الفصل الرابع عشر

هندزة التطـور

معظم البيولوچيين 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 الشاطىء باليونان، لأقتل ملل العطلة . كان الكتاب سهلا حقا . على أن ثمة مفاجأة كانت تنتظرنى بأول فصلين : لقد كانا عن الحمام ، ولم يكونا تفسيرا متعمقا فى فلسفة الوجود أو حتى عن نظرية التطور !

كتب داروين الكثير ليبين كيف أن مربى الحيوان – بانتخابهم الطيور التى تروق لهم – قد تمكنوا من أن يستنبطوا من الحمام البرى سلالات فى مثل تباين الشقّراق والشقلباظ والهزّاز . ولقد استخدمت نفس هذه العملية بالضبط فى استيلاد أنواع زراعية من الأبقار والكلاب والخيل . استعمل داروين نتائج هؤلاء الذين طبقوا الأفكار التطورية دون أن يعرفوها ، استعملها كى يبين أن نظريته تعمل بالفعل . ثم إنه قد مضى لأبعد من هذا ليقترح أنه إذا ما استمر الانتخاب طويلا فستنشأ حواجز تعوق التبادل الوراثى ، 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 التطبيقى – أو الهندسة البيولوچية – دائما وحتى عهد قريب حميمة الصلة بأسلوب الحياة نفسها. تعمل

الحياة دون براعة ، فإذا ما مر من الزمن ما يكفى ، 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 الفـيزياء أو طريقة عمل الآلة . أوائل المزارعين طوروا محاصيلهم الجديدة دون معرفة بالوراثة . قاد المذهـب 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 البيولوچيا التطبيقية – من الزراعة وحتى الطب – نفس هذا المنهج 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 انتاجية بعد أن اندمجت المندلية والدارونية . ارتفعت كمية الغذاء المتوفر للفرد على مستوى العالم فى مواجهة أكبر انفجار سكانى فى التاريخ . ولقد جلب هذا النجاح بالفعل معه مشاكله . أما الشىء المؤكد عند محاولاتنا الجديدة لهندزة الحياة ، فهو أن الطبيعة ستستجيب بطرق غير متوقعة وغير مرغوبة .

لو أن مندل وداروين كانا معنا اليوم لما أحسا بالغربة مع البعض من تكنولوچيتنا 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 الچينات . هجنت أصناف قصيرة بأخرى ذات سيقان صلبة جدا . لُقح النسل بأصول تحمل چينات للانتاج 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 حُلّت 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 التطورُ الموجَّه المحصولَ 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 . فچين 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 . ثمة چينات نافعة أخرى – لمقاومة الأمراض بالماشية الاستوائية، وسرعة النمو فى الخنازير ... الخ – قد رُبيت فى حيوانات المزرعة ونشرت بالانتخاب بالطريقة الدارونية . فى أحيان كثيرة لا يعتمد التحسين على الانتخاب لچينٍ واحد ، وإنما على تربية الأفضل (وهذا يتضمن عادة تغيرات فى چينات 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 إلّينوى على الأذرة كانت تُربى فيها بكل جيل النباتات الأغنى فى الزيت . لا تزال التجربة مستمرة . وبعد نحو مائة جيل تضاعف متوسط كمية الزيت بالنبات اثنى عشر ضعفا ، دون أى دليل يشير إلى بطء فى التقدم . إن التطور التطبيقى المباشر يصنع أشياء رائعة حقا (وهو لا يتضمن شيئا أكثر راديكالية من تغيير اتجاه الانتخاب الطبيعى وإحداث توليفات جديدة من الچينات) .

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

العلماء بتربية أكثر السلالات انتاجا ، فازداد الانتاج إلى مائة ضعف . وكانت الخطوة التالية هى إطفار الجينات الخاصة بالانتاج باستخدام الإشعاع والمواد الكيماوية. فظهر جيل جديد كامل من عقاقير المضادات الحيوية . ولقد نجح نفس هذا النهج نجاحا باهرا فى تحسين الطماطم .

من الممكن أن نرفع الذخيرة من الجينات بطريقة أخرى . النباتات البرية – التى منها خرجت محاصيل اليوم – مليئة بالتباينات الكامنة المفيدة . للكفاءة ثمنها ، فى الزراعة الحديثة كما فى الحياة الحديثة . معامل التربية الداخلية بمعظم المحاصيل مرتفع جدا . لكل نبات نفس مجموعة الجينات بالضبط . وصلت النباتات إلى نهاية طريق تطورى مسدود . لم يبق بها تباين . لكن أعداءها – المناخ والمرض – لم تكبح. فى الستينات حدثت سلسلة من الكوارث الفظيعة فى اتحادات الحبوب. ثم اتضح أن السبب فى الغالبية العظمى منها هو زراعة نفس سلالة الأذرة . فجأة تطور الفطر ليتغلب على مقاومة النباتات ويدمر ملايين الأفدنة . دمّر عام ١٩٧٠ سدس المحصول الكلى ، وقيمته تقدر ببلايين الدولارات . أثار هذا موجةً محمومة للبحث عن الأسلاف نصف المستأنسة (فهذه تحتفظ لا تزال بالكثير من جينات مقاومة الأمراض التى ضاعت من المحاصيل الحقلية) . أُرسلت البعثات الى الشرق الأوسط وإلى غيره من المراكز الكبيرة للتنوع النباتى ، مثل الإنديز ، للبحث عن الأصول المحلية كى تستبدل بها الأصناف الغربية . وعلى الرغم من أن الكثير من الجينات قد فُقد إلى الأبد ، فقد أُنشئت الآن بنوك لبذور معظم المحاصيل (البعض فى أماكن غير متوقعة ، مثل ذلك البنك الذى أُقيم فى الهواء البارد الجاف بشبيتسبيرجن) . تحتوى هذه على كَمّ هائل من التباين الوراثى – الوقود الذى 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 . حُفظ الكثير من الحبوب فى حُفَر بمزارع ومنازل أناس ماتوا من زمان طويل : لقد استخلص الدنا المشفّر لبروتين يحسّن نوعية الخبز من بذور عثر

عليها فى حصن بريطانى من عصر الحديد عمره ألفا عام . سيتطلب الأمر زمنا طويلا قبل أن يعاد إيلاج هذه الچينات فى المحاصيل الحديثة ، لكنا قد نجد أن بعض التنوع الوراثى – الذى اختفى بسبب انتشار السلالات الحديثة – قد حُفِظ بطريقة غير متوقعة .

لمنهج الإكثار من أفضل النباتات حدوده . وكثيرا ما نبلغ هذه الحدود . ولقد بلغنا مثل هذه الحدود فى محصول الأذرة بشمال أمريكا وفى البعض المُقْرف من أنواع الكلاب ، فلم يعد من الممكن أن تتطور : لقد استنفذت احتياطياتها الوراثية. يفرض الجنس أهم القيود : فلكى ننتج كائنات تحمل توليفات جديدة من الچينات يلزم أن يتزاوج آباؤها . وهناك ضوابط بيولوچية صارمة تحدد مَنْ يتزاوج مع مَنْ . طبيعى أن يكون الأبوان من جنسين مختلفين . لكن يلزم أيضا أن يكونا من نفس النوع . والواقع أن هذه هى أفضل طريقة لتعريف معنى النوع : ينتمى الفردان إلى نفس النوع إذا كان فى مقدورهما أن يجمعا چيناتهما فى نسل . الجنس حتمى إذا كان للچينات أن تمتزج .

وعلى الرغم من أن هذا القيد يبدو أمرا محتوما فإنه يقلل المادة الخام المتاحة أمام المهندس التطورى . الچينات التى قد تصلح فى تحسين كائن لا يمكن أن تُستخدم لأنها محجوزة داخل كائن آخر . وليس ثمة وسيلة – عادة – للتغلب على العقبة التناسلية . النوع يفرض القيود على السوق الوراثية الحرة . الحدود البيولوچية تمنع تصدير أى چين نافع من نوع إلى آخر .

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

أحد قبلا . يمكننا أن نرى هذه العملية وهى 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 چينات سلَفَيه ، يفضل أبويه فى مواجهة البيئة الملحية القاسية ، وهو يتحول بسرعة ليصبح آفة .

ومحاصيل الحقل ، مثل مَنْ يزرعونها ، تحفظ تاريخها الوراثى بداخلها . تبين الكروموزومات أن القمح بدأ عن تهجينٍ 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 التى تُزرع اليوم . يحوى هذا المحصول الجديد مجالاً من الچينات أوسع من أى من أسلافه. لقد قام قدامى الفلاحين ، دون أن يدركوا ، بتحريك كروموزومات ، وچينات ، ودنا ، من نوع إلى آخر : كانوا بالفعل أول المهندسين الوراثيين .

أما الآن ، فلم تعد تجارة الچينات بين الأنواع تخضع للحظ الطيب . أصبحت مُخطَّطة . فنبات التريتيكال الجديد هو هجين بين القمح والجُوِيْدَار . يصلح هذا المحصول بالمناطق الحارة الجافة ، وستكون له فائدة عظمى فى الزراعة الاستوائية.

والتريتيكال وغيره من الهجن ليست سوى الخطوة الأولى نحو السوق الحرة للچينات . الهندسة الوراثية هى طريقة لتَخَطِّى الجنس كلِّيَّةً . تمكننا البيولوچيا الجزيئية من تحريك الچينات بين الأنواع المعزولة طبيعيا عن بعضها ، نستطيع أن ننتج الدنا المُطَعَّم دون أن نلتفت إلى الجنس . إن ما تم من تحسينات فى التكنولوچيا يعنى

أننا 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 تشبة مثيلتها لدى الحيوانات الراقية ، أو باستخدام وسيط ثالث كالڤيروس فى نقل الدنا . لقد أفسد العلم هذه الوراثة بالعدوى (التى تقترح أن الأمراض التناسلية قد تطورت قبل الجنس) .

يولَج الجين المطلوب هندسته (وقد يكون من بكتيرة أخرى أو من نبات أو من إنسان) فى قطعة من دنا ڤيروسى ، باستخدام حيل تقنية مختلفة . يستخدم هذا الڤيروس المعالَج ، 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 المُهنْدَس – وكميات هائلة مما يصنّعه 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 وُلد مجال جديد من الدارونية التطبيقية .

اتضح أن تخطّى الفاصل الجنسى بين البكتريا والكائنات الأخرى ، برغم عمقه، سهل لحد مذهل . كان جين هرمون الإنسولين واحدا من الجينات البشرية الأولى التى استعملت . كان الإنسولين يستخلص من بنكرياس الخنازير ، ولقد كُلْون الجين البشرى الآن وأصبح فى مقدورنا انتاج كميات ضخمة من هذا البروتين النقى . يصنّع الآن أيضا وبنفس الطريقة هرمون النمو الآدمى ، الذى كان يُستخلص ـ بعناء وخلافات كثيرة ـ من الغدد النخامية للموتى ، بعد الوفاة مباشرة .

ولقد حَلَّ هذا مشكلةً مفزعة غير متوقعة ، فلقد أصيب قلة من المرضى بمرض عصبى حرَضى من جثث تحمل فيروسا . وقصة هذه الكارثة الطبية تشبة كثيرا قصة المصابين بالنزف الدموى الذين اصيبوا بمرض الإيدز بعد استعمال عامل التجلط ٨ فى دم منقول لهم للعلاج . أولج الآن چين العامل ٨ أيضا فى البكتريا، ويعالج بعض المرضى بإنتاج البكتريا من هذا العامل .

من الممكن استخدام الهندسة الوراثية ضد الأمراض المعْدية . تمكن چينر من استعمال فيروس جدرى البقر للتطعيم ضد الجدرى (وهذه تجربة لاشك كانت تثير أكثر لجان الأخلاقيات تسامحا فى أيامنا هذه) لأن الڤيروسيْن يشتركان فى أنتيچينات . والأنتيچينات هى دليل الهوية الذى يدركه الجهاز المناعى فيستجيب للدفاع . الأجسام المضادة لجدرى البقر تحمى من الجدرى . على أن هناك أخطارا، فجدرى البقر ذاته قد يسبب المشاكل ، سنجد حتى فى الڤاكسينات الحديثة أن خطر الاصابة قائم (إن يكن ضعيفا) كما يحدث أيضا رد فعل لحقْن البروتينات الغريبة . هناك الكثير من الأمراض (كالجذام) لا ينجح فيها التطعيم ، إذ يصعب – بالمعمل – أن ننمى الكائنات المسببة .

لكن قطعة ماكرة من الهندسة تتغلب على المشكلة . يولج چين الأنتيچين من الكائن المُمْرِض فى بكتيرة غير مؤذية . ليس ثمة خطر إذن من نشر المرض خطأً لأن چينات الأذى قد أُسقطت . نستطيع أن نولج فى نفس البكتيرة انتيچيناتٍ من مصادر مختلفة متعددة ، لتعطى ڤاكسينا واحدا ضد بضعة أمراض معدية . تستخدم سلالة محورة من بكتريا السالمونيلا (التى تسبب فى صورتها الطبيعية تسممَ الغذاء) . تتكاثر البكتيرة – الحاملة للأنتيچينات المضافة – لفترة قصيرة بالأمعاء . يحس جسم العائل أنه قد أصيب بالمرض فيقوم بإنتاج الاجسام المضادة . يُستخدم إنزيم صُنع بهذه الطريقة فى علاج الثعالب البرية على أمل خفض انتشار مرض الكَلَب عبر أوروبا .

وهندسةُ طريقٍ خلال حاجز الجنس تعتبر أمراً هاماً في الزراعة أيضا . يمكن أن نربح كثيرا بزيادة المحصول ، وثمة قدر هائل من العمل يبذل الآن في هذا الاتجاه. وبعض الحيل بسيط حقا . تستطيع النباتات أن تصنع من نفسها نسخاً من بضع خلايا لا أكثر . وهذا يمكّننا من انتاج نباتات كثيرة من نبات واحد ، دون اللجوء إلى الجنس على الاطلاق . 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 ، فى جيل واحد ، غابةً ممتازة. تستخدم هذه العملية الآن فى تربية نخيل الزيت المحسن ، وثمة أمل فى أن نستبدل بأشجار الدردار التى كانت يوما تملأ الريف الانجليزى (ودمرها مرض الدردار الهولندى) أشجاراً مُكلْرَنة تقاوم المرض . يمكن أيضا بطريقة قريبة من هذه أن نستبدل بالڤانيليا الطبيعية ، التى تستخلص الآن بتكاليف باهظة من أوركيدة استوائية، نفس المادة الكيماوية مستخلصةً من مصنع هو مزرعة من خلايا نبات الڤانيليا .

يمكن أيضا أن تولج الجينات فى النباتات . ولأن معظم النباتات تفتقر إلى أحماض أمينية معينة فمن الصعب أن يحفظ النباتيون صحتهم تحت غذاء نباتى صارم . يمكننا أن نصنع الكثير بتحريك الجينات الصحيحة إلى داخل النبات . ينتج الكثير من النباتات مبيدات طبيعيةً قوية ضد الافات – وهذا ليس بمستغرب فهى تقع دائما تحت خطر هجوم الآفات . البعض منها – كالبنّ والكوكايين والفلفل – يستخدم كعقاقير للمتعة أو للربح . يمكن الآن أن ننقل جينات المبيد من نوع إلى الآخر ، الأمر الذى يقلل من استخدام الرش بالسموم . هناك خدعة أخرى تتلخص فى إيلاج جين يجعل النبات مقاوماً لمبيدات الأعشاب : يرش الحقل بالمبيد فيقتل الحشائش ويترك المحصول دون أذى . بل ويمكن حتى أن نطعّم النباتات ضد الأمراض بإيلاج بضعة جينات مأخوذة من أعدائها الڤيروسية الطبيعية . عندما يقتحم الڤيروس النبات ، فإنه يستخدم آلية النبات لينسخ نفسه . فإذا كانت أجزاء من بنية هذا الڤيروس قد صنعت بالفعل ، عوقت آلية النسخ وفشل الهجوم .

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

إن أروع جائزة تقدم للمهندس الزراعى هى أن يولج چينات 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 ، وفى المقابل تحظى هى بالغذاء والحماية . يقوم المزارعون بزراعة مخاليط من الأعشاب والبرسيم تفضل فى انتاجيتها زراعة أى منهما على حده . ووضع چينات تثبيت الأزوت مباشرة فى المحاصيل سيقلل بشدة من الحاجة إلى التسميد . لم ينجح أحد حتى الآن فى جعل الچينات البكتيرية الصحيحة تعمل فى خلية نباتية ، لكن مكافأة النجاح فى هذا ستكون هائلة . ولاشك أناً سننجح يوما .

كل هذا قد يعنى أن النباتات قريبا ستفعل كل شىء ، وتضمحل أهمية الحيوان إذ تتم الغَلَبَة – ربما – لموز برائحة السالمون . لاشك أن ستبقى قلة من اللواحم الضالة . ويمكن للتطور التطبيقى 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 . و تستخدم الآن بالفعل آلاف من بدائل الأمهات فى كل عام . وربما تمكناً يوما من استخدام الخلايا البالغة بنفس الطريقة . ولقد يصبح المنظر الريفى أبقاراً لا جنسية ترعى كلأً مهندساً تحت ظلال أشجار مكلونة .

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

أو البويضات : وفى حالة البويضات قد يُمرَّر الچين إلى الأجيال البنوية . ولقد أولجت بالفعل فى الاغنام چينات لبروتينات بشرية – كچين تجلط الدم – لينتج البروتين النقى فى لبنها (وتنشأ مهنة ريفية جديدة تسمى الزراعة الصيدلية لاشك أنْ ستجذب يوما دعما من السوق الأوروبية المشتركة) . هناك الآن فئران أولجت بها چينات هرمون النمو البشرى ، وهى تنمو إلى أحجام أكبر من الطبيعية. ولقد أولج نفس هذا الدنا فى الخنازير ، لكن الحيوانات تبدو عليلة بالرغم من سرعة نموها . الأسماك أسهل فى المعالجة ، فبويضاتها الكبيرة تستوعب الدنا الغريب ، ويمكن لچين هرمون النمو أن يسرع من نمو أسماك المفرخات . ثمة فكرة بارعة أن نولج فى أسماك المناطق الاستوائية دنا لمادة طبيعية مضادة للتجمد توجد بالأسماك القطبية، فتتمكن من النمو فى مياه الشمال . بل من الممكن حتى أن نهندس الحشرات . سنتمكن قريبا من إيلاج چينات لمقاومة المبيدات الحشرية فى الكائنات النافعة (مثل الحلَم الذى يهاجم آفات المحاصيل) ، بحيث تُرَشّ المحاصيل دون أن نقضى على الأعداء الطبيعية للآفات .

كل هذا جميل . لكن التدخل فى الحدود بين الأنواع قد يحرك قلقا عميقا . ولقد قوبل بمقاومة بلغت فى ألمانيا حد الشغب المحتشم . وكلمة هندسة هى أحد أسباب المشكلة ، فهى تحمل من التوعد أكثر مما تحمله كلمة الاستئناس التى استخدمها أوائل المهندسين الوراثيين . من بين الأسباب الهامة أيضا هناك حذر البيولوچيين أنفسهم ، الذين جمدوا تجاربهم الجديدة ، عند بدء العصر الجديد منذ عشرين عاما ، إلى أن تصاغ قوانين الأمان . وهناك أيضا الخوف من البكتريا ، فالناس يعتقدون أنها جميعا مؤذية ، رغم أنها فى الواقع فى غاية الأهمية ، فكل فرد منا يحمل من البكتريا عشرة أضعاف عدد خلايا جسمه . أما الأهم فهو أن الناس يرتابون فى التأكيدات العلمية ؛ فكرة أن التكنولوچيا تستطيع التغلب على كل المشاكل . تقول الخبرة إن تفاؤل المهندسين ـ من الطاقة النووية وحتى رى الصحراء ـ 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 فى بدايات الزراعة الأمريكية . فى الثلاثينات من هذا القرن ظهرت أصناف جديدة من الذرة الهجين نتجت – كما حدث عند بدء الزراعة – عن تهجين سلالتين . سيطرت بضعة اتحادات على انتاج البذور ، ودفعت الكثير من المزارعين – بتحكُّمها فى الأسعار – إلى هجر الزراعة . والأصول المُهَنْدَسة وراثيا (والتى يحميها قانون البراءات) تلوح بخطر حصاد جديد من ثمار الغضب الاقتصادى . 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 فى زيادة أعداد ماشية اللبن عن طريق نقل الأجنة فى وقت لدينا فيه فائض من الزبد ، أو أن نعالج القمح وراثيا لنضيف إلى جبل الحبوب لدينا .

وأكثر المخاوف ذيوعا هو تسرب بعض من كائنات معالجة وراثيا ، يطلق العنان لمرض جديد يجتاح العالم . لدى البيولوچيين دفاعات نموذجية فى هذا الخصوص. فالكائنات المعالَجة وراثيا تكون عادة أقل صلاحية من الكائنات الطبيعية . فإذا كان ثمة چين يضفى على صاحبه ميزة فإنّا نتوقع أن يكون قد نشأ بالطرق الطبيعية ، وتصبح عدم صلاحية الكائنات الاصطناعية أمرا واضحاً . معظم حيوانات المزرعة ومحاصيلها لا تستطيع البقاء خارج المزرعة . هذا هو السبب فى ألاّ تمتلىء شوارعنا بالأبقار الشاردة أو الأغنام أو البطاطس . والأرجح أن يكون هذا صحيحا أيضا بالنسبة للبكتريا والڤيروسات . يُحْقَن الأطفال فى بريطانيا والولايات المتحدة بڤيروس شلل الأطفال الحى ، بعد أن يُستضعف ليصبح أقل خطرا . ويبين فحص مياه الصرف الصحى أن هذا الڤيروس الحى يهرب باستمرار . هذا هو مفتاح نجاح المشروع : فحتى الأطفال الذين يرفض ذووهم أن يطعموهم ضد المرض ، يتعرضون للڤيروس بمخالطة أصدقائهم بعد أن يُطَعَّم هؤلاء مباشرة . غير أن الڤيروس المستضعف أبداً لم

يتمكن من البقاء فى البريّه . إنه يعتمد فى بقائه على استمرار تطعيم أطفال جُدُد به. فإذا كانت كل الكائنات المهندسة وراثيا فى مثل ضعف ڤيروس شلل الأطفال ، فليس ثمة الكثير لنخشى .

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

يستطيع البيولوچى المتهور أن يجادل – ويجادل – بأنّا نعرف ما يكفى كى لا نكرر الأخطاء القديمة . يقول البيولوچيون أيضا – على حق – إن الكثير مما تفعله الهندسة الوراثية طبيعىٌ تماما . فالدنا المطعّم ينتج فى كل مرة يقابل فيها حيوان منوى بويضة ؛ الأنواع ليست كيانات ثابتة ، لأنها تتطور من نوع إلى نوع – بشكل منتظم فى البكتريا ، وفى النباتات أحيانا – بل انها حتى تتبادل الچينات بوسائل طبيعية . باستمرار تنتج أعداد هائلة من البكتريا . يتبرز جنس البشر كل يوم من البكتريا عددا يصل إلى عشرة أمامها ٢٢ صفرا . وبسبب الطفرات ، لابد أن يكون الكثير منها صورا وراثية جديدة ، كما لابد أن تحمل قلة منها – من خلال تقلبات تكاثر البكتريا – چيناتٍ استوعبت من أنواع أخرى . لم ينتشر أيٌها ، ولازالت بكتريا الأمعاء حميدة .

هذا الجدل قد دفع المسئولين إلى السماح بإطلاق بضعة كائنات معالجةٍ وراثيا . يتسبب الصقيع فى تدمير المحاصيل بكاليفورنيا . فعندما يبرد الجو تظهر بقع صغيرة من الثلج على الأوراق حول مستعمرات بكتريا سيدومواناس . هناك چين بكتيرى

واحد مسئول عن هذه الظاهرة المثيرة . وهويتغير أحيانا بالطفرة لتظهر سلالة ضد الثلج لا تسبب كل هذا الأذى . ولقد أمكن الآن انتاج بكتيرة اصطناعية تحمل هذه الطفرة ، إذا ما رشّت على النباتات قللت الضرر إذ تحل محل البكتريا السائدة . أُخذ الچين من بكتيرة طبيعية ، وأعيد إيلاج هذا الدنا المحوّر فى سلالة سيدوموناس الطبيعية . هذه البكتيرة إذن – بمعنى ما – ليست مُهندَسةً على الاطلاق لأن الچينات المستخدمة فى التطعيم قد جاءت من نفس النوع . لكنها تسببت فى ثورة عارمة عطّلت خطة اطلاق البكتيرة . أثار هذا ثائرة الباحثين الزراعيين . إن من شأن مثل هذا التدخل القانونى – هكذا قالوا – أن يمنع تحريك الدنا من عشب إلى محصول ، لتحسينه – وهو أمر قد حدث بالفعل عند بداية الزراعة عندما صُنع أول الأقماح . بعد معارك عديدة بساحات القضاء سُمح بإطلاق البكتيرة (أساساً لأن البكتريا المضادة للثلج قد ظهرت آلاف المرات بطفرات طبيعية دون أن تسبب أذى يذكر) .

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

هناك مخاطر أخرى فى الهندسة الوراثية . ماذا لو تحرك الجين الجديد من نوعه لينتقل إلى آخر ؟ جينات مقاومة مبيدات الحشائش قد تنتقل من المحصول الزراعى إلى أقاربه من الحشائش (التى قد تتهاجن أحيانا معها فى محاصيل مثل شلجم الزيت) ، فتظهر حشيشة جديدة سوبر مقاومة للرش . يهرب من المزارع السمكية الكثير من الأسماك ، ولقد دمّر بالفعل التركيب الوراثى لسالمون شمال الأطلنطى 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 ؟

وعلى الرغم من أن بعض المخاوف مبالغ فيها ، فإن إطلاق الكائنات المعالجة وراثيا هو لعب بما هو مجهول – ومن ثم فهو حتما عمل تكتنفه المخاطر . تدّعى دفاعات بعض العلماء أن الخطر أقل من أن نهتم به . هؤلاء لايزالون فى مرحلة الاستبدادية التكنولوچية . يقولون : ضع ثقتك فينا ، وسيمضى كل شىء على خير ما يرام . إنهم يذكروننا بالمهندسين الذين طوروا الطاقة الذرية ، والذين جففوا مستنقعات فلوريدا . وبعض البيولوچيين – كالبوربون – لاينسون شيئا من النجاحات ، ولا يتعلمون شيئا من الكوارث التى وقعت عندما يتطور علم إلى تكنولوچيا .

بل ان بعض المتحمسين يجهلون حتى طبيعة موضوعهم . هم يدّعون 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 تبنى زوبعة طائرة بأن تهب خلال مصنع !

إن عمل التطور هو تجميع البعيد الاحتمال على خطوات دقيقة . ولن نستطيع أن نلحظ 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 هى ذات قضية الاقتصاد : هل تفوق المنفعة التكاليف ؟ لا

أحد ـ بالنسبة للكائنات المهندسة وراثيا ـ يعرف ، فالتجربة لم تُجر بعد . لكنا قد نجد سابقةً فى قطعة أخرى من الهندسة البيولوچية تُذْكر كثيرا : مكافحة الآفات بالكيماويات .

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

بعد أن تغلب الـ د . د . ت . على القمل ، استُخدم فى الرش ضد بعوض الملاريا . بدا النصر وشيكا . انخفض عدد المصابين بالملاريا انخفاضا شديدا ، فى سيلان مثلا : من الملايين إلى العشرات . وبعد قليل بدأ المرض يتزايد ثانية بعد أن انتشرت چينات 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 طفيلىُّ 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 طوّر الطفيلى طرقا لمواجهتها .

قامت الآليات الدارونية للطفور 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 الجزىء الهدف ، ، وغيرها يمكّن 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 يشبة 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 چينات لمقاومة عقاقير أخرى – أكثر من چين ، أحيانا ، فى نفس الوقت . قام معهد والتروريد 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 ، فلابد للمهندسين الوراثيين ، على خلاف مشيدى الجسور ، أن يواجهوا إمكانية أن تقوم لُعبهم الجديدة برد الهجوم .