



## الفصل الثالث

### تكنولوجيا الجينات

أهمية دراسة (DNA) وتكنولوجيا الجينات :

وتكمن أهمية ذلك في نقل المادة الوراثية من كائن حي إلى آخر , لتعديل الصفات الوراثية في الكائنات الحية , خدمة للبشرية في الكثير من المجالات ولا سيما : الطبية , والزراعية , والبيئية .

أدوات تكنولوجيا الجينات وموادها : وهي

2- نواقل الجينات.

1- إنزيمات الحموض النووية

1. إنزيمات الحمض النووي DNA

ومن أهمها : إنزيمات القطع المحدد , وإنزيم ربط DNA , وإنزيم بلمرة DNA المتحمل للحرارة.  
تم تحميل هذا الملف من موقع الأوائل التعليمي  
أ - إنزيمات القطع المحدد :

إنزيمات متخصصة في قطع (DNA) تنتجها أنواع عدة من البكتيريا وذلك للدفاع عن نفسها ,

حيث تعمل على قطع (DNA) الفيروس الذي يهاجمها للتخلص منه .

وقد تعرف العلماء أكثر من 3500 إنزيم منها , وأستخدموا بعضها في تكنولوجيا الجينات .

تسمية إنزيمات القطع المحدد :

تسمى إنزيمات القطع المحدد تبعاً لنوع البكتيريا التي تنتجها.

فمثلاً تكوّن بكتيريا (Escherichia coil R) إنزيم قطع يسمى (EcoRI) ,

وتشير الأحرف (Eco) إلى جنس البكتيريا ونوعها ( E جنس , co نوع ) ويشير الحرف (R) إلى سلالة

البكتيريا , في حين يشير الرقم ( I ) إلى أن هذا الإنزيم هو أول إنزيم قطع محدد تم إكتشافه في هذه البكتيريا .

## دور إنزيمات القطع المحدد :

يتعرف كل إنزيم من إنزيمات القطع المحدد تتابعا معيناً من النيوكليوتيدات, يتراوح بين (4-6) نيوكليوتيدات

في (DNA) تمثل **مناطق التعرف** , ويكون هذا التتابع متماثلاً في منطقة التعرف في سلسلتي (DNA).

لاحظ الشكل في الكتاب المدرسي ص 54

لكل سلسلة (DNA) نهايتان يرمز إلى أحدها بالرمز (5') five prime

ويرمز إلى الأخرى بالرمز (3') three prime

يكون إمتداد السلسلة الأولى في جزيء (DNA) من (5') إلى (3') ,

ويكون في السلسلة المقابلة من (3') إلى (5').

ادرس الشكل الآتي الذي يبين منطقة تعرف أحد إنزيمات القطع المحدد , والذي يظهر أن تتابع النيوكليوتيدات

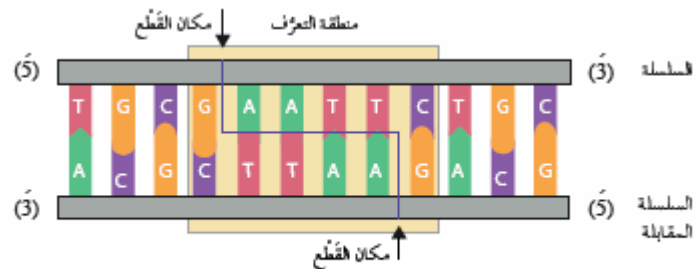
في منطقة التعرف في سلسلة (DNA) من (5') إلى (3') هو تتابع النيوكليوتيدات نفسه في السلسلة المقابلة

من (5') إلى (3'). تحميل هذا الملف من موقع الأوائل التعليمي

لاحظ أن هذا الإنزيم يقطع سلسلة (DNA) في مكان محدد بين القاعدة النيتروجينية جوانين (G)

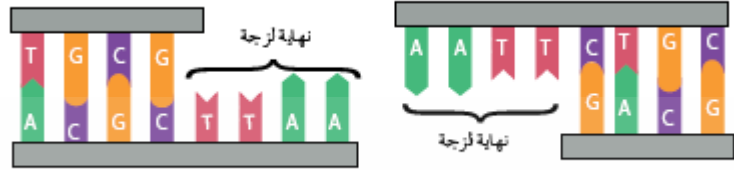
والقاعدة النيتروجينية أدنين (A) في سلسلتي (DNA) انظر مكان القطع في الشكل .

انظر الأشكال في الكتاب المدرسي ص 54 و 55



الشكل (١-٣١): إنزيم القطع المحدد (EcoRI): منطقة التعرف، ومكان القطع.

ملاحظة : ينتج من بعض إنزيمات القطع المحدد مثل إنزيم (EcoRI) قطع أطرافها سلاسل مفردة من النيوكليوتيدات , وتسمى هذه الأطراف النهايات اللزجة لاحظ الشكل الآتي :



الشكل (١-٣٢) : سلسلتا (DNA) بعد القطع، وظهور النهايات اللزجة.

وقد وصفت باللزجة لإمكانية التصاقها بجزء آخر مكمل لها بسهولة . ( لماذا سميت باللزجة ؟ )

لاحظ أن القطعة ذات النهاية اللزجة (AATT) يمكنها أن ترتبط بجزء مكمل لها (TTAA) بسهولة .

**ملاحظة :**

قد ينتج من بعض إنزيمات القطع المحدد قطع (DNA) , تكون نهاياتها غير لزجة ( أطرافها سلاسل غير مفردة )

ويكون التحام هذه النهايات بقطع أخرى صعبا مما يجعل إستخدامها في مجال تكنولوجيا الجينات محدودا .

**ملاحظة :** تم تحميل هذا الملف من موقع الأوائل التعليمي

تستخدم قطع (DNA) الناتجة من إنزيمات القطع المحدد في بعض تطبيقات تكنولوجيا الجينات .

**وضح المقصود بكل من الآتية :**

**مناطق التعرف :** تتابع معين من النيوكليوتيدات, يتراوح بين (4 - 6) نيو كليوتيدات في (DNA) , ويكون هذا التتابع متماثلا في منطقة التعرف في سلسلتي (DNA).

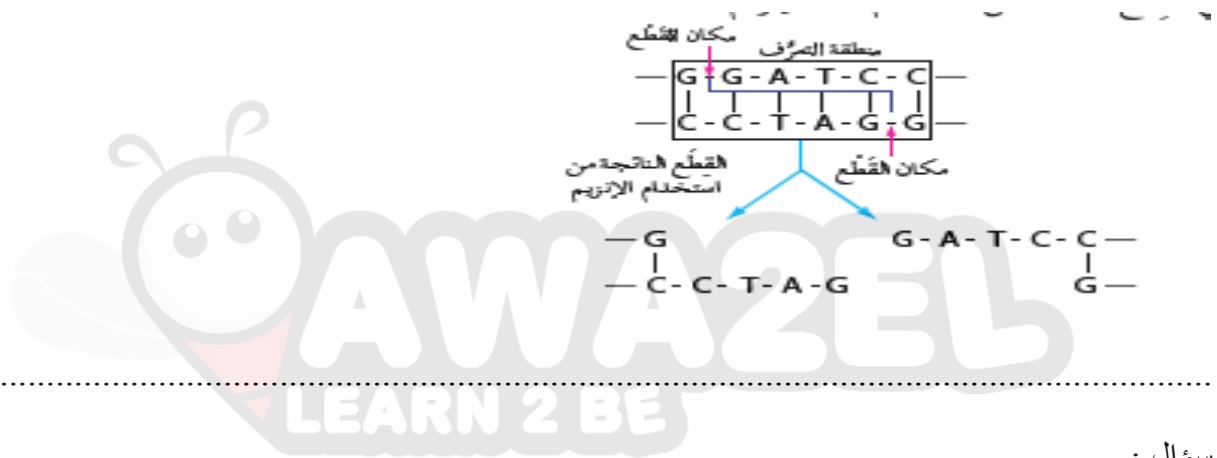
**النهايات اللزجة :** قطع ( DNA ) أطرافها سلاسل مفردة من النيوكليوتيدات , وقد وصفت باللزجة لإمكانية التصاقها بجزء آخر مكمل لها بسهولة .

**النهايات غير اللزجة:** قطع ( DNA ) أطرافها سلاسل غير مفردة من النيوكليوتيدات , وقد وصفت بغير اللزجة لصعوبة التحامها بقطعة أخرى ، مما جعل إستخدامها في مجال تكنولوجيا الجينات محدودا .

مثال :

إذا علمت أن أحد إنزيمات القطع يتعرف تسلسل النيوكليوتيدات ( GGATCC ), ويقطع سلسلة (DNA) بين القاعدة النيترو جينية (G) والقاعدة النيترو جينية (G) المتتاليتين .  
فأكتب تسلسل النيو كليوتيدات في القطع الناتجة من إستخدام هذا الإنزيم .

الحل :



سؤال :

تم تحميل هذا الملف من موقع الأوائل التعليمي  
تكون بكتيريا (Haemophilus influenza d) إنزيم (HindIII) الذي يتعرف تسلسل النيوكليوتيدات (AAGCTT) ويقطع في المكان المحدد بالاسهم بين القاعدة النيترو جينية (A) والقاعدة النيترو جينية (A) المتتاليتين : انظر الشكل :

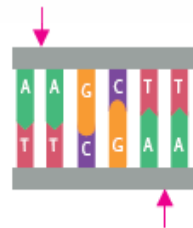
• ماذا تمثل كل من : الحروف (Hin) والرقم اللاتيني (III)؟

الجواب : Hin جنس البكتيريا ونوعها . III ثالث إنزيم قطع تم إكتشافه من هذا النوع من البكتيريا .

• أكتب القطع الناتجة من إستخدام هذا الإنزيم.

الجواب :

A A G C T T  
T T C G A A



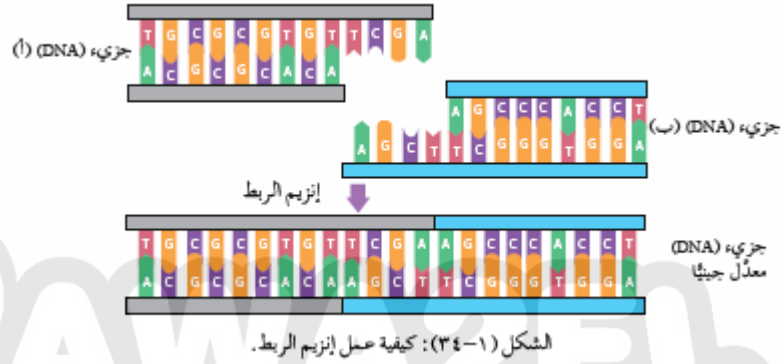
الشكل (٣٣-١): منطقة التعرف، ومكان قطع الإنزيم (HindIII).

**ب- إنزيم الربط :**

يستخدم إنزيم الربط في 1- ربط سلسلتي (DNA) معا أثناء عملية بناء DNA .

2- ويستخدم في تكنولوجيا الجينات لربط نهايتي جزيئي (DNA) معا

ليكونا جزيء (DNA) واحدا معدلا جينيا . لاحظ الشكل :



تذكر أن : عملية ربط النهايات اللزجة أسهل من عملية ربط النهايات غير اللزجة .

تم تحميل هذا الملف من موقع الأوائل التعليمي

**ج- إنزيم بلمرة DNA المتحمل للحرارة :**

يستخرج هذا الإنزيم من بكتيريا تعيش في الينابيع الساخنة.

ويستخدم في بناء سلسلة مكمله لسلسلة (DNA) الأصلية في تفاعلات إنزيم البلمرة المتسلسل .

**2- نواقل الجينات**

تستخدم نواقل الجينات في نقل قطع (DNA) الناتجة من إنزيمات القطع المحدد إلى الخلايا المستهدفة وذلك لتعديلها جينيا .

ومن الأمثلة على هذه النواقل : أ- البلازميدات ب - الفيروسات .

## أ- البلازميدات :

**البلازميد** : هو جزيء (DNA) حلقي يوجد في بعض سلالات البكتيريا ويتميز بقدرته على التضاعف ذاتيا , ويستخدم كناقل للجينات , وبعد أول النواقل المستخدمة في التعديل الجيني للبكتيريا. لاحظ الشكل :



الشكل (١-٣٥): المادة الوراثية في البكتيريا: البلازميد والكروموسوم البكتيري.

\*\*\* يجب توافر مواقع مهمة في البلازميد الذي يستخدم كناقل للجينات , لاحظ الشكل :



الشكل (١-٣٦): مواقع في البلازميد الذي يُستخدم ناقلَ جينات.

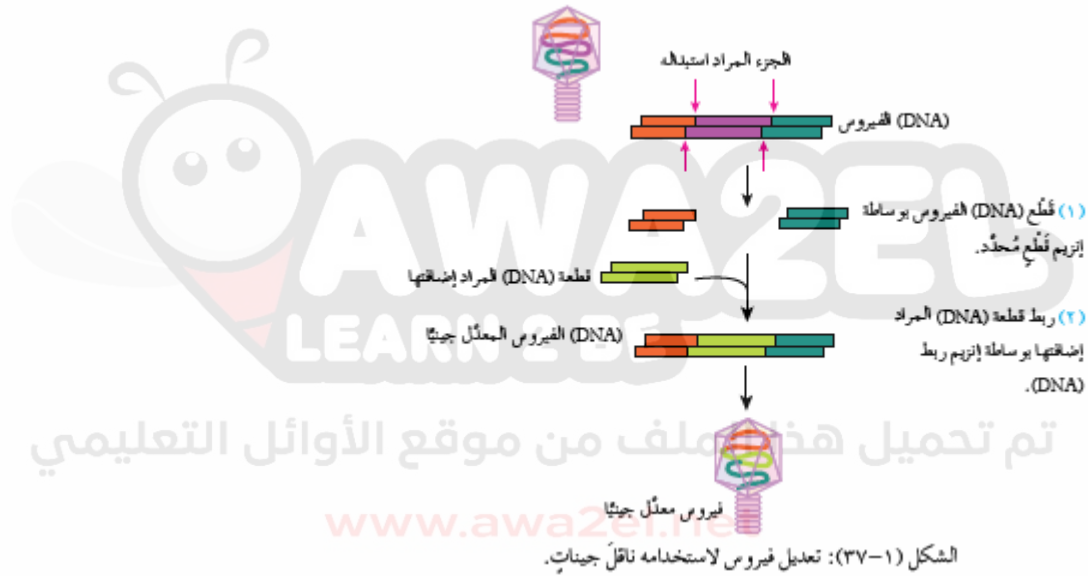
وفي ما يأتي المواقع المهمة في البلازميد الذي يستخدم كناقل للجينات :

1. الموقع المسؤول عن تضاعف البلازميد.
2. مواقع تعرف إنزيمات القطع المحدد : إذ تتعرف هذه الإنزيمات على تسلسل النيوكليوتيدات في هذه المواقع , فتقطع عندها لتضاعف قطع (DNA) المرغوبة إلى البلازميد.
3. الموقع الذي يحتوي على جين مقاومة نوع من المضادات الحيوية أو أكثر , وذلك لتسهيل فصل البكتيريا التي تحتوي على هذا البلازميد المعدل جينياً.

## ب- الفيروسات :

تستخدم بعض أنواع الفيروسات : مثل فيروس آكل البكتيريا , بوصفها نواقل للجينات , ولا سيما عندما تكون قطع (DNA) المرغوبة والمراد نقلها كبيرة الحجم .  
 إذ يتم قطع جزء من (DNA) الخاص بالفيروس , وتضاف قطعة (DNA) المرغوبة مكان القطع .  
 وذلك بالاستعانة بانزيمات القطع المحدد , وانزيم ربط (DNA) .

لاحظ الشكل :



تدخل النواقل المعدلة جينيا إلى الخلايا الهدف وذلك لتعديلها جينيا , وقد تكون الخلايا الهدف :

- خلايا إنسان : تخضع للمعالجة الجينية .

- خلايا نباتية أو خلايا حيوانية : يراد تحسين صفاتها .

- خلايا بكتيريا : يراد استخدامها في إنتاج مواد علاجية مثل : هرمون الإنسولين وهرمون النمو.



### الطرائق المستخدمة في تكنولوجيا الجينات :

تستخدم طرائق مخبرية عدة في : إنتاج نسخ متعددة من (DNA) . تفاعل إنزيم البلمرة المتسلسل

وفي فصل قطع (DNA) بعضها عن بعض. الفصل الكهربائي الهلامي

وسنتعرف في ما يأتي : على تفاعل إنزيم البلمرة المتسلسل و الفصل الكهربائي الهلامي .

### **\*\* تفاعل إنزيم البلمرة المتسلسل (PCR) :**

يستخدم هذا التفاعل في إنتاج نسخ كثيرة من قطع (DNA) خارج الخلية الحية باستخدام جهاز خاص .

ماذا يستفاد من هذه القطع الناتجة ؟

يستفاد من نسخ (DNA) الناتجة في مجالات عدة منها :

- تكثير جين معين مرغوب لاستخدامه في التعديل الجيني .

- تكثير عدد نسخ (DNA) لمسبب مرض ما , مما يساهم في الكشف عن وجود مسببات

الأمراض الفيروسية والبكتيرية في عينات المرضى .

- تشخيص بعض الاختلالات الوراثية .

- تعرف بصمة (DNA) .

ما المواد اللازمة لهذا التفاعل؟

1- إنزيم بلمرة (DNA) المتحمل الحرارة .

2- عينة (DNA) المراد نسخها .

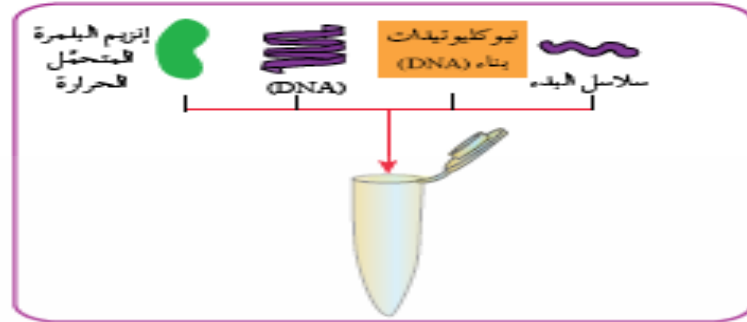
3- نيوكليوتيدات بناء (DNA) .

4- سلاسل البدء

سلاسل البدء : التي تعرف بأنها سلاسل (DNA) أحادية قصيرة , يكون تتابع النيوكليوتيدات فيها

مكملا للنيوكليوتيدات في المنطقة التي يبدأ فيها نسخ (DNA) .

لاحظ الشكل .



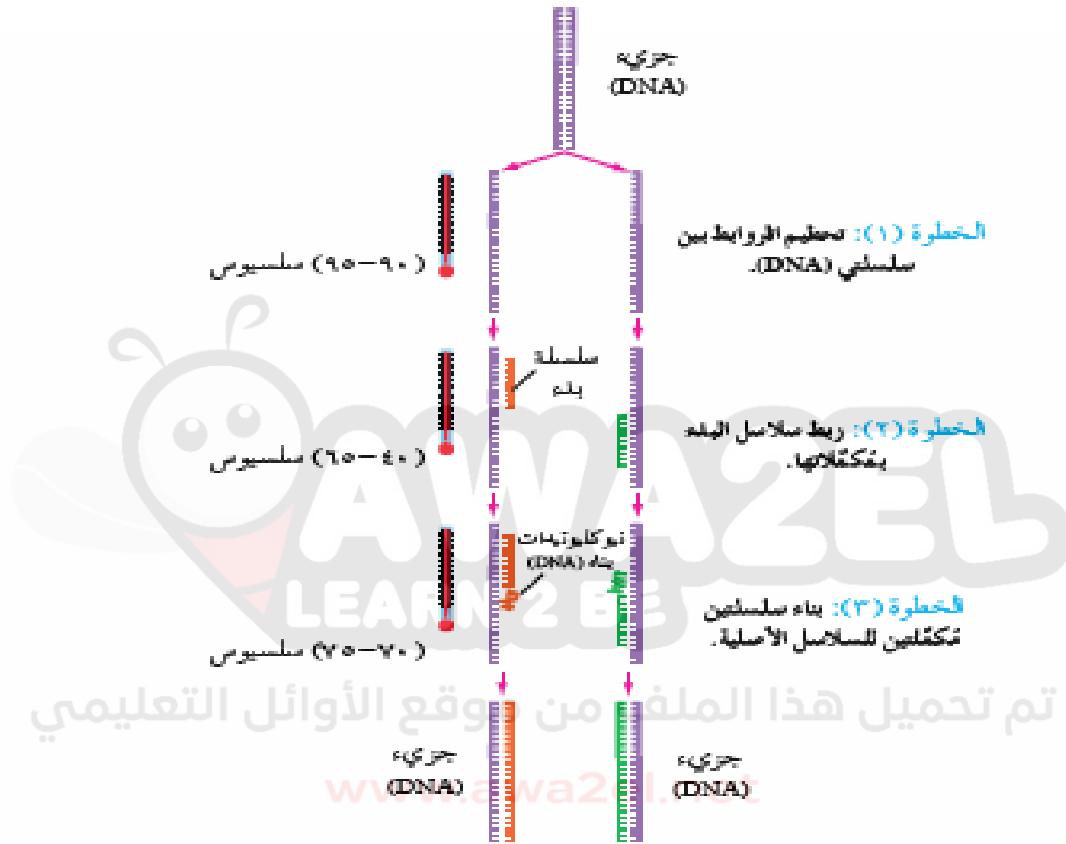
الشكل (١-٣٨): المواد والأدوات اللازمة لتفاعل إنزيم البلمرة المتسلسل.

وبعد توفير المواد الضرورية للتفاعل يتم نقلها الى أنبوب خاص يوضع في جهاز تفاعل البلمرة المتسلسل.

### ما خطوات تفاعل البلمرة المتسلسل ؟

- تحدث هذه التفاعلات على صورة دورات تستغرق مددا زمنية قصيرة, (تتراوح بين ثوان ودقائق) ,
- تتضمن كل خطوة من خطوات الدورة ضبط درجات الحرارة كما هو مبين في الشكل (1- 39) ,
- ( ما اهمية ذلك ؟ ) تعد الدقة في ضبط درجة الحرارة عاملا اساسيا لاتمام كل خطوة من خطوات الدورة.
- ففي الخطوة الاولى تفصل سلسلتا (DNA), وذلك بتحطيم الروابط بينهما (درجة حرارة 90- 95 س )
- وفي الخطوة الثانية ترتبط سلاسل البدء بمكملاتها (درجة حرارة 40 – 65 س ) .
- وفي الخطوة الثالثة تبنى سلسلتا (DNA) جديدتان مكملتان للسلسلتين الاصليتين فيتضاعف جزيء (DNA) الاصيلي (درجة حرارة 70 – 75 س ) .
- تكرر الدورة عدة مرات قد تصل الى 35 دورة , وتكون جميع نسخ (DNA) الناتجة من تفاعلات (PCR) نسخا طبق الأصل عن جزيء (DNA) الاصيلي .

انظر الشكل التالي :



الشكل (١-٣٩): دورة تفاعل إنزيم البلمرة المتسلسل.

### \*\* الفصل الكهربائي الهلامي للمادة الوراثية :

- يستعمل الفصل الكهربائي الهلامي لفصل قطع (DNA) في عينة ما اعتمادا على حجمها.

- يعد حجم القطع هو الأساس لفصل مزيج من قطع DNA . علل

الجواب : لأن قطع (DNA) مشحونة بشحنة سالبة فإنها تتحرك باتجاه القطب الكهربائي الموجب

حيث أن المسافة التي تتحركها قطع (DNA) في المادة الهلامية تختلف باختلاف حجم كل منها ،

فالقطع الصغيرة تقطع مسافة أطول من القطع الكبيرة في الوقت المستغرق نفسه .

انظر الشكل :



الشكل (١-٤٠): خطوات الفصل الكهربائي الهلامي.

### خطوات الفصل الكهربائي الهلامي للمادة الوراثية :

يمكن تلخيص الخطوات على النحو الآتي :

أ- ملء الحفر الموجودة على طرف الهلام بمزيج من قطع (DNA) المراد فصلها.

ب- وصل قطبي الجهاز بمصدر تيار كهربائي لمدة مناسبة .

ج- انتقال قطع (DNA) باتجاه القطب الموجب بسرعة تتناسب عكسيا مع حجمها .

د - فصل التيار الكهربائي , ثم وضع الصفيحة بما تحويه في محلول صبغة خاصة

بجزيئات (DNA) لمدة قصيرة . ( وذلك لصبغ قطع DNA بمادة مشعة )

هـ- نقل الصفيحة إلى جهاز آخر خاص مزود بمصدر للأشعة فوق البنفسجية ( UV ) ، لتظهر

أشرطة DNA المصبوغة بمواقع مختلفة في المادة الهلامية , ويمثل كل شريط أحمر قطعة (DNA)

لاحظ الشكل :

تم تحميل هذا الملف من موقع الأوائل التعليمي

www.awa2el.net



الشكل (١-٤) : أشرطة (DNA) مثلما تُشاهد باستخدام الأشعة فوق البنفسجية.

ملاحظة هامة :

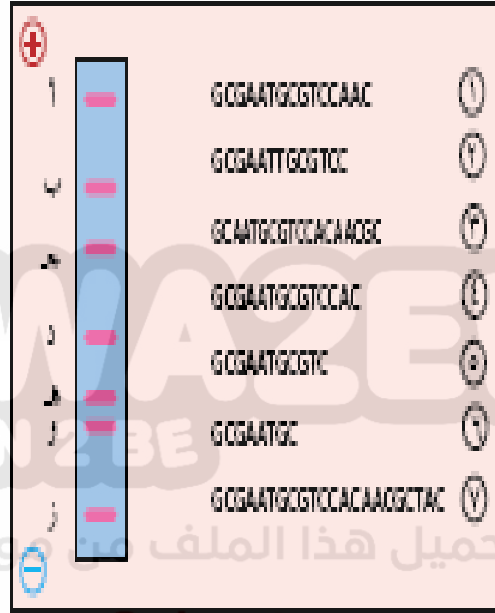
\* تقطع قطع (DNA) المتطابقة في حجمها المسافة نفسها على المادة الهلامية .

\* تستخدم هذه الطريقة في تكنولوجيا الجينات لتحديد بصمة (DNA) .

\* سؤال

تمثل الشكل التالي نتائج الفصل الكهربائي الهلامي لعدد من قطع (DNA) المفردة :

- انسب كل قطعة DNA إلى الرمز الذي يمثلها على الشريط المرمز من (أ - ز) .
- ما الأساس الذي اعتمدت عليه في إجابتك؟



الشكل (١-٤): نتائج الفصل الكهربائي الهلامي لعدد من قطع (DNA).

الجواب :

\* أ- 6 / ب- 5 / ج- 2 / د- 4 / هـ- 1 / و- 3 / ز- 7

\* لأن قطع DNA تتحرك حسب حجمها ( طولها ) والاصغر حجما تقطع مسافة اكبر عند حركتها باتجاه القطب الموجب .

## تطبيقات تكنولوجيا الجينات :

إنقلت آثار المعرفة من مختبرات البحث العلمي إلى خارجها لتلبية حاجات الإنسان الحقيقية في مجالات حياته المختلفة , فما تطبيقات تكنولوجيا الجينات التي ساعدت على ذلك ؟

أولا – هندسة الجينات :

تتضمن هندسة الجينات تعديل تركيب DNA لينتج DNA معدل جينيا , يستخدم في إنتاج كائنات حية معدلة جينيا ذات صفات مرغوبة . فما مجالات هندسة الجينات ؟

أ- المجال الطبي : مثل

1- إنتاج علاجات طبية : استفاد العلماء من هندسة الجينات في إنتاج مواد طبية يتناولها المرضى غير القادرين على إنتاجها مثل : هرمون الإنسولين , و هرمون النمو .

2- العلاج الجيني: من الأمراض التي تعالج جينيا مرض التليف الكيسي , ونزف الدم .

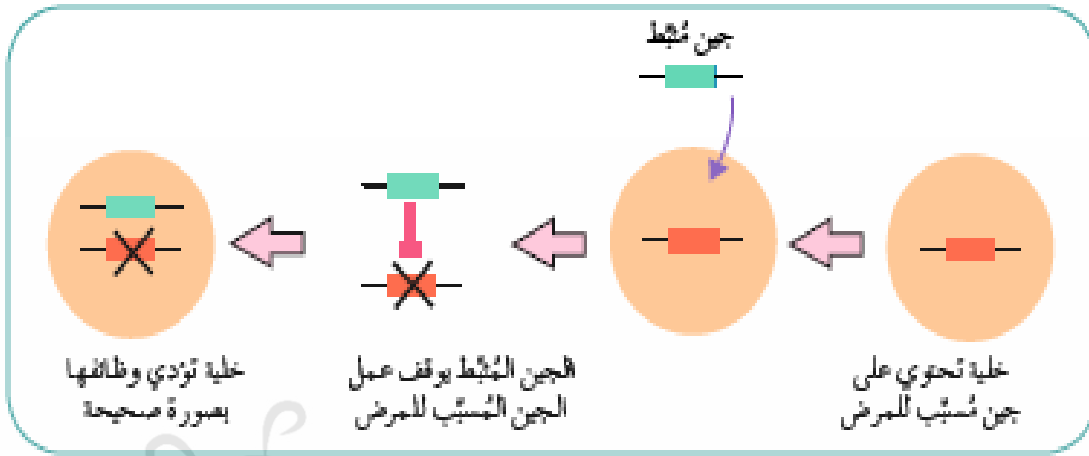
حيث تعالج الخلايا جينيا بطريقتين :

الأولى : تثبيط الجين المسبب للمرض وإيقافه عن العمل :

بالآلية الآتية

- يتم اضافة جين مثبط الى الخلية
- يوقف الجين المثبط عمل الجين المسبب للمرض
- الحصول على خلية تؤدي وظائفها بصورة صحيحة .

لاحظ الشكل .



الشكل (1-4): المعالجة الجينية بتثييط الجين المُسبب للمرض.

الثانية : إدخال الجينات السليمة بواسطة نواقل الجينات, بحيث تنقل الجينات السليمة إلى الخلايا الجسمية, أو الجاميتات ( الذكورية أو الأنثوية ), أو البويضة المخصبة .

تم تحميل هذا الملف من موقع الأوائل التعليمي

www.awa2el.net

ب- المجال الزراعي :

يعاني الانسان من مشكلات بيئية مثل :

1- نقص الغطاء النباتي 2- نقص الثروة الحيوانية .

ومن أسباب المشكلات البيئية :

1- الزيادة الكبيرة في عدد السكان 2- شح الموارد الطبيعية 3- الرعي الجائر

3- الزحف العمراني إلى المناطق الزراعية 5- الإستخدام المفرط للمبيدات الحشرية .



فكيف تساهم هندسة الجينات في حل هذه المشكلات وغيرها ؟

**\*\*\* تحسين الإنتاج النباتي :**

استخدمت هندسة الجينات في إكساب النباتات صفات جديدة تمكنها من تحمل الظروف البيئية القاسية ،

حيث يتم نقل جينات إليها تجعلها قادرة على مقاومة الحشرات أو الأمراض أو الملوحة أو الجفاف .

فما خطوات هندسة الجينات في النباتات؟ انظر الشكل ص 65

- استخلاص البلازميد من البكتيريا
- تعديل البلازميد جينيا باستخدام انزيمات القطع المحدد ، وانزيمات ربط DNA
- الحصول على بلازميد معدل جينيا واضافته الى الخلايا النباتية المستهدفة
- الحصول على خلية نباتية معدلة جينيا
- عمل زراعة نسيجية للخلية النباتية المعدلة جينيا للحصول على نبات يحمل الصفة المرغوبة



الشكل (١-٤٥): ملخص خطوات هندسة الجينات في النبات.

ثانيا - بصمة (DNA) :

تطبيق يستخدم في معرفة تسلسل النيوكليوتيدات لدى الأشخاص في مناطق محددة من DNA ,  
إذ ان لكل شخص تسلسلا معيناً من النيوكليوتيدات يختلف عن أي شخص آخر .

ما مصدر الخلايا التي يستخلص منها الحمض النووي DNA لتحديد بصمة DNA ؟

- تستخلص عينة DNA من أنسجة الجسم وسوائله المختلفة مثل :

الدم ، والسائل المنوي ، واللعاب ، والبول ، وبصيلات الشعر ، والجلد ، والأسنان ، والعظام

والعضلات ، والأنسجة الطلائية .

- ثم يستخدم تفاعل إنزيم البلمرة المتسلسل ( اذا كانت كمية العينة المراد فحصها غير كافية للفحص )

وإنزيمات القطع المحدد ،

وتقنية الفصل الكهربائي الهلامي

للعينات التي تجمع من مسرح الجريمة , ومن المشتبه فيهم في حالة الجرائم أو من الطفل والأبوين

في حالة إثبات النسب ، ثم تقارن نتائج العينات المفحوصة بعينات المشتبه فيهم للتوصل إلى الجناة

في حالة الجرائم أو بعينات الأباء للفصل في قضايا إثبات النسب.

### الأبعاد الأخلاقية لتطبيقات تكنولوجيا الجينات ومحاذير إستخدامها :

المحاذير والمخاوف من إساءة استخدام تكنولوجيا الجينات أو الآثار السلبية لإستخدامها :

#### 1 - تأثير الجين المنقول إلى الخلية في عمل الجينات الأخرى :

فقد يؤثر الجين المنقول في جين مسؤول عن منع حدوث الأورام مثلا ويفقده القدرة على العمل , مما يؤدي الى إنتشار الأورام في جسم الشخص المنقول إليه الجين.

#### 2- تأثير نواقل الجينات (مثل الفيروسات المعدلة جينيا) في عمل جهاز المناعة :

إذ يستجيب جهاز المناعة لدخول هذه النواقل (مثل الفيروسات المعدلة جينيا) , فيهاجمها . فلا يستفيد المريض من المعالجة الجينية. علل ( عدم إستفادة المريض من المعالجة الجينية أحيانا ) ؟

#### 3- تحول هدف التعديل الجيني للخلية البشرية من المعالجة الجينية للتخلص من الأمراض

إلى تعديل الصفات الشكلية الطبيعية للإنسان :

مثل: لون البشرة ولون العينين, وغير ذلك من الصفات غير المرضية.

#### 4- إنتاج كائنات حية تؤثر في الإتزان البيئي والسلاسل الغذائية.

سؤال : جمع الباحث الجنائي عينات من مسرح إحدى الجرائم, وخضعت هذه العينات للفصل الكهربائي الهلامي لتحديد بصمة DNA , ثم خضع الأشخاص المشتبه فيهم للفحص نفسه , وكانت النتائج حسبما هو ظاهر في الشكل التالي , حدد المجرم من بين المشتبه فيهم .



الشكل (1-46): نتائج فحص عينات من مسرح الجريمة، وعينات المشتبه فيهم.

الجواب : المجرم هو رقم 4

لتوافق أكبر عدد من قطع DNA بينة وبين قطع DNA في مسرح الجريمة .

إنتهت الوحدة الأولى