

## هندزة التطور

معظم البيولوجيين لم يقرأوا كتاب أصل الأنواع . ولا شك أن هذا صحيح بالنسبة للماركسيين وكتاب رأس المال . بعد عشرين سنة من دراسة التطور والرجوع إلى أفكار داروين ، قرأت كتاب الأصل لأول مرة على الشاطيء باليونان ، لأقتل ملل العطلة . كان الكتاب سهلا حقا . على أن ثمة مفاجأة كانت تنتظرني بأول فصلين : لقد كانا عن الحمام ، ولم يكونا تفسيراً متعمقا في فلسفة الوجود أو حتى عن نظرية التطور !

كتب داروين الكثير ليبين كيف أن مربى الحيوان - بانتخابهم الطيور التي تروق لهم - قد تمكنوا من أن يستنبطوا من الحمام البرى سلالات في مثل تباين الشقراق والشقلباظ والهزاز . ولقد استخدمت نفس هذه العملية بالضبط في استيلاء أنواع زراعية من الأبقار والكلاب والخيول . استعمل داروين نتائج هؤلاء الذين طبقوا الأفكار التطورية دون أن يعرفوها ، استعملها كي يبين أن نظريته تعمل بالفعل . ثم إنه قد مضى لأبعد من هذا ليقتراح أنه إذا ما استمر الانتخاب طويلا فستنشأ حواجز تعوق التبادل الوراثي ، ستولد صورة جديدة من الحياة - يولد نوع جديد .

أصبح التطور ذاته موضوعا تطبيقيا ، على الرغم من أن الكثيرين ممن يستخدمونه لا يدركون بالضبط ما يفعلونه . كانت وسيلة التطور التطبيقي - أو الهندسة البيولوجية - دائما وحتى عهد قريب حميمة الصلة بأسلوب الحياة نفسها . تعمل

الحياة دون براعة ، فإذا ما مر من الزمن ما يكفي ، بلغت نتائج غير متوقعة . كل التقدم التقنى قد استخدم هذا النهج المنفعى . المهندسون الذين صمموا الأدوات الحجرية أو المحرك البخارى لم تكن لديهم أدنى فكرة عن الفيزياء أو طريقة عمل الآلة . أوائل المزارعين طوروا محاصيلهم الجديدة دون معرفة بالوراثة . قاد المذهب العملى ( البراجماتية ) إلى التقدم على طول التاريخ كله .

أما الآن فقد اختلفت تماما نظرة المهندسين إلى العالم . غدت فلسفتهم هى التخطيط مقدما ، وتصميم ما هو مطلوب ، مستخدمين كل ما يمكنهم من النظرية العلمية . لم تتخذ البيولوجيا التطبيقية - من الزراعة وحتى الطب - نفس هذا النهج إلا فى السنين القليلة الأخيرة . وبفعلها هذا وصلت إلى أعتاب تقدم مشهود لا يقارن إلا بتقدم وسائل النقل منذ ابتكار المحرك البخارى .

أصبحت الزراعة بالفعل أكثر إنتاجية بعد أن اندمجت المنديلية والدارونية . ارتفعت كمية الغذاء المتوفر للفرد على مستوى العالم فى مواجهة أكبر انفجار سكاني فى التاريخ . ولقد جلب هذا النجاح بالفعل معه مشاكله . أما الشيء المؤكد عند محاولتنا الجديدة لهندزة الحياة ، فهو أن الطبيعة ستستجيب بطرق غير متوقعة وغير مرغوبة .

لو أن مندل وداروين كانا معنا اليوم لما أحسا بالفرجة مع البعض من تكنولوجيتنا الجديدة . ارتكزت الثورة الخضراء على الأساليب التقليدية فى تربية النبات . من بين أدواتها الفعالة هناك استخدام أصول من أرز وقمح ذات سيقان أصلب وأقصر . يؤثر فى هاتين الصفتين عدد ضئيل من الجينات . هجنت أصناف قصيرة بأخرى ذات سيقان صلبة جدا . لُقح النسل بأصول تحمل جينات للإنتاج العالى وسرعة النمو . انتخبت النباتات التى تحمل أفضل صفات الأبوين ، واستمرت العملية بضعة أجيال . كانت هذه النباتات مؤشبة إذا استخدمنا مصطلح توماس هنط مورجان (أنظر ص ٦٥) ، كانت تحتوى على مزيج من صفات لم يوجد قبلا فى الطبيعة

(الساق القصيرة مع الانتاج المرتفع) . فى خبطة واحدة حُلَّت إحدى أخطر مشاكل الزراعة الاستوائية : ميل نباتات الأرز والقمح لأن تزداد طولاً عند استخدام المخصبات، فلا تتحمل الريح .

بهذه اللعبة البسيطة تحولت اقتصاديات الريف بالهند والصين . لقد ضاعف التطور الموجه المحصول ستة أضعاف فى أقل من خمسين عاما . كانت الزيادة فى المحصول فى مثل الضخامة التى حدثت عند نشأة الزراعة منذ عشرة آلاف عام .

يعمل نفس هذا النهج فى الحيوانات أيضا . كتاب أصل الأنواع نفسه يصف التحسين فى الأغنام باستخدام طفرة الأرجل القصيرة . فحين الأنكون يقصر أرجل الأغنام التى تحمله . كانت هذه صفة مفيدة لأنها تمنع الحيوانات من القفز فوق الحوائط الحجرية . فانتشرت السلالة . لكن ابتكار أسوار الأسلاك الشائكة قد قضى عليها للأسف . ثمه جينات نافعة أخرى - لمقاومة الأمراض بالماشية الاستوائية، وسرعة النمو فى الخنازير ... الخ - قد ربيت فى حيوانات المزرعة ونشرت بالانتخاب بالطريقة الدارونية . فى أحيان كثيرة لا يعتمد التحسين على الانتخاب لجين واحد ، وإنما على تربية الأفضل ( وهذا يتضمن عادة تغيرات فى جينات كثيرة فى نفس الوقت ) . ولقد تكون نتائجه مذهلة . كان للبودل وسان برنار على أية حال سلف شائع منذ بضعة آلاف من السنين لا أكثر . بدأت عام ١٩٠٤ تجربة فى إلبينوى على الأذرة كانت تربي فيها بكل جيل النباتات الأغنى فى الزيت . لا تزال التجربة مستمرة . وبعد نحو مائة جيل تضاعف متوسط كمية الزيت بالنبات اثني عشر ضعفا ، دون أى دليل يشير إلى بطء فى التقدم . إن التطور التطبيقي المباشر يصنع أشياء رائعة حقا ( وهو لا يتضمن شيئا أكثر راديكالية من تغيير اتجاه الانتخاب الطبيعي وإحداث توليفات جديدة من الجينات ) .

هناك وسيلة أخرى لتهديب الدارونية هى زيادة تدفق ما تعتمد عليه من المادة الوراثية الخام . الطفقات الأكثر قد تعنى تقدما أسرع . كان انتاج البنسلين يعتمد على كميات ضئيلة من المضاد الحيوى تؤخذ من قوارير ضخمة من الفطر . ثم قام

العلماء بتربية أكثر السلالات انتاجاً ، فازداد الانتاج إلى مائة ضعف . وكانت الخطوة التالية هي إطفار الجينات الخاصة بالانتاج باستخدام الإشعاع والمواد الكيماوية. فظهر جيلٌ جديد كامل من عقاقير المضادات الحيوية . ولقد نجح نفس هذا النهج نجاحاً باهراً في تحسين الطماطم .

من الممكن أن نرفع الذخيرة من الجينات بطريقة أخرى . النباتات البرية - التي منها خرجت محاصيل اليوم - مليئة بالتباينات الكامنة المفيدة . للكفاءة ثمنها ، في الزراعة الحديثة كما في الحياة الحديثة . معاملة التربية الداخلية بمعظم المحاصيل مرتفع جداً . لكل نبات نفس مجموعة الجينات بالضبط . وصلت النباتات إلى نهاية طريق تطوري مسدود . لم يبق بها تباين . لكن أعداءها - المناخ والمرض - لم تكبح . في الستينات حدثت سلسلة من الكوارث الفظيعة في اتحادات الحبوب . ثم اتضح أن السبب في الغالبية العظمى منها هو زراعة نفس سلالة الأذرة . فجأة تطوّر الفطر ليتغلب على مقاومة النباتات ويدمر ملايين الأفدنة . دمر عام ١٩٧٠ سدس المحصول الكلي ، وقيمته تقدر بـ ١١ بلايين الدولارات . أثار هذا موجةً محمومة للبحث عن الأسلاف نصف المستأنسة ( فهذه تحتفظ لا تزال بالكثير من جينات مقاومة الأمراض التي ضاعت من المحاصيل الحقلية ) . أرسلت البعثات إلى الشرق الأوسط وإلى غيره من المراكز الكبيرة للتنوع النباتي ، مثل الإنديز ، للبحث عن الأصول المحلية كي تستبدل بها الأصناف الغريبة . وعلى الرغم من أن الكثير من الجينات قد فقد إلى الأبد ، فقد أنشئت الآن بنوك لبذور معظم المحاصيل ( البعض في أماكن غير متوقعة ، مثل ذلك البنك الذي أُقيم في الهواء البارد الجاف بشيبتسبيرجن ) . تحتوي هذه على كمّ هائل من التباين الوراثي - الوقود الذي يسيّر الهندسة البيولوجية . أما من يمتلك هذا المورد الثمين فهذه قضية أخرى : فمثلما قامت القوى الاستعمارية باستغلال أفريقيا بالقرن التاسع عشر ، تصدّر الآن الجينات دون فائدة تذكر للسكان المحليين . حفظ الكثير من الحبوب في حفر بمزارع ومنازل أناس ماتوا من زمان طويل : لقد استخلص الدنا المشفّر لبروتين يحسن نوعية الخبز من بذور عشر

عليها في حصن بريطاني من عصر الحديد عمره ألفا عام . سيتطلب الأمر زمنا طويلا قبل أن يعاد إيلاج هذه الجينات في المحاصيل الحديثة ، لكننا قد نجد أن بعض التنوع الوراثي - الذي اختفى بسبب انتشار السلالات الحديثة - قد حفظ بطريقة غير متوقعة .

لمنهج الإكثار من أفضل النباتات حدوده . وكثيرا ما نبلغ هذه الحدود . ولقد بلغنا مثل هذه الحدود في محصول الأذرة بشمال أمريكا وفي البعض المقرف من أنواع الكلاب ، فلم يعد من الممكن أن تتطور : لقد استنفذت احتياطاتها الوراثية . يفرض الجنس أهم القيود : فلكي ننتج كائنات تحمل توليفات جديدة من الجينات يلزم أن يتزاوج أبواؤها . وهناك ضوابط بيولوجية صارمة تحدد من يتزاوج مع من . طبيعي أن يكون الأبوان من جنسين مختلفين . لكن يلزم أيضا أن يكونا من نفس النوع . والواقع أن هذه هي أفضل طريقة لتعريف معنى النوع : ينتمي الفردان إلى نفس النوع إذا كان في مقدورهما أن يجعما جيناتها في نسل . الجنس حتمي إذا كان للجينات أن تمتزج .

وعلى الرغم من أن هذا القيد يبدو أمرا محتوما فإنه يقلل المادة الخام المتاحة أمام المهندس التطوري . الجينات التي قد تصلح في تحسين كائن لا يمكن أن تستخدم لأنها محجوزة داخل كائن آخر . وليس ثمة وسيلة - عادة - للتغلب على العقبة التناسلية . النوع يفرض القيود على السوق الوراثية الحرة . الحدود البيولوجية تمنع تصدير أى جين نافع من نوع إلى آخر .

حدثت أهم التقدمات بالوراثة التطبيقية عن كسر حاجز الجنس . هكذا بدأت الزراعة . حسن قدامى المزارعين الطبيعة بالرى أو بإزالة الأشجار لإفساح المجال لزراعة المحاصيل . تسبب هذا في إقلاق البيئة المحلية . في مثل هذه المواطن اجتمعت نباتات لم يسبق أبدا لقاؤها . الحواجز بين أنواع النباتات أكثر نفاذية من الحواجز بين أنواع الحيوانات ، لذا تظهر أحيانا بعض الهجن بينها ، هجن تحمل توليفات جينية لم يرها

أحد قبلا . يمكننا أن نرى هذه العملية وهي تعمل اليوم . فالكثير من المسطحات الموحلة حول بريطانيا تغطيها أعشاب خشنة . وهذه ليست سوى هجين بين نوع محلي ونوع أُدخل عَرَضاً من أمريكا . وهذا النوع الجديد ، وهو مزيج من جينات سلفيه ، يفضل أبويه في مواجهة البيئة الملحية القاسية ، وهو يتحول بسرعة ليصبح آفة .

ومحاصيل الحقل ، مثل من يزرعونها ، تحفظ تاريخها الوراثي بداخلها . تبين الكروموزومات أن القمح بدأ عن تهجين بين نوعين من الحشائش . لا يزال النوعان موجودين بالشرق الأوسط ، وهما ينتجان بذورا تصلح للأكل . كان الهجين أكثر إنتاجا من كلا الأبوين ، مثل حشائش مصبات الأنهار ببريطانيا . ربما انكسر حاجز التهجين بالصدفة ، أو ربما زرع أحد النوعين داخل العشائر الطبيعية لآخر . المهم أن الهجين قد ظهر . وبسرعة ، استغله الفلاحون - منذ عشرة آلاف عام . وبعد فترة وجيزة حدث تهجين آخر بين هذا الهجين ونوع آخر من الحشائش ، فازداد الانتاج أكثر وأكثر . هذا الهجين الأخير هو سلف كل نبات من بلايين نباتات القمح التي تزرع اليوم . يحوى هذا المحصول الجديد مجالا من الجينات أوسع من أى من أسلافه . لقد قام قدامى الفلاحين ، دون أن يدركوا ، بتحريك كروموزومات ، وجينات ، ودنا ، من نوع إلى آخر : كانوا بالفعل أول المهندسين الوراثيين .

أما الآن ، فلم تعد تجارة الجينات بين الأنواع تخضع للحظ الطيب . أصبحت مخططة . فنبات التريتيكال الجديد هو هجين بين القمح والجويدار . يصلح هذا المحصول بالمناطق الحارة الجافة ، وستكون له فائدة عظيمة فى الزراعة الاستوائية .

والتريتيكال وغيره من الهجن ليست سوى الخطوة الأولى نحو السوق الحرة للجينات . الهندسة الوراثية هى طريقة لتخطى الجنس كلفة . تمكنا البيولوجيا الجزيئية من تحريك الجينات بين الأنواع المعزولة طبيعيا عن بعضها ، نستطيع أن ننتج الدنا المطعم دون أن نلتفت إلى الجنس . إن ما تم من تحسينات فى التكنولوجيا يعنى

أنا نستطيع أن نحرك الجينات من مكان إلى أى مكان آخر . وهى تُحرَّك الآن ،  
روتينيا ، بين كائنات فى مثل تباين الانسان والبكتريا . يمكن للدنا - أيا كان  
مصدره - أن يستخدم عبر العالم الحى كله .

بدأت الهندسة الوراثية فى البكتريا ، وللبكتريا مجال واسع جدير بالثناء من  
الاهتمامات الجنسية . هى تتبادل الجينات بطرق عدة ، باستيعاب الدنا العارى ،  
بعملية تزاوج تكاد تشبه مثلتها لدى الحيوانات الراقية ، أو باستخدام وسيط ثالث  
كالفيرس فى نقل الدنا . لقد أفسد العلم هذه الوراثة بالعدوى ( التى تقترح أن  
الأمراض التناسلية قد تطورت قبل الجنس ) .

يولج الجين المطلوب هندسته ( وقد يكون من بكتيرة أخرى أو من نبات أو من  
إنسان ) فى قطعة من دنا فيروسى ، باستخدام حيل تقنية مختلفة . يستخدم هذا  
الفيروس المعالج ، ومعه الجين الجديد ، فى إصابة عائل جديد . يقوم هذا العائل  
الجديد بمعاملة الدنا المهاجر - مع الحظ الطيب - مثلما يعامل دناه ، فيصنع منه  
نسخة جديدة فى كل مرة تنقسم فيها خلاياه . بهذه الطريقة تدفع البكتريا ( العائل )  
لصناعة أعداد هائلة من نسخ الجين المهندس - وكميات هائلة مما يصنعه هذا  
الجين: بروتينات بشرية نقية كانت أو عقاقير أو أيا من سلسلة طويلة من المواد  
المختلفة . يمكن أن تستخدم نفس هذه الطرق على النباتات أو الحيوانات أو حتى  
البشر . لقد ولد مجال جديد من الدارونية التطبيقية .

اتضح أن تخطى الفاصل الجيسى بين البكتريا والكائنات الأخرى ، برغم عمقه ،  
سهل لحد مذهل . كان جين هرمون الإنسولين واحدا من الجينات البشرية الأولى  
التي استعملت . كان الإنسولين يستخلص من بنكرياس الخنازير ، ولقد كلون  
الجين البشرى الآن وأصبح فى مقدورنا انتاج كميات ضخمة من هذا البروتين  
النقى . يصنع الآن أيضا بنفس الطريقة هرمون النمو آدمى ، الذى كان  
يستخلص - بعناء وخلافات كثيرة - من الغدد النخامية للموتى ، بعد الوفاة مباشرة .

ولقد حلَّ هذا مشكلةً مفرزة غير متوقعة ، فلقد أصيب قلة من المرضى بمرض عصبي حرضى من جثت تحمل فيروسا . وقصة هذه الكارثة الطبية تشبه كثيرا قصة المصابين بالنزف الدموى الذين اصابوا بمرض الإيدز بعد استعمال عامل التجلط ٨ فى دم منقول لهم للعلاج . أولج الآن جين العامل ٨ أيضا فى البكتريا، ويعالج بعض المرضى بإنتاج البكتريا من هذا العامل .

من الممكن استخدام الهندسة الوراثية ضد الأمراض المعدية . تمكن جينر من استعمال فيروس جدري البقر للتطعيم ضد الجدري ( وهذه تجربة لاشك كانت تثير أكثر لجان الأخلاقيات تسامحا فى أيامنا هذه ) لأن الفيروسين يشتركان فى أنتيجينات . والأنتيجينات هى دليل الهوية الذى يدركه الجهاز المناعى فيستجيب للدفاع . الأجسام المضادة لجدري البقر تحمى من الجدري . على أن هناك أخطارا، فجدري البقر ذاته قد يسبب المشاكل ، سنجد حتى فى الفاكسينات الحديثة أن خطر الإصابة قائم ( إن يكن ضعيفا ) كما يحدث أيضا رد فعل لحقن البروتينات الغريبة . هناك الكثير من الأمراض ( كالجذام ) لا ينجح فيها التطعيم ، إذ يصعب - بالمعمل - أن ننمى الكائنات المسببة .

لكن قطعة مأكرة من الهندسة تغلب على المشكلة . يولج جين الأنتيجين من الكائن الممرض فى بكتيرة غير مؤذية . ليس ثمة خطر إذن من نشر المرض خطأ لأن جينات الأذى قد أسقطت . نستطيع أن نولج فى نفس البكتيرة أنتيجينات من مصادر مختلفة متعددة ، لتعطى فاكسينا واحدا ضد بضعة أمراض معدية . تستخدم سلالة محورة من بكتريا السالمونيلا ( التى تسبب فى صورتها الطبيعية تسمم الغذاء ) . تتكاثر البكتيرة - الحاملة للأنتيجينات المضافة - لفترة قصيرة بالأمعاء . يحس جسم العائل أنه قد أصيب بالمرض فيقوم بإنتاج الاجسام المضادة . يستخدم إنزيم صنع بهذه الطريقة فى علاج الثعالب البرية على أمل خفض انتشار مرض الكلب عبر أوروبا .

وهندسةُ طريقٍ خلال حاجز الجنس تعتبر أمراً هاماً في الزراعة أيضاً . يمكن أن نربح كثيراً بزيادة المحصول ، وثمة قدر هائل من العمل يبذل الآن في هذا الاتجاه . وبعض الحيل بسيط حقاً . تستطيع النباتات أن تصنع من نفسها نسخاً من بضع خلايا لا أكثر . وهذا يمكننا من إنتاج نباتات كثيرة من نبات واحد ، دون اللجوء إلى الجنس على الإطلاق . يصعب أن نحسن الأشجار بالتربية من الأفضل ، فالأمر يستغرق سنين طويلة . لكننا إذا عثرنا على نبات ممتاز ، وأخذنا من خلايا أنسجته ، ففي مقدورنا أن ننمى من نسخ هذه الشجرة الممتازة ، في جيل واحد ، غابةً ممتازة . تستخدم هذه العملية الآن في تربية نخيل الزيت المحسن ، وثمة أمل في أن نستبدل بأشجار الدردار التي كانت يوماً تملأ الريف الإنجليزي ( ودمرها مرض الدردار الهولندي ) أشجاراً مكلّنة تقاوم المرض . يمكن أيضاً بطريقة قريبة من هذه أن نستبدل بالفانيليا الطبيعية ، التي تستخلص الآن بتكاليف باهظة من أوركيدة استوائية ، نفس المادة الكيماوية مستخلصةً من مصنع هو مزرعة من خلايا نبات الفانيليا .

يمكن أيضاً أن تولج الجينات في النباتات . ولأن معظم النباتات تفتقر إلى أحماض أمينية معينة فمن الصعب أن يحفظ النباتيون صحتهم تحت غذاء نباتي صارم . يمكننا أن نصنع الكثير بتحريك الجينات الصحيحة إلى داخل النبات . ينتج الكثير من النباتات مبيدات طبيعية قوية ضد الآفات - وهذا ليس بمستغرب فهي تقع دائماً تحت خطر هجوم الآفات . البعض منها - كالبن والكوكايين والفلفل - يستخدم كعقاقير للمتعة أو للربح . يمكن الآن أن ننقل جينات المبيد من نوع إلى الآخر ، الأمر الذي يقلل من استخدام الرش بالسموم . هناك خدعة أخرى تلتخص في إيلاج جين يجعل النبات مقاوماً لمبيدات الأعشاب : يرش الحقل بالمبيد فيقتل الحشائش ويترك المحصول دون أذى . بل ويمكن حتى أن نطعم النباتات ضد الأمراض بإيلاج بضعة جينات مأخوذة من أعدائها الفيروسية الطبيعية . عندما يقتحم الفيروس النبات ، فإنه يستخدم آلية النبات لينسخ نفسه . فإذا كانت أجزاء من بنية هذا الفيروس قد صنعت بالفعل ، عوقت آلية النسخ وفشل الهجوم .

تُزرع النباتات من أجل منتجاتها المفيدة : الغذاء مثلاً . ويمكن استخدامها أيضا كمصانع بيولوجية متنوعة . هناك بالفعل احتمال أن يستعمل نبات البطاطس في صناعة بروتينات دم الانسان ، ونبات الطباق في صناعة الأجسام المضادة .

إن أروع جائزة تقدم للمهندس الزراعي هي أن يولج جينات تسمح للمحاصيل بأن تصنع سمادها . طور البرسيم بالفعل تنسيقا مع بكتريا معينة . تأخذ هذه البكتريا الأزوت من الهواء وتحوله إلى صورة يمكن للنبات أن يستفيد منها ، وفي المقابل تحفظ هي بالغذاء والحماية . يقوم المزارعون بزراعة مخاليط من الأعشاب والبرسيم تفضل في انتاجيتها زراعة أى منهما على حده . ووضع جينات تثبيت الأزوت مباشرة في المحاصيل سيقلل بشدة من الحاجة إلى التسميد . لم ينجح أحد حتى الآن في جعل الجينات البكتيرية الصحيحة تعمل في خلية نباتية ، لكن مكافأة النجاح في هذا ستكون هائلة . ولاشك أنا سننجح يوما .

كل هذا قد يعنى أن النباتات قريبا ستفعل كل شيء ، وتضمحل أهمية الحيوان إذ تتم الغلبة - ربما - لموز براءة السالمون . لاشك أن ستبقى قلة من اللواحم الضالة . ويمكن للتطور التطبيقي أن يساعدها أيضا . تصنع الآن أجنة الأبقار بالمعمل ، إذ تخصب البويضات المرغوبة بحيوانات منوية ممتازة ، ويسمح لها بالانقسام، ثم تجزأ إلى أجزاء أصغر ، وتولج إلى أرحام أمهات جديدة ( لا يلزم أن تكون لها أية ميزة خاصة ) . هذا يضاعف عدد العجول الممتازة . ومن السهل أيضا أن تجمد الأجنة لحين الحاجة إليها . وتستخدم الآن بالفعل آلاف من بدائل الأمهات في كل عام . وربما تمكنا يوما من استخدام الخلايا البالغة بنفس الطريقة . ولقد يصبح المنظر الريفي أبقاراً لا جنسية ترعى كلاً مهندساً تحت ظلال أشجار مكلونة .

من الممكن أيضا أن يولج دنا غريب داخل الخلايا الحيوانية ( وإن كانت العملية ليست في سهولة الإيلاج في البكتريا أو النبات ) . يمكن أن تستعمل خلايا الجسم

أو البويضات : وفي حالة البويضات قد يُمرَّر الجين إلى الأجيال البنوية . ولقد أولجت بالفعل في الاغنام جينات لبروتينات بشرية - كجين تجلط الدم - لينتج البروتين النقي في لبنها ( وتنشأ مهنة ريفية جديدة تسمى الزراعة الصيدلية لاشك أن ستجذب يوما دعما من السوق الأوروبية المشتركة ) . هناك الآن فتران أولجت بها جينات هرمون النمو البشري ، وهي تنمو إلى أحجام أكبر من الطبيعية . ولقد أولج نفس هذا الدنا في الخنازير ، لكن الحيوانات تبدو عليلة بالرغم من سرعة نموها . الأسماك أسهل في المعالجة ، فبويضاتها الكبيرة تستوعب الدنا الغريب ، ويمكن لجين هرمون النمو أن يسرع من نمو أسماك المفرخات . ثمة فكرة بارعة أن نولج في أسماك المناطق الاستوائية دنا لمادة طبيعية مضادة للتجمد توجد بالأسماك القطبية، فنتمكن من النمو في مياه الشمال . بل من الممكن حتى أن نهندس الحشرات . سنتمكن قريبا من إيلاج جينات لمقاومة المبيدات الحشرية في الكائنات النافعة ( مثل الحلم الذي يهاجم آفات المحاصيل ) ، بحيث ترشّ المحاصيل دون أن نقضى على الأعداء الطبيعية للآفات .

كل هذا جميل . لكن التدخل في الحدود بين الأنواع قد يحرك قلقا عميقا . ولقد قوبل بمقاومة بلغت في ألمانيا حد الشغب المحتشم . وكلمة هندسة هي أحد أسباب المشكلة ، فهي تحمل من التوعد أكثر مما تحمله كلمة الاستئناس التي استخدمها أوائل المهندسين الوراثيين . من بين الأسباب الهامة أيضا هناك حذر البيولوجيين أنفسهم ، الذين جمدوا تجاربهم الجديدة ، عند بدء العصر الجديد منذ عشرين عاما ، إلى أن تصاغ قوانين الأمان . وهناك أيضا الخوف من البكتريا ، فالتناس يعتقدون أنها جميعا مؤذية ، رغم أنها في الواقع في غاية الأهمية ، فكل فرد منا يحمل من البكتريا عشرة أضعاف عدد خلايا جسمه . أما الأهم فهو أن الناس يرتابون في التأكيدات العلمية ؛ فكرة أن التكنولوجيا تستطيع التغلب على كل المشاكل . تقول الخبرة إن تفاؤل المهندسين - من الطاقة النووية وحتى رى الصحراء - كثيرا ما يكون قصير العمر .

هناك أيضا قلق بالنسبة للآثار الاقتصادية الجانبية . فعلى الرغم من أن الثورة الخضراء قد رفعت انتاج الغذاء ، إلا أنها أجبرت الفلاحين على ترك أراضيهم عندما تمكنت الشركات الكبيرة من السيطرة على إنتاج البذور و بيع الأسمدة . ولقد حدث نفس الشيء تقريبا في بدايات الزراعة الأمريكية . في الثلاثينات من هذا القرن ظهرت أصناف جديدة من الذرة الهجين نتجت - كما حدث عند بدء الزراعة - عن تهجين سلالتين . سيطرت بضعة اتحادات على إنتاج البذور ، ودفعت الكثير من المزارعين - بتحكّمها في الأسعار - إلى هجر الزراعة . والأصول المهندسة وراثيا ( والتي يحميها قانون البراءات ) تلوح بخطر حصاد جديد من ثمار الغضب الاقتصادي . لن نجد الكثير من المزارعين الذين يستطيعون المساومة مع منظمة تحتكر بيع نبات يتحمل مبيدا للحشائش - وتبيعه ومعه هذا المبيد . ليس من المعقول أيضا أن ننفق المال في زيادة أعداد ماشية اللبن عن طريق نقل الأجنة في وقت لدينا فيه فائض من الزيد ، أو أن نعالج القمح وراثيا لنضيف إلى جبل الحبوب لدينا .

وأكثر المخاوف ذيوعا هو تسرب بعض من كائنات معالجة وراثيا ، يطلق العنان لمرض جديد يحتاج العالم . لدى البيولوجيين دفاعات نموذجية في هذا الخصوص . فالكائنات المعالجة وراثيا تكون عادة أقل صلاحية من الكائنات الطبيعية . فإذا كان ثمة جين يضيف على صاحبه ميزة فإننا نتوقع أن يكون قد نشأ بالطرق الطبيعية ، وتصبح عدم صلاحية الكائنات الاصطناعية أمرا واضحا . معظم حيوانات المزرعة ومحاصيلها لا تستطيع البقاء خارج المزرعة . هذا هو السبب في ألا تمتلىء شوارعنا بالأبقار الشاردة أو الأغنام أو البطاطس . والأرجح أن يكون هذا صحيحا أيضا بالنسبة للبكتريا والفيروسات . يحقن الأطفال في بريطانيا والولايات المتحدة بفيروس شلل الأطفال الحي ، بعد أن يستضعف ليصبح أقل خطرا . ويبين فحص مياه الصرف الصحي أن هذا الفيروس الحي يهرب باستمرار . هذا هو مفتاح نجاح المشروع : فحتى الأطفال الذين يرفض ذووهم أن يطعموهم ضد المرض ، يتعرضون للفيروس بمخالطة أصدقائهم بعد أن يطعم هؤلاء مباشرة . غير أن الفيروس المستضعف أبدا لم

يتمكن من البقاء في البرية . إنه يعتمد في بقائه على استمرار تطعيم أطفال جدد به . فإذا كانت كل الكائنات المهندسة وراثيا في مثل ضعف فيروس شلل الأطفال ، فليس ثمة الكثير لنخشى .

ورغم ذلك يحسن أن نتذكر أن كل حيوان أليف هو آفة في مكان ما . لقد قضت القطة على معظم طيور نيوزيلنده . وفعلت الماعز نفس الشيء أو أسوأ في مناطق كثيرة ، والخنازير البرية تعيثُ فسادا في كل مكان بالمناطق تحت الاستوائية ، بل لقد تصبح الخيول مصدر إزعاج إذ تتجول في صحارى كاليفورنيا . والنباتات هي الأخرى أكثر تدميرا . كلنا يعرف ماذا فعل التين الشوكي باستراليا ، حتى القشدة الصفراء شائكة الثمر ، نبات الحدائق الجميل بجنوب أفريقيا ، تحولت لتدمر أراضي المراعى . حيثما هربت الكائنات المستأنسة كابدت النباتات والحيوانات المحلية .

يستطيع البيولوجي المتهور أن يجادل - ويجادل - بأننا نعرف ما يكفي كي لا نكرر الأخطاء القديمة . يقول البيولوجيون أيضا - على حق - إن الكثير مما فعله الهندسة الوراثية طبيعي تماما . فالدنا المطعم ينتج في كل مرة يقابل فيها حيوان منوى بويضة ؛ الأنواع ليست كيانات ثابتة ، لأنها تتطور من نوع إلى نوع - بشكل منتظم في البكتريا ، وفي النباتات أحيانا - بل انها حتى تتبادل الجينات بوسائل طبيعية . باستمرار تنتج أعداد هائلة من البكتريا . يبرز جنس البشر كل يوم من البكتريا عددا يصل إلى عشرة أمامها ٢٢ صفرا . وبسبب الطفرات ، لا بد أن يكون الكثير منها صورا وراثية جديدة ، كما لا بد أن تحمل قلة منها - من خلال تقلبات تكاثر البكتريا - جينات استوعبت من أنواع أخرى . لم ينتشر أيها ، ولا زالت بكتريا الأمعاء حميدة .

هذا الجدل قد دفع المسؤولين إلى السماح بإطلاق بضعة كائنات معالجة وراثيا . يتسبب الصقيع في تدمير المحاصيل بكاليفورنيا . فعندما يبرد الجو تظهر بقع صغيرة من الثلج على الأوراق حول مستعمرات بكتريا سيدوموناس . هناك جين بكتيرى

واحد مسئول عن هذه الظاهرة المثيرة . وهو يتغير أحيانا بالطفرة لتظهر سلالة ضد الثلج لا تسبب كل هذا الأذى . ولقد أمكن الآن إنتاج بكتيريا اصطناعية تحمل هذه الطفرة ، إذا ما رُسَّت على النباتات قللت الضرر إذ تحل محل البكتريا السائدة . أخذ الجين من بكتيرة طبيعية ، وأعيد إيلاج هذا الدنا المحوَّر في سلالة سيدوموناس الطبيعية . هذه البكتيرة إذن - بمعنى ما - ليست مهندسةً على الإطلاق لأن الجينات المستخدمة في التطعيم قد جاءت من نفس النوع . لكنها تسببت في ثورة عارمة عطَّلت خطة إطلاق البكتيرة . أثار هذا نائرة الباحثين الزراعيين . إن من شأن مثل هذا التدخل القانوني - هكذا قالوا - أن يمنع تحريك الدنا من عشب إلى محصول ، لتحسينه - وهو أمر قد حدث بالفعل عند بداية الزراعة عندما صنَّع أول الأقماع . بعد معارك عديدة بساحات القضاء سمح بإطلاق البكتيرة ( أساساً لأن البكتريا المضادة للثلج قد ظهرت آلاف المرات بطفرات طبيعية دون أن تسبب أذى يذكر ) .

في أثناء تداول قضية سيدوموناس هذه ، اتضح أن القوات المسلحة قد صنعت أشياء رهيبة دون أن يسمح للجمهور بمعرفتها . كانت الحرب البيولوجية يوماً عذرا شائعا لزيادة ميزانية الدفاع . أما ما كان الجيش يرغب في دراسته فهو أفضل الطرق لإصابة الانسان بالمرض المعدى . في بداية الخمسينات قام الجيش برش أعداد هائلة من بكتيريا سيراشيا مارسينسز - وكان يُظن أيامها أنها غير ضارة - على مدينة سان فرانسيسكو وغيرها من المدن ، لدراسة طريقة انتشارها . وقد اتضح فيما بعد أن سيراشيا يمكن أن تصيب من أضعفهم بالفعل مرض ما ، كما اتضح أن عددا من الإصابات في ذلك الوقت - الغامضة آنئذ - كانت بسبب هذه البكتيرة ( وإن لم يثبت أبدا أنها من السلالات البكتيرية التي قام الجيش برشها ) . تبين هذه التجربة أن بكتيرة طبيعية تماما كهذه لا يبدو أن لها آثارا ضارة ، قد تصبح خطيرة إذا وضعت في ظروف غير طبيعية .

هناك مخاطر أخرى في الهندسة الوراثية . ماذا لو تحرك الجين الجديد من نوعه لينتقل إلى آخر ؟ جينات مقاومة مبيدات الحشائش قد تنتقل من المحصول الزراعي إلى أقاربه من الحشائش ( التي قد تتهاجن أحيانا معها في محاصيل مثل شلجم الزيت ) ، فتظهر حشيشة جديدة سوبر مقاومة للرش . يهرب من المزارع السمكية الكثير من الأسماك ، ولقد دمر بالفعل التركيب الوراثي لسالمون شمال الأطلنطي بالتزاوج بين عشائر أسماك المزارع والعشائر المحلية الطبيعية . ماذا لو سمح الجين المضاد للتجمد للأسماك الاستوائية الهاربة أن تحل محل الأسماك المتوطنة أو أن تتهاجن معها ؟

وعلي الرغم من أن بعض المخاوف مبالغ فيها ، فإن إطلاق الكائنات المعالجة وراثيا هو لعب بما هو مجهول - ومن ثم فهو حتما عمل تكتنفه المخاطر . تدعى دفاعات بعض العلماء أن الخطر أقل من أن نهتم به . هؤلاء لا يزالون في مرحلة الاستبدادية التكنولوجية . يقولون : ضع ثقتك فينا ، وسيمضى كل شيء على خير ما يرام . إنهم يذكروننا بالمهندسين الذين طوروا الطاقة الذرية ، والذين جففوا مستنقعات فلوريدا . وبعض البيولوجيين - كالبوربون - لا ينسون شيئا من النجاحات ، ولا يتعلمون شيئا من الكوارث التي وقعت عندما يتطور علم إلى تكنولوجيا .

بل ان بعض المتحمسين يجهلون حتى طبيعة موضوعهم . هم يدعون أن احتمال تخليق مسخ بالهندسة الوراثية خطأ ، لا يعادله إلا صناعة جهاز تلفزيون عن طريق مزج عشوائى لمكوناته الإلكترونية . إنهم يرددون الجدل الخلقوى المعهود القائل إن فرصة نشأة عضو فى مثل تعقيد العين لا تعادل إلا فرصة أن تبني زوبعة طائرة بأن تهب خلال مصنع !

إن عمل التطور هو تجميع البعيد الاحتمال على خطوات دقيقة . ولن نستطيع أن نلاحظ ما يمكن للتطور أن يفعل إلا بعد أن نصل إلى هذا البعيد الاحتمال . ستتطور الكائنات المهندسة وراثيا - مثل غيرها - لتتعامل مع ظروفها الجديدة . ويكاد يكون من المؤكد أن البعض منها سيسبب المشاكل . الخطر الضئيل لا يعنى عدم وجود الخطر . القضية هي ذات قضية الاقتصاد : هل تفوق المنفعة التكاليف ؟ لا

أحد - بالنسبة للكائنات المهندسة وراثيا - يعرف ، فالتجربة لم تُجر بعد . لكننا قد نجد سابقةً في قطعة أخرى من الهندسة البيولوجية تُذكر كثيرا : مكافحة الآفات بالكيماويات .

ظهر الـ د . د . ت . ، أول مبيد حشرى حديث ، قرب نهاية الحرب العالمية الثانية ، ليستخدم في مقاومة القمل . كان نجاحا مشهودا . أمسك المتفائلون بزمام الأمور . كان نهجهم هو نهج المهندس : بالمال والتكنولوجيا يمكنك أن تفعل أى شىء . واستجابت الحيوانات ، كما نتوقع ، بأن تطورت لتفسد منجزات التكنولوجيا ! لا يظهر خطر الحتمية بوضوح مثلما يظهر فى الصراع ضد الملاريا ، حيث انتصرت اللعثة البيولوجية على الكياسة الهندسية !

بعد أن تغلب الـ د . د . ت . على القمل ، استخدم فى الرش ضد بعوض الملاريا . بدأ النصر وشيكا . انخفض عدد المصابين بالملاريا انخفاضاً شديداً ، فى سيلان مثلا : من الملايين إلى العشرات . وبعد قليل بدأ المرض يتزايد ثانية بعد أن انتشرت جينات مقاومة المبيد الحشرى الذى استعمل على عشيرة البعوض . كان الهجوم المضاد من الفعالية حتى لتتفشى الملاريا بمستويات غير مسبوقة . اعترفت منظمة الصحة العالمية بأن تاريخ الحملات ضد الملاريا هو سجل لتوقعات مبالغ فيها تتلوها - عاجلا أو آجلا - خيبة الأمل .

ولقد أفسد طفيلى الملاريا أيضا محاولات الإنسان لهندسته ليفنى . فعلى الرغم من أن مقاومة الطفيلى تتطلب زمنا أطول ، مقارنة بالبعوض ، فإن علاجات الملاريا فى بعض المناطق أصبحت عديمة الجدوى بعد أن طُوّر الطفيلى طرقا لمواجهتها .

قامت الآليات الدارونية للظهور والانتخاب الطبيعى بمساعدة الحشرة والطفيلى على البقاء . يحدث بين الحشرات مدى مذهلا من الطفرات الجديدة ، البعض منها يحلل المبيدات أو يمنعها من الدخول إلى الجسم ، والبعض يسمح للحشرة بأن تخزن السم ، والبعض يغير شكل الجزيء الهدف ، ، وغيرها يمكن الحشرة من تجنب الأماكن المرشوشة .

ولقد طورت الطفيليات أيضا تشكيلة من التكتيكات ضد العدو الكيماوى . فى الأربعينات ظهر عقار الكلوروكين المضاد للملاريا . ولقد أثبت فعاليته فى كل مكان استخدم فيه ، منذ ثلاثين عاما . وفى الستينات ظهرت المقاومة بجنوب شرقى آسيا وجنوب أمريكا . لتعم الآن العالم الاستوائى كله . ثمة واحد من أكثر الدفاعات فعالية يشبه الآلية التى تستخدمها الخلايا السرطانية فى مواجهة العقاقير المضادة للسرطان ، إذ تنتج قدرا هائلا من بروتين يعمل فى نقل المواد عبر الأغشية الخلوية ، وهذا يقوم بضخ العقاقير خارج الخلية بصورة أسرع خمسين مرة من المعدل الطبيعى . ولقد كشفت عن نفسها حديثا جينات لمقاومة عقاقير أخرى - أكثر من جين ، أحيانا ، فى نفس الوقت . قام معهد والتريد فى الولايات المتحدة بمسح أكثر من ربع مليون مركب ، على أمل العثور على عقار مضاد للملاريا ، فلم يعثر من بينها على أكثر من اثنين . واحد منهما هو المفلوكين - ويقاومه الآن ٨٠٪ من طفيليات الملاريا بتايلاند . فى عام ١٩٩١ ذاعت ادعاءات بأن علماء الملاريا قد جربوا آخر العقاقير ، وليس ثمة جديد فى الأفق . ونتيجة لذلك عاد الأطباء إلى الكينين ومستخلص الشيح الرومى ( الذى كان يستخدم بالصين منذ ألف عام ) على الرغم من أن هذه الأدوية سامة وفعاليتها منخفضة .

عندما تُكتب قصة الهندسة الوراثية فى نهاية المطاف ، فإنها قد لا تختلف كثيرا عن قصة الحرب ضد الحشرات التى ساد فيها التطور بعد نكسة أولى . عملت المبيدات الحشرية جيدا ، ولا تزال . لولاها لما كانت ثمة ثورة خضراء ، ولأصبحت معظم المحاصيل الاستوائية غير اقتصادية ، ولربما بقى القمل ينقل التيفوس بالمناطق الفقيرة من أوروبا ، ولربما ظلت الملاريا تقتل من الناس أكثر مما تقتل اليوم . لكن انتصار الإبداع البشرى لم يمض هكذا خالصا بلا شائبة ، فلأن الكائنات الحية تستطيع التعامل مع التحديات الجديدة بأن تتطور ، فلا بد للمهندسين الوراثيين ، على خلاف مشيدى الجسور ، أن يواجهوا إمكانية أن تقوم لهم الجديدة برد الهجوم .