعات وتطعيمها فى دنا العديد من النباتات التى تحتاج إلى سماد آزوتى لتنشيط نموها ، ومن الممكن فصل الجينات الطبيعية الموجهة لتثبيت النيتروجين أو نسخها والتطعيم بها أيضًا .

إنَّ ثمَّة مشروع قائم بين كبرى شركات التسميد فى العالم وشركات الهندسة الوراثية لكشف الشفرات الوراثية الخاصة بكل مكون سمادى لكل النباتات المعروفة ، وذات الأهمية الاقتصادية ، ثم تصنيع الجينات الخاصة بتلك الشفرات ، أو استئصالها وحفظها كأصول وراثية فى بنوك الجينات لحين استخدامها بعد ذلك ، أو استناسخها وحفظها أيضًا .

يُجرى بعد ذلك تطعيم هذه الجينات على الدنا الخاص بكل نبات فى حاجة إلى سماد معين ، فيعمل الجين المولج فى جينوم النبات إلى توجيه بعض الأنسجة إلى تكوين السماد اللازم لنمو النبات .

ورغم أهمية هذه التقنية فى إنتاج المخصبات الذاتية ، إلاَّ أنَّ تطبيقها على مساحات شاسعة مازال متعثراً ، ويأمل العلماء التغلب على المشاكل

التى تواجههم فى تطبيقها مستقبلاً خفضاً لتكلفة تصنيع المخصبات الكيماوية ، وإزالة للتلوث البيئى الناتج من إضافة تلك المخصبات للتربة .

قد يتم تطعيم جينات المواد المخصبة فى دنا الكائنات الدقيقة التى تعيش فى الطبقة السطحية بالتربة ، والتى توجه هذه الكائنات إلى تكوين المواد المخصبة للتربة ، وفى هذه التقنية سيتم إخصاب التربة سواءً وجدت بها نباتات أم لا ، وهذا يستلزم توفير المواد الغذائية التى تكفل لهذه الكائنات الدقيقة الحيَّة الحياة .

٧ ـ الدنا المطعَّم ومكافحة الآفات :

أصبحت الآفات التى تهاجم النباتات من المشكلات التى تواجه الفلاح، والتى تدمر أحياناً نباتات المحاصيل والفواكه وغيرها من النباتات تدميراً كاملاً ، إمَّا بالتهام النبات وهو فى طور البادرة ، أو التهامه فى مراحل تالية لذلك ، وقد تؤدى الآفات إلى التهام الجزء الخضرى ، وبخاصة البراعم الطرفية والإبطية ، وغالبًا ما تؤدى الإصابة بالآفات إلى التهام الجزء الثمرى فى المراحل المختلفة لمراحل التكوين والنمو الثمرى .

وقد تهاجم بعض الآفات جذور النباتات ، حيث توجد الشعيرات الجذرية التى تمتص الماء والأملاح ، وتتركز بها نسبة عالية من الغذاء مثل الآفات النيماتودية ، والتى أصبحت تهدد العديد من الأراضى المصرية ، وبخاصة فى أراضى الاستصلاح .

وللتغلب على هذه المشكلة ، لجأ الباحثون إلى استنباط العديد من المواد الكيماوية للقضاء على هذه الآفات من خلال رش هذه المواد الكيماوية المبيدة للآفات النباتية على أجزاء النبات فى مراحله العمرية المختلفة ، ورغم الفائدة التى حققتها تلك المبيدات فى القضاء على العديد من الآفات ، إلاَّ أنَّ هذه المبيدات قد أحدثت خسارة فادحة للنباتات نفسها ، حيث لوثت هذه المبيدات أنسجة الثمار ، وفى بعض الأحيان تؤدى إلى تغير التركيب الكيميائى للثمرة ، مما يؤدى إلى إحداث تلوث خطير ، قد يسبب العديد من حالات الوفاة عند استهلاك هذه الثمار .

لذا كان لابد من محاولة طرق أساليب ووسائل جديدة لمكافحة تلك الآفات ، بحيث لا تؤدى هذه الوسائل إلى التأثير على تركيب النبات أو ثماره ، وإضافة سموم « توكسينات » إلى أنسجته .

لقد تحقق هذا مع التقدم السريع والمتلاحق فى تقنيات الهندسة الوراثية وتقنية الجينوم ، فمن خلال دراسات عديدة وجد العلماء أن بعض النباتات تفرز من غدد معينة بأنسجتها مواد كيميائية قاتلة للآفات ، أو منفرة للآفات وطاردة لها ، وهذه المواد تتكون تحت توجيه من جينات محددة تشفر لهذه المواد الكيميائية .

وفى مراحل تالية استطاع العلماء كشف هذه الشفرات والتعرف عليها ، واستنساخها ، وتطعيم الجينات المستنسخة فى جينوم النبات

الذى يستلزم وجود هذا الجين لتكوين مواد قاتلة للآفات التى تهاجمه .

إنَّ ثمَّة مشروع قائم لكشف كل الثغرات الخاصة بتكوين المواد الكيميائية المضادة للآفات ، واستنساخها ، وحفظها لحين استخدامها بعد ذلك ، وإن كانت تجارب المكافحة الجينية للآفات النباتية قد حققت نتائج جيدة فى المعمل ، إلاَّ أنَّه من المتوقع وجود مشاكل عند التجريب فى الحقل .

٨ ـ الدنا المطعَّم والعلاقات التطورية :

مازالت العلاقات التطورية التى تربط بين العديد من الأحياء موضوعًا لم يحسم بعد ، وذلك لافتقاد الدليل الحاسم القاطع فى مثل هذه العلاقات ، ومع تلك الثورة التى أحدثها الدنا الوراثى ، بدأ العلماء يدرسون استخدام تقنية الدنا المطعَّم فى تحديد علاقات الصلة التى تربط العديد من الكائنات الحيَّة بعضها ببعض ، ولابد لإتمام ذلك من فصل دنا الكائن الأول باستخدام درجات الحرارة ، حيث إنَّ الدنا الوراثى المزدوج يفقد ازدواجيته من خلال تكسير الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية للنيوتيدات عند درجة حرارة (١٠٠م°) ، أو من خلال المعاملة الإنزيمية بإنزيمات الفصل ، ثم تجرى نفس العملية السابقة على دنا الكائن الثانى ، وبذلك يكون لدينا أربعة أشرطة دناوية مفردة .

وبخلط دنا مفرد الشريط للكائن الأول مع دنا مفرد الشريط للكائن

الثانى ، وملاحظة حدوث ازدواج بين القواعد النيتروجينية لكلا الشريطين من عدمه ، بل وتحديد سرعة تكوين هذه اللوالب ، وقياس عدد القواعد المزدوجة فى وحدة الزمن (معدَّل التكامل)(١) ، واستخدام هذه النتائج فى تحديد العلاقات بين الكائنات الحيَّة وفقًا للمعايير الآتية :

أ - كلما زاد عدد القواعد النيتروجينية المتزاوجة كلما ازدادت صلة القربى بين الكائنات الحية ، أى أنَّ :

عدد القواعد النيتروجينية المتزاوجة تتناسب طرديا مع العلاقة التطورية

ب - كلما ازدادت سرعة تكون اللوالب المزدوجة بين شريطى الدنا لكائنين ، كلما ازدادت صلة القربى بينهما أى أنَّ :

سرعة تكون اللوالب المزدوجة تتناسب طرديا مع العلاقة التطورية

ومن ثمَّ يمكننا التعبير عن العلاقة التطورية بمعادلة رياضية كالآتى :

العلاقة التطورية ∝ عدد القواعد النيتروجينية المتزاوجة × سرعة تكون اللوالب المزدوجة .

وبإزالة هذا الثابت الموجود بالعلاقة السابقة يمكننا التعبير عن تلك المعادلة كما يلى :

---

(١) معدَّل التكامل هو عدد القواعد النيتروجينية المتزاوجة فى وحدة الزمن .

العلاقة التطورية = ثابت × عدد القواعد النيتروجينية المتزاوجة × سرعة تكون اللوالب .

ويعرف الثابت الموجود بالعلاقة بثابت التطور ، والذى يمكن بقياسه ، معرفة العلاقة الموجودة بين كائنين حيَّين يوجد شك فى مدى العلاقة الموجودة بينهما .

وتمثل عملية التزاوج بين القواعد النيتروجينية عملية تطعيم كليٌ لدنا كائن بدنا كائنٍ آخر ، ويمكن باستخدام نفس التقنية تحديد وجود جين ما فى دنا كائنٍ ما من عدمه ، حيث إنَّ حدوث تكامل بين القواعد النيتروجينية بين دنا الشريطين المفردين يعطى مؤشراً لوجود جينات متشابهة بين جينوم الكائنين ، ومن ثمَّ يمكن استخدام تلك الجينات من أى من الشريطين كجينات بديلة فى حالة عطب الجينات بالشريط الآخر ، مما يوفِّر آلية هامة للاستبدال الجينى بين الكائنات المتشابهة جينياً .

إنَّ هناك اتجاهًا الآن لرسم خريطة كاملة للعلاقات التطورية بين كل الكائنات الحيَّة المختلفة ، وذلك بهدف التعرف على أوجه الاختلاف والتشابه الجينى بين تلك الكائنات ، واستخدامها فى نواحى علاجية مختلفة من خلال استبدال الجينات المعطوبة بالجينات السليمة .

٩ ـ الدنا المطعَّم والتغذية الذاتية :

يحصل النبات على غذائه من خلال عملية التمثيل الضوئى ، حيث

يمتص النبات الماء من خلال جذوره ، وثانى أكسيد الكربون والضوء من الجو ؛ ليستخدم ذلك فى تفاعلات عديدة تحدث بالبلاستيدة الخضراء فى منطقتى الجرانا والستروما(١) بالورقة ، والتى تعتبر المصنع الرئيسى للمواد الغذائية فى النبات .

تحتوى الجرانا على أهم المكونات فى عملية التمثيل الضوئى ، وهى مركبات الكلوروفيل ، والتى تتواجد منها أنواع عديدة منها كلوروفيل (أ) ، وكلوروفيل (ب) ، وكلوروفيل (ج) ، وكلوروفيل (د) ، وتتركز أهمية الكلوروفيل فى أنَّه المعطى الوحيد للإلكترونات الغنية بالطاقة وفقًا لآلية محددة ، حيث يمتص كلوروفيل (أ) الطاقة الضوئية ليتأين ويفقد إلكترونًا ، ويتحول إلى أيون كلوروفيل موجب .

يتعرض الإلكترون المحمل بالطاقة لحالة من الإثارة ، ويحاول التخلص منها بفقد الطاقة التى اكتسبها من خلال مستقبلات لهذه الطاقة تتواجد بمنطقة الستروما ، ويتم تخزين هذه الطاقة الضوئية فى جزئيات " ATP" وفى صورة طاقة كيميائية .

قد يتم استقبال الطاقة الضوئية من خلال كلوروفيل (ب) ، أو

---

(١) تتركب البلاستيدة الخضراء من جدارين مزدوجين ، ومن أجسام متراصة رأسيًا فوق بعضها تسمى بالجرانا ومن سائل يغمر هذه الأجسام يسمى بالستروما .

كلوروفيل (ج) ، ويتم تحويلها إلى كلوروفيل (أ) لتخزين هذه الطاقة لحين استخدامها بعد ذلك فى عمليات التمثيل الغذائى .

تتواجد البلاستيدة الخضراء ، والتى تعتبر مركز تفاعلات عملية التمثيل الضوئى فى الورقة ، وقليل من الأجزاء الخضرية الأخرى بالنبات ، لكنَّها لا تتواجد فى منطقة الجذور ، والسيقان المغلظة خلاياها باللجنين[1] ، وتقل نسبة وجودها فى الساق العادية عن نسبة وجودها فى الورقة ، وهذا يوثر على معدَّل حدوث عملية التمثيل الضوئى بالخلية ، كما أنَّ حدوث التمثيل الضوئى مرتبط بكمية الطاقة الضوئية التى تمتصها البلاستيدات الخضراء بالورقة ، فتقل بنقص هذه الكمية ، وتزداد بزيادتها وتنعدم فى الظلام .

تمثل تلك الحالتان (قلة انتشار البلاستيدات الخضراء فى أجزاء النبات المختلفة ، والحاجة إلى الطاقة الضوئية) مشكلتان أساسيتان للباحثين للوصول إلى تمثيل ضوئى مستمر .

لقد اهتم العديد من باحثى الهندسة الوراثية بهذه العملية الحيوية لاستمرار الحياة النباتية ، وأجريت دراسات عديدة لاستخدام هندسة الجينات فى تحقيق الأمل الذى راود علماء النبات طويلاً (التمثيل

---

(١) اللجنين من المواد التى تعمل على تغليظ الأجزاء النباتية .

الضوئى المستمر) ؛ لأن ذلك سيتيح للنبات صناعة كمٍّ أكبر من المواد الغذائية ، مما يعمل على توفير مواد غذائية جيدة بعد ذلك من خلال تكوين ثمرى جيد .

أجريت العديد من التجارب معمليًّا ، وحققت نسبة نجاح جيدة ، ويتم فى هذه التقنيات عملية تطعيم للجينات الموجهة لتكوين البلاستيدات الخضراء فى جينوم الأجزاء الغير موجودة بها ، بعد تكييف هذه المناطق جينيًّا لتقبُّل الجينات الجديدة الموجة داخلها .

أو تجرى عمليات التطعيم بجينات لعضيات مولدة للطاقة الكيميائية مباشرةً ، وذلك بهدف التغلب على مشكلة الحاجة إلى الطاقة الضوئية لإتمام هذه العملية .

ورغم نسبة النجاح القليلة التى حققتها تلك التجارب ، إلاَّ أنَّها تمثل آمالاً عريضة فى توفير غذاء أكثر للإنسان ، ونأمل فى التغلب على المشكلات التى واجهت الباحثين الذين أجروا تلك التجارب مستقبلاً ، والتطبيق بعد ذلك على مدى أوسع فى الحقل .

١٠ ـ الدنا المطعَّم وإنتاج غذاء متكامل:

يتميز كل نوع من النباتات بإنتاج ثمار تحتوى على مواد غذائية من نوع معين (سكريات ، بروتينات ، دهون ، فيتامينات) ، لكن لا توجد ثمرة تحتوى على المواد الغذائية مجتمعة ، ومن ثمَّ تصلح كغذاء كامل

العناصر الغذائية ، وهذا يوجب الاعتماد على أكثر من نوعٍ من الثمار للحصول على أكبر قيمة غذائية .

وبعد التقدم الذى شهدته تقننة الجينات ، اتجه فكر علماء التغذية والنبات إلى استخدام تقننة الدنا المطعَّم فى إنتاج بعض الثمار المحتوى على كل أو أغلب العناصر الغذائية ، وذلك باستنساخ الجينات المسئولة عن تكوين كل مادة غذائية ، وإيلاجها (تطعيمها) فى جينوم ثمرة واحدة ، حيث توجه هذه الجينات أنسجة تلك الثمرة إلى تكوين المواد الغذائية الخاصة بها ، وقد يحدث التطعيم الجينى بجينات طبيعية ، وليست مستنسخة بشرط أن يتم الاستئصال الجينى للجينات وهى نشطة حتى تستطيع أن تعبِّر عن نفسها فى جينوم الكائن الذى تمَّ تطعيمها فيه .

وقد تواجه عملية التطعيم بالعديد من الجينات فى جينوم النبات تداخلاً فى تعبير الجينات عن نفسها ، ومن ثمَّ تدمير لآلية التكوين الثمرى من بدايتها ، لذلك لابد من تطعيم جينات متوافقة وراثيًّا ، أو العمل على إيجاد بيئة صالحة لنشاط كل تلك الجينات ، وهذا يستلزم مجهوداً كبيراً من الباحثين ، ووقتًا طويلاً لإنتاج تلك الثمار ذات القيمة الغذائية المكملة ، والتى ستعتبر وجبة كاملة يمكن تناولها فى أى وقت ، وحلاً أمثل لأمراض سوء التغذية الطاحنة ، والتى يعانى منها أغلب الشعوب النامية ، وبعض مواطنى الدول المتقدمة .

١١ ـ الدنا المطعَّم والتخصص الغذائى:

إذا كان علماء الهندسة الوراثية قد اتجهوا فى أبحاثهم على الأغذية النباتية إلى إنتاج ثمار ذات قيمة غذائية متكاملة ، فقد اتجهوا فى أبحاثهم على الأغذية الحيوانية إلى التخصص الغذائى ، فكل حيوان مخصص لإنتاج نوع معين من الغذاء ، فالبعض يتخصص فى إنتاج اللحوم ، والبعض يتخصص فى إنتاج الألبان ، والبعض يتخصص فى إنتاج الفراء .

ودور الهندسة الوراثية فى ذلك يتمثل فى كشف الشفرات الوراثية التى توجه خلايا وأنسجة الحيوان إلى تكوين اللحوم ، أو الألبان ، أو الفراء ، ثم التعرف على الجينات المعبرة عن هذه الشفرات ، واستنساخها ، وتطعيم كل جينات من نوع معين (توجه لتكوين منتج معين) فى خلايا الأجنة ، وهى فى مراحل مبكرة ، بحيث تعمل تلك الجينات على تكوين أنسجة ذات كفاءة أعلى وفعالية أكثر فى أدائها لوظائفها ، كالغدد الثديية المطعمة لحيوان ثديى مطعم بجينات موجهة لتكوين غدد ثديية ذات نشاط فائق ، وهو فى المراحل الجنينية المبكرة ، ستكون كمية اللبن المفرزة أضعاف كمية اللبن المفرزة من الغدد الثديية لحيوان لم يطعَّم بتلك الجينات .

وتحدث نفس العملية الجينية السابقة مع الحيوانات المراد تخصصها فى إنتاج كميات كبيرة جدًّا من اللحوم ، أو كميات كبيرة جدًّا من الفراء .

إنَّ ثمة أبحاث تجرى بهدف إيجاد حالة إثارة دائمة للغدد الثديية للحيوانات الثديية ، من خلال تطعيم جينوم تلك الغدد بجينات نشطة تعمل على تكوين الألبان ، وتلك تمثل عملية محاكاة حيوية لعملية الإثارة الناتجة عند الولادة للأم ، والتى يترتب عليها إفراز هرمونات منبهة للغدد الثديية بإفراز اللبن ، إلاَّ أنَّ التدخل فى هذه الحالة يتم على مستوى المادة الوراثية « الجينات » الموجهة لتكوين تلك الهرمونات ، ورغم الفائدة التى قد تحققها مثل تلك التقنية من زيادة الكمية المعروضة من الألبان والمنتجات التى تعتمد عليها فى صناعتها إلاَّ أنَّ ذلك لا يخلو من مخاطر ، فالتقنية فى هذه الحالة قابلة للتطبيق على الإنسان ، مما سيجعل المرأة أشبه بحيوان منتج للبن الذى سيستغل تجاريًا ، وهو ما سيؤدى إلى فوضى تشريعية وخلط فى الأنساب ، فالرضَّع من لبن واحد هم أخوة يحرم عليهم الزواج ، وفى هذه الحالة ، ومع انتشار اللبن الآدمى المهَنْدَس وراثيًا للاستخدام :

كيف سنحدد علاقات الأخوة من الرضاعة ؟. بمعنى من أخو من ؟ .

لابد من تقنين يضع خطة عمل واضحة للباحثين والتقنيين الوراثيين ، حتى لا تدفع البشرية بأسرها ثمن تلك التجارب .

١٢ ـ الدنا المطعَّم وإنتاج الأغذية الحيوانية :

الأغذية الحيوانية هى مزيج من الغذاء الحيوانى والغذاء النباتى ، وإنتاجه أحد أهداف باحثى الدنا المطعَّم ، فيمكن من خلال عمليات تطعيم الجينات النباتية بخلايا أجنة الحيوانات ، أو جينات حيوانية بخلايا أجنة النباتات ، الحصول على مواد غذائية نباتية بها كميات من مواد غذائية حيوانية ، أو مواد غذائية حيوانية بها كميات من مواد غذائية نباتية ، فالجينوم الهجين من جينوم النبات والحيوان ، والمولج فى أيٍ منهما سيظهر صفات كلٌ من الطاقمين الوراثيين .

فعند تطعيم الجينوم الموجه لتكوين البروتينات الحيوانية بجينوم موجَّه لتكوين البروتينات النباتية ، سنحصل على بروتين حيوانى فهو ليس بالحيوانى ولا النباتى ، ولكن خليط من الاثنين .

كما قد يتم التطعيم لجينوم تكوين البروتين الحيوانى بجينوم تكوين المواد الكربوهيدراتية فى النبات ، لنرى نوعًا جديدًا من البروتين السُكَّرى ، فهو ليس بالبروتين ولا السكر ، ولكنه مزيج منهما .

إنَّ هذا يدفعنا إلى التساؤل :

هل يمكن إنتاج حيوان يفرز سوائل سكرية ؟ .

هل يمكن مستقبلاً إنتاج نبات يُكوِّن البروتين الحيوانى ؟ .

هل يمكن إنتاج نبات مفرز للسوائل اللبنية ؟ .

يأمل بعض العلماء فى حالة تحقيق نسبة نجاح كبيرة فى استخدام الدنا المطعَّم لإنتاج الأغذية الحيوانية ، فى إمكانية تطبيق هذه التقنية على الإنسان ، وذلك لجعل الإنسان مكتفيًا غذائيًا ولو جزئيًا وليس كليًا .

فمن خلال تطعيم خلايا الأجنة المبكرة بالإنسان بالعديد من الجينوم الموجه لتكوين المواد الغذائية المختلفة ، الحيوانية والنباتية ، يمكن الحصول على إنسان منتج للمواد الغذائية المختلفة ، فهو منتج للمواد البروتينية والدهنية والكربوهيدراتية والفيتامينات ... إلخ .

إنَّ ذلك يجعلنا أمام سؤال ملح :

هل سنرى الإنسان الذى يكوِّن جسمه غذائه بنفسه ولا يعتمد على النبات أو الحيوان فى غذائه ؟ .

وإن تحقق ذلك :

ما هو مصير الثروة الحيوانية والنباتية الموجودة فى حالة استغناء الإنسان عنها ؟ .

عمليات التغيير الجينى :

لكل كائن حى طاقمه الوراثى المميز له ، والذى يوجه سير العمليات الحيوية داخل خلاياه ، وقد يتم تطعيم هذا الطاقم بجينات غير جيناته بهدف إدخال وظائف جديدة ، أو استئصال جينات معيبة ،

أو استبدال جينات معيبة بأخرى سليمة من نفس النوع ، وهذا يتم على مستوى خلايا معينة ، بينما عملية استبدال الطاقم الوراثى لكائن حى بطاقم وراثى لكائن آخر فلا يمكن أن تتم على مستوى الكائن الحى الناضج ؛ إذ أنَّ حدوث ذلك يعنى استبدال جميع الأطقم الوراثية لجميع الخلايا ، وهذا مستحيل فى الوقت الحاضر .

تتم هذه التقنية على مستوى الخلية الجنينية الأولية « الزيجوت » ، والذى ينتج فى الحالة العادية من اتحاد الحيوان المنوى الذى يحمل المادة النووية الذكرية مع البويضة التى تحمل المادة النووية الأنثوية ، والزيجوت يتكون من خلية واحدة ثنائية العدد الصبغى ، والطاقم الوراثى الموجود بها نشط تمامًا ولا توجد بها أى جينات بها فى حالة كمون ، وهو كخلية واحدة يسهل التعامل معها من خلال الجراحة الجينية ، حيث يتم استئصال الجينوم الخاص بزيجوت معين ، بجينوم زيجوت آخر ، أو جينوم خلية جسمية تم سحب المواد الغذائية من محتواها الخلوى تمامًا ، لإجبارها على الارتداد جينيًّا إلى الحالة الجنينية ، ويستثنى من جينوم الزيجوت المنقول إليه الجينات الخاصة بالنمو ليتابع تمايزه بعد ذلك إلى خلايا وأنسجة نفس الحيوان ، ويستثنى أيضًا من زيجوت الحيوان المنقول منه جينات النمو ، حيث يتم استئصالها تمامًا ، لضمان عدم حدوث تداخل فى تعبير كلٍّ من جينات النمو لكلا الكائنين .

بعد إتمام عملية النقل الجينى الكامل يتتابع تمايز خلية الزيجوت للكائن الحى المنقول إليه ، لكن طاقمه الوراثى طاقم خاص بالزيجوت المنقول منه ، وهو الذى يوجه تكوين الهرمونات والإنزيمات والسوائل المناعية ... إلخ الخاصة بالكائن الحى (الزيجوت) المنقول منه ، وليس المنقول إليه .

لقد نجحت تلك التقنية على نطاق واسع ، واستطاع بعض الباحثين اليابانيين إنتاج فئران تجارب بجينوم بشرى ، تصلح كبديل للإنسان للتجريب عليه فى الأبحاث العلمية ، وقد تمَّ طرح هذه الفئران للشراء بسعر قدره خمسة وعشرين ألف دولار للفأر الواحد ويعقد الباحثون آمالاً كثيرة فى إنتاج حيوانات أخرى بجينوم غير الجينوم الخاص بها .

بعض التجارب نجحت فى نقل جزء من جينوم كائن حى إلى جينوم كائنٍ حى آخر ، وهما فى مرحلة الزيجوت ، وذلك لإنتاج كائن نصف صفاته من الكائن الأول ، ونصف صفاته من الكائن الثانى ، كحيوان «الغنم » والذى يحمل جسداً خليطًا فى صفاته الشكلية والوظيفية والوراثية بين الغنم والماعز ، وكبعض الثمار مثل « البطاطم » ، والذى يحوى صفات كلٍّ من البطاطس والطماطم .

إنَّ استخدام هذه التقنية على المستوى النباتى والحيوانى سيعمل على إنتاج أنواع جديدة من الأغذية لها طعم ومذاق خاص يختلف عن طعم

ومذاق الأصول الحيَّة لها ، لكن ذلك لا يمنع من حدوث تضارب فى الأداء الوظيفى لكلا الطاقمين الوراثيين ، مما قد يؤدى إلى موت الكائن الحى (حيوان ، نبات) فحياة الكائن ذى الطاقم الوراثى المهجن مرتبطة بمدى توافق الطاقمين الخاصين به وظيفيًّا .

أما محاولة استخدام هذه التقنية على الإنسان ، فهو بمثابة العبث لانعدام الفائدة من إجراء ذلك ، وإلاَّ سنرى مسخًا لا بشراً وهو ما يخالف تكريم الله للإنسان ، وجعله خليفةً له على أرضه ، لكن الذين ينادون بإنتاج كائنات خليط بين الإنسان وغيره من الكائنات الأخرى كالقردة وغيرها ، وذلك لأداء الأعمال التى يأنف أن يؤديها الإنسان ، ورغم صعوبة ذلك تقنويًّا ، إلاَّ أنَّها من الناحية الأخلاقية ـ إن تحققت ـ تمثل هدمًا للقيم والمثل ، وبداية لتدمير الإنسان ذاته بذاته على سطح هذه الأرض .

وقد تحدث عملية التغيير الجينى من كائن حى بالغ لكائن آخر ، بتقنية دقيقة جداً ، حيث يتم استئصال خلية جسمية من الكائن المراد النقل الجينى منه ، وامتصاص المواد الغذائية من المحتوى الخلوى للخلية ، ومن ثمَّ يرتد طاقمها الوراثى لحالته الجنينية ، ثم ينقل هذا الطاقم الوراثى إلى بويضة كائن آخر مفرغة نوويًّا ، حيث يتم وضع الطاقم الوراثى (النواة وبها الجينوم) داخل الفراغ النووى ، ويستثنى من الطاقم الوراثى الجينات الخاصة بالنمو لكلا الكائنين كما سبق .

تعاد بعد ذلك البويضة إلى رحم أنثى بالغة للكائن المنقول إليه ، ليتتابع تمايزها إلى كائن شكله من نوع الكائن الحى المنقول إليه ، وطاقمه الوراثى من نوع الكائن المنقول منه .

ويمكن باستخدام نفس الطريقة إنتاج كائنات خليط بين عدة كائنات من خلال التحكم فى كمية الجينوم المنقول ، وكمية الجينات المتبقية بجينوم الكائن المنقول إليه .

الدنا القديم :

لقد أثارت أبحاث عالم الهندسة الوراثية د : « سفانت بابوه » الباحث بجامعة ميونيخ بألمانيا حول الدنا الفرعونى الموجود بالمومياوات المصرية القديمة ، والتى أثبت فيها أنَّ الدنا الفرعونى ما زال باقيًا لم يتحلل ، لكن يوجد شك فى احتفاظ هذا الدنا بتركيبه ، فثمَّة احتمال لتعرض هذا الدنا للتغيير فى تركيبه ، من خلال حدوث طفرات بتأثير المواد المشعة المستخدمة فى صناعة توابيت تلك المومياوات ، لكن لم يزل هذا الاحتمال قيد الدراسة للتأكد منه .

بذل د : **بابوه** مجهودًا كبيرًا لإنشاء بنك جينات متخصص لحفظ الدنا الفرعونى ، والذى تجرى عليه حاليًا أبحاثًا عديدة بهدف كشف شفرات التتابعات الوراثية المعبرة عن جينوم هذا الدنا ، ومحاولة

استنساخ تلك الجينات ، وحفظ الجينات المستنسخة فى بنوك جينات خاصة ، وباستخدام نيتروجين سائل مبرد تحت ١٨٦م° .

إنَّ بعض العلماء يأمل فى إجراء عمليات تطعيم جينى بين الجينوم الفرعونى ، وجينوم الخلية الجنينية الأولية ، وذلك بهدف فهم السلوك الفرعونى من خلال التأثير الجزئى للمادة الوراثية .

وقد يتم استئصال جينوم الخلية الجنينية الأولية ، واستبداله بجينوم فرعونى كامل تمت معاملته ليرتد إلى جينوم الحالة الجنينية المبكرة ، والسماح لهذه الخلية الأولية بإكمال مراحل نموها ، لتنمو إلى طفل طاقمه الوراثى فرعونى .

يمكن من خلال وضع هذا الطفل فى بيئة شبيهة تمامًا بالبيئة الفرعونية ، لدراسة سلوك هذا الطفل ، وكيفية تفكيره ، وقد تتم هذه التقنية على أكثر من خلية جنينية ، ليولد أكثر من طفل بجينوم فرعونى ، ومن خلال تصميم بيئة فرعونية لهم ووضع العديد من المشكلات أمامهم ، كالتى واجهت الفراعنة فى بناء الأهرامات والمعابد ، لفهم العديد من أسرار الحضارة المصرية القديمة .

سيكون الدنا الفرعونى القديم هو الوسيلة القاطعة لفهم صلات التقارب التى تربط بين الفراعنة فى مختلف الأسر الفرعونية ، فمن خلال عمليات تهجين بين مادتى الدنا المتواجدتين فى مومياوتين للفراعنة ،

وذلك بقياس عدد القواعد النيتروجينية المتزاوجة ، وسرعة تكون اللوالب ووفقًا للعلاقة الآتية :

العلاقة التطورية أو مدى التقارب = ثابت التقارب × عدد القواعد النيتروجينية المتزاوجة × سرعة تكون اللوالب

إنَّ عمليات التهجين بين العديد من الدنا الفرعونى ، ستوفر أدلة حاسمة لتحديد شجرة العائلة الفرعونية ، والتى حكمت مصر فترة طويلة ، ازدهرت فيها مصر حضاريًا ، وبلغت أوج مجدها ولاسيَّما تحديد الأبوة المفقودة لدينا لكثير من الفراعنة ، أو التى يوجد شك فى مصداقيتها ، كالفرعون توت عنخ آمون ، والذى يمكن من خلال المومياء الخاصة به إجراء العديد من التجارب الوراثية والتى ستوفر معلومات كثيرة عن فكره وسلوكه ونسبه .

لقد أصبح الدنا القديم بمثابة كهف أسرار الحضارات القديمة ، والذى يمكن من خلاله فهم العلاقات التى كانت سائدة بين تلك الحضارات ، كحضارات اليونان والإغريق وحضارات بلاد الرافدين « دجلة والفرات »، وحضارات شبه الجزيرة العربية وبلاد اليمن السعيد ، وحضارات جنوب شرق آسيا « الصينية والهندية » .

بل يمكن من خلال تجارب وأبحاث الدنا القديم الحكم القاطع بوجود

حضارات قديمة بالقارة الأوربية ، والأمريكتين ، وتحديد نوع الفكر الحضارى الذى كان سائداً وقتذاك .

ولم يكتف العلماء بتطبيقات الدنا القديم على الإنسان فقط ، بل شملت الدراسات والأبحاث الدنا النباتى والحيوانى القديم ، وذلك أملاً فى تجديد الثروة النباتية المنقرضة من خلال الدنا الموجود فى بعض البقايا المتحجرة كحفريات ، والتى كانت تستخدم فقط لفهم العلاقات التطورية بين أفراد المملكة النباتية .

إنَّ أبحاث الدنا القديم تعطى أملاً فى عودة الأشجار العملاقة من جديد ، من خلال استنساخ الجينوم الخاص بها ، وإيلاجه بدلاً من جينوم خلية جنينية أولية لنبات شائع الوجود .

لقد أجريت أبحاث عديدة على الدنا الحيوانى القديم ، وذلك لتحديد العلاقات التطورية بين العديد من الكائنات الحيوانية القديمة ، ولفهم العديد من الأسرار الخاصة بحيوانات عملاقة ، كالزواحف التى سادت فى العصر الجوراسى والكريتاسى(١) ، ولاسيَّما الديناصورات ، والتى أصبح انقراضها لغزاً محيراً صعب فهمه لحقب زمنية طويلة ، ويحاول العلماء الآن تحليل تتابعات الدنا الوراثى الذى ثبت عدم تحلله .

يأمل العديد من العلماء فى استنساخ جينات الديناصورات ،

---

(١) العصر الكريتاسى والجوراسى من العصور الجيولوجية القديمة والتى مرت على الأرض منذ ملايين السنين .

وتطعيمها فى جينوم الخلايا الجنينية لبعض الحيوانات الفقارية ، لإنتاج كائنات ذات صفات معينة مهمة من الناحية العلمية ، وتحاول بعض المراكز البحثية إجراء عمليات استزراع جينى كامل لجينوم الديناصور بدلاً من جينوم بعض الحيوانات الفقارية فى الخلايا الجنينية المبكرة ، ويعقد الفريق البحثى الذى أجرى تلك الدراسات فى إمكانية عودة الديناصورات مرةً أخرى من خلال عمليات الاستزراع الجينى الكامل ، وإن كانت توجد مشاكل تقنوية عديدة بالدراسات والتجارب التى أجريت ، لكن توجد آمال كبيرة لنجاح هذه التجارب مستقبلاً .

الجينات والأوزون:

تمثل طبقة الأوزون منطقة حماية فى الغلاف الجوى للحياة على سطح الأرض ، وتتكون هذه الطبقة من غاز الأوزون (O_3) وبعض الأيونات الأخرى ، وتعمل هذه الطبقة على وقاية سطح الأرض من وصول الأشعة فوق البنفسجية ، والتى تعمل على إصابة الجلد ببعض أنواع سرطان الجلد .

ورغم أهمية هذه الطبقة إلاَّ أنَّها بدأت تتآكل بفعل الملوثات الكيماوية المتصاعدة من سطح الأرض ، وعوادم الصواريخ الحاملة للأقمار الصناعية ، واختراق الطائرات النفاثة لها .

لقد بدأت كمية الأشعة فوق البنفسجية فى الزيادة المضطردة بعد

تعرض طبقة الأوزون للتآكل ، وبدأت تأثيرات اختراق الأشعة فوق البنفسجية للغلاف الجوى تزداد حدة ، ظهر ذلك فى صورة ارتفاع لدرجة حرارة الأرض ، وذوبان بعض ثلوج القطبين .

لقد أصبح علاج طبقة الأوزون من الأبحاث ذات الأهمية الكبيرة فى العديد من مراكز الأبحاث الكيماوية ، بل وأصبح لطبقة الأوزون مراكز أبحاث خاصة بها « مراكز أبحاث الأوزون » ، والتى تركزت أبحاثها على إطلاق صواريخ محملة بمواد كيماوية بهدف ترقيع طبقة الأوزون ، وقد حققت تلك الأبحاث بعض النجاح ، لكنها لم تنجح فى تقديم حلول جذرية لمشكلة الأوزون .

ولأهمية طبقة الأوزون بدأ علماء « جينوميا الفضاء » تركيز أبحاثهم على هذه الطبقة ؛ لمحاولة إيجاد حلول جذرية باستخدام تقننة الجينوم ، حيث استطاع فريق علمى تحوير جينوم سلالة بكتيرية بحيث تستطيع الحياة الدائمة فى طبقة الأوزون ، وتعمل على تحليل المواد الكيماوية المسببة لتآكل طبقة الأوزون .

ويتم تحوير جينوم هذه البكتيريا من خلال تطعيم الدنا الخطى لها بجينات يمكنها توجيه البكتيريا للحياة فى منطقة الأوزون ، وجينات أخرى تمكن البكتيريا من تكوين المواد المحللة لمسببات تآكل طبقة الأوزون ، ويأمل علماء جينوميا الفضاء تحوير العديد من الكائنات الدقيقة

للحياة فى طبقة الأوزون بحيث يمكنها تحليل الكيماويات المسببة لتآكل طبقة الأوزون .

تقننة الجينات وعلم الجريمة :

لقد أصبح لتقننة الجينات آثارها فى شتى المجالات ، وعلى المستويات الحياتية المختلفة بدايةً بالأميبا وانتهاءً بالإنسان ، ولم يخلو علم الجريمة من الاستفادة من تطبيقات هندسة الجينات ، فلقد اهتمت مراكز البحوث الجنائية بدراسة كيفية الاستفادة من شفرة الحياة « الشفرة الوراثية » فى تحديد هويَّة مرتكبى الجرائم من خلال البصمة الجينية ، والتى تتميز عن غيرها من البصمات بدقة البصمة وسهولة التعرف على المجرم من خلالها من خلال أى جزء يسقط من خلايا المجرم أو أنسجته فى مكان ارتكاب الحادث .

إنَّ سقوط خصلة من شعر المجرم فى مكان ارتكاب الحادث لهى كفيلة بالكشف عن شخصيته ، وقد تصل دقة التحديد من خلال البصمة الجينية بواسطة أى سائل (دم ، إفراز) قد يوجد بمكان ارتكاب الجريمة ، وهو ما كان يمثل صعوبة فى الماضى ؛ إذ كانت الوسيلة الوحيدة لذلك هى تحليل بصمات الأصابع ، والتى تكون قابلة للإزالة بتأثير أى مادة تقوم بمسح تلك البصمات .

إنَّ البصمة الجينية لا تنتج فقط التعرف على المجرم فى الوقت الحاضر ،

بل يمكن من خلالها التعرف على المجرم بعد موته بفترة طويلة قد تصل إلى آلاف السنين ، وذلك من خلال المادة الوراثية الباقية ببعض بقايا جسده .

لقد اهتمت العديد من المراكز البحثية بنتائج البصمة الجينية ، ولاسيَّما فى مصانع إنتاج الأسلحة ، فكثير من العلماء يأملون فى إنتاج أسلحة لا تعمل إلاَّ من خلال البصمة الجينية ، ومن ثمَّ يمكن تحجيم عدد الجرائم فى العالم بأسره .

ورغم الفوائد الهامة لأبحاث وتطبيقات البصمة الجينية فى الأبحاث الجنائية وعلم الجريمة ، إلاَّ أنَّ بعض الباحثين يودون توظيف هذه النتائج توظيفًا سيئًا من خلال تصنيف البشر طبقًا لطبيعة أطقمهم الوراثية ، فالمرتكب لجريمةٍ ما ، لديه الاستعداد بدايةً لارتكاب هذه الجريمة ؛ وذلك لاتصاف طاقمه الوراثى بالعدوانية والشراسة والميل إلى ارتكاب الجرائم .

إنَّ هذا التصنيف يعكس ظهور مافيا جديدة تتخذ من العلم والتقنية ستارًا لها لتنفيذ مآربها ، إنَّها مافيا الجينات ، والتى تنادى بعنصرية من نوعٍ جديد ، عنصرية مزركشة .. عنصرية جينية ! لقد نادى أنصار التصنيف الجينى بمحاكمة من لديهم الاستعداد الوراثى لارتكاب الجرائم قبل ارتكابها ، بحجَّة أنَّ جيناتهم عدوانية .

كيف يحاكم إنسان بحَجّة أنَّ جيناته عدوانية ؟! .

قد تحدث طفرة بالجينات العدوانية الموجودة فى جينوم هذا الإنسان ، وتعمل على تعديل سلوك الجينوم إلى السلوك الحميد .

أم أنّ هؤلاء ضمنوا عدم حدوث هذه الطفرات، فكان حكمهم قاطعاً ؟ .

لقد نشأ من استخدام تقنية الجينات فى علم الجريمة علمٌ جديد «جينوميا الجريمة» ، ونأمل أن يستخدم هذا العلم لصالح الإنسان ، وليس لتدمير قيمه ومثله .

الجينات وإنتاج الوقود:

فى كشف علمى مثير أثبت باحثو علم النبات بجامعة « ميونيخ » بألمانيا أنَّ بعض النباتات لها القدرة على تكوين ثمار ذات غدد راتنجية لإفراز وتكوين المواد البترولية ، وقد تمَّ دراسة المواد المتكونة من هذه الغدد ، واستخدامها كوقود خالى من التلوث تماماً .

ويدرس العلماء الآن جينوم هذه النباتات لتحليل وعزل الجينات المسئولة عن تكوين هذه المواد ، حيث يأمل العلماء إكثار هذه الجينات بتحميلها فى الدنا البكتيرى الدائرى « البلازميد » ، ثم عزلها والاحتفاظ بها فى بنوك الجينات .

تستخدم هذه الجينات المعزولة فى تحوير جينوم العديد من الأطقم الوراثية النباتية الأخرى لإنتاج كميات كبيرة من البترول النباتى ، بما يفى بحاجة البشر لمصدر دائم ونقى للطاقة .

جينوميا الفضاء:

لقد شهدت أبحاث الفضاء تطوراً ملحوظاً فى الآونة الأخيرة ،

وأصبحت التجارب البيولوجية والطبية تمثل اهتمام العديد من المراكز المتخصصة فى أبحاث الفضاء ، وأصبح طاقم رواد الفضاء يشمل علماء فى الطب والبيولوجيا والفيزياء الطبية والكيمياء الحيوية ، وذلك لإجراء العديد من التجارب والأبحاث لفهم العديد من آليات الحياة فى الفضاء .

تركزت العديد من الدراسات لفهم طبيعة النمو الخلوى فى الفضاء ، والأداء الوظيفى لكل جهاز من أجهزة الجسم ، ومحاولة دراسة الفروق بين عمليات الأيض الخلوى(١) على الأرض وفى الفضاء ، ومدى تأثر الإفرازات الغدية بالجسم بالبيئة الفضائية ، وطبيعة أداء السائل الدموى لوظائفه ، والمشكلات التى قد تواجهه فى أداء تلك الوظائف .

إنَّ ثمَّة دراسات أجريت لفهم سلوك الجهاز المناعى للإنسان ، ولبعض الكائنات الحيَّة الأخرى ، ومحاولة قياس معدَّل الممانعة الميكروبية لأى ميكروب قد يغزو جسم الكائن الحى .

لقد نشأ علم جديد لدراسة تلك الظواهر « بيولوجيا الفضاء » ، والذى يركز على دراسات العمليات البيولوجية فى البيئة الفضائية ، ومع تقدم الأبحاث فى علم البيولوجيا ، ونشأة أهم وأخطر العلوم الحديثة « علم الهندسة الوراثية » ، والتطور الهائل الذى شهدته تقننة الجينات فى شتى المجالات ، بدأ فكر العلماء فى الاتجاه لفهم سلوك الجينات فى الفضاء ،

---

(١) عمليات الأيض الخلوى : هى عمليات الهدم والبناء التى تتم داخل الخلية ، والتى تهدف لاستمرار الخلية فى أداء دورها .

وهل يعبِّر الجينوم عن نفسه فى البيئة الفضائية بنفس معدَّل تعبيره عن نفسه فى البيئة الأرضية ؟ لقد سجل علماء البيولوجيا حالات تسارع فى النمو للعديد من النباتات عند استنباتها فى البيئة الفضائية ، وكان ذلك بمثابة المؤشر الذى لفت فكر علماء الهندسة الوراثية إلى احتمالية حدوث تغير فى طبيعة الجينات المسئولة عن النمو والتكوين الجنينى ، فزاد معدَّل تعبيرها عن نفسها ، ومن ثم زاد الأداء الوظيفى لتلك الجينات . وهذا أدَّى بدوره إلى زيادة الكميات المفرزة من هرمونات النمو . مما أدَّى إلى حالات تسارع فى عمليات النمو .

إنَّ فهم عمليات التوجيه الجينى للعمليات الحيوية بجسم الكائن الحىّ ليس سهلاً ، بل يحتاج لوقت طويل ؛ إذ لابد من فهم حركة الجينوم فى الفضاء ، ومدى حدوث الطفرات فى البيئة الفضائية المتخمة بالإشعة الكونية ، وتأثير ذلك على سلوك الجينات . وكيفية حدوث تفاعلات المادة الوراثية لبناء البروتين ، وهل تؤدى البيئة الفضائية إلى إدخال بعض الجينات فى حالة كمون ، وتنشيط البعض الآخر ؟ .

وما هى الأسباب التى تحكم عمليات الانتقاء تلك ؟ .

يحاول بعض الباحثين من خلال أنظمة المحاكاة الحيوية ، تصميم بيئات فضائية على سطح الأرض ، وتوفير كل الظروف البيئية الفضائية بها ،

وإجراء العديد من تجارب الجينات فى تلك البيئات لمحاولة الوصول إلى العديد من الأسئلة المثارة حول السلوك الجينى فى الفضاء .

لقد نشأت مدارس بحثية تنصب كل اهتماماتها لدراسة هذا المجال ، وتأسس علم جديد له باحثوه فى بعض الدول المتقدمة فى أبحاث الفضاء وهندسة الجينات معًا ، ويأمل الباحثون العاملون والمؤسسون لهذا العلم فى الوصول إلى نتائج جيدة ، وإلى تطبيقات متميزة من خلال هذا العلم الذى أطلقوا عليه : « جينوميا الفضاء »(١) .

***

(١) Genome of space .