التطفل mycoparasitism، والتضادية الحيوية antibiosis، والتنافس على الغذاء. ومن بين وسائل التريكودرما فى وقف نشاط الكائنات المرضة إفرازها للمضادات الحيوية أو الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية، مثل إنزيمات: الـ chitinases، والـ β-1,3-glucanases، والـ proteases، والـ mannanases، وغيرها من الإنزيمات المحللة (عن Limon وآخرين ١٩٩٩).

ولقد أمكن تحويل السلالة CECT 2413 من *Trichodrma harzianum* وراثيًا بالجين Chit 33 الذى يتحكم فى زيادة إنتاج الإنزيم 33-kDa chitinase، حيث وصل إنتاج السلالة المحولة وراثيًا من الشيتينيز - عند نموها فى الجلوكوز - إلى ٢٠٠ ضعف إنتاج السلالة العادية، بينما كان إنتاج السلالتين من الشيتينيز متساويًا عند نموها فى الشبتين وفى كلتا الحالتين كانت السلالة المحولة وراثيًا أكثر كفاءة فى منع نمو الفطر *Rhizoctonia solani* عن السلالة العادية (Limon وآخرون ١٩٩٩)

التحول الوراثى لأجل التخلص من العناصر الثقيلة فى البيئة

تتراكم العناصر الثقيلة فى التربة والمياه بصورة متزايدة، وصلت فى حالات كثيرة إلى مستويات سامة لكل من الحياة البحرية والبرية، وانتقلت تلك السمية - بدورها - إلى الإنسان من خلال ما يتناوله فى طعامه من أغذية ملوثة، سواء أكانت من أصل نباتى، أم حيوانى ومن بين مختلف العناصر الثقيلة يعد الزئبق أحد أهم مخلفات بعض الصناعات

ولقد وجدت بعض الأنواع البكتيرية التى تتميز بدرجة عالية من المقاومة للتركيزات العالية من الزئبق، وذلك بفضل احتوائها على عدد من الجينات التى تشكل ما يعرف باسم mercury resistance operon يأخذ أحد هذه الجينات الرمز merB، وهو يشفر لإنزيم (يوصف بأنه organomercurial lyase) يقوم بتحليل الرابطة الكربونية فى الزئبق العضوى، لينتج Hg(II) ويأخذ جين آخر الرمز merA، وهو يشفر لإنزيم mercuric ion reductase يقوم - بدوره - بتحويل الـ Hg(II) إلى الزئبق العنصرى

Hg(O)، الذى يعد أقل سمية بكثير عن كل من الـ Hg(II)، و HeHg، كما أنه يتبخر من الخلايا ولهذا السبب جرت محاولات للاستفادة من هذه البكتيريا فى التخلص من تراكمات الزئبق فى التربة والمياه، إلاّ أنها لم تكن على درجة عالية من الفعلية، وكانت بطيئة إلى درجة استحالة الاعتماد عليها – بصورة تامة – فى التخلص من الزئبق المتراكم خلال فترة مناسبة.

وقد اتجه الاهتمام إلى نقل جينات المقاومة للزئبق من البكتيريا إلى النباتات، ونقل بالفعل الجين merA إلى بعض الأنواع النباتية، إلاّ أن النتائج لم تكن مشجعة، حيث لم يحدث تعبير لهذا الجين فى النباتات المحولة وراثيًّا به، وبقيت النباتات حساسة للـ Hg(II)

هذا إلاّ أن عملية التحول الوراثى لمقاومة الزئبق كانت ناجحة حينما عُدِّل الجين merA جزئيًّا، وذلك فى كل من *Arabidopsis thaliana*، و*لحور الأصفر Liriodendron tulipifera* أنبتت بذور الـ *Arabidopsis* المحولة وراثيًّا بالجين merA المعدل ونمت بادراتها بقوة وأزهرت وأعطت بذورًا فى تركيز ٢٥–١٠٠ مللى مول من الزئبق، وهو تركيز يعد – عادة – سامًّا للنباتات العادية. ولقد أفرزت النباتات المحولة وراثيًّا الزئبق العنصرى Hg(O) فى الهواء الجوى – عند تنميتها فى محلول مغذ غنى بالزئبق - وذلك بدرجة زادت بمقدار أربع مرات عما حدث فى النباتات العادية غير المحولة وراثيًا (عن Rugh وآخرين ١٩٩٨).

التحول الوراثى للأغراض الطبية

تعرف العديد من حالات التحول الوراثى التى استهدفت إنتاج المركبات الدوائية من هرمونات، وبروتينات، وببتيدات، ولقاحات ضد عدد من الأمراض الخطيرة التى تهدد البشرية، مثل الكوليرا والأيدز، والملاريا كما تتجه الأبحاث نحو إنتاج لقاحات يمكن أن يتناولها الإنسان فى طعامه على صورة نبات محول وراثيًّا ليكون لقاحا؛ فيما يعرف باسم edible vaccines وقد حدثت تقدمات فى هذا المجال فى إنتاج لقاحات مضادة للبكتيريا *E coli*، و *Shigella*، و *Salmonella* (عن Chawla ٢٠٠٠)