

## الفصل الخامس

### القواعد الجزيئية للوراثة molecular basic in inheritance

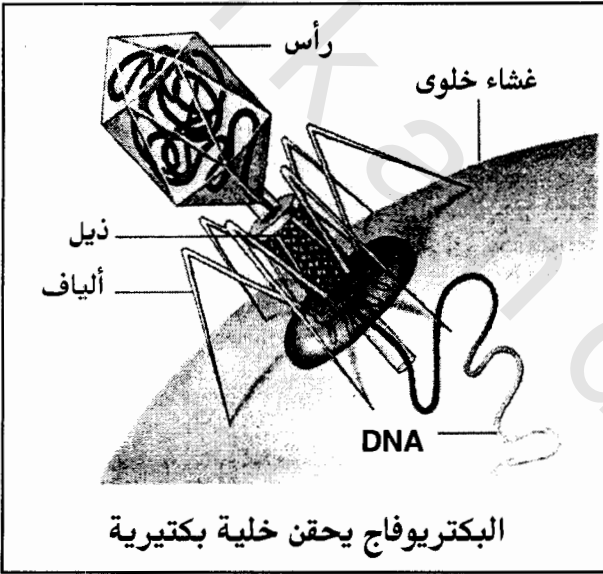
- طبيعة المادة الوراثية .
- الحمض النووي الديوكسي ريبوز **DNA** .
- الكروموسومات .
- تضاعف **DNA** .
- الشفرة الوراثية .
- الحمض النووي الريبوزي **RNA** .
- الترجمة .
- الطفرة .
- الفيروس .
- الهندسة الوراثية .

## طبيعة المادة الوراثية

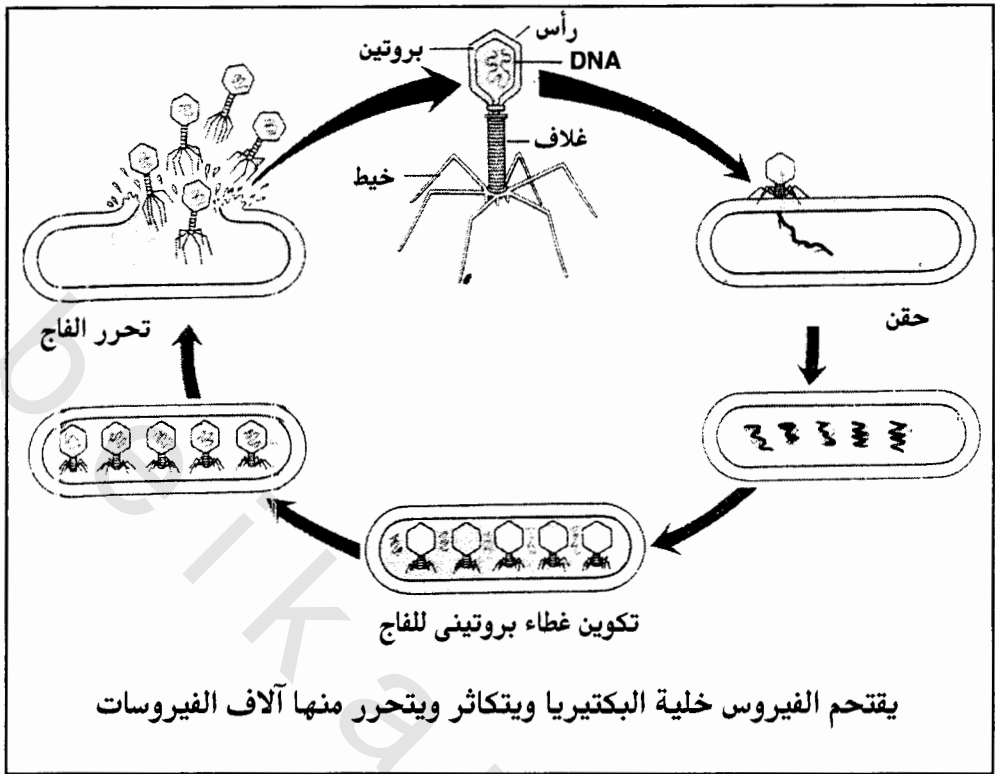
في منتصف عام ١٩٥٠ كان من المعروف أن الجينات محمولة على الكروموسومات وأن الكروموسومات تحتوى كل من DNA ( الحمض النووى الديوكسى ) والبروتين ولم يكن مؤكداً أى منهما مادة الوراثة ، وقد لجأ العلماء إلى تجارب الفيروسات للوقوف على مادة الوراثة ؛ وذلك لأن الفيروسات جسيمات دقيقة تحتوى غطاء خارجى من البروتين وقلب داخلى من الحمض النووى وغالبا من نوع DNA .

وقد اختير الفيروس الذى

يهاجم البكتيريا والمعروف بالبكتريوفاج أو T virus والذى يهاجم خلايا البكتيريا ويتكاثر داخلها وتنتج الخلية البكتيرية عدداً من الفيروسات وقد بدأ العمل بمزارع تحتوى البكتيريا والفيروس فى وجود كبريت مشع وفوسفور مشع حيث يدخل الكبريت  $^{35}\text{S}$  المشع فى تركيب الغطاء



البروتينى للفيروس ويدخل الفوسفور  $^{32}\text{P}$  فى تركيب مادة DNA ( الفوسفور لا يدخل فى تركيب البروتين والكبريت لا يدخل فى تركيب DNA ) وسمح لهذه الفيروسات المعالجة بعناصر مشعة فى مهاجمة البكتيريا ووجدوا أن DNA فقط هو الذى يدخل خلية البكتيريا ويقوم بعملية إنتاج جزيئاته ومن ثم فهو مادة الوراثة .

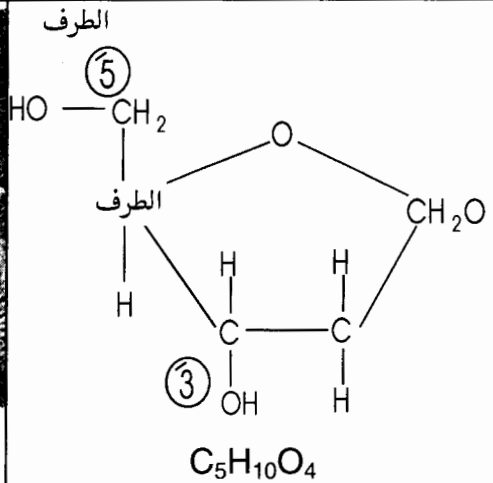


## الحمض النووي الديوكسي ريبوز DNA Deoxy ribo nucleic acid

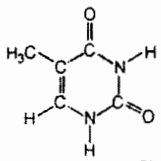
الحمض النووي الديوكسي ريبوز يحتوي تكرارية متعددة من أربع وحدات بنائية هي النيوكليوتيدات وكل نيوكليوتيد مركب من ثلاث تحت وحدات هي حمض الفوسفوريك ( فوسفات ) وسكر البننوز ( ديوكسي ريبوز ) وقاعدة نيتروجينية إما من القواعد البيورينية وهي الأدينين A والجوانين G وكل منهما يتركب من حلقتين أو من القواعد البيريميدينية وهي الثايمين T والسيتوزين C وكل منهما يتركب من حلقة مفردة . وتتصل النيوكليوتيدات مع بعضها مكونة بوليمر أو قالب هيكله البنائي من السكر والفوسفات مع القواعد ويتكون الهيكل البنائي لـ DNA من قالبين على هيئة لولب مزدوج ويرتبط القالبان معاً براوابط هيدروجينية بين القواعد البيورينية والقواعد البيريميدينية بحيث يتصل الثايمين T مع الأدينين A ويتصل الجوانين G مع السيتوزين C .



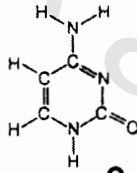
مادة **DNA** عندما حصل عليها العلماء من الغدة  
التي موسية للعجول وحولت من سائل إلى صلب ثم  
أجريت عليها تجارب التحليل الكيميائي والتجارب  
الفيزيائية لدراسة تركيب هذه المادة



سكر الديوكسي ريبوز

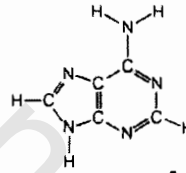


T

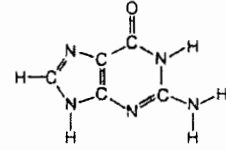


C

البيريميدينات



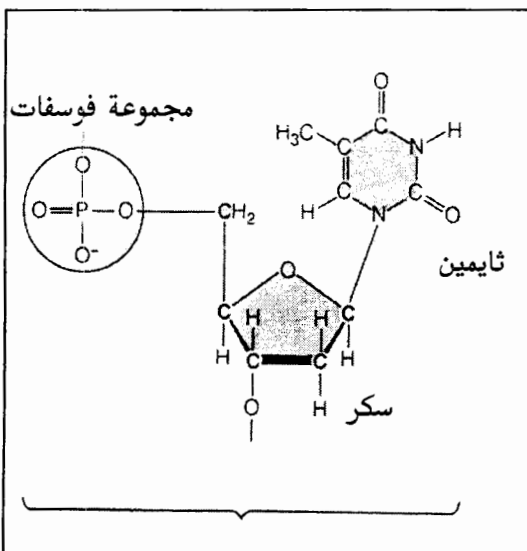
A



G

البورينات

القواعد النيتروجينية



النوكليوتيد

(وحدة بناء الحمض)

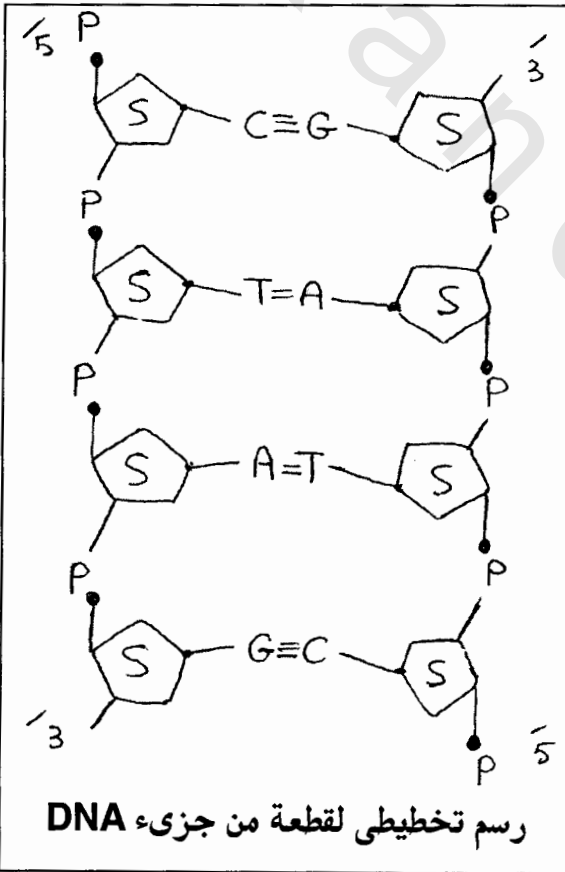
### \* النيوكليوتيد :

ترتبط القاعدة النيتروجينية بذرة الكربون رقم 1 في جزيء سكر الديوكسي ريبوز بينما يرتبط الفوسفات بذرة الكربون رقم 5 . وبذلك يتكون النيوكليوتيد وتصبح ذرة الكربون رقم 3 هي منطقة النشاط الكيميائي في النيوكليوتيد .

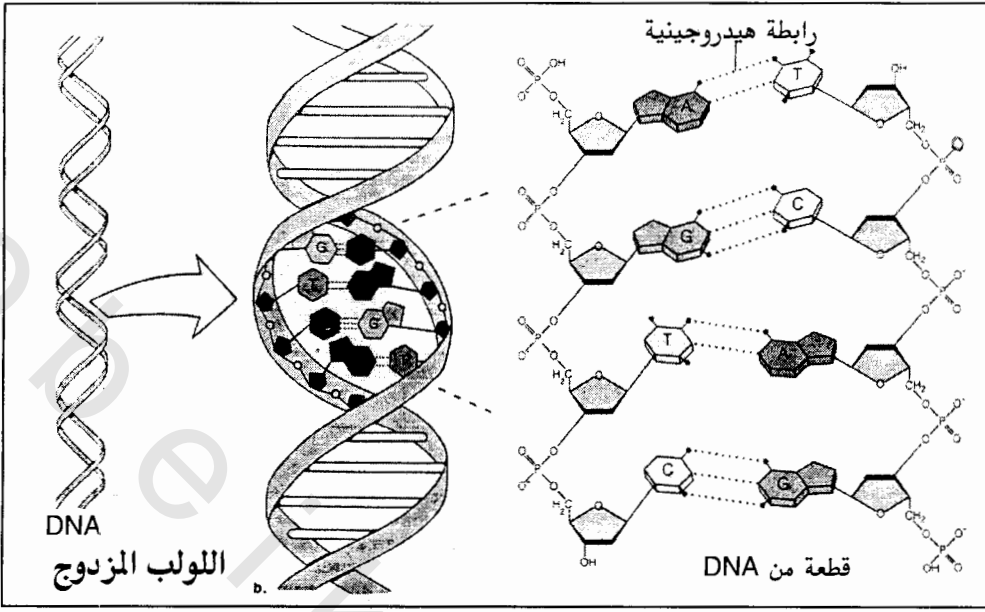
### \* تتابع النيوكليوتيد :

يرتبط كل نيوكليوتيد مع الآخر لتكوين بوليمر حيث تتصل ذرة الكربون رقم 3 في النيوكليوتيد بمجموعة الفوسفات في نيوكليوتيد آخر ويتكرر ذلك حتى يتكون تتابع من النيوكليوتيدات يبدأ بالطرف 5 وتنتهي بالطرف 3 ويكون ارتباط السكر مع الفوسفات دائما براوطة تساهمية قوية .

### \* ارتباط القواعد النيتروجينية في القالبين :

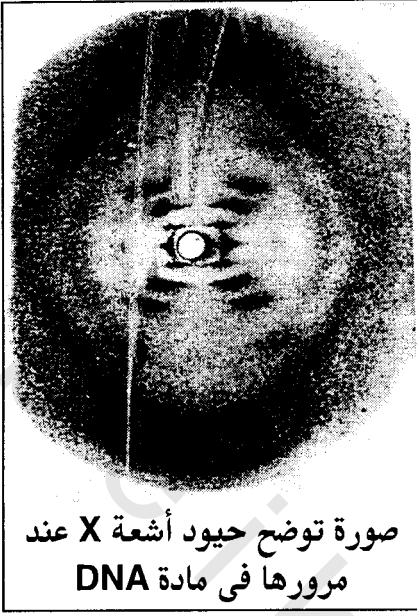


ليتحقق الارتباط بين الأدينين والثايمين والذي يتم برابطة هيدروجينية ضعيفة ويتكون بينهما رابطة ثنائية ، ويتم الارتباط بين السيتوزين والجوانين بثلاث روابط هيدروجينية ليتحقق هذا الارتباط بين قالبى DNA لابد أن يكون أحد القالبين فى وضع معكوس بالنسبة للقالب الآخر بمعنى أن أحدهما يبدأ بالطرف 5 وينتهى بالطرف 3 والآخر يبدأ بالطرف 3 وينتهى بالطرف 5 .



جزئ DNA حسب  
تصور واظن وكريك

فى عام ١٩٥١ بدأ العالم الأمريكى البيولوجى جيمس واظن والعالم الفيزيائى الإنجليزى فرانسيس كريك فى بناء نموذج يوضح تركيب DNA واضعين فى الاعتبار أن هذا النموذج لا بد أن يفسر كيف أن مادة DNA تختلف من نوع لآخر ومن فرد لآخر ، وأن يفسر هذا النموذج كيف أن مادة DNA لها القدرة على التضاعف وتكوين نسخة أخرى منها وأن النسختين تستقر كل منهما فى خلية من الخليتين الناتجتين من الانقسام الميتوزى ، وقد رتب المعطيات التى توصل إليها العلماء الآخرون من حيث أن DNA بوليمر من عديد النيوكليوتيدات وقد توصل الكيميائى تشارجاف فى عام ١٩٤٠ لنوعية القواعد الأربع وطريقة اتحاد بعضها مع بعض ، وكذلك توصلت العاملة فرانكلين إلى أن جزء DNA عبارة عن لولب مزدوج وذلك لوجود ظاهرة تصالب البقع السوداء فى مركز مصور بأشعة X أخذ لمادة DNA وأن هذه الصورة تحتوى مناطق سوداء أعلى وأسفل الصورة مما يدل على ازدواج القواعد العضوية بين قالبى DNA .



صورة توضح حيود أشعة X عند مرورها في مادة DNA

وفى ضوء هذه المعطيات أوضح كل من واطسن وكريك أن جزيء DNA يشبه السلم المزدوج ويصنع جوانب السلم تتابع جزيئات السكر والفوسفات وتصنع القواعد العضوية درجات هذا السلم وأن هذا التصور يفسر طبيعة مادة DNA الوراثة .

### \* الخلاصة :

• يتركب جزيء DNA من سلسلتين متكاملتين من تتابع النيوكليوتيدات مرتبطين براوطة هيدروجينية بين قواعد البيورينات والبيريميديات ، حيث وجد أن عدد جزيئات

البيورينات مساوٍ لعدد جزيئات البيريميديات وبالتحديد عدد جزيئات الأدينين مساوٍ لعدد جزيئات الثايمين وعدد جزيئات الجوانين مساوٍ لعدد جزيئات السيتوزين حيث تتزاوج القواعد بنظام ثابت يتحد فيه الأدينين مع الثايمين برابطة هيدروجينية ثنائية والجوانين مع السيتوزين برابطة هيدروجينية ثلاثية .

$$G \equiv C$$

$$A = T$$

• الروابط بين السكر والفوسفات فى بوليمر عديد النيوكليوتيد تساهمية قوية بينما الروابط بين القواعد هيدروجينية ضعيفة ، ويتفق هذا مع وظيفة حمض DNA حيث أن انفصال الروابط الهيدروجينية ضرورى لنقل الخصائص الوراثة من خلال عمليات التضاعف والنسخ .

• يأخذ جزيء DNA شكل اللولب المزدوج Double helix حيث تلتف السلسلتان المتكاملتان وتحتوى كل لفة كاملة للحلزون على عشر قواعد .

• تشكل الجهة الخارجية من جزيء DNA شحنات الفوسفات السالبة التى تتجاذب مع البروتينات الموجبة ( هستونات ) مكونة الوحدة البنائية فى الكروموسوم وهى النيوكليوسوم ( DNA + بروتين هستونى ) .

• تتابع القواعد العضوية فى جزىء DNA يمثلى شفرة وراثية يتوقف عليها تكوين بروتينات تحكم الوظائف الحيوية فى الخلية ، وينتقل هذا التتابع بنفس النظام من الخلايا الأم إلى الخلايا الناتجة عنها عند الانقسام الخلوى وذلك عن طريق تضاعف مادة DNA (DNA Replication) .

### • المادة الوراثية فى بدائيات النواة والبلازميدات :

- توجد المادة الوراثية فى البكتيريا كشریط حلزونى من DNA . ولا يحاط بنواة بالإضافة إلى احتواء خلايا البكتيريا على مصدر إضافى للمعلومات ممثل فى البلازميد وهو جزىء من مادة DNA على شكل حلقة ولا يعتبر جزءًا من DNA البكتيرى كما أن البلازميد له القدرة على الحركة إلى خارج الخلية أو داخلها .

### الكروموسومات

فى خلايا حقيقيات النواة تتواجد المادة الوراثية فى صورة الكروماتين ( خليط من DNA والبروتين ) ويشبه الكروماتين حبات الخرز المنظومة فى خيط وتسمى حبات الخرز النيوكليوسومات ، ويتركب النيوكليوسوم من جزىء DNA ملتف حول بروتين هستونى وتتجمع النيوكليوسومات فى وجود بروتينات غير هستونية لتكوين خيوط الكروماتين التى تتكاثف فى الكروموسوم ، وبذلك يتم احتواء المعلومات الوراثية المثلة فى شريط DNA الذى يصل طوله افتراضا فى خلية الإنسان إلى ثلاثة أمتار - يتم احتوائها فى الكروموسوم داخل النواة وبالطبع لكى يقوم DNA بعمله الوراثى لابد أن يتحرر من هذا التعقد مع البروتين وذلك فى المواقع التى تمثل الجينات التى تعمل داخل الخلية .





وبالتالى فإن شبكة الكروموسومات داخل النوواة أشبه ما تكون بكمبيوتر يخزن عدداً لا نهائى من المعلومات . ومظاهر النشاط الجينى على الكروموسومات تعنى نسخ DNA لحمض RNA الذى يحمل الشفرة الوراثية والتي تظهر الصفة الوراثية من خلال قدرتها على تكوين بروتين معين .

### \* مفهوم الجين Gene concept

تحدد الجينات طبيعة وحياة الخلية وتخليق البروتينات الخاصة وتكوين الإنزيمات وانقسام الخلية وكل وظائف الأيض الخلوى .

والجين عبارة عن تتابع معين للقواعد العضوية فى جزء من جزيء DNA وهذا التتابع هو المتحكم فى نسخ الشفرة الوراثية RNA وتكوين البروتين .

جين ← بروتين ← صفة

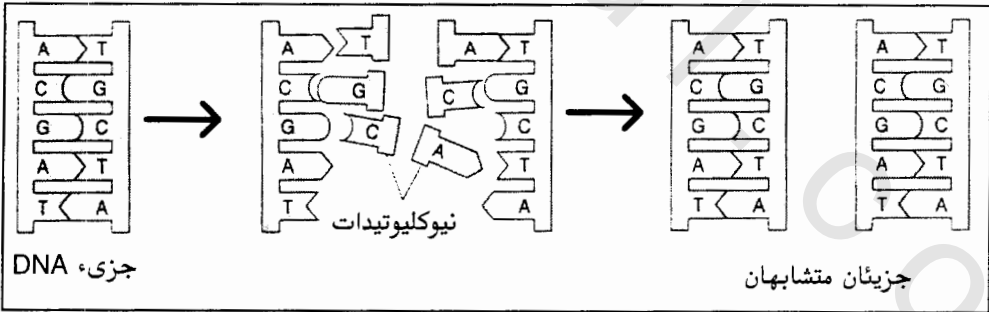
وحيث أن كل بروتين يتكون من عدة سلاسل من الأحماض الأمينية يحددها الجين ( نوعاً وترتيباً ) .

وبالرغم من أن جميع جزيئات DNA لها نفس التركيب العام إلا أن كل منها فريد وذلك بسبب تتابع القواعد المختلفة ، وهذا التتابع يصدر التعليمات الوراثية التي تحدد تتابع الأحماض الأمينية وتكتب هذه الرسالة أو الشفرة بلغة مكونة من أربعة حروف A , G , T , C هي القواعد العضوية الأربع .

### تضاعف DNA (DNA Replication)

يعتبر كل قالب من قالبى DNA مؤشراً لتركيب القالب الآخر لأن كل منهما مكمل للآخر فى تتابع القواعد العضوية .

وتبدأ عملية التضاعف بانفصال الروابط الهيدروجينية الضعيفة بين القواعد وهنا تبدأ النيوكليوتيدات الجديدة الموجودة دائماً فى النواة فى الارتباط بالنيوكليوتيدات المنفصلة حيث يتصل نيوكليوتيد يحمل قاعدة الأدينين بالنيوكليوتيد حامل الثايمين والنيوكليوتيد الذى يحمل الجوانين يتصل بالنيوكليوتيد حامل السيتوزين والعكس صحيح ، وباستمرار ذلك يتصل السكر والفوسفات فى النيوكليوتيدات الجديدة وتتكون قوالب جديدة للقوالب المنفصلة ويصبح هناك جزيئان متماثلان تماماً من DNA .



وتلعب الإنزيمات دوراً هاماً فى هذه العملية حيث يتحرك إنزيم DNA helicase من أحد طرفى الجزيء إلى الطرف الآخر لفصل الروابط الهيدروجينية ويقوم إنزيم DNA poymarse بربط السكر والفوسفات فى النيوكليوتيدات الجديدة لتكوين قالب جديد لكل قالب من قالبى DNA المنفصلين وكذلك يقوم إنزيم DNA ligase بعمليات ربط النيوكليوتيدات وإصلاح أى عيوب تنشأ من التضاعف .



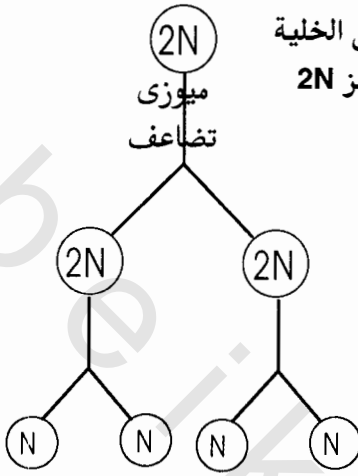
منطقة اللولب الأصلي من DNA  
والتي سوف تنفصل وتتضاعف

منطقة التضاعف حيث انفصلت  
القوالب وبدأت النيوكليوتيدات  
الحررة فى الاتصال بالقوالب لبناء  
قوالب جديدة

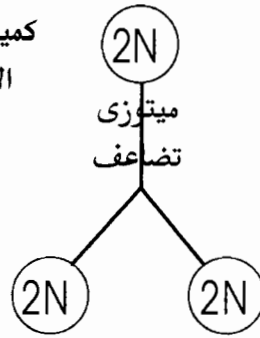
منطقة اكتمال التضاعف حيث  
أصبح كل قالب قديم متحدا مع  
قالب جديد مكمل له وكل لولب  
من اللولبين مطابق للآخر تماماً

ويحدث تضاعف مادة DNA فى بداية الانقسام الخلوى سواء الميتوزى أو الميوزى  
ويهدف إلى المحافظة على الصفات الوراثية بأن تصبح كل خلية من الخلايا الناتجة

بالانقسام الميوزي بها نفس المادة الوراثية للخلية الأم أو أن كل خلية ناتجة من الانقسام الميوزي بها نصف المادة الوراثية للخلية الأم .



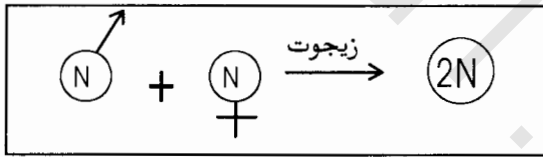
كمية المادة الوراثية في الخلية  
الأم نرمل لها بالرمز 2N



خليتان متماثلتان ناتجتان من الانقسام الميوزي في عملية النمو وعملية تعويض الأنسجة التالفة .

أربع خلايا مشيجية ناتجة من الانقسام الميوزي .

ومعنى أن الخلية المشيجية الناتجة بها نصف المادة الوراثية أن المادة الوراثية سوف تصبح كاملة في الزيجوت عند التقاء مشيج مذكر مع مشيج مؤنث وبذلك يتحقق هدف التضاعف في المحافظة على المادة الوراثية .



### \* الطفرة الكروموسومية Chromosomal mutation :

لكل نوع من أنواع الكائنات الحية نباتاً أو حيواناً عدداً ثابتاً من الكروموسومات . كما أن لكل نوع من هذه الكروموسومات ترتيب معين للجينات على طول كل كروموسوم ، وتنتقل المظاهر الوراثية دون تغير من جيل إلى الجيل الذي يليه . والتغير العددي أو التركيبي للكروموسومات يسبب تغيراً في الطرز المظهرية للفرد ويعرف ذلك بالطفرة الكروموسومية .

ومعظم الكائنات الراقية زوجية المجموعة الكروموسومية Diploid بمعنى أن خلاياها الجسمية تحتوى على مجموعتين من الكروموسومات . أحد المجموعتين يأتي من الأب أو الأمشاج المذكرة والآخر من الأم أو الأمشاج المؤنثة .



الكروموسوم الزائد رقم ٢١ ممثل ثلاث مرات

حالة داون ( البله المغولى )

وقد يحدث تغير في هذا العدد حيث تزداد المجموعة الكروموسومية  $2N$  أحد الكروموسومات وتصبح  $2N + 1$  ( ناتجة من اتحاد جاميطة  $N$  مع أخرى  $N + 1$  بها كروموسوم زائد ) ويكون لذلك تأثير ضار في الإنسان مثل حالة البله المغولى ( داون ) حيث يزداد الكروموسوم رقم ٢١ فى الفرد ( يمثل مرتين ) وقد تنقص المجموعة الكروموسومية  $2N$  أحد الكروموسومات وتصبح  $2N - 1$  مثل فقد الكروموسوم الجنسى  $X$  فى حالة تيرنر أما فى حالة فقد الكائن الحى زوجاً من الكروموسومات  $2N - 2$  فتكون النتيجة غالباً مميتة .

ويمكن تفسير هذا التغير فى العدد الكروموسومى بأن زوجاً أو أكثر من أزواج الكروموسومات يفشل فى الانفصال عن بعضه ، وبدلاً من أن يذهب كل كروموسوم إلى أحد قطبي الخلية أثناء الدور الانفصالي يذهب الكروموسومان معاً إلى أحد القطبين ، وعلى هذا الأساس فإن الخليتين الناتجتين من الانقسام تصبح إحداهما بها كروموسوم ناقص  $2N - 1$  Monosomy وتصبح الأخرى بها كروموسوم زائد  $2N + 1$  Trisomy وفى حالة أخرى من الانقسام تصبح إحدى الخلايا كروموسومين زائدين  $2N + 2$  Tetrasomy والخلية الأخرى بها كروموسومان ناقصان  $2N - 2$  Nillisomy .

وتحدث التغيرات أيضاً في عدد الجينات أو ترتيبها. ويحدث هذا التغير عموماً نتيجة لكسر يحدث في الكروموسوم أو في أحد الكروماتيدات. وتنشأ الكسور في الكروموسومات بصورة طبيعية بواسطة الطفرة أو صناعية مستحدثة بواسطة المواد الإشعاعية أو الكيميائية المطفرة. ويتضمن التغير التركيبي للكروموسومات كروموسوماً واحداً أو زوجاً من الكروموسومات النظيرة المتشابه كما يمكن أن يتضمن زوجين أو أكثر من الكروموسومات. وتنتج أنواعاً مختلفة من التغيرات في تركيب الكروموسومات تعتمد على عدد الكروموسومات المكسورة وعلى عدد الكسور التي تحدث وهذه التغيرات تشمل نقص قطعة أو زيادة قطعة من الكروموسوم أو انعكاس جزء منه أو انتقال جزء من كروموسوم إلى كروموسوم آخر. أو فقد قطعة من الكروموسوم سواءً من نهايته الطرفية أو من نقطة متوسطة فيه. ويتوقف التأثير الوراثي لنقص قطعة من الكروموسوم على دور الجينات المفقودة بسبب هذا النقص. وعندما تكون القطعة المفقودة تحمل جينات حيوية هامة فإن ذلك يؤدي إلى موت الكائن الحي ويسبب النقص الكروموسومي عموماً تأثير غير عادي على الطرز الظاهرية، وقد يحدث في الطفرة زيادة أو تكرار في عدد الكروموسومات نتيجة إضافة جزء من الكروموسوم. وهذا الجزء يمثل تكراراً في الخلايا الجسمية ويمكن أن ينتج التكرار من كسرين في نفس الكروموسوم. وعلى هذا الأساس فإن قطعة من أحد الكروماتيدات تلتحم بالكروماتيدة الشقيقة. والتكرار الكروموسومي يحدث كثيراً في الظروف الطبيعية وهو أقل خطراً من النقص الكروموسومي.

وقد يحدث الانعكاس كنوع من التغير التركيبي للكروموسومات ويؤدي إلى تغير في ترتيب الجينات المنتظمة على الكروموسوم ويتم نتيجة لكسرين في الكروموسوم، والقطعة المكسورة المتوسطة تنعكس ١٨٠° ثم تتحد بعد ذلك مع قطعة طرفية لنفس الكروموسوم في نقاط الكسر. ويؤدي الانعكاس إلى إعادة ترتيب الجينات في تتابع عكسي.

## الشفرة الوراثية DNA coding

تتابع أزواج القواعد فى DNA يعمل كشفرة ويكون متقابلا مع تتابع معين للأحماض الأمينية فى البروتين .

ولغة الشفرة الوراثية حروفها هى القواعد العضوية الأربع والتي إذا رتبت فى ثلاثيات  $4^3 = 64$  تكون أربعة وستون كودون وكل كودون يمثل حمضاً أمينياً معيناً من 20 حمضاً أمينياً تخاطبهم الشفرة الوراثية ، وكل حمض أمينى غالباً له أكثر من شفرة ثلاثية إلى جانب أن هناك شفرات ثلاثية ( كودونات ) تختص ببدء تفاعل تكوين البروتين ( بدء اتحاد الأحماض الأمينية ) أو إيقاف التفاعل أو تكراره وهذا التتابع فى DNA أو ما يسمى بشفرة DNA يخرج إلى حيز التنفيذ بنسخ حمض نووى آخر هو RNA الذى يحمل الشفرة الوراثية من النواة إلى السيتوبلازم .

## الحمض النووى الريبوزى Ribonucleic acid RNA

- عبارة عن شريط مفرد من بوليمر عديد الريبونيوكلوتيد حيث تتصل الريبونيوكلوتيدات فى سلسلة مفردة يتتابع فيها القواعد العضوية .  
- ويوجد RNA فى ثلاثة صور تختلف وظيفة كل منهم كما تختلف هذه الصور فى أوزانها الجزيئية والصور الثلاثة وهى :

\* الرسول mRNA ♦ حامل الشفرة الوراثية .

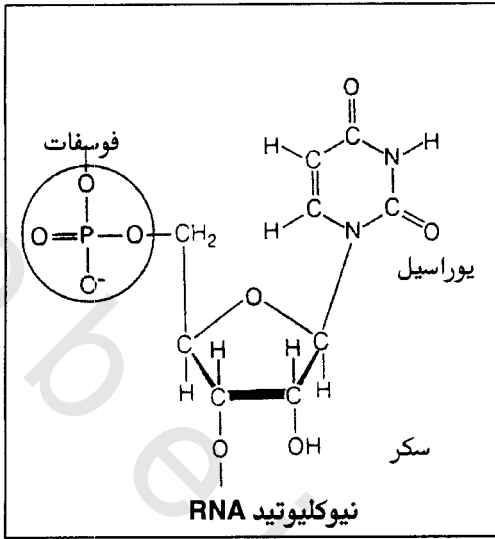
\* والناقل tRNA ناقل الأحماض الأمينية .

\* والريبوسومى rRNA المسئول عن الترجمة Translation

والأنواع الثلاثة مجتمعة تعمل على تكوين البروتين فى الخلية .

كما أن جزيء DNA هو المسئول عن نسخ RNA بأنواعه الثلاثة .

ويتركب الريبونيوكلوتيد من جزيء سكر الريبوز  $C_5H_{10}O_5$  متحداً مع مجموعة الفوسفات فى ذرة الكربون رقم 5 وقاعدة عضوية نيتروجينية متحدة مع ذرة الكربون رقم 1 .



والقواعد النيتروجينية الأربعة في RNA تختلف عنها في DNA في قاعدة عضوية واحدة هي اليوراسيل U بدلا من قاعدة الثايمين T .

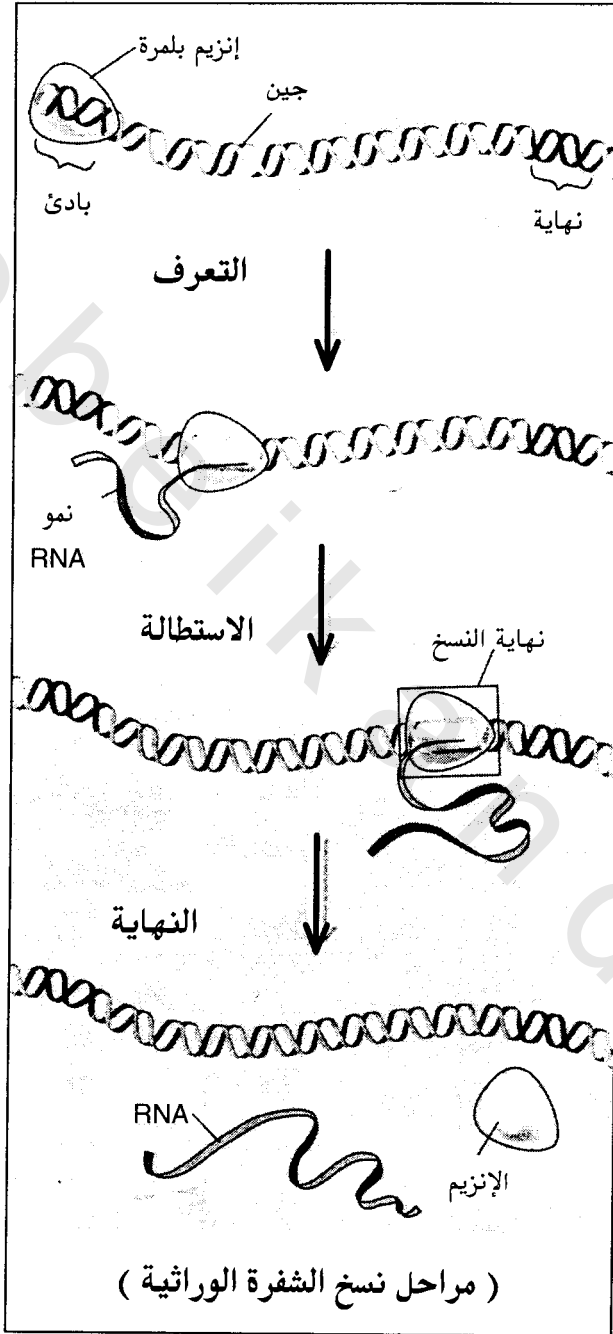
### \* عملية النسخ وتكوين RNA الرسول ( نقل الشفرة الوراثية من DNA إلى RNA )

في هذه العملية يلزم إنزيم RNA بوليميريز (RNA polymerase) لعمل نسخة مكتملة لشريط واحد لتكوين RNA الرسول الذي يحتوي على تتابع قواعد مكتملة لشريط DNA وبذلك فإن الأدينين A في شريط DNA تستبدل باليوراسيل U في شريط RNA والثايمين T في شريط DNA تستبدل بالأدينين A في شريط RNA وهكذا G تستبدل بـ C والعكس - ويعمل أحد الشريطين فقط كقالب لتخليق RNA لأن أحدهما فقط هو الذي يحمل الكودون AUG وهو كودون البدء الذي يبدأ الرسالة .

### \* النسخ والرسائل الوراثية : Transcription and genetic messages

يتم نسخ الشفرة الوراثية في النواة بواسطة أحد قالبى جزىء DNA ولذلك ينفصل جانبى DNA في موضع النسخ ويتم تجميع ريبونيوكلويدات RNA على جانب واحد من DNA وذلك بنفس نظام التكامل حيث تلتقط السيتوزين الجوانين والعكس أما الأدينين فتلتقط اليوراسيل والثايمين تلتقط الأدينين ويقوم بتجميع ريبونيوكلويدات RNA إنزيم بوليميريز (RNA polymerase) الذى يبدأ عملية النسخ من تتابع معين للنيوكليوتيدات على DNA يسمى البادئ Prometers والمرحلة الأولى للنسخ تسمى Initiation ( التعرف ) وفيها يلتحم الإنزيم بمنطقة البادئ ثم يبدأ تتابع نسخ كودونات الشفرة الوراثية .

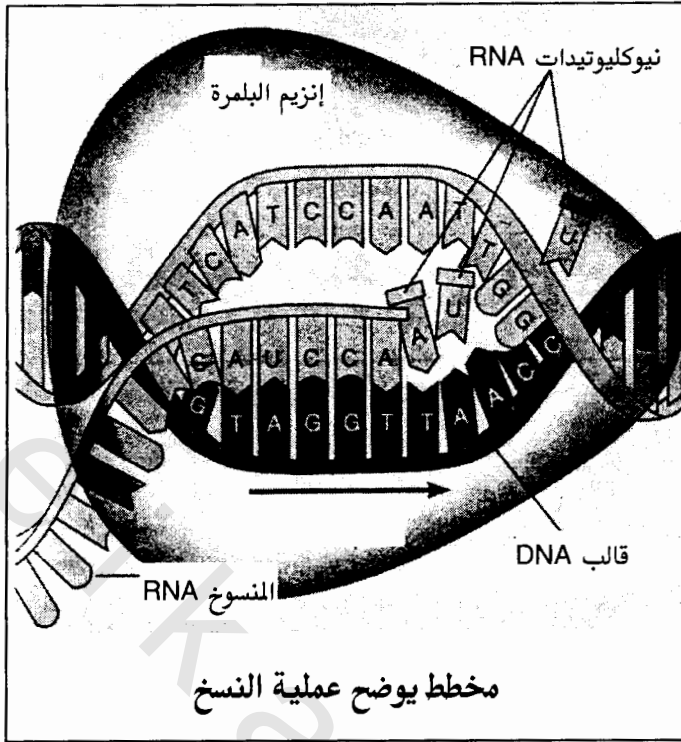




وفى المرحلة الثانية  
Elongation ( الاستطالة )  
يبدأ RNA فى الاستطالة  
ويتحرر من منطقة النسخ فى  
DNA ما تم نسخه من شفرة  
وراثية .

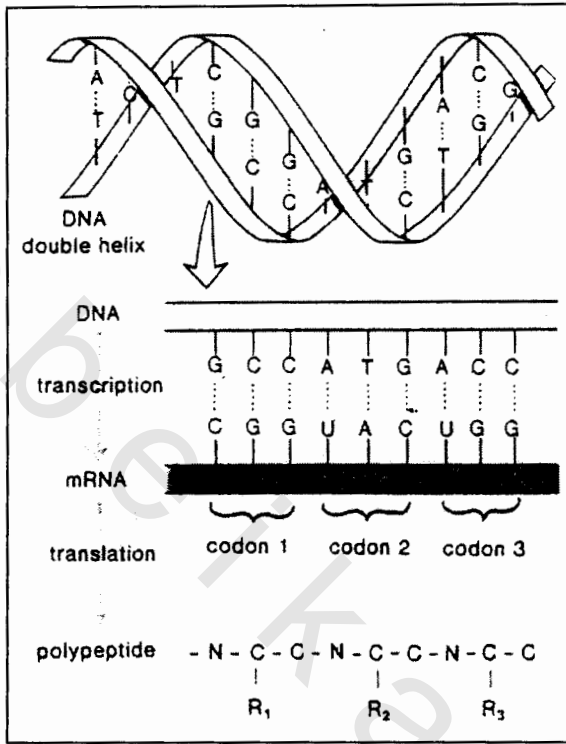
وفى المرحلة الثالثة  
Termination ( النهاية )  
يصل الإنزيم إلى تتابع معين من  
القواعد العضوية فى DNA  
يسمى Termination (نهاية)  
وهذا التتابع يمثل نهاية  
الجين وفى هذه المرحلة ينفصل  
الإنزيم من DNA ومن RNA .

ومما سبق يتضح كيف يتم  
نقل الجين ( تتابع القواعد  
الوراثية فى منطقة من جزيء  
DNA ) إلى شفرة وراثية  
( تتابع القواعد فى ثلاثيات  
فى جزيء RNA الرسول )  
ودور إنزيم RNA بوليمريز  
فى عملية النسخ وأن تتابع  
كودونات الشفرة الوراثية  
مرتبط بتتابع القواعد فى  
DNA .



AAU	Asparagine	CAU	Histidine	GAU	Asparatic acid	UAU	Tyrosine	
AAC		CAC		GAC		UAC		
AAA	Lysine	CAA	Glutamine	GAA	Glutamic acid	UAA	(Stop)*	
AAG		CAG		GAG		UAG		
ACU	Threonine	CCU	Proline	GCU	Alanine	UCU	Serine	
ACC		CCC		GCC		UCC		
ACA		CCA		GCA		UCA		
ACG		CCG		GCG		UCG		
AGU	Serine	CGU	Arginine	GGU	Glycine	UGU	Cysteine (Stop)*	
AGC		CGC		GGC		UGC		
AGA	Arginine	CGA		GGA		UGA		Tryptophan
AGG		CGG		GGG		UGG		
AUU	Isoleucine	CUU	Leucine	GUU	Valine	UUU	Phenylalanin Leucine	
AUC		CUC		GUC		UUC		
AUA	CUA	GUA		UUA				
AUG	Methionine	CUG		GUG		UUG		

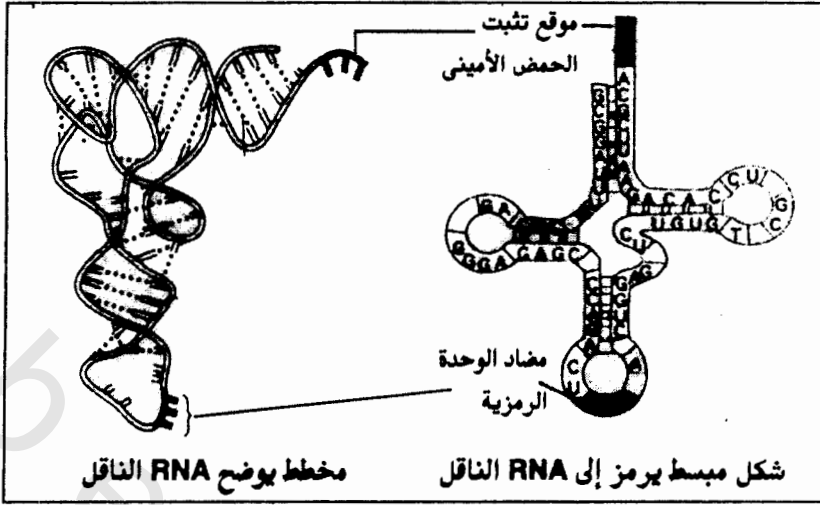
كودونات الشفرة الوراثية التي تحمل RNA الرسول والأحماض الأمينية المقابلة لهذه الكودونات



عمليات النسخ والترجمة  
 عمليات Transcription and translation  
 في تخليق البروتين يعمل DNA  
 كقالب لتخليق RNA الرسول الذي  
 يحمل تتابعاً من الكودونات تمثل  
 أحماضاً أمينية معينة .

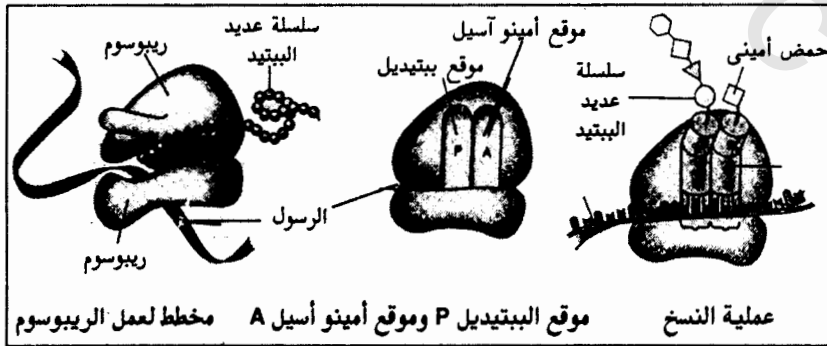
### \* RNA الناقل Transfer RNA :

يوجد في السيتوبلازم كجزيئات صغيرة تنقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات وكل جزيء من RNA الناقل يلتحم بنهاية معينة للحمض الأميني ويتطلب ذلك طاقة من ATP ويعرف هذا التكوين بمركب (RNA - amino acid) والنهاية الأخرى أو الطرف الآخر من RNA الناقل يحمل مضاد كودون معين Anticodon يتكامل مع كودون محمول مع RNA الرسول - وتكامل القواعد بين الكودونات ومضادات الكودونات (Codons and anticodons) يتم عندما يتصل مركب (RNA - amino acid) بالريبوسوم ويلاحظ أن RNA الناقل يزدوج في بعض مناطق بناء الجزيء كما أنه رغم تشابه جزيئات RNA<sup>1</sup> ألا أن كل حمض أميني له RNA ناقل مميز يلتحم به .



### \* RNA الريبوسومي :

يدخل مع السبروتين في تكوين الريبوسوم Ribosome والريبوسوم هو العضى المسئول عن تكوين البروتين ويتركب من وحدتين إحداهما صغيرة وهى التى تلتحم بطرف RNA الرسول عند بدء عملية الترجمة والكبيرة تلتحم مع الصغيرة عند الترجمة ويوجد فى القطعة الكبيرة موقعان ، الموقع P وهو المسئول عن نمو سلسلة عديد الببتيد حيث يعمل بالموقع إنزيم نازع للماء يربط الأحماض الأمينية مع بعضها ، والموقع الآخر A يلتحم مع RNA الناقل الذى يحمل الحمض الأميني الجديد المنقول إلى السلسلة ، ويتضح مما سبق أن قطعتى الريبوسوم يعملان معاً فى احتواء RNA الرسول والتحرك عليه لقراءة الشفرة واستدعاء جزيئات RNA الناقل حاملة الأحماض الأمينية وكلما استدعى حمض أميني جديد يرتبط مع السابق له عن طريق الموقع P .



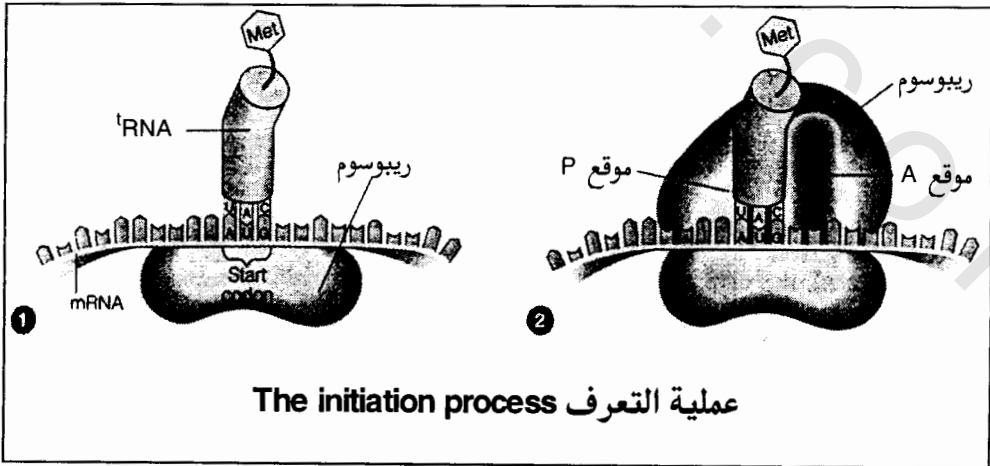
## الترجمة Translation

عملية الترجمة هي عملية تكوين البروتين في الخلية وهي أشبه بمحادثة بين لغات مختلفة من لغة الأحماض النووية إلى لغة البروتين وتتطلب عدة عمليات وهذه العمليات تتضمن ما يلي :

- RNA الرسول .
- RNA الناقل .
- الريبوسومات .
- إنزيمات .
- الطاقة من ATP .

وتقسم عملية الترجمة إلى نفس الأقسام الثلاثة الموجودة في عملية النسخ وهي ( التعرف Initiation والاستطالة Elongation والنهية Termination ) وفي عملية التعرف يتم ارتباط RNA الرسول مع أول الأحماض الأمينية التي يحملها RNA الناقل ( وهو حمض الميثيونين الذي تبدأ به أى عملية لتكوين البروتين وإن كان غالبا ما ينفصل من السلسلة بعد انتهاء تكوينها ) .

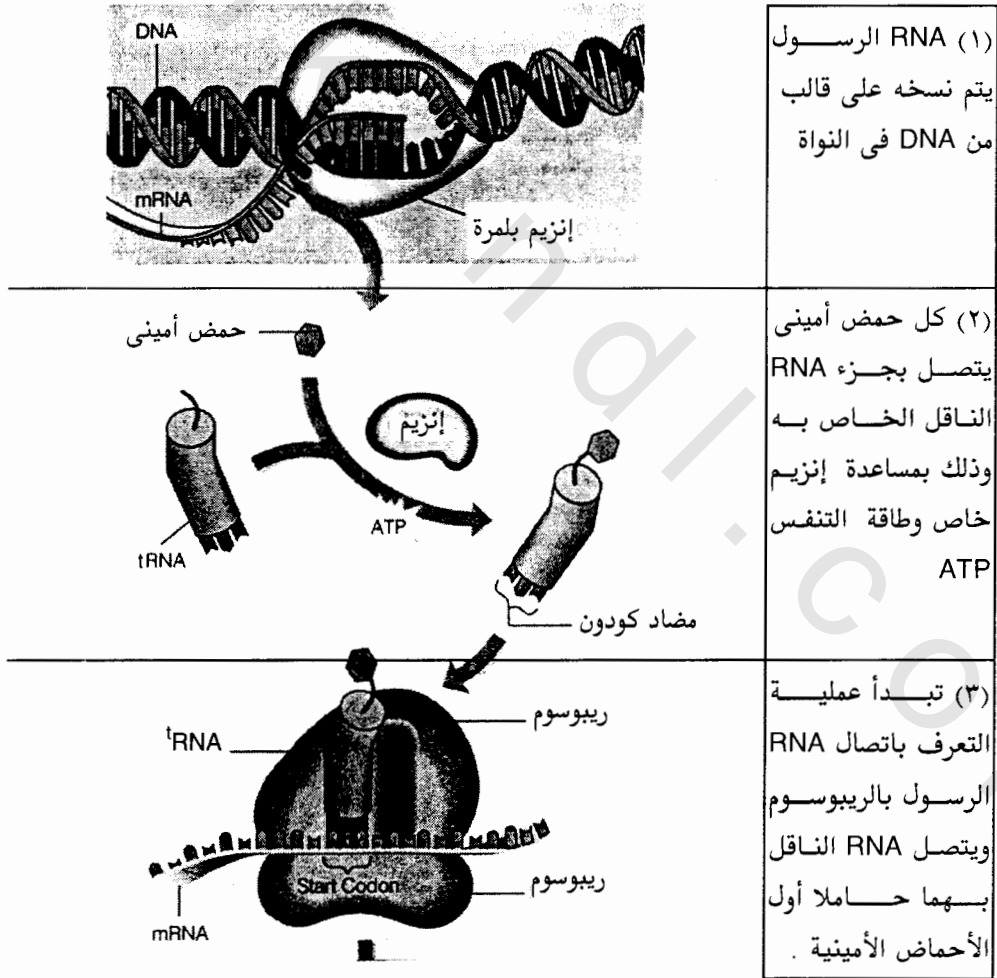
وتتم عملية التعرف بارتباط قطعة الريبوسوم الصغيرة بجزء RNA الرسول واتصال حمض RNA الناقل بكودون البدء (AUG) حاملا الحمض الأميني الميثيونين ثم تتصل قطعة الريبوسوم الكبيرة بالصغيرة و RNA الناقل مثبت في موقع الببتيديل P على الريبوسوم وبذلك يتكون معقد بدء تكوين البروتين .

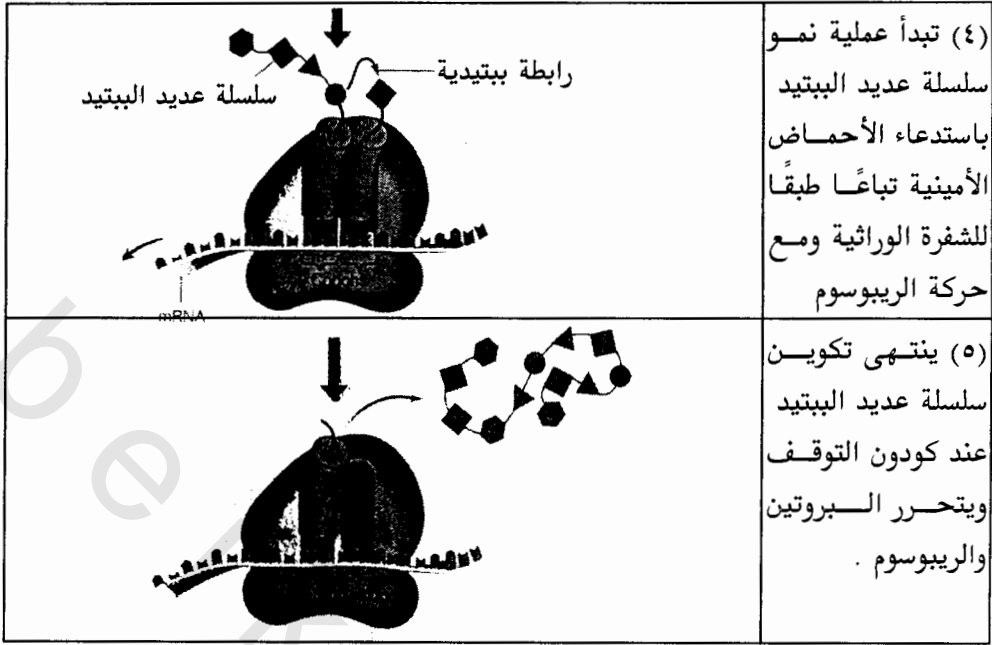


عملية التعرف The initiation process

ثم تبدأ عملية نمو واستطالة سلسلة عديد الببتيد Elongation حيث يتم استدعاء الأحماض الأمينية عن طريق الموقع A وطبقاً لكودونات RNA الرسول الواحد بعد الآخر ، ويتم ارتباط هذه الأحماض الأمينية بروابط ببتيديّة عن طريق الموقع P وتستطيل سلسلة عديد الببتيد المحمولة على الموقع P ، وكلما ارتبط حمض أميني بآخر يعود RNA الناقل له إلى السيتوبلازم ويستمر ذلك حتى يصل الريبوسوم إلى كودون الوقف (UAA - UAG - UGA) Stop codon وتبدأ عملية الانتهاء Termination حيث أصبحت سلسلة عديد الببتيد كاملة فتتحرر من الريبوسوم الذي ينفصل إلى وحدتيه .

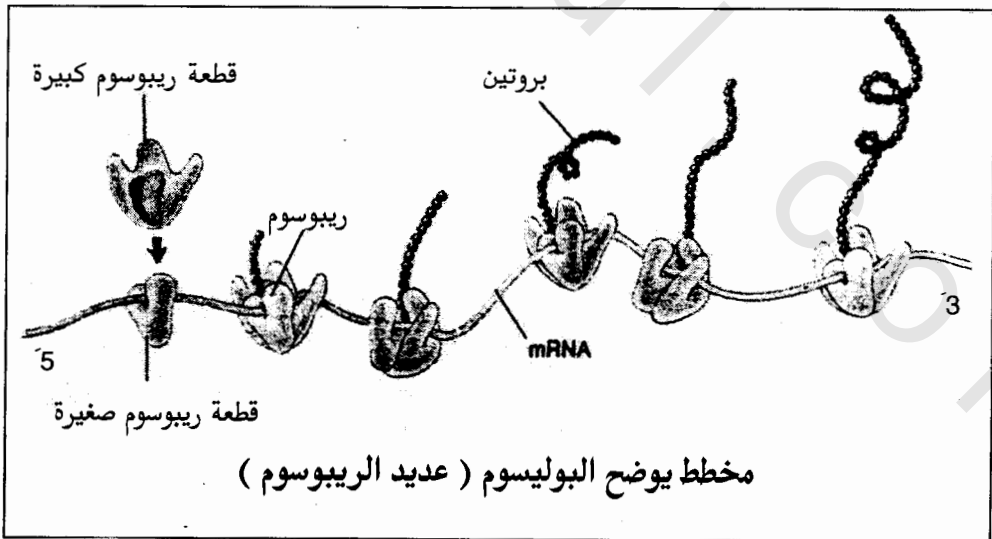
✽ مخطط يوضح ملخصاً لعملية تكوين البروتين :





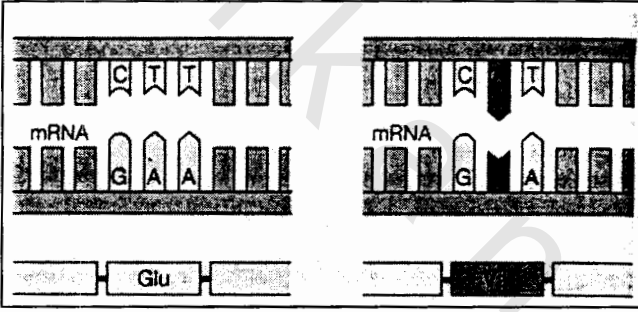
### \* البوليوسوم Ploysome :

تقوم مجموعة من الريبوسومات المختلفة بالعمل على امتداد شريط RNA الرسول في نفس الوقت ومنتابعة كل منها بعد الآخر وينتج عن ذلك عديد من سلاسل عديد الببتيد في نفس الوقت .



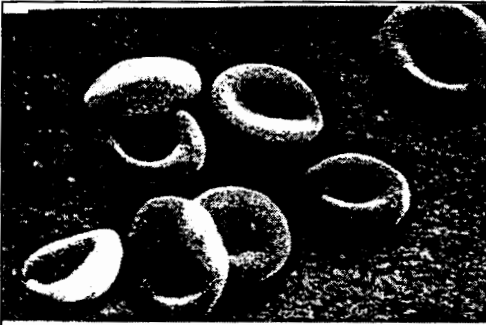
## الطفرة الجينية Genetic mutation

تنشأ الطفرة الجينية من تغيير الأحماض الأمينية أو أحد الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد المتكونة ويرجع ذلك إلى تغيير في أحد كودونات الشفرة الوراثية . وهذا التغيير في الكودون يرجع إلى تغيير في تتابع القواعد في جزيء DNA وعلى سبيل المثال الطفرة المعروفة باسم الأنيميا المنجلية Sickle - cell anemia ترجع إلى تغيير في أحد سلاسل عديد الببتيد المكونة لهيموجلوبين الدم حيث يحل حمض الفالين Val في السلسلة محل حمض الجلوتامك Glu وذلك لتغيير كودون الشفرة من GAA ( الخاص بالجلوتامك ) إلى GUA ( الخاص بالفالين ) وهذا التغيير واضح فيه

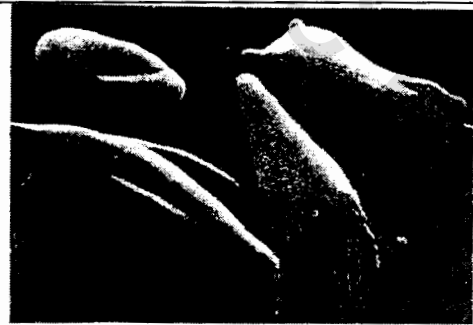


أن قاعدة اليوراسيل حلت محل قاعدة الأدينين ، وهذا يرجع إلى تغيير في الجين المحمول على DNA حيث تحول تتابع القواعد من CTT إلى CAT .

وينشأ عن ذلك تحول خلايا الدم الحمراء من الشكل القرصي إلى الشكل المنجلي وتحطمها في حالة نقص الأكسجين وظهور مرض الأنيميا المنجلية وهذه الطفرة الجينية يتم توارثها بزواج من الجينات المتنحية من كل من الوالدين ويسبب موت المصابين بها .



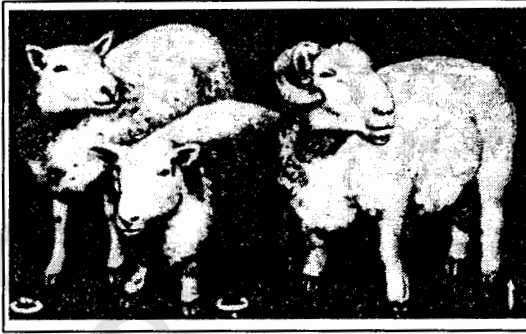
خلايا دم حمراء قرصية



خلايا دم حمراء منجلية



وقد تكون الطفرة نافعة أو ضارة أو عديمة النفع والضرر أو مميتة . وقد تحدث الطفرة طبيعياً أو ذاتياً من تلقاء نفسها كما يمكن أيضاً إحداثها صناعياً بالطرق العلمية .

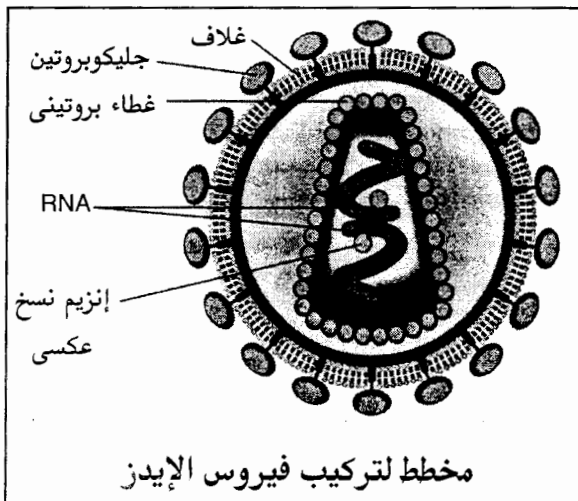


ومن أشهر طفرات عالم الحيوان سلالة أنكون في الأغنام قصيرة الأرجل أ ، ب ، وهي طفرة من ذات الأرجل العادية ت وعندما اهتم بها مربو الماشية انتشرت أنكون انتشاراً واسعاً .

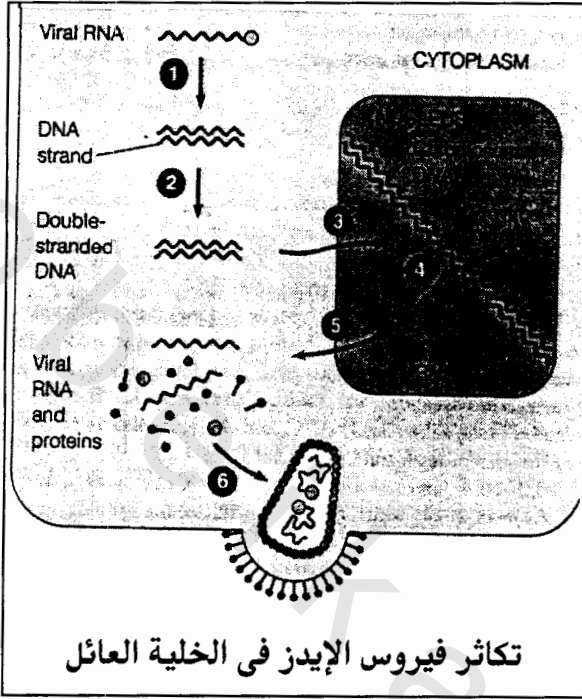
وتحدث الطفرة الذاتية طبيعياً تحت تأثير الإشعاع الطبيعي للأشعة الكونية التي تسقط على سطح الأرض وكذلك نتيجة للانحلال الذي يحدث للمواد ذات النشاط الإشعاعي الموجودة في داخل الأرض ، ويمكن أن تلعب بعض العوامل الطبيعية الأخرى دوراً هاماً في تكوين الطفرات الطبيعية .

وتنتشر الطفرات الطبيعية في الإنسان بقدر كبير . فمثلاً يوجد في كل إنسان في المتوسط أحد الجينات الطفرية الذي لم يكن موجوداً في أجدادنا .

### فيروس الأيدز يصنع DNA على هيكل من RNA The AIDS virus makes DNA on RNA template



يسمى فيروس الإيدز HIV . وهو يحتوى على حمض RNA الذي يحيط به غطاء من البروتين ويحيط به غشاء به زوائد من الجليكوبروتين تسهل دخوله الخلية العائل ويحتوى الفيروس نسختين من RNA بدلا من واحدة ويستطيع أن يتكاثر بطريقة مختلفة حيث أنه ينسخ



تكاثر فيروس الإيدز في الخلية العائل

DNA من RNA وذلك عكس ما هو مألوف ويقوم بذلك عن طريق إنزيم خاص يسمى إنزيم النسخ العكسي Reverse transcriptase الذي يحفز نسخ DNA من RNA ويتم ذلك باختراق الفيروس الخلية ويتحرر من غطاءه ويتحرر RNA وينسخ هيكلًا مفردًا من DNA بواسطة إنزيم النسخ العكسي ثم يتحول DNA من قالب مفرد إلى قالب مزدوج يدخل إلى الخلية العائل ويتحد مع مادة الخلية الوراثية مكونًا Chromosomal DNA

وفي موقعه ينسخ جزيئات RNA التي تخرج إلى السيتوبلازم وتكون مع البروتين فيروسات جديدة تتحرر من الخلية بعد أن تدمرها .

ويخصص فيروس الإيدز في مهاجمة وتدمير عديد من الخلايا الدموية البيضاء .

**المكتسبة .**

**(Acquired Immune Deficiency Syndrome) AIDS مرض نقص المناعة**

**(Human Immuno Deficiency Virus) HIV فيروس نقص المناعة البشرية .**

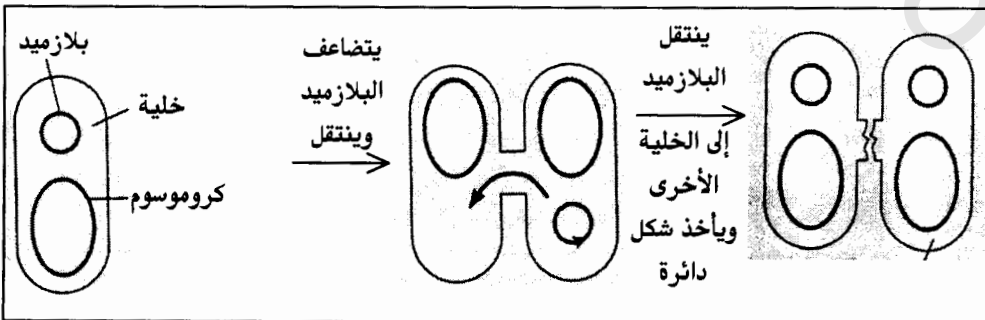
## الهندسة الوراثية ( تقنية DNA مُعاد الاتحاد ) Recombinant DNA technology

بكتيريا ايشيريشيا كولاى Escherichia Coli تسكن الأمعاء الغليظة ، ولديها القدرة على التكاثر بالاقتران وانتقال DNA من الخلية إلى خلية بكتيرية أخرى حيث تمتد قنطرة بين الخليتين تنتقل خلالها مادة الوراثة . وقد اكتشف العلماء أن لهذه البكتيريا القدرة على اتحاد الجينات بين الخليتين المختلفتين ، وقد أجريت تجارب على سلالتين مختلفتين كل منهما ليس لديها القدرة على إنتاج أحماض أمينية معينة تحتاجها بمعنى أن كل منهما تحتاج إضافة أحماض أمينية لتنمو فى مزارعها وتختلف هذه الأحماض بين السلالتين وبعد أن حدث تكاثر جنسى بين السلالتين واختلطت المادة الوراثية بينهما أصبح كل منهما ليس فى حاجة إلى هذه الأحماض الأمينية فى عملية النمو .

ومن خلال التجارب على بكتيريا E.Coli انطلقت تقنيات هندسة الجينات فى الخلايا لتحقيق أهداف عملية حتى توصل العلماء إلى إنتاج هرمون الأنسولين البشرى وبعض أدوية السرطان ( الأنترفيرونات ) وإنتاج سلالات من القطن تقاوم الحشرات .

### \* البلازميد Plasmid :

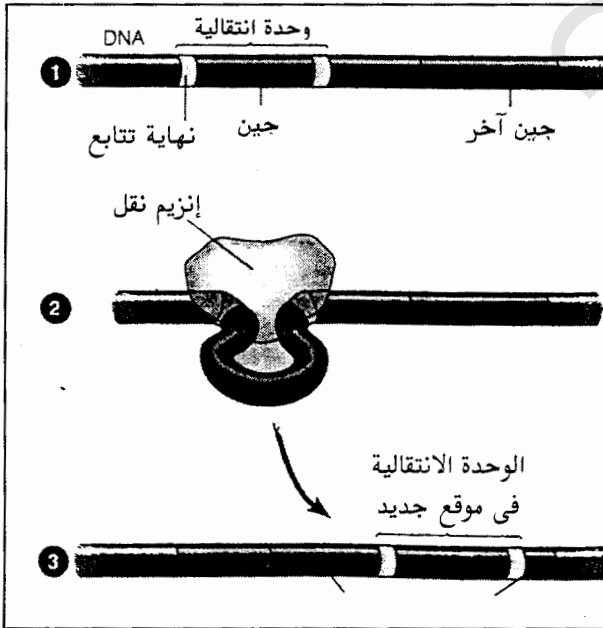
جزء حلقى من مادة DNA ينفصل عن الكروموسومات الكبيرة فى البكتيريا ولديه القدرة على مضاعفة نفسه داخل الخلية ولديه القدرة على حمل بعض الجينات من خلية إلى أخرى وتحتوى ايشيريشيا كولاى وأنواع أخرى من البكتيريا على عديد من البلازميدات .



## \* الوحدات الانتقالية Transposons :

اكتشفت عالمة الوراثة ماكلنتوك McClintock أثناء تجاربها على نبات الذرة أن بعض العناصر الوراثية يمكنها أن تنتقل من موقع إلى موقع آخر على نفس الكروموسوم أو على كروموسوم آخر وسميت هذه العناصر بالجينات القافزة Jumping genes . كما اكتشفت خلال عام ١٩٧٠ بعض هذه العناصر في بكتيريا ايشيريشيا كولاي ، وأصبح من المعروف الآن أن جميع الخلايا تحتوى عناصر جينية تنتقل من جانب إلى آخر على الكروموسوم وتسمى الوحدات الانتقالية Transposons .

وأبسط أنواع هذه الوحدات الانتقالية الذى يتضمن جيناً واحداً يحفز انتقاله إنزيم حفاز حيث يقطع الإنزيم هذا الجين ويتحرك الجين إلى جانب آخر من الكروموسوم حيث يقطع الإنزيم DNA فى هذا الموضع ويحفز إدخال هذه الوحدة الانتقالية فى موضعها الجديد وذلك يؤدي بالطبع إلى اختلاف فى تتابع النيوكليوتيدات وقد اكتشفت - مالكنتوك أن دخول الوحدات الانتقالية وسط أحد الجينات يؤدي إلى فشل هذا الجين وظيفياً ، ويفسر ذلك الطفرات الطبيعية التى تسبب الاختلافات الوراثية وبالتالي تصبح هذه الوحدات الانتقالية إحدى قوى التطور .

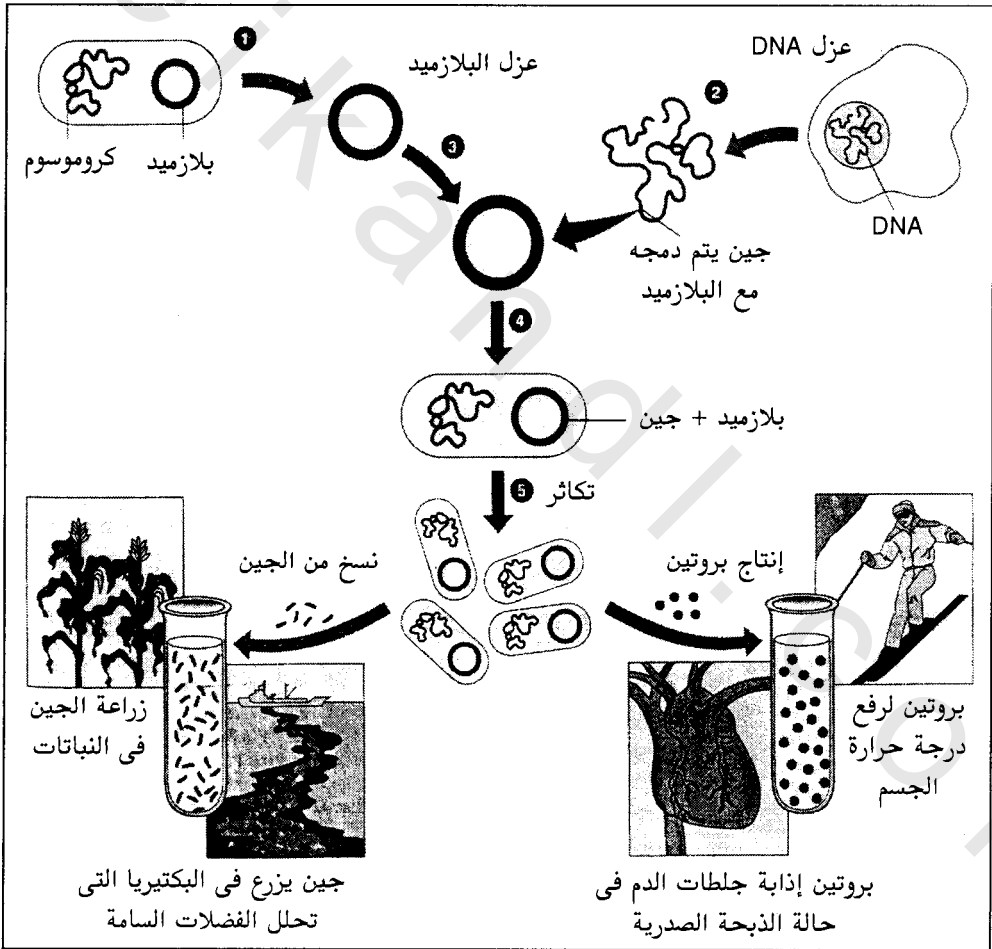


حركة الوحدات الانتقالية  
من موقع لآخر على نفس  
الكروموسوم

\* دور البلازميدات فى تطبيع عمل البكتيريا  
Plasmids are used to customize bacteria

البلازميدات لها القدرة على التضاعف داخل خلية البكتيريا ولها القدرة على الانتقال من خلية لأخرى وبالتالى فهى إحدى أدوات تقنيات DNA مُعاد الاتحاد (Recombinant DNA).

والمخطط التالى يوضح كيف يمكن تطبيع البكتيريا فى تكوين مركبات معينة ويتم ذلك على النحو التالى :



(١) عزل البلازميد من بكتيريا مثل ايشيريشيا كولاى E.Coli .

(٢) جزء من DNA يحمل جين مرغوب Interest gene يعزل من خلية أخرى حيوانية أو نباتية أو بكتيرية ولنفتراض أن الجين المرغوب جين بشري لإنتاج هرمون الأنسولين أو جين نباتي مختص بمقاومة نوع من الحشرات .

(٣) يتم إدخال الجين مع البلازميد وينتج DNA مُعاد الاتحاد ( هذه التقنية تتطلب عمل مجموعة من الإنزيمات تسمى إنزيمات القطع ومجموعة إنزيمات الربط Restriction enzyme and ligase enzyme ) .

(٤) انتقال DNA مُعاد الاتحاد إلى خلية بكتيرية .

(٥) تتكاثر خلايا البكتيريا المحتوية على المادة الوراثية بصورتها الجديدة وبالتالي تتكون نسخ عديدة من الجين .

وهنا تستمر تقنيات الهندسة الوراثية في اتجاه تكوين نسخ من هذه الجينات التي يتم إدخالها في جينات النبات نفسه وينتج سلالات تقاوم الحشرات مثلاً أو إدخالها في خلايا بكتيرية أخرى لتنتج بروتينات إزالة الفضلات السامة أو تنتج بروتينات ذات خصائص علاجية لإذابة الجلطات الدموية في الأزمات القلبية أو إنتاج هرمون الأنسولين لعلاج مرض السكر .

### \* الإنزيمات تقطع وتلصق DNA

### Enzymes are used to (cut and paste) DNA

عملية نزع الجين من خلية ودمجه في خلية أخرى يتطلب عمليات قطع والتصاق . . ويوضح المخطط التالي قطعة من DNA تحتوى جيناً مرغوباً يتم قطعه من الكروموسوم وإلصاقه في بلازميد البكتيريا - أدوات القطع في تقنية DNA مُعاد الاتحاد نوع من الإنزيمات البكتيرية تسمى إنزيمات القطع Restriction enzymes والتي اكتشفت عام ١٩٦٠ في الطبيعة وهذه الإنزيمات تحمي البكتيريا من أى مادة وراثية تصل إليها من الفيروسات أو غيرها وتعمل بأن تقطع DNA الغريب عنها بينما تحمي DNA البكتيري من القطع مجموعة إنزيمات أخرى .

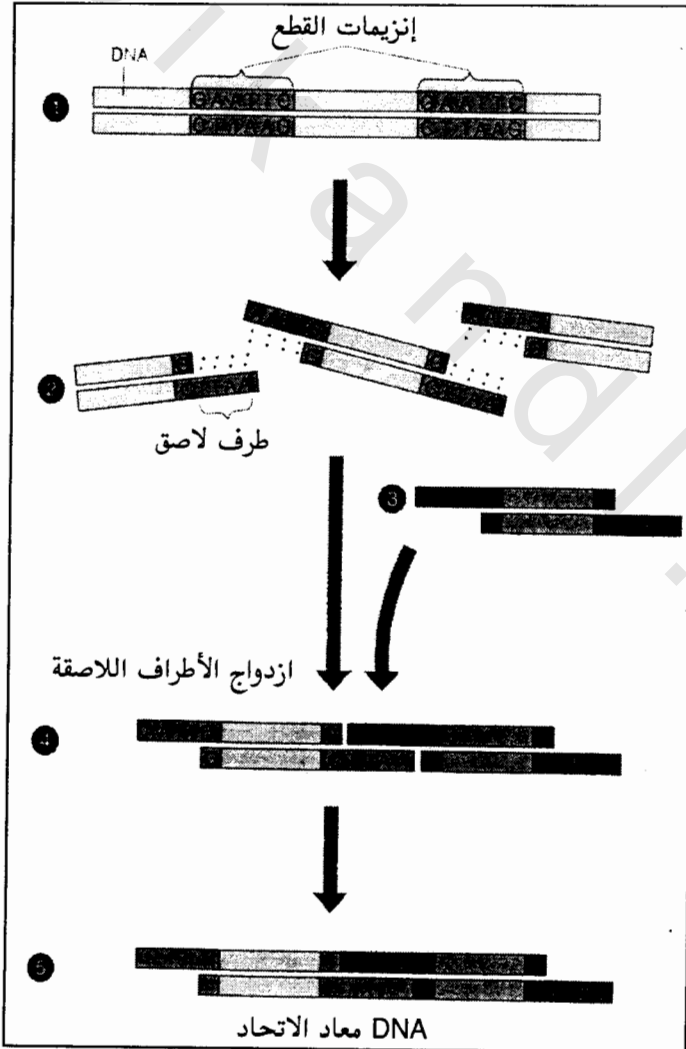
تؤثر إنزيمات القطع في مجموعة قصيرة من النيوكليوتيدات في جزء DNA ( كل إنزيم قطع له مجموعة معينة يعمل عليها تسمى مجموعة التعرف ويقطع نيوكليوتيدات المجموعة في نقطة محددة .

١ - قطعة من DNA تحتوي مجموعة تعرف معينة مكررة في أربعة مواقع وتقرأ من الاتجاه 5 إلى 3 وبذلك تقطع إنزيمات القطع هذه المجموعة في الموقع بين القواعد .

٢ - نتيجة القطع تتكون نهايات مفردة تسمى النهايات اللاصقة Sticky ends عن طريقها يتم توصيل قطع DNA من مصادر مختلفة وهذه النهاية اللاصقة تتحد بروابط هيدروجينية مع نهاية أخرى مكملتها .

٣ - يحدث لصق لهذه النهايات بواسطة إنزيم الربط ليجاز DNA ligase .

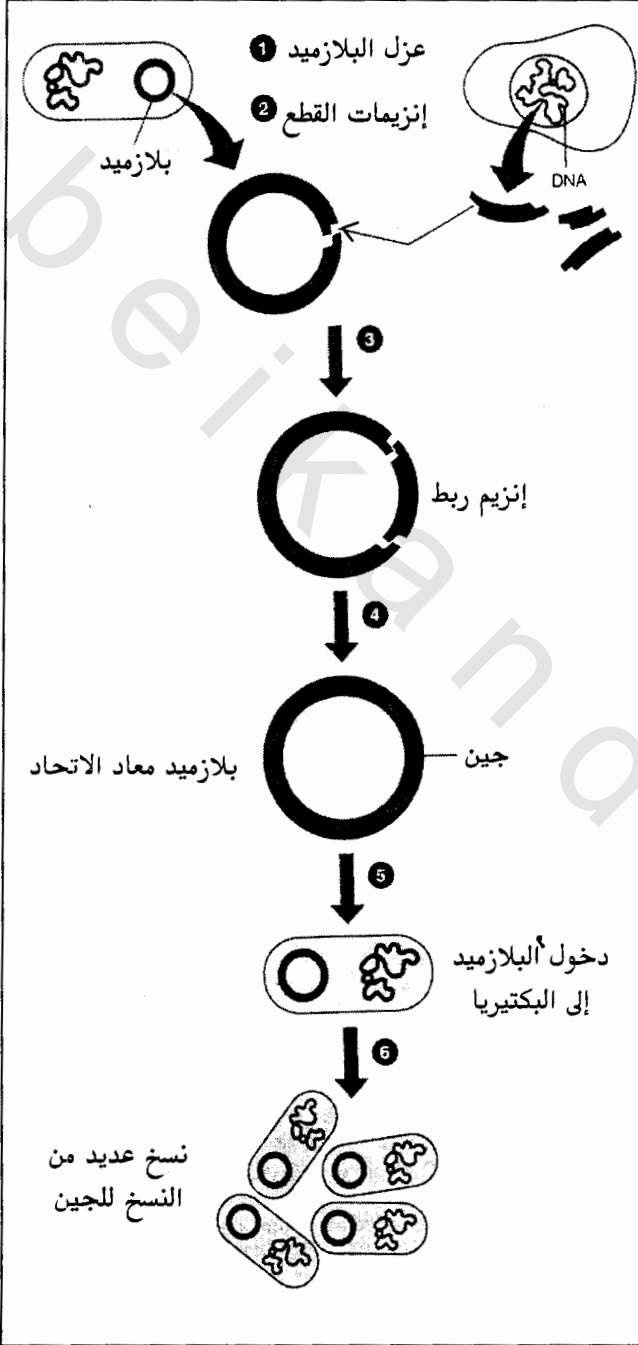
٤ - يتكون في النهاية DNA مُعاد الاتحاد حاملاً ارتباطات جينية جديدة .



تخليق DNA  
مُعاد الاتحاد  
بواسطة إنزيمات  
القصر وإنزيمات  
الربط .

\* نسخ الجين عن طريق البلازميدات

Genes can be cloned in recombinant plasmids



يتم عزل DNA من مصدرين الأول من خلايا الإنسان كما في الشكل ونزع البلازميد من خلايا البكتيريا ثم يتم التأثير على كل منهما بإنزيم قطع معين فيقطع كل منهما في مناطق التعرف ويتكون في كل منهما أطراف لاصقة متكاملة على أساسها يرتبط البلازميد مع الجين ويساعد على ذلك وجود إنزيم الربط (الليجين) وبدنك يتكون DNA مُعاد الاتحاد .

(بلازميد + جين معين)  
وينقل DNA مُعاد الاتحاد داخل البكتيريا وعندما تتكاثر خلية البكتيريا يتكاثر معها DNA مُعاد الاتحاد . وبالتالي يتكون عدد كبير من نسخ DNA مُعاد الاتحاد داخل البكتيريا

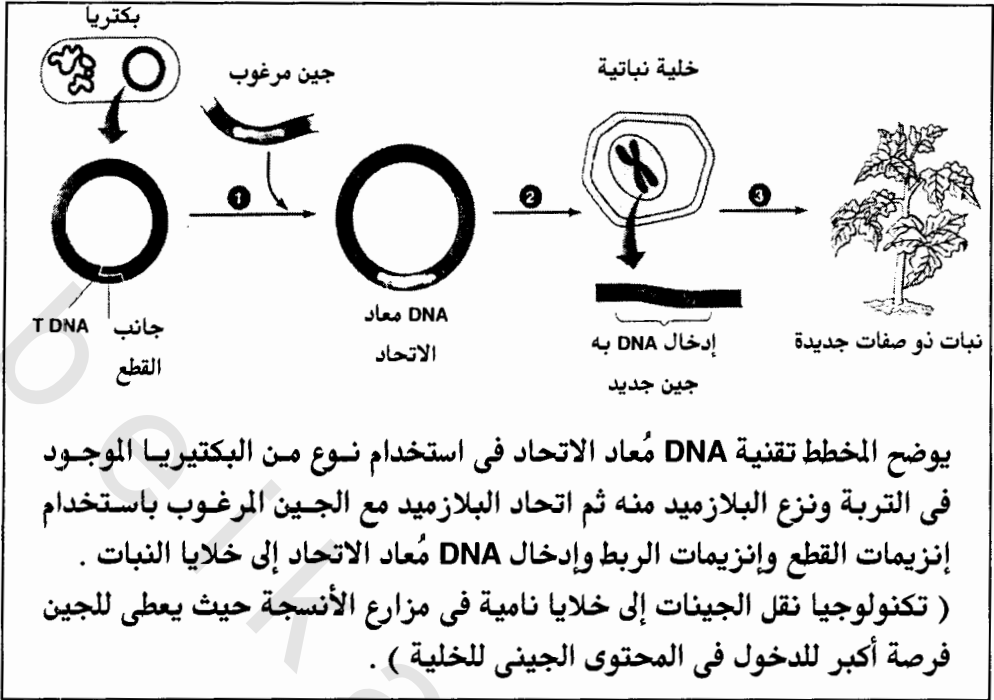


وتعمل هذه الخلايا على إنتاج البروتين الذى يتحكم فيه الجين المنسوخ ، ومن الممكن بتكسير هذه الخلايا فصل DNA مُعاد الاتحاد وبنفس إنزيمات القطع نحصل على عدد كبير من نسخ الجين الذى تم إنتاجه .

### \* تطبيقات الهندسة الوراثية Genetic engineering technology :

أحدثت تطبيقات الهندسة الوراثية ثورة فى مجال الصيدلة ودواء الإنسان وكانت أول المنتجات فى هذا المجال الأنسولين البشرى وهرمون النمو البشرى وتم إنتاجهما بتقنيات DNA مُعاد الاتحاد ، وقد أفاد هذا ملايين البشر الذين كانوا يعتمدون فى علاج السكر على الأنسولين المستخلص من الماشية متحملين آثاره الجانبية وبذلك قدمت الهندسة الوراثية حلا لهذه المشكلة . كما تمكن العلماء من إنتاج هرمون النمو البشرى وكذلك قدمت تقنيات DNA مُعاد الاتحاد فى مجال التطعيم حيث أمكن إنتاج أمصال لعلاج الأمراض دون الاستعانة بالبكتيريا أو الفيروس المسبب للمرض وأمکن إنتاج مصل مضاد لفيروس الالتهاب الكبدى B وإنتاج البروتين البشرى (الأنترفيرون) لمقاومة الأمراض الفيروسية .

كما ساهمت الهندسة الوراثية فى مجال الإنتاج الزراعى حيث قدمت تقنيات DNA مُعاد الاتحاد طرقاً لزيادة معدلات تثبيت النيتروجين بواسطة البكتيريا ، كما تم إنتاج سلالات نباتية تقاوم الإصابة بحشرات أو أمراض معينة وسلالات تقاوم ظروفًا مناخية معينة مثل الصقيع وغالبا ما تستخدم الهندسة الوراثية البلازميد كوسيلة لدخول الجين إلى داخل الخلية النباتية التى تنمو إلى نبات كامل . وإن كان التقدم فى هذا المجال يسير بطيئاً لأن البلازميد الناقل لا يعمل فى كثير من الأنواع المنتجة للحبوب .



وأصبح من الممكن استخدام تقنيات DNA مُعاد الاتحاد في تشخيص الخلل الوراثي قبل أو بعد الميلاد وقد تمكن الباحثون من إدخال جينات تقاوم أمراض النبات وتقاوم المبيدات العشبية .

أول نظام عملي لهندسة النبات وراثياً كان بالاعتماد على نوع من البكتيريا التي تسبب أمراضاً للنبات وهي الأكتروبيكتيريوم توميفاسنز *Agrobacterium tumefaciens* . لأن هذه البكتيريا تستطيع أن تنقل DNA الخاص بها إلى النبات وتسبب له المرض . ولكي تكون هذه الطريقة فعالة كان من الضروري نزع DNA الخاص بالبكتيريا وحققها بمادة DNA تمثل جيناً معيناً وقد تم فعلاً إدخال جين مقاومة المضاد الحيوى إلى خلايا البكتيريا وتركت البكتيريا تحقن خلايا النبات بالجين الجديد ، ونتج عن ذلك نباتات لها القدرة على مقاومة المضاد الحيوى ( كاناميسين ) الذى يثبط نمو خلايا النبات وقد كان لنجاح هذه الطريقة أثراً قوياً وأصبحت مختبرات الهندسة الوراثية تطور كثيراً من النباتات عن طريق بكتيريا الأكتروبيكتيريوم .

إلا أن هذه الطريقة لم تنجح مع نباتات المحاصيل مثل الذرة والقمح لأنها ليست من عوائل هذا النوع من البكتيريا ومن ثم أجريت عديد من التجارب تهدف إلى إدخال

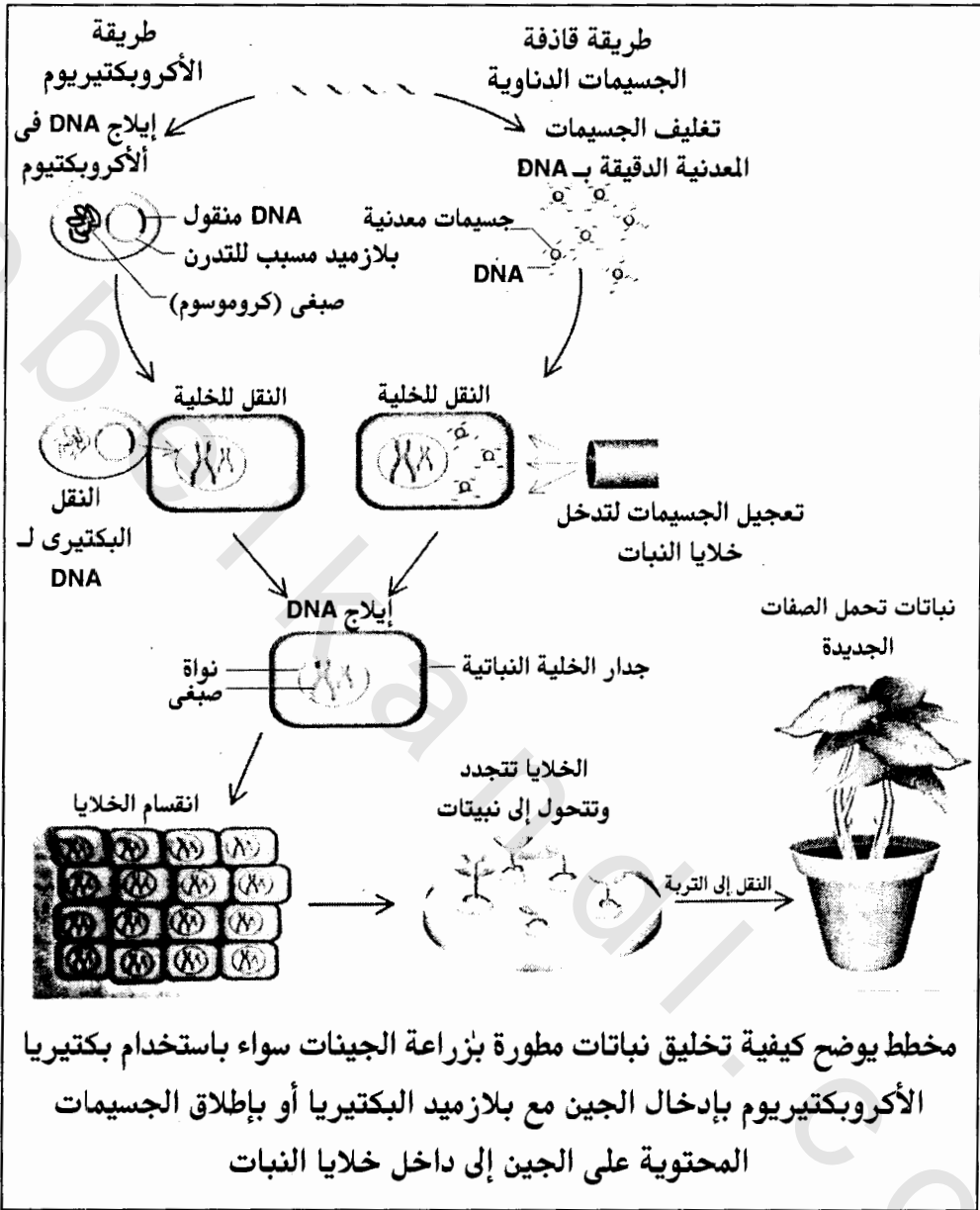
DNA المرغوب زرعه فى خلايا النبات . وتوصل العلماء إلى تغليف DNA بجسيمات معدنية دقيقة وإطلاقها بسرعة تكفى اختراق جدر خلايا النبات ، وقد ابتكر العلماء جسيمات التنجستن المحتوية على DNA المطلوب زرعه فى الخلايا النباتية وقد أمكن بهذه التقنية إنتاج نباتات متطورة حيث أن الجينات تمكنت من العمل داخل بعض الخلايا وهذه الأخيرة انقسمت مكونة نباتات مطورة بالوراثة .

وتعتبر صفة مقاومة الأمراض من بين أهم الصفات التى يقدمها نقل الجينات وقد تم تحقيق نتائج مثيرة فى تخليق نباتات تقاوم الفيروسات . . كما أن مقاومة افتراس الحشرات للنبات هدف هام آخر أمام الهندسة الوراثية لا سيما فى القطن والبطاطس والذرة واعتمد على أنواع من البكتيريا تنتج بروتينا يقتل الحشرة .

وقد نجح الباحثون فى استخدام قاذفة الجسيمات فى زراعة جينات مقاومة المبيدات الحشرية وإنتاج نباتات القطن التى تقاوم دودة اللوز كما أنتجت نباتات البطاطس التى تقاوم التلف الذى تسببه الخنافس .

كما أن إبادة الأعشاب الضارة كانت من مهام الهندسة الوراثية حيث تم زراعة جين يثبط النمو فى خلايا النباتات العشبية الضارة . والأمل فى الهندسة الوراثية فى توسيع قاعدة الإنتاج الزراعى مستقبلا لأن إنتاج الغذاء العالمى لابد أن يتضاعف ثلاث مرات خلال الأربعين سنة القادمة ، حتى يمكن مواجهة حاجات ما يقدر بتسعة بلايين من البشر . والتكنولوجيا الحيوية هى أحد الحلول الحديثة القليلة المطروحة لعلاج المشكلة .

ثمة ميزة أخرى مهمة لهندسة النباتات وراثياً ، فهى توفر للمزارع أحدث التقنيات فى غلاف تقليدى للغاية ، هو البذرة ، وبذا تكون هذه المزايا فى متناول حتى أفقر الأمم ، دون الحاجة إلى تجهيزات من التكنولوجيا الرفيعة أو أدوات غالية الثمن . وبالرغم من أن التكنولوجيا الحيوية ليست الحل لكل المشكلات ، فإنها تُعد ركناً هاماً فى الزراعة فى العالم بأسره .



أدت التطورات العلمية الحديثة السريعة وخاصة التقدم السريع فى مجالات البيوتكنولوجى إلى ظهور اعتراضات على ما يتم إنجازه تخوفاً من أن تصل هذه التقنيات إلى الاعتداء على قدسية الإنسان ويعارض ذلك بلاشك حرية البحث العلمى وإن كان أحد شروط الحرية ألا يتعارض سلوك الفرد مع حرية الآخرين وألا يؤدي سلوك الفرد إلى تعرض الآخرين للخطر . ويتوقع العلماء أن القرن القادم هو قرن السيطرة على مورثات الإنسان والتحكم فيها مما قد يسيطر على إرادته ويهدد وجوده ، وإذا سمحنا للهندسة الوراثية ومجالات البيوتكنولوجى الأخرى مثل الاستنساخ وزراعة الإنسجة بالاستمرار دون قيد أو شرط قد يصل بنا ذلك فى المستقبل إلى ظهور كائنات بشرية أخرى وتعرض الأجيال القادمة للخطر .

وفى حقيقة الأمر ، المجتمع والرأى العام على حق والعلماء ورجال البحث العلمى على حق رغم أن كل منهما له رأى معارض للآخر - فرغم أن الرأى العام لا ينسى مأساة التجارب النووية والقنبلة النووية التى أقيمت على هيروشيما ونجازاكي إلا أن العلماء يذكرون دائماً دور الطاقة النووية فى العلاج وتوليد الكهرباء . . وإن ما حققه العلماء فى نصف القرن الأخير يفوق كل ما تم تحقيقه فى تاريخ البشرية كلها ، ويرى رجال الفكر أن العالم ليس فى حاجة إلى تطوير العلم قدر ما هو فى حاجة إلى تغيير فكر الإنسان حتى لا يقف عقبة فى طريق استمرارية البحث العلمى ، وأن العالم فى حاجة إلى أخلاق تتفق مع التقدم التكنولوجى ، ومسئولية رجال الفكر كبيرة فى هذا المجال لأن الثورة البيولوجية تدق الأبواب ويجب أن نستقبلها بأفكار وقيم أخلاقية تساعد على تكيف الإنسان مع التطور القادم .