المفاهيم الوراثية والتقنية الحيوية

د. عبدالحكيم بدران

« سنريهم آياتنا في الآفاق وفي أنفسهم حتى يتبين لهم أنه الحق »

سورة فصلت (الآية ٥٣)

ظلت عملية انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء سراً من اسرار الخالق بقى مغلقاً امام العلماء باعثاً لحيرتهم مثيراً لفضولهم منذ ان اتجه الانسان ليبحث في طبيعة الامور من حوله .. إلى ان شاء الله جلت قدرته ان يكشف للانسان شيئا من غوامض الامور .

لقد عرف علماء الأحياء قديماً ان الصفات الوراثية تنقل من الآباء إلى الأبناء عبر الكروموسومات ولكن ما طبيعة هذا الانتقال ؟ لا احد يدري .

وجاء مندل الراهب النمساوي ليكشف عن العوامل التي تنقل السمات الوراثية فابان كيف انها توجد في الخلايا الجنسية الذكرية والانثوية وعرفت هذه العوامل فيما بعد بالجينات ولكن ما طبيعة هذه الجينات ؟ .. لا احد يدري .

وظلت المادة المسؤولة عن الوراثة « جوهر التحول » غامضة حتى اكتشفت أخيراً وعرفت على انها الحامض النووي أو حامض الربيونيك اللاكسجيني أو الدنا DNA. ويكمن في هذه المادة العجيبة لغز الوراثة ، وهي اشبه ماتكون بالحاسب الآلي الذي يتم فيه برمجة مجموعة معقدة من المعلومات ، يحملها في الدنا مجموعة من القواعد المزدوجة ، وهذه المعلومات تحدد كل أوجه حياة الكائن الحي ، وسوف نرى ان أصغر فيروس يحتوي على ٣٠ من قواعد المعلومات المزدوجة ، وتتبين لنا عظمة الخالق في خلقه حين نعرف أن الدنا في خلية البكتريا ، يحتوي على ٤,٥ مليون من القواعد المزدوجة بينما تحتوي هذه السلسلة الفريدة في نوعها في دنا الانسان على ٤,٥ بليون من القواعد المزدوجة في استطاعتها تخزين المعلومات اكثر بمائة مرة من البكتريا ، فهي تتضمن الطريقة التي ينمو بها الانسان ويعمل ويتكلم ويتصرف بها .. هذا الدنا المكون من الجينات التي تعتبر العوامل التي تحمل الصفات الوراثية وتعطي الأوامر لكل خلية في جسم الانسان لكي تعمل بمقتضاها .. هذا الدنا هو ماسوف نكشف عنه في الصفحات التالية :

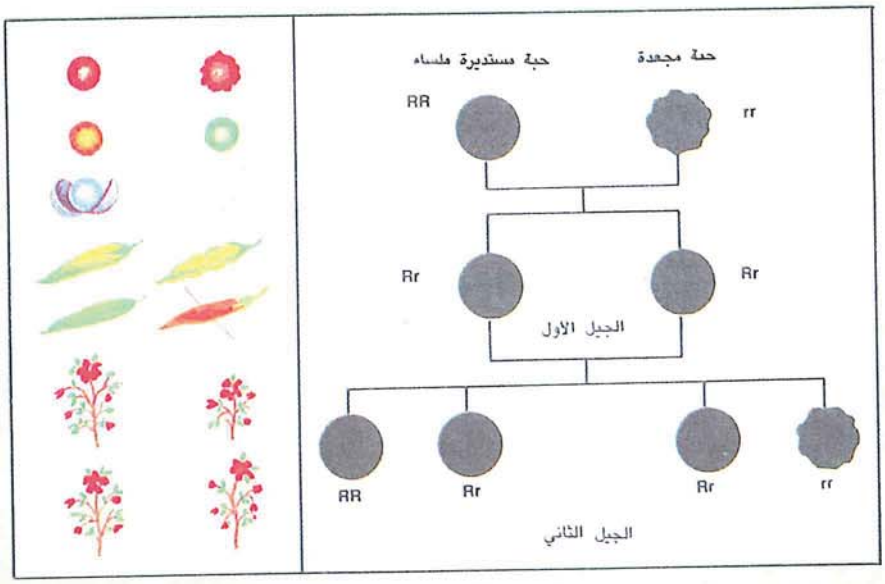
المفاهيم الوراثيـة

ان أهم تقدم لمفهوم علم الوراثة والمبني على الملاحظات السهلة للسمات (الصفات) التي تنتقل من الآباء إلى الأبناء ، هو معرفة العوامل الرئيسة التي يتحقق عن طريقها هذا الانتقال ، وقد قام بهذه الدراسة في القرن التاسع عشر الراهب النمساوي **جورج مندل Mendel** في حديقة الدير الذي كان يعمل به . حيث بنى مندل دراسته هذه على فحص عدد من الأجيال لنبات البازلاء لاحظ من خلالها ان الصفات الوراثية تنتقل من الآباء إلى الأبناء ومنها إلى الأحفاد وهكذا من جيل إلى الجيل الذي يليه دون أن تتغير .

وقبل ان نناقش المفاهيم الوراثية نجد انه من المناسب التطرق إلى الدراسات التي قام بها مندل بشيء من التفصيل .

لقد قام مندل بدراسته على عدد من أجيال نبات البازلاء وهو نبات يتكاثر جنسيا وهذا يعني ان عملية التكاثر تتم باندماج خلايا جنسية ذكرية بخلايا جنسية انثوية ، وفي نبات البازلاء توجد الأعضاء المؤنثة والمذكرة في نفس الزهرة مما يؤدي إلى التلقيح ذاتيا وينتج عنه عدة أجيال مشابهة تماما للنبات الأصلي ، ولذلك تسمى هذه الأجيال من النباتات بالنباتات النقية لكونها تحمل نفس سمات النبات الأصلي .

ولقد رأى مندل ان يلقح بويضة الزهرة في نبات له سمة وراثية معينة (واختار مندل سبع سمات لاجراء دراسته) بحبوب لقاح من نبات آخر يختلف في نفس السمة ، وعلى سبيل المثال فانه لقح النبات الذي ينتج حبات مستديرة ملساء من نبات ينتج حبات مجعدة ، ولقد أوضحت نتائج مندل ان الجيل الأول الناتج عن هذا التلقيح يعطي حبات كلها من نوع واحد ، أما في الجيل الثاني فقد وجد ان ربع اعداد النبات يعطي حبات مجعدة بينما تعطي الثلاثة الأرباع الأخرى حبات ملساء مستديرة .



في الجيل الثاني توجد الصفة السائدة في ثلاثة ارباع النباتات — الصفات التي غيرها مندل

واستنتج مندل من ذلك ان لكل سمة وراثية عاملين احدهما اقوى من الآخر وسماه بالعامل **السائد** ، والعامل الآخر ضعيف وسماه **بالمتنحي**، وعند اتحاد حبة اللقاح بالبويضة تتكون كل سمة من العاملين اللذين يأتي احدهما من حبة اللقاح والآخر من البويضة ، واطلق مندل على هذه العوامل صفات .. وفي حالة مندل فان الصفة المتنحية في النبات ذي الحبات المجعدة وتعطى الرمز (r) ، أما الصفة السائدة فتوجد في نباتات الحبات المستديرة وتعطى الرمز (R) ، ولهذا فان الجيل الأول يعطي حبات مستديرة ، لأن الصفة السائدة هي التي تقرر السمة ، اما في الجيل الثاني فقد وجد مندل أن الناتج أعطى في ربع النباتات حبات مجعدة ، وأعطت الثلاثة الأرباع الباقية حبات مستديرة ملساء ، وحينما كرر مندل التجارب مع السمات الأخرى وجد نفس النتائج ، وهكذا توصل مندل إلى هذه الصفات التي تأتي من عنصري التكاثر الأنثى والذكر وهي التي سميت فيما بعد بالجينات . Genes

اصبحت الجينات حقيقة كما أوضحها مندل ، ولكن اين توجد هذه الجينات ؟ وما طبيعتها ، والاجابة ان الجينات تقع داخل النواة اما طبيعتها فلم يعرفها علماء الأحياء في عهد مندل لأنهم لم يكونوا قد تعرفوا على محتويات النواة لذلك اهملت نتائجه حتى نهاية القرن التاسع عشر حينما سمحت المجاهر Microscopes المتطورة والأصباغ الجديدة برؤية محتويات الخلية بدقة لم تكن ممكنة من قبل .

واستطاعت التجارب على بكتريا (**النيموكوكس**) ان تساعد في الاجابة على بعض هذه الأسئلة الجديدة والصعبة ، وتوجد لهذا النوع من البكتريا سلالات وأنواع كثيرة معروفة ، واحدى هذه السلالات لها نوعان من الخلايا أحدهما مغلف داخل حوصلة ملساء وتسمى بالخلايا الناعمة أو الملساء ، والآخر لا يحاط بمثل هذه الحوصلة وتعرف بالخلايا الخشنة . وتسبب الخلايا الناعمة مرض ذات الرئة ، أما الخشنة فلا تسبب هذا المرض .

وفي عام ١٩٢٨ أجرى **فردجريفث Fred Griffth** تجربة حقن فيها فئران حية سليمة الجسم بخليط من خلايا ناعمة قتلت بفعل تأثير الحرارة وخلايا خشنة حية ، وتوقع جريفت ان يظل الفأر سليما لأن الخلايا الناعمة التي تسبب المرض ميتة ، والخلايا الخشنة مع أنها حية فهي لا تسبب مرض ذات الرئة ، ولكن ذلك لم يحدث وماتت الفئران ، وحينما فحص جريفث دم الفئران الميتة شاهد شيئا غير متوقع حيث وجد به خلايا بكتريا ناعمة حية ، والسؤال الآن هل رجعت الخلايا الميتة إلى الحياة ؟ بالطبع لا ، والتفسير الوحيد ان البكتريا الناعمة الميتة قد أثرت في البكتريا الخشنة وجعلتها ناعمة وبالطبع تغيرت صفاتها الوراثية ويسمى هذا النوع من التغيير في البكتريا تحول بكتيري ، ولكن كيف يحدث

هذا التحول ؟ شك العلماء في وجود مادة كيماوية في الخلية الميتة هي التي تسبب هذا التغيير ، واذا كان صحيحا ان هذه المادة الكيماوية هي التي تحدث مثل هذا التحول ، فانه يمكنها ان تحدث نفس الشيء بمفردها بعد استخلاصها من الخلايا الميتة .

ولاختبار هذه الفرضية استنبتت مستعمرات من الخلايا الناعمة في وسط غذائي على اطباق ، وحينما تكونت اعداد وافية من مستعمرات البكتريا الناعمة ، طحنت لاستخلاص المادة الكيماوية من خلاياها ، وتوقع العلماء أن تغير هذه المادة الكيماوية من طبيعة البكتريا الخشنة اذا ما أضيفت إليها وتجعلها بكتريا ناعمة ضارة اي تسبب مرض ذات الرئة ، وفعلا تحولت البكتريا الخشنة إلى بكتريا ناعمة حينما أضيف إلى الوسط الذي تعيش فيه المستخلص من البكتريا الناعمة ولقد وجد من الفحص ان الخلايا الخشنة بعد ان تحولت إلى بكتريا ناعمة تتكاثر لتعطي خلايا بكتريا ناعمة أكثر ولما حقنت الفئران السليمة بهذا الخليط من البكتريا الخشنة والمادة المستخلصة من خلايا البكتريا الناعمة أصابها المرض ، أما التجربة الضابطة التي حقنت فيها الفئران بخلايا خشنة أصلية لم تختلط بالمستخلص من الخلايا الناعمة فلم تؤد إلى اصابة الفئران بمثل ماأصابها في التجربة السابقة، إذن لقد غير المستخلص من الخلايا الناعمة كما كان متوقعا الصفات الوراثية للخلايا الخشنة ، واصبح من الواضح ان المواد الكيماوية في المستخلص تحتوي على مواد لها علاقة بالوراثة فهي حولت شكلا من السلالات إلى شكل آخر كما انتقل هذا التغيير إلى الأجيال التالية ، وان هذه المادة التي تفعل هذا التغيير هي « جوهر التحول » ولم يكن من السهل حتى وقت اجراء هذه التجارب التعرف عليها وتحديد ملامحها .

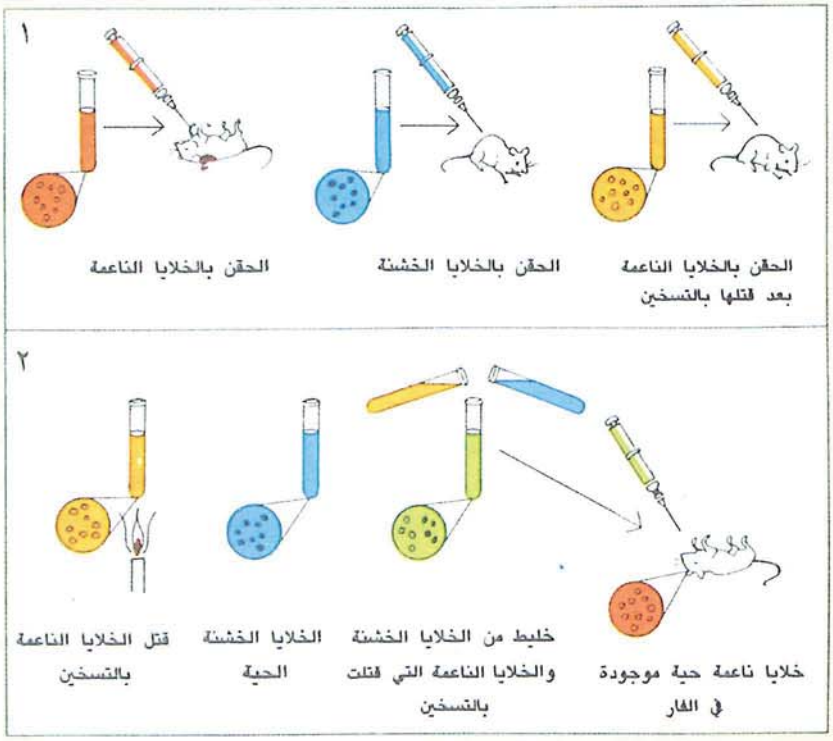
ثم جاءت مجموعة من العلماء بقيادة **افري** وتناولت نتائج جريفث وتعرفت على العملية الوراثية فيها والتي تتمثل في ان البكتريا الميتة سلمت الجين الذي يعمل الحوصلة الخارجية إلى نظام الوراثة المتكامل في النوع الحي (البكتريا الخشنة) ولقد وجد العلماء من خلال البحث الشاق ان هذه المادة التي سببت التحول هي **الدنا** (DNA) .

كان الدنا قد اكتشف عام ١٨٦٨م بعد ان نشر مندل نتائجه بثلاث سنوات بوساطة **فردريك مستشر** ، ووجد علماء الكيمياء الحيوية ان الدنا مركب معقد يتكون من جزيئات صغيرة من السكر (**الريبوز**) ومجموعات الفوسفات (ذرة فوسفات يحيط بها أربع ذرات اكسجين) ، كما يحتوي على أربعة أنواع من مواد عضوية سهلة تعرف بأنها قواعد نيتروجينية (وهي مركبات عضوية تحتوي على النيتروجين) وهذه القواعد هي **الادنين والثيمين والجوانين والستوزين** ، ويتكون من جزيء السكر ومجموعة الفوسفات واحدى القواعد وحدة فرعية تسمى **بالنواتيد** ، وهي الوحدة البنائية الأساس لجزيء **الدنا** ، أستمر الشك حول تركيب الدنا ، وعلى الرغم من وضوح نتائج مجموعة افري بدرجة كافية ، إلا ان الكثيرين ترددوا في قبولها ، وأخيرا اختفت هذه الشكوك عندما نشر **جيمس واتسون وفرنسيس كريك** تقريرهما عام ١٩٥٣م الذى سجلا فيه انهما اكتشفا تركيبا متسقا ودقيقا علميا للدنا ــ ولقد حل هذا القدر الذي كشف عنه كريك ووتسون لغز الوراثة ، وطبقا لرؤيتهما فان مجموعات الفوسفات وجزيئات السكر تكون سلسلتين طويلتين أو عمودين فقريين ، ويرتكز العمودان الفقريان أحدهما على الآخر من أعلى على هيئة دعامتين لسلم متحرك ــ ويرتبط بكل جزيء سكر قاعدة نيتروجينية وتنجذب القواعد التي تطل من جزيئات السكر بعضها إلى بعض تحت تأثير قوى جذب ضعيفة ، ويأخذهذا التجاذب بين القواعد نظاما معينا حيث ينجذب الأدنين (A) للثيمين (T) ، والجوانين (G) للستوزين (C) ، وهكذا اذا امتدت النواتيدات على احدى الدعامتين الفقريتين كالآتي :T-C-G-T فان العمود الفقري الآخر يحتوي على المتتالية المكملة في الاتجاه العكسي .

A-G-C-A

وتتجه الأزواج من القواعد التي يكمل بعضها بعضا إلى أسفل وترتبط السلسلتان المستقلتان تماما بعضهما مع بعض ، ولقد وجد **كريك وواتسون** أيضا ان سلسلتي النواتيدات للحامض النووي الـ DNA لا تمتدان في وجود الماء بكامل طولهما ولكنهما تلتويان بعضهم على بعض ويشكلان بذلك ما أصبح بدون أدنى شك المركب الأكثر شهرة في تاريخ علم الأحياء وهو اللولب المزدوج (Double Helix) .

وكان التركيب الأخير متسقا علميا

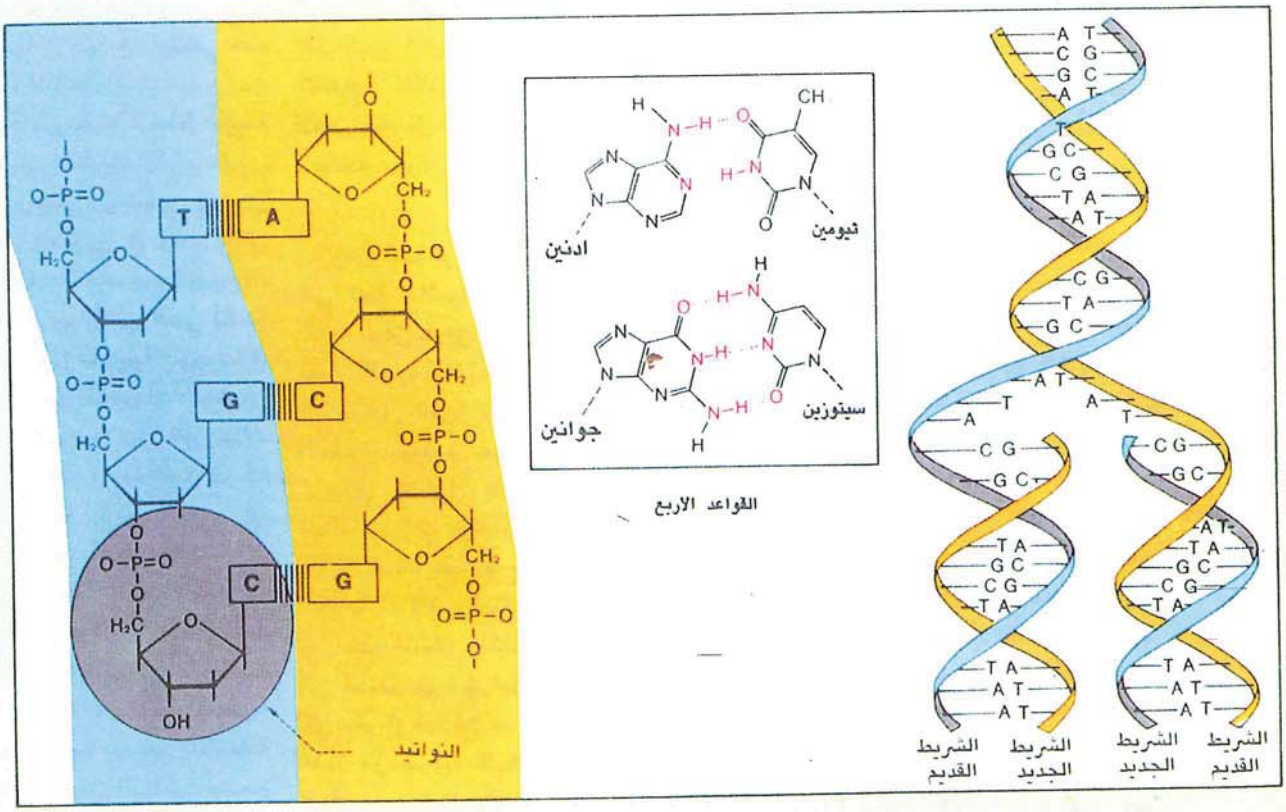


واستقبل بحماس لأنه يتضمن كيف يعمل الدنا كما شرح كريك وواتسون : « اذا عرفنا النظام الحقيقي للقواعد على واحد من زوج السلاسل يكون من الممكن تسجيل النظام الصحيح للقواعد على السلسلة الأخرى وذلك بفضل الأزدواج الخاص بين القواعد ، اي ان اية سلسلة هي المكملة للأخرى وهذه الصفة هي التي توضح كيف ينسخ حامض الريبونيك اللاكسجيني نفسه » .

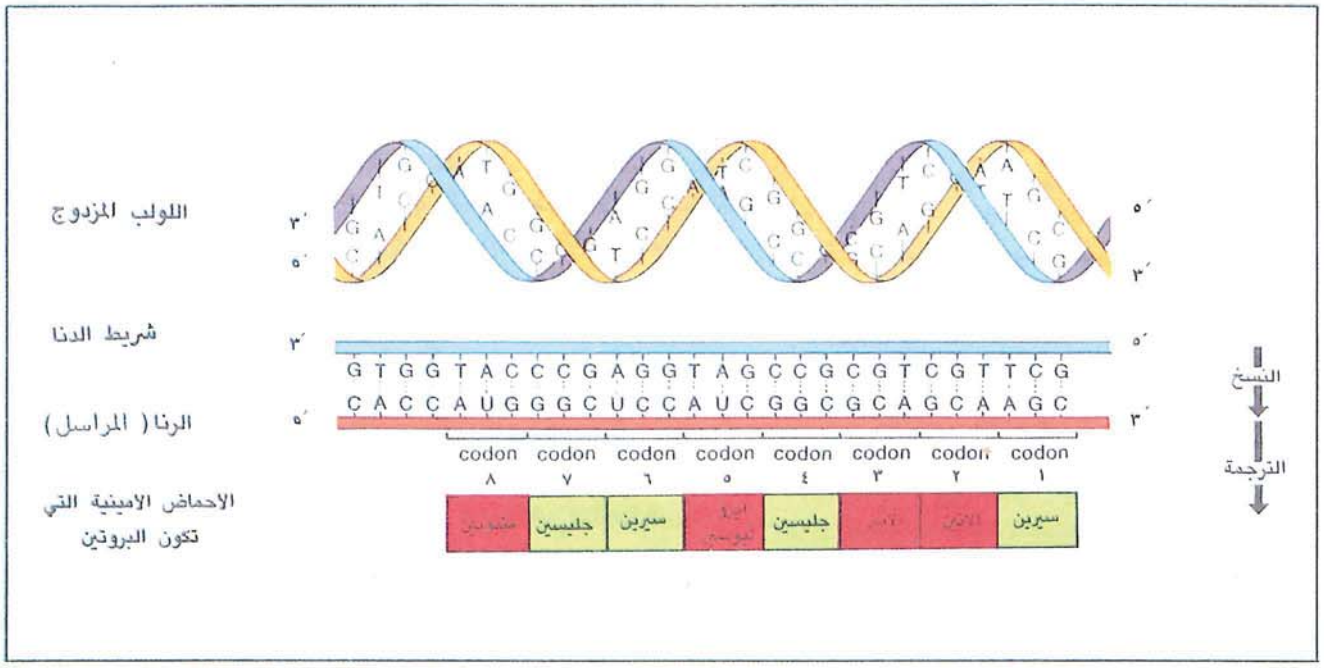
وحينما يكون الدنا ذا الشريطين غير متداخل كالزمام المنزلق المفتوح فهو يحتوي على سلسلتين منفصلتين من النواتيدات ، كل منها عبارة عن امتداد طويل من هذه الوحدات المنفردة ، وفي وجود خليط من النواتيدات في النواة فان كل قاعدة تجذب القاعدة المكملة والتي تتماشى معها طبقا للنظام الملازم بين الأدنين والثيمين ، وبين الجوانين والسيتوزين والعكس ، وينتج عن ذلك التناسخ جزيئان جديدان من الدنا يشبه كل منهما الآخر تماما كما يشبه كل منهما الجزيء الأصلي وهذا يفسر انتقال الجين من جيل إلى الجيل التالي .

لقد حلت اعمال كريك وواتسون معضلة كبيرة في ابحاث علم الوراثة وساعدت **جورج بيدل وادوارد ثاتوم** في اكتشافهما الذي حققاه من عهد قريب ، وهو أن الجينات هي التي تتحكم في انتاج بروتينات معينة ، وكل جين بمفرده مسئول عن انتاج بروتين واحد . والآن بعد ان عرف العلماء ماهي الموأد الجينية وكيف تتناسخ وما تنتجه ، بقى ان نحدد كيف تعبر الجينات عن نفسها عند انتاجها للبروتين .

كان العمل من أجل الكشف عن الآلية التي تبرمج بها المعلومات في الدنا تحديا كبيراً لعلماء الأحياء الجزيئية ، ولما كان هناك فقط أربعة أنواع من الوحدات الفرعية ، فلقد أمكن تخيل شريط الدنا كما قلنا آنفا وهو يشبه لحد بعيد عقداً متناهيا في الطول (أطول من المسافة بين الأرض والشمس في حالة الانسان) يحتوي على خرزا من أربعة انواع مختلفة وافترض ان كل المعلومات مبرمجة في السلسلة الدقيقة المكونة من هذه الخرزات الملونة . ولكن كيف يمكن في الواقع لمادة مثل الدنا تحتوي فقط على أربع وحدات كيماوية فرعية فريدة ان تبرمج مجموعة معقدة من المعلومات الضرورية لتحديد كل أوجه حياة الانسان؟ وهي التركيب الكيماوي لكل بروتين مصنع بالخلية ، وظيفة كل انزيم ، الشكل الخارجي ، المظهر، وفي النهاية يجب ان يبرمج الدنا كل وجه من أوجه حياة الكائن الحي في السلسلة . ان الكمبيوتر يبرمج باستخدام الآحاد والأصفار ، والدنا اذن أكثر تعقيدا من نظام تخزين المعلومات في الكمبيوتر ولكن بدرجة ليست كبيرة فهو يحتوي على شيفرة رباعية بدلا من شيفرة الكمبيوتر الثنائية ، والمعلومات التي يخزنها هي بشكل ما اكثر تعقيداً من تلك التي تخزنها أكثر الكمبيوترات تعقيداً ومن حسن الحظ ان الدنا صغير جداً ، ويحتوي



حينما يكون شريطا الدنا (دعامتاه) مفتوحتين يتكون على كل منهما الشريط المكمل له حسب نظام اتحاد القواعد ، وبذلك يتكون جزيئان متشابهان تماما وكل منهما يمثل نسخة طبق الأصل للجزيء الأصل .



الدنا = D.N.A ، الرنا = R.N.A ، Codon = كلمة الشيفرة التي تعطي الحامض الاميني وتتكون من ثلاث قواعد .

أصغر فيروس على ٣٠ زوجا من قواعد المعلومات ، وقطعة الدنا المستدير المفردة في خلية البكتير تحتوي على ٤,٥ مليون من القواعد المزدوجة ، وان الدنا المكتمل في خلية بشرية واحدة قادر على تخزين ١٠٠ مرة أكثر من الدنا في البكتير ، وتكفي هذه السلسلة الفريدة المكونة من ٤,٥ بليون من القواعد المزدوجة لأن تختط الخطط الكاملة للشخص ، وتتضمن الطريقة التي ينمو بها ويعمل ويتكلم ، وينظر ويتصرف ، ويعيش ويموت ، واعتقد الكثيرون في وقت ما ان سلسلة الدنا مبرمجة لتصنيع البروتين ، وان الصفات الأخرى للكائن الحي تشتق من سلاسل الأحماض الأمينية الموجودة في البروتينات ، ولتعيين المعلومات لعشرين حامضا أمينيا تكون سلاسل البروتينات المختلفة ، فكل « كلمة » للشيفرة في الـ DNA تعبر عن بروتين واحد يجب ان تحتوي على الأقل على ثلاث قواعد ، لان عدد التراكيب الممكنة لقاعدتين هو ٤×٤=١٦ ، بينما ينتج عن اتحاد ثلاث قواعد التراكيب المختلفة (٤×٤×٤=٦٤) ، وتلك تسمح بسهولة لاحتواء عشرين حامضا أمينيا بالاضافة إلى عدد آخر احتياطي من التراكيب يسمح باعطاء المعلومات لتنفيذ الأنشطة الأخرى الحيوية .

وبوجه عام لم يقتنع احد بأن الدنا مبرمج فقط من أجل سلاسل الأحماض الأمينية ، بل يجب أن يكون هناك طرق لبرمجة نهاية وبداية سلاسل البروتين وايضا لوظائف التحكم الأخرى ، ويمكن أن تكيف كل هذه الوظائف ضمن عدد التراكيب الأربعةوالستين ، ولقد ظهرت الشيفرة الثلاثية في أوائل الستينات نتيجة لعمل مارشال نيرنبرج من المعهد القومي للصحة بالولايات المتحدة .

ومن الحقائق المقررة اليوم أن الجينات هي قطع دائرية (رقائق) من جزيئات الدنا ، وعن طريق الدور الذي يقوم به الدنا تقوم الجينات بالأمر بتحديد الجزيئات البروتينية التي تكون المادة الحية في الخلية ، ويقوم هذا النشاط الكيمائي الحيوي بتعديل خواص الجزيئات في الخلية ومن ثم يؤثر في الطريقة التي تعمل بها بالاضافة إلى انتاج بنيات نوعية ، تتيح للخلايا أن تلعب أدوارا واضحة محددة ، ومن هذا المنطلق يمكننا القول ان الجينات هي أصغر شيء في جزيء الدنا له القدرة على حفز او احداث صفات دائمة ، ومع ان الدنا هو جزيء الخلية الذي يتحكم في المعلومات الثابتة فانه لا يترك النواة أثناء تخليق البروتين ، وعلى أية حال فان هذا الخلق يحدث على الريبوسومات الموجودة في سيتوبلازم الخلية . وهناك نوع آخر للحامض النووي يسمى الحامض الريبوزي (RNA) موجود في النواه والسيتوبلازم والريبوسومات وهو مادة كيماوية تشبه الدنا ، ولكنه يحتوي على سكر الريبوز بدلا من سكر الريبوز اللاكسجيني ، وبدلا من قاعدة الثيمين فهو يحتوي على قاعدة اليوراسيل بالاضافة إلى القواعد الآخرى جوانين، سيتوزين، والأدنين ، والرنا يتكون غالبا من شريط واحد بخلاف الدنا الذي يتكون من شريطين ، وتعطي كل وحدة من الجينات البنائية نسخا عديدة مما يسمى بالمراسل (mRNA) ، وتسمى هذه العملية عملية التناسخ ومن خلالها تنتقل الشيفرة من الدنا إلى الرنا وهي شبيهة تماما بنسخ عدة نسخ لأغنية واحدة على شريط تسجيل مغناطيسي من الشريط الأصل الذي يحتوي على المئات من المختارات ، وتوجه جزئيات الرنا بدورها تصنيع البروتين وهي تستهلك في نفس الوقت وعملية تحويل المعلومات المبرمجة في الـ (DNA) إلى البروتين الذي يصنع في الخلية هي عملية معقدة ويطلق عليها الترجمة .

ان هذه السلسلة من العمليات التى شرحناها في هذه المقالة وهي دراسة امكانية اعادة تكوين الدنا ، ونسخه والترجمة والعمليات المصاحبة تكون جوهر العلم الذي يطلق عليه الأحياء الجزيئية .

بعض الصناعات الكائنات تستخدم الدقيقة كمصانع طبيعية ، ففي هذه الصناعات تستنبت أعداد وفيرة من الكائنات الدقيقة تحت ظروف تضبط بإحكام لحفز قدرتها على إنتاج العديد من المنتجات ذات القيمة التجارية .

ويلعب علم الوراثة التطبيقي دورا حيويا في تحسين سرعة وكفاءة إنتاجية هذه الأنظمة الحيوية ، فهو يسمح بمعالجة أو هندسة المواد الوراثية في الكائنات الدقيقة من أجل إنتاج صفات جديدة مرغوب فيها — والهندسة الوراثية في حد ذاتها ليست نشاطا صناعيا ولكنها طرق فنية تدرس وتطور في المختبرات ، حيث يعمل الباحثون على تغيير جهاز الوراثة في الخلية ، وتنقل نتائج هذه الأبحاث إلى المصانع التي تستنبت المستعمرات من الخلايا المتشابهة التي شكلت من أول كائن حي أجريت عليه التجارب بغرض تنفيذ عمليات صناعية مختلفة .

وتستخدم تطبيقات الهندسة الوراثية في صناعة الأدوية والكيماويات والأغذية والزراعة ، ومازال العلماء يتعجلون إمكانية استخدامها في أعمال المناجم واستخراج النفط ، والتحكم في البيئة .

الصناعات الدوائية :

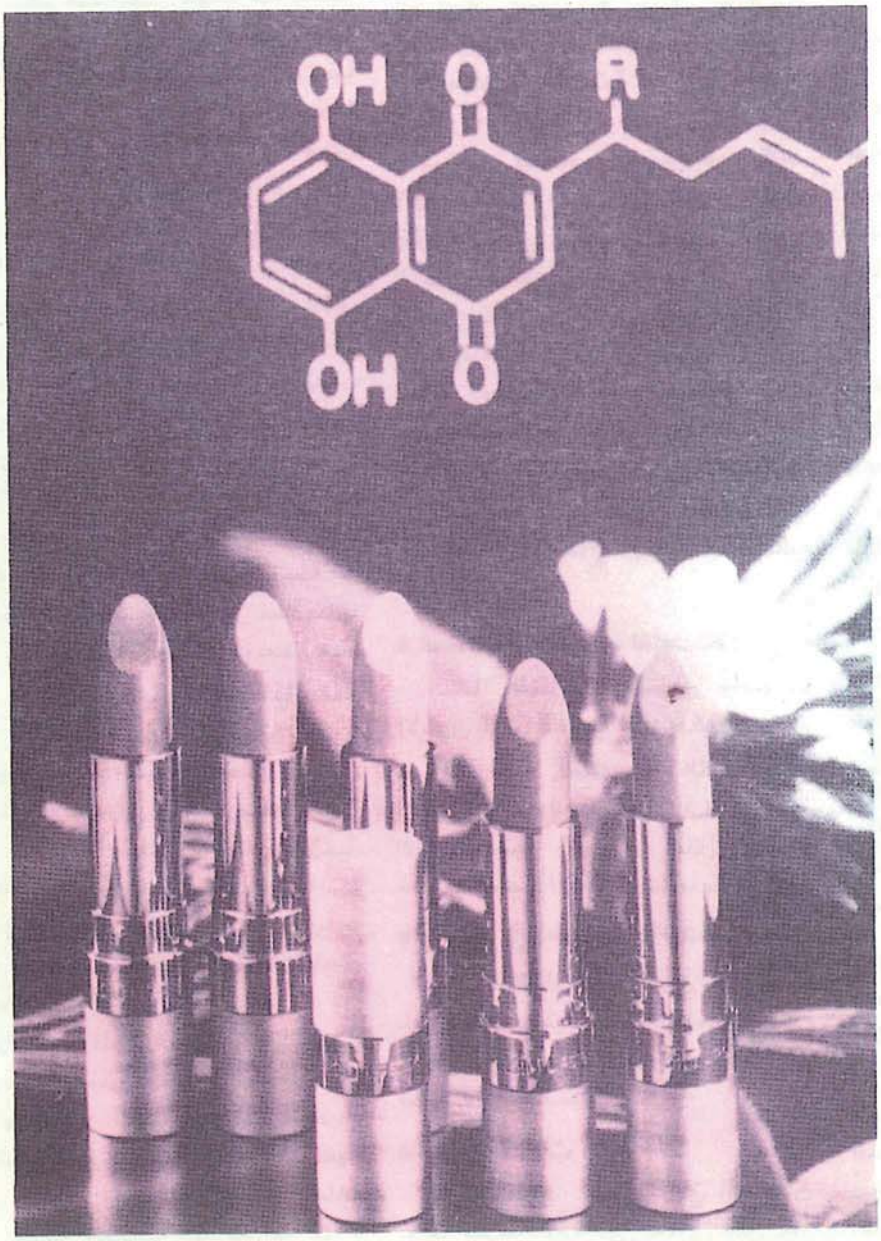
لقد كانت صناعة الأدوية أول من استفاد من الهندسة الوراثية ومن المتوقع أنها ستفيد أكثر مع تقدم هذا العلم ، وفي الوقت الحالي تمت معالجة بعض الكائنات الدقيقة لتصنع الأنسولين البشري (Human insulin) والانترفيرون، وهرمون النمو (Growth Hormone) ومواد دوائية أخرى عديدة .

ومن المنتجات التي يمكن أن تتأثر بالهندسة الوراثية في العقد أو العقدين القادمين المركبات غير البروتينية مثل معظم المضادات الحيوية ، والمركبات البروتينية مثل الانزيمات ومضادات الأجسام وعديد من الهرمونات والأمصال ، ويحدث ذلك عن طريق تحسين المنتج أو طريقة التصنيع مما يؤدي إلى خفض التكلفة ، كما قد تتوفر إمكانية إنتاج أنواع جديدة .

ولقد تم التعرف على ٤٨ هرمونا يمكن تصنيعها عن طريق التقنية الحيوية واستخدام الكائنات الدقيقة ، ولكن لم تطبق هذه التقنية إلا لتصنيع عشرة منها فقط ، أما الثمانية والثلاثون هرمونا الأخرى فلم تصبح طرق تحضيرها عملية بسبب ضآلة الكميات المنتجة وصعوبة إجراء الاختبارات عليها .

وهناك احتمالات تحضير أمصال اللقاح لمقاومة الطفيليات والأمراض الفيروسية مثل الدوسنتاريا الأميبية ، والتراكوما والملاريا ، وهي أمراض يكثر انتشارها في البلاد غير الصناعية ، وسوف يكون لتحضير هذه الأمصال تأثير فعال في إنقاذ حياة الملايين من الناس .

وربما يكون هناك نوع من التنافس بين التقنية الحيوية وكل من الطرق الكيماوية التقليدية واستخلاص المواد الكيماوية من الأعضاء النباتية والحيوانية في تصنيع بعض المنتجات الدوائية ، ولكن بالنسبة لمنتجات أخرى فإن التقنية الحيوية تمثل الطريقة الوحيدة المعروفة لتصنيع هذه المواد بكميات وفيرة دون الدخول في أية منافسة مع أية طريقة أو وسيلة أخرى .



تستخدم التقنية الحيوية الآن لصنع مواد التجميل من مواد حيوية نظيفة بدلا من تحضيرها المعتاد من مواد كيماوية ضارة .

وتؤثر الهندسة الوراثية في توفير الأدوية تأثيرين مختلفين :

١ ــ سوف توفر الهندسة الوراثية الأدوية التي تبشر بالنجاح في علاج بعض الأمراض بكميات وفيرة مما يسهل تجربتها في الاختبارات السريرية ، وعلى سبيل المثال يمكن اختبار كفاءة الانترفيرون في علاج السرطان والأمراض الفيروسية ، كما يمكن أن يختبر مدى قدرة هرمون النمو على التئام الجروح .

٢ ــ سوف توفر الهندسة الوراثية المواد الأخرى الفعالة دوائيا والتي لاتعرف استخداماتها في الوقت الحالي ، وسوف تكون أسعار هذه المواد رخيصة مما يشجع الباحثين على اجراء التجارب عليها واكتشاف استخداماتها الجديدة ، مما يؤدي بالطبع إلى معرفة أنواع جديدة لعلاج بعض الأمراض ، وعلى سبيل المثال ، فإن البروتينات النظامية التي تمثل نوعية خاصة من الجزيئات التي تسيطر على الأنشطة الجينية توجد في الجسم بكميات ضئيلة لاتمكن العلماء بالقيام بتجارب حولها ولكن الآن ولأول مرة يمكن للهندسة الوراثية ان توفر هذه البروتينات بكميات معقولة تسمح بدراستها وتحديد صفاتها .

ولا يعني وجود المواد الدوائية اننا يمكن أن نستخدمها مباشرة في الأغراض الطبية ، بل انها يجب أن تمر بسلسلة من الاختبارات للتأكد من مدى صلاحيتها وعدم تسببها في آثار جانبية ، وبعض هذه المواد قد تثبت اهميته الاقتصادية، فعلى سبيل المثال إذا ثبت أن للانترفيرون تأثيرا ايجابيا في علاج السرطان وضد الأمراض الفيروسية ، فسوف يحقق بيعه أرباحا طائلة ، أما إذا ثبت أن قوته العلاجية محدودة فإنه لن يجد سوقا رائجة .

وعلى اية حال ــ حتى في عدم وجود اهمية طبية للمواد التي انتجت باستخدام الهندسة الوراثية ، فيكفي ماقدمته من التأثيرات غير المباشرة على تقدم الأبحاث فلأول مرة تختبر الظواهر الطبية على مستوى الخلية ، حيث تؤثر هذه المواد في مكوناتها ، فهي إذا مواد لها قيمتها لفهم تركيب الخلايا ووظيفتها ، وسوف تساعد هذه المعرفة المكتسبة إلى تطوير انواع اخرى من العلاج أو الاجراءات الوقائية ضد الأمراض .

الصناعات الكيماوية :

يعاني العالم اليوم من نقص التموين بالبترول الذي كان هو المادة الخام الأولى لكثير من الصناعات الكيماوية ، وتعاني الدول النامية أكثر من غيرها بسبب ارتفاع أسعاره وعدم قدرتها على دفع قيمة ما كانت تستورده في السابق ، والبديل للبترول هو الفحم ، والكتل الحيوية وهي مصادر متجددة تتكون من المواد النباتية والحيوانية .

ومنذ عدة عقود مضت أمكن تحضير الكتل الحيوية وتحويلها إلى مواد كيماوية عضوية مثل حامض الستريك ، والكحول الاثيلي ، والاحماض الأمينية ، أما المواد العضوية الأخرى مثل الاسيتون والبيوتانول وحامض الفيوماريك، فكانت كلها تصنع في وقت ما بتخمير المواد الأولية حتى ظهرت طرق الانتاج الكيماوية التي ساندها رخص النفط والغاز الطبيعي كوسيلة اقتصادية لتصنيع هذه المواد ومن الوجهة النظرية فغالبا ما يمكن تصنيع اية مادة عضوية بعملية حيوية .

وتمتاز عمليات التخمر الكيماوي باستخدام الهندسة الوراثية بعدة مزايا عن وسائل الانتاج الكيماوي الحالية هي :

* استخدام المصادر المتجددة :

النشا والسكاكر والسليلوز والمكونات الأخرى للكتل الحيوية التي يمكن أن تخدم كمواد اولية لصناعة الكيماويات العضوية ، وعن طريق الإدارة الزراعية السليمة يمكن أن توفر الكتل الحيوية مصدرا متجددا دائما للصناعة .

* الانتاج في خطوة واحدة :

يمكن للكائنات الدقيقة أن تقوم بعدة خطوات في عملية تصنيع واحدة ، وهي بذلك تجنبنا الحاجة للخطوات المرحلية من فصل وتنقية ..... الخ .

* تقليل التلوث :

لأن العمليات الحيوية في التفاعلات نوعية بدرجة كبيرة فهي تعمل كعامل حفز وتحكم في المنتج وتقلل من المواد الجانبية غير المرغوب فيها ، ونتيجة لذلك فهي تنتج كميات أقل من الملوثات التي تحتاج إلى مراقبتها والتخلص منها .

وسوف تغطي التقنية الحيوية نطاقا كاملاً للمجموعات الكيماوية البلاستيك ، اللدائن ، مواد نكهات الطعام والعطور ، المطاط الصناعي ، الكيماويات الدوائية ، مضادات الآفات ، والمواد الأولية التي كانت تصنع من البترول ، ومع ذلك فإن المواد المعينة التي سوف تتأثر منها في كل مجموعة يمكن أن تختار فقط على أساس كل حالة بمفردها ، لأنه عند تطبيق الوراثة يجب أن نأخذ في الاعتبار مجموعة من العوامل ، وتقدر الحسابات الأولية القيمة الاقتصادية لهذه التقنية بما يعادل بلايين الدولارات في العام من إنتاج عدة عشرات من المواد الكيماوية خلال العشرين عاما القادمة .

صناعة المواد الغذائية :

يمكن استخدام الهندسة الوراثية في صناعة الأغذية بإحدى طريقتين : تشكيل الكائن الدقيق الذي يحول الكتل الحيوية غير المفيدة إلى طعام للاستهلاك الآدمي أو إلى أعلاف للحيوانات وتشكيل الكائنات الدقيقة التي تساعد في تصنيع الأغذية سواء بالفعل المباشر بانتاج الغذاء نفسه أم بتصنيع مواد تضاف الى الطعام .

واصبح الآن استخدام علم الوراثة لتشكيل كائنات لها صفات خاصة لتصنيع الأغذية اجراءً معروفا جيدا ، ولقد صنعت الأطعمة والمشروبات المخمرة باستخدام سلالات مختارة للكائنات المطفرة (على سبيل المثال الخميرة) ، ومنذ عدة قرون ، ولكن منذ فترة وجيزة فتحت التقنية الحيوية إمكانيات جديدة ، وبالأخص في توفير الأنزيمات على نطاق واسع ، وسوف تلعب دورا متزايدا في تصنيع الأغذية .

ويبدو أن تطبيق الوراثة الجزيئية يظهر في صناعة الغذاء وكأنه يأتي على مراحل أو بالقطعة !

.. الكتل الحيوية غير القابلة للأكل ، ونفايات الحيوانات والإنسان ، وبقايا الصناعات المختلفة،تحولها الكائنات الدقيقة بداخلها إلى مواد دقيقة صالحة للأكل غنية بالبروتين (يدعى بروتين احادي الخلية) ، ولكن مازالت تكلفة انتاجه مرتفعة ، ويجب ان يستطيع هذا البروتين أن ينافس

مصادر البروتين الرخيصة مثل فول الصويا ووجبات الأسماك وغيرها .

•• ويمكن أن نحدس ببعض النجاح في إنتاج بعض الإضافات الغذائية مثل الفركتوز (سكر) ومواد التحلية الأخرى الاصطناعية مثل مادة اسبرتام وفي تحسين البروتين احادي الخلية .

ولا يمكن أن نجد في القريب العاجل أي تقدم على مستوى الصناعة بسبب عدة عوامل متصارعة هي :

•• لم تطور حتى الآن المعرفة الأساس للخواص الوراثية التي يمكن أن تحسن الطعام .

•• مازالت صناعة الأغذية متحفظة بالنسبة للنفقات على الأبحاث وتطوير التصنيع .. وبوجه عام فإن النفقات في هذا المجال لا تزيد عن نصف أو ثلث النفقات التي تصرف في أي مشروع تقني متقدم .

•• يجب أن ترضي الجهات المسؤولة عن الأغذية عن المنتج من المصادر الميكروبية وأن يقابل القواعد الصحية التي تضعها والتي تتضمن بعض الاختبارات لإثبات عدم وجود اية تأثيرات ضارة .

في الزراعة :

هناك عدة أساليب لإنتاج نباتات افضل ، وكلها تتم على أساس التكاثر اللاتزاوجي ، وهكذا يتجنبون التخمير الجيني العادي المقترن بالإكثار النباتي التقليدي ، مما يوفر لعلماء النباتات تحكما أكثر في خصائص النبات ، وهناك اربع من التقنيات الواعدة :

* تشكيلة الطعام الجسدي :

حيث تزرع الخلايا في هرمونات خاصة ومواد غذائية قد تظهر تغييرات جينية جديدة وغير عادية ، واكثر التشكيلات التجارية إثارة يتم عزلها لإجراء مزيد من الدراسة ، وقد أتت العملية ثمارها بالفعل ، وقد توفر للمستهلك قريبا طماطم افضل مذاقا ، وفشارا يحتوي على كمية أكبر من الدهن ولكن منخفض السعرات الحرارية ، وغيرها من المحاصيل التجارية العامة .

* تكوين جسد الجنين :

وهي وسيلة تنتج فيها الخلايا التي تنمى في مزرعة ولا تظهر هذه الأجنة اختلافا بل تماثلاً واتساقا ، حينئذ يمكن وضع الأجنة في كبسولات كبذور اصطناعية تحتوي على سمادها ومبيدها الحشري ، وينتظر أن تكون أسهل في زراعتها وحصادها .

* الاندماج البروتوبلاستي :

وهي وسيلة للجمع بين خلايا نباتين مختلفين — فضلا عن خصائصهما الجينية — في محصول جديد تماما يظهر افضل خصائص النوعين .

* جزيء الدنا المعاد اتحاده :

حيث تحدد جينات نبات معين ثم تنقل إلى نبات مستهدف ، ورغم أن الفوائد العامة لعملية التطعيم التراكبي هذه لا تزال على بعد سنوات ، يبقى العلم أعظم أداة لايجاد تشكيلة جديدة من النباتات وقد أوجد بالفعل نباتات قطن وتبغ تنتج مبيداتها الخاصة .

وأهم ميزة للتقنية الحيوية في الزراعة هي عامل الوقت ، ففي حين ينتج الانماء التقليدي (أي تهجين النباتات فرديا) أنواعا قيمة جديدة خلال ٧ إلى ١٠ سنوات من المنتظر أن تثمر العملية الجديدة في جزء من ذلك الوقت ، وقد يستغرق ذلك « ١٨ إلى ٢٤ شهرا » .

الهندسة الوراثية وتصنيع هرمون الأنسولين

الهندسة الوراثية هي علم التعامل مع الحامض النووي الـ DNA فمنذ أن اكتشف هذا الحامض عرف الكثير عن الجينات (المورثات) : وظائفها وكيفية التعامل معها ، ولقد طورت عدة طرق تسمى اعادة اتحاد الـ DNA وهذه الطرق تجمع بين المعلومات عن صفات بعض الكائنات وبين الشيفرة لصناعة البروتينات المختلفة ، وتسفر تجارب إعادة اتحاد الدنا عن خلق خلية يمكنها أن تصنع مادة بعينها (بروتينا) ، ونحصل على مثل هذه الخلية بربط جينات من كائنات مختلفة .

واستخدمت البكتيريا (Ecoli) في معظم تجارب اتحاد الـ DNA، لأن تركيب جيناتها درس دراسة وافية ، وبعض هذه البكتيريا يحتوي على بلازميدات ، وهي حلقات من الصبغيات الرئيسة تكون القطع البنائية الوراثية التي يغرس فيها جينات الكائن الآخر (وهذه العملية تسمى إعادة ربط الجينات) .

وفي حالة هرمون الأنسولين وهي المادة التي يحتاجها الجسم لعمليات تمثيل السكر العادية فإن المصابين بداء السكري يحقنون بهرمون الأنسولين المحضر من بنكرياس البهائم ، وبعض المرضى لا يتقبلون الأنسولين المصنع من البهائم ، والآن يمكن صناعة أنسولين بشري باستخدام طرق اعادة اتحاد الدنا ، وتتكون عملية تحضير الأنسولين بهذه الطريقة من أربع خطوات :

١ — يستخرج جين انتاج الأنسولين من خلايا البنكرياس البشري باستخدام بعض الأنزيمات وتجرى العملية في أنبوبة اختبار .

٢ — وحينما نحصل على الجين يغرس في بلازميد بكتريا الكولاي بعد معاملة البلازميد بانزيم معين يكسره في مكان معين ، عنده تتفاعل القواعد المكشوفة من الـ DNA البكتيري مع قواعد الجين البشري الذي غرسناه في البلازميد ، وباستخدام انزيم آخر ترتبط جينات الكائنين المختلفين ، والبلازميد الناتج يحتوي على الـ DNA المعاد اتحاده وهو الـ DNAمن البكتيريا والـ DNA المغروس (جين إنتاج الأنسولين) .

٣ — تتكاثر البلازميدات المعاد اتحادها في البكتيريا منتجة نسخا جديدة ، وايضا تتكاثر الخلايا البكتيرية لتعطي نسخا من الجين البشري .

٤ — ويمكن بعد ذلك التحقق من الجين الجديد باستخدامه في انتاج البروتين (الأنسولين البشري) على مستوى صناعي .

الكائنات المشكلة وراثياً والبيئة :

تشكل الكائنات الدقيقة الآن وراثيا لتؤدي عملها في ثلاثة مجالات .

- ٠٠ استخراج المعادن .
- ٠٠ استخراج النفط .
- ٠٠ التحكم في التلوث .

وتتصف كل هذه العمليات بالصفات التالية :

- ٠٠ استخدام كميات كبيرة من الكائنات الدقيقة .
- ٠٠ عدم دقة التحكم في سلوك ومصير الكائنات الدقيقة .
- ٠٠ احتمال الاخلال بالتوازن البيئي .
- ٠٠ تطوير اقل للابحاث والتنمية مما هو حادث في الصناعات الآخرى التي تستخدم فيها الكائنات تحت ظروف متحكم فيها .

استخراج المعادن :

استخدمت البكتيريا لإطلاق الفلزات مثل اليورانيوم والنحاس من الخامات التي تحتوي على نسبة منخفضة منها ، وعلى الرغم من وجود أسباب توحي بأن اطلاق هذه الفلزات من معادنها تقع تحت سيطرة الخواص الوراثية للكائنات الدقيقة ، فإنه ليس هناك اية معلومات عن طبيعة آلية العملية ، ولهذا فإن تطبيق الهندسة الوراثية في هذا المجال مازال عملا تخيليا يعتمد على بعض التوقعات ، ومازال التقدم في المجال بطيئا حيث الأبحاث التي تجرى فيه قليلة .

وبالإضافة إلى إطلاق الفلزات ، يمكن استخدام الكائنات الدقيقة لاستخراج الفلزات الثمينة أو للتخلص من الشوائب الفلزية من المحاليل المخففة ، مثل مجاري نفايات المصانع ، وتعتمد هذه العملية على قدرة الكائن الحي على ربط الفلزات بسطحه ثم تركيزها داخليا .

ومازالت المنافسة الاقتصادية لهذه العمليات لم تتطور ، لأن الأبحاث الوراثية في هذا المجال بدأت حديثا ، وحتى يمكن تخفيض تكلفة تشكيل الكائنات الحية فإن هذا المدخل يظل عقبة رئيسة

حفز عملية استخراج النفط :

حينما تضعف قوة طرد النفط تجرب عدة طرق اخرى في مضمار الجهود لاستخراجه من باطن الأرض ، ولقد ساعد حقن مستودعات النفط بالكيماويات في كثير من الحالات عملية الاستخراج حيث يعدل هذا الحقن على تغيير آلية تدفق النفط .

والكائنات الدقيقة يمكن أن تنتج الكيماويات التي تساعد على زيادة التدفق ، ونظريا يمكنها ايضا أن تنمو داخل الآبار نفسها منتجة هذه الكيماويات في المكان ، ومركب الزانسان Xan-xan المستخدم حاليا في هذه العملية بعيد كل البعد عن أن يكون مادة مثالية ، والهندسة الوراثية مؤهلة لأن تنتج مواد كيماوية اكثر فائدة .

ويجري البحث الآن لإيجاد الكائنات الحية التي يمكن أن تعمل في بيئة مستودعات النفط ، ثم تحسن صفاتها وراثيا .

الانترفيرون Interferon

لا يبدو أن مضادات الأجسام التي تفرزها الخلايا المصابة بالفيروس هي التي تعمل على الحماية ضد هذه الفيروسات ، وعوضا عن ذلك فإن خلايا الجسم التي أصابها الفيروس تفرز بروتينا يلعب دورا في الدفاع ضد الفيروس ، ويعمل هذا البروتين على حماية الخلايا الأخرى من الفيروس ، فهو يترك الخلايا المصابة وينتقل إلى الخلايا السليمة المجاورة ، وهناك يساعد في تصنيع بروتين آخر يحمي الخلية حيث يمنع تكاثر أي فيروس يدخل الخلية ، ولقد سمي هذا البروتين الأول Interferon لأنه يتداخل Interfere مع نشاط الفيروس ويحد منه .

ومنذ اكتشاف الانترفيرون عام ١٩٥٥ يأمل العلماء في استخدامه ضد الأمراض الفيروسية وبعضهم يظن أنه ربما يكون ذا فائدة في علاج بعض أنواع السرطان . ولما كان استخراج الأنترفيرون من الخلايا صعبا ومكلفا ، فإنه يصنع الآن بطرق اتحاد الـ DNA التي تسمح بتحضيره بكميات أوفر .

التحكم في التلوث :

كثير من الكائنات الدقيقة تمتص أنواعا مختلفة من الملوثات وتغيرها إلى مواد أقل ضررا نسبيا قبل أن تموت ، وكان لهذه الكائنات دور في التحكم الطبيعي في التلوث ، وعلى الرغم من ذلك فإن كثيرا من البلديات تعارض إضافة الميكروبات إلى اجهزة المجاري بالمدن ، ففي اماكن بقع الزيت الكبيرة في البحار والمحيطات فإن البكتيريا والخميرة والطحالب موجودة هناك فعلا وتقوم بدورها في تفتيت البقعة وتكسيرها ، ولم يتضح بعد أية فائدة تنتج عن إضافة البكتيريا إلى أماكن البقع .

وعلى الرغم من هذه الاعتراضات ضد استخدام البكتيريا فإن المنتجات الحيوية ضد التلوث تقدر بحوالي من ٢ إلى ٤ مليون دولار، سنويا في الولايات المتحدة تتنافسها حوالي ٢٠ شركة ، وتقدر السوق المتوقعة لإنتاج البكتيريا بحوالي ٢٠٠ مليون دولار في العام .

وإلى الآن فإن السلالات المشكلة وراثيا لم تستخدم للتحكم في مشكلات التلوث ، فإن القيود التي تتضمن المسئولية تجاه تدمير الصحة العامة ، والبيئة ، والاقتصاد تجعل بيع أو إنتاج هذه الميكروبات عملية غير مربحة .

وسوف تشجع الشواهد المقنعة بأن الميكروبات يمكنها أن تزيل التلوث الشديد على تطبيقاتها ، ولكن القيود مازالت تحد من الأبحاث الضرورية لتطويرها .

وهكذا تسير الهندسة الوراثية بخطوات بطيئة ومحسوبة في بعض المجالات ، ومازالت في حاجة إلى إنشاء قواعد للمعلومات عن إمكانيات استخداماتها ، وحتى في وجود المعلومات العلمية الكافية فإن تطبيقها يصطدم بعقبات كثيرة ، فاستغلال أنشطة هذه الميكروبات يحتاج إلى تضافر جهود العلماء من التخصصات المختلفة ، كما أن هناك الخوف الذي يسيطر على العاملين في هذا المجال من انتشار هذه الميكروبات في البيئة مما يؤدي إلى تأثيرات ضارة بحياة الإنسان فضلا عما يثيره هذا الاستخدام من نواحي قانونية من الصعب التعامل معها .