

**الفصل الثالث:**

**الهندسة الوراثية : مبادئها وتقنياتها**

**تمهيد :** تمكن علماء الوراثة منذ السبعينيات من نقل وتوظيف مورثات متعددة ضمن خلايا أخرى أجنبية، الشيء الذي يعطي خلايا هجينة لم تكن موجودة من قبل في الطبيعة. بعد ذلك تم الانتقال من التجارب المخبرية إلى المجال الصناعي، حيث تأسست صناعة حقيقة تعتمد على التغيير الوراثي للخلايا الحية بواسطة نقل المورثات. تسمى التقنيات المعتمدة في هذا التغيير الوراثي: الهندسة الوراثية.

**I - مفهوم التغيير الوراثي ؟**

**① الانتقال الطبيعي لمورثات البكتيريا At إلى نبات:**

**أ - معطيات تجريبية :** أنظر نشاط 1 ، لوحة 1.

لوحة 1

الوثيقة 1



**① نشاط 1: مفهوم التغيير الوراثي:**

**دراسة حالة:** مرض جرب السنخ *La galle du collet* ، عبارة عن ورم سرطاني ضخم يظهر عند بعض النباتات على مستوى السنخ، وهي منطقة التقاء الساق والجذر (الوثيقة 1) ، ونظراً لأنّه الحاسم على الاقتصاد فقد كان موضوع عدّة أبحاث وتجارب.

← التجربة الأولى : ( E . Smith et C . Townsend en 1907 ) عزل الباحثان من ورم سرطاني في جذور نباتات بكتيريا تدعى *At = Agrobacterium tumefaciens* زرع هذه البكتيريا في فتحة حديثة ( أقل من يومين ) أنجزت على نبات سليم، فلوحظ ظهور الورم السرطاني في النبتة.  
 1) ماذا يمكنك استنتاجه من هذه التجربة؟

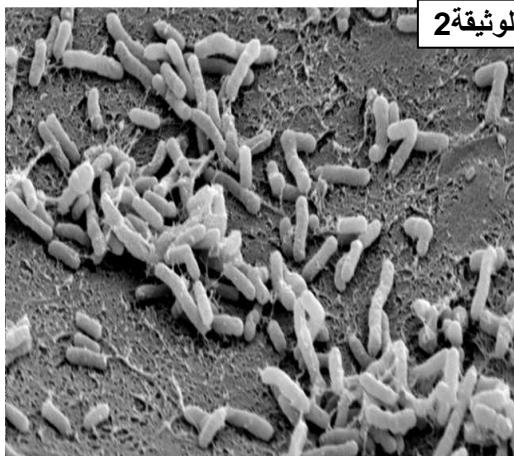
← التجربة الثانية : ( A. Braun 1972 ) .

لقد استطاع هذا الباحث أن يزرع نسيج جرب السنخ لا يحتوي على بكتيريا في وسط معين بدقة، يتكون فقط من السكروز وأملاح معدية. فلاحظ أن خلايا النسيج تتکاثر بصورة فوضوية عكس الخلايا العاديّة التي تتکاثر ببطء متطلبة وجود الهرمونات النباتية.

2) ما التغيير الذي حدث لخلايا السنخ بوجود البكتيريا

? *A.Tumefaciens*

3) ما الفرضية التي يمكنك إعطاؤها حول التغيير الذي أصاب سلوك الخلايا النباتية؟



اكتشفت مجموعة من الباحثين وجود نمطين من بكتيريات *Agrobacterium tumefaciens* A و B . وهذان النمطان يسببان المرض ( يؤديان إلى تكون ورم ) . حيث يؤدي النمط A إلى تكون ورم ترکب خلاياه التوباليين *Nopaline* بينما يؤدي النمط B إلى تكون ورم ترکب خلاياه الأكتوبين *Octopine* (التوباليين والأكتوبين عبارة عن مشتقات من مستقبلات مشتركة تتكون في معظمها من أحماض أمينية وأحماض سيتونية مختلفة أو سكريات ) .

4) ما مكمل الفرضية الذي يمكنك إعطاؤه حول التغيير الذي أصاب سلوك هذه الخلايا؟

**B - تحليل المعطيات التجريبية :**

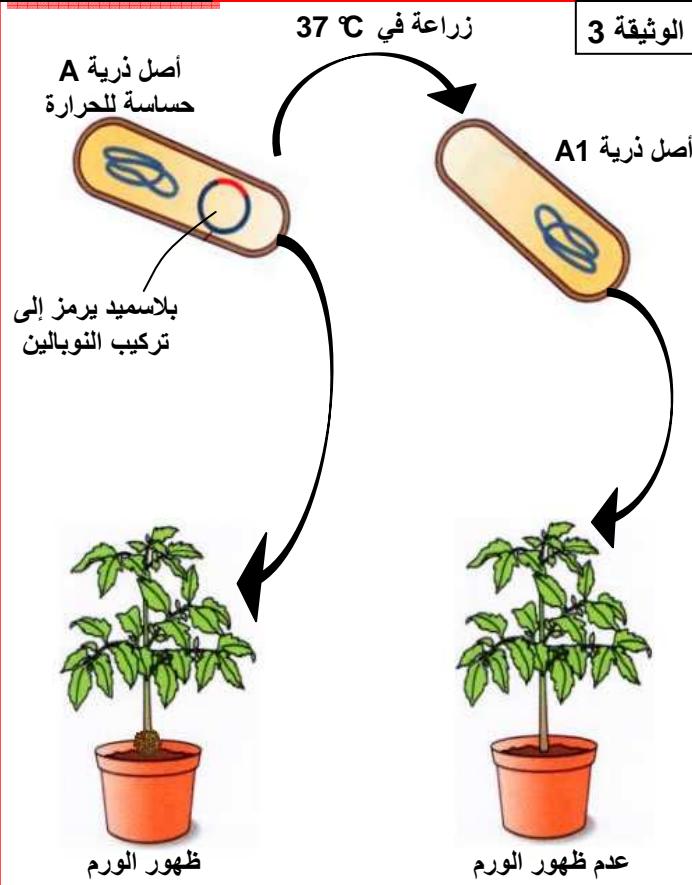
1) نستنتج من هذه التجربة أن البكتيريا At هي المسؤولة عن ظهور الورم السرطاني عند النباتات السليمة.

2) التغيرات التي ظهرت على خلايا السنخ بواسطة البكتيريا **At** هي التكاثر العشوائي والسريع غير المنتظم لخلايا النبتة دونما حاجة إلى الهرمونات النباتية المسئولة أصلاً عن نمو خلايا السنخ.

3) الفرضية: نقلت البكتيريا **At** إلى الخلايا النباتية مادة ما أدت إلى تغيير على مستوى الخبر الوراثي وبالتالي اكتساب الخلايا النباتية صفة التكاثر العشوائي.

4) ربما أن التغير في جينوم الخلايا النباتية ناتج عن إدخال مورثات بكتيرية إلى الخلايا النباتية، هذه المورثات هي التي تحكم في تركيب النوباليين والأكتوبين.

## اللوحة 1



### ← التجربة الثالثة:

تمكن باحثون من عزل البكتيريا **Agrobacterium tumefaciens** ، وبعد دراسة مكوناتها وجدوا حلقية **ADN** تدعى **Ti** . نزرع في درجة حرارة  $37^{\circ}\text{C}$  أصل ذرية **A** من النمط **Agrobacterium tumefaciens** حساسة للحرارة، فحصل على أصل ذرية **A1**. تبين الوثيقة 3 بقية التجربة .

5) فسر النتائج المحصل عليها.

### ← التجربة الرابعة:

لتوسيع دور البلاسميد ( حلقة صغيرة من **ADN** تحمل مورثات إضافية ) تنجز التجربة التالية: ندخل في نبات سليم بكتيريات **A1** لا تسبب المرض ومقاومة للمضادات الحيوية، وبكتيريات **B** مسببة للمرض وحساسة للمضادات الحيوية فيتكون ورم ( انظر الوثيقة 4، لوحة 2 ) .

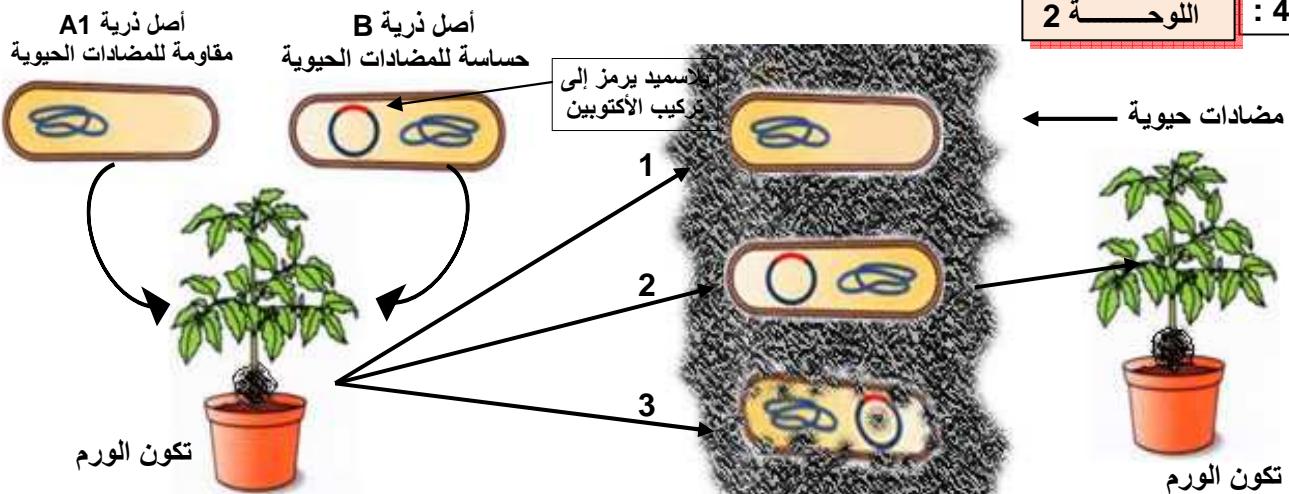
6) ما التفسير الذي تفترضه بالنسبة لنتيجة هذه التجربة؟  
نسحق الورم ونبسطه فوق وسط زرع يحتوي على مضادات حيوية: نتائج التجربة مماثلة في الجزء الأسفل من الوثيقة 4، لوحة 2.

7) تعرف على البكتيريات 1 و 2 و 3 المحصل عليها.

8) هل يمكنك تحديد دور البلاسميد؟

9) انطلاقاً من نتائج التجارب السابقة وباعتمادك على الوثيقة 5 لوحة 2 ، اشرح كيفية تكون الورم في مستوى السنخ عند النبات.

## اللوحة 2



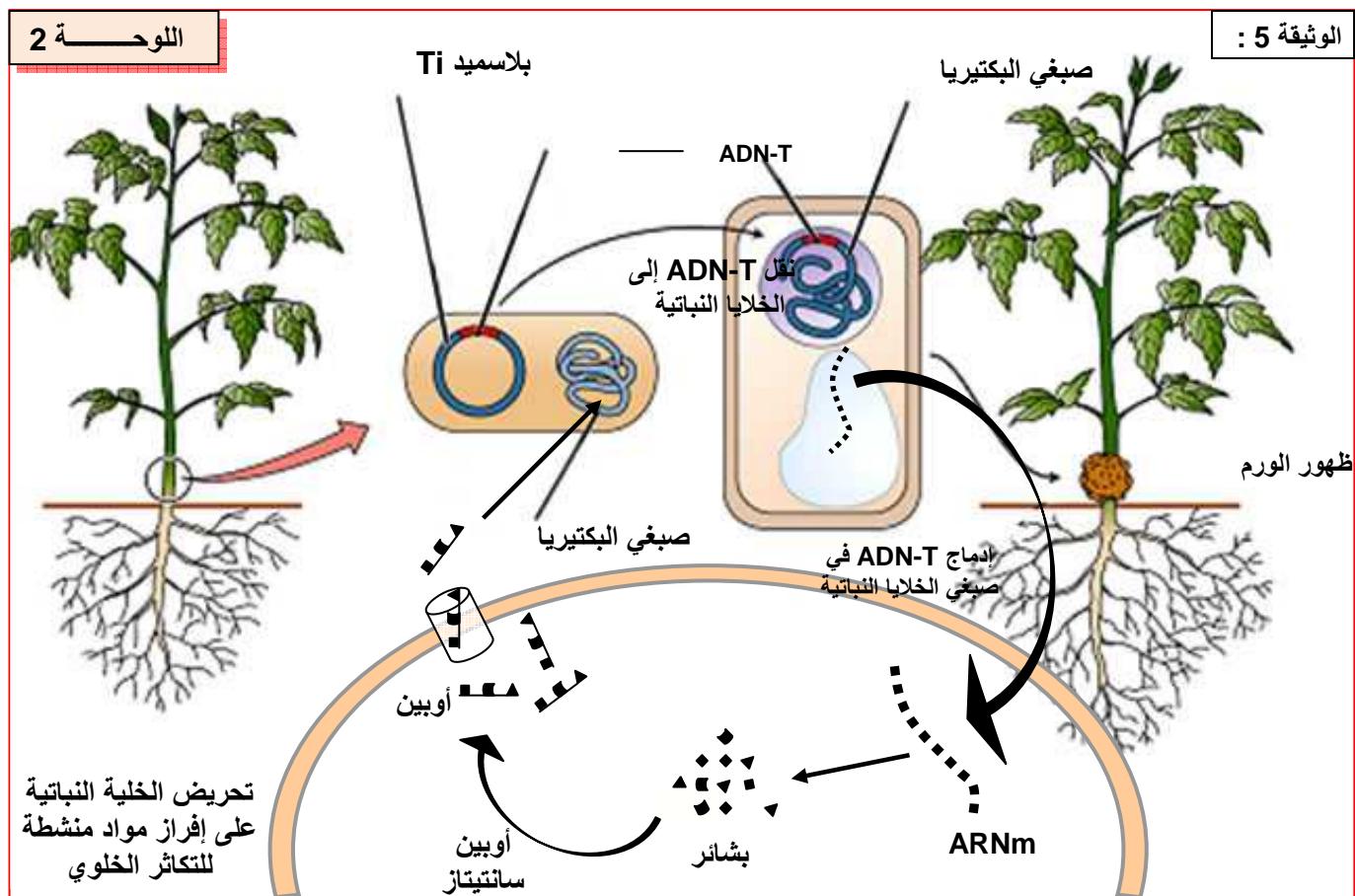
5) نلاحظ أنه تحت تأثير الحرارة، يتم تفكك البلاسميد المسؤول عن تركيب النوباليين، وينتج عن هذا التفكك عدم إصابة النبتة بالورم، فالبلاسميد **Adn** هو المسئول عن القدرة الممرضة للبكتيريا.

# هذا الملف تم تحميله من موقع : Talamid.ma

6) إن البكتيريا A1 فقدت قدرتها الممرضة لغياب البلاسميد. لذا يمكن تصور أن البكتيريا B المتوفرة على البلاسميد المسؤول عن تركيب الأكتوبين هي التي تؤدي إلى ظهور الورم عند النبتة.

7) البكتيريا 1 غير ممرضة ومقاومة للمضادات الحيوية، ادن هي البكتيريا A1.  
البكتيريا 2 تحتوي على بلاسميد ومقاومة للمضادات، ادن هي نمط هجين يحمل صفات A1 و B.  
البكتيريا 3 هي حساسة للمضادات الحيوية، ادن هي بكتيريا B.

8) لقد ظهرت بكتيريا جديدة تشبه A1 وتملك بلاسميد البكتيريا B، وتحدث المرض، نستنتج من هذا أن البلاسميد يستطيع الانتقال من خلية بكتيرية إلى أخرى محدثاً تغيراً في الصفات، ومن هنا فإن البلاسميد مسؤول عن تغيير الخبر الوراثي.

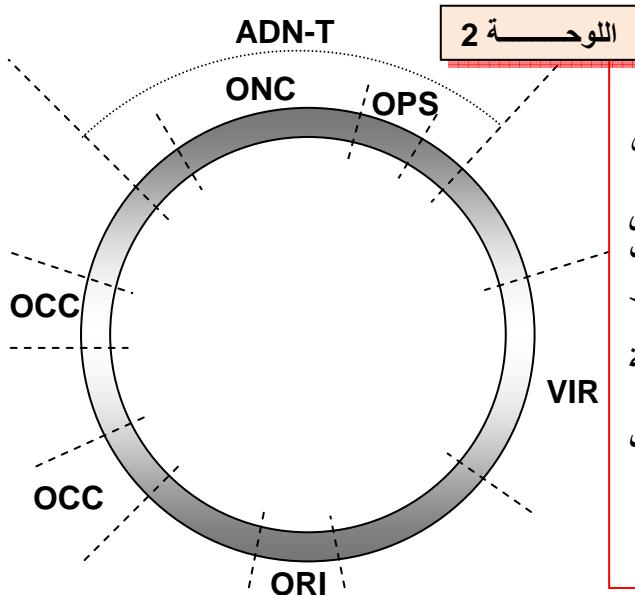


9) يظهر جرب السنخ على مراحل هي:

- المرحلة الأولى: تندد البكتيريا في جرح يكون قريباً من سبخ النبات، فتقوم بحقن بلاسميدها Ti في الخلية النباتية. هذا البلاسميد يحتوي على قطعة من ADN تدعى ADN-T.
- المرحلة الثانية: تدمج المرثيات ADN-T ضمن ADN الخلية النباتية العائلة، لتدخل تلك القطعة ضمن ذخيرتها الوراثية.
- المرحلة الثالثة: تستنسخ ARNm من مرثيات ADN-T، وتترجم إلى بروتين في سيتوب لازم الخلية النباتية. هذا البروتين هو أنزيم يحفز تفاعل تركيب الأوبين من طرف الخلية.
- المرحلة الرابعة: يؤدي الأوبين المركب إلى تكاثر الخلايا النباتية بإيقاع مرتفع، مما ينتج عنه ورم. كما أن الأوبين المفرز خارج الخلية يؤدي إلى تكاثر البكتيريا At.

## ② خلاصة:

إن جرب السخن ناتج عن تغير وراثي لخلايا النبطة. هاته الصفة أصبحت وراثية، ويعتبر بلاسميد البكتيريا عامل نقل المورثة من البكتيريا إلى الخلية النباتية. وقد مكنت دراسة هذه الظاهرة من وضع الخريطة الوراثية للبلاسميد Ti عند البكتيريا At. أنظر الوثيقة 6 لوحة 2.



### الخريطة الوراثية للبلاسميد Ti عند البكتيريا At

- يرمز لهذا البلاسميد بـ Ti ، نسبة لـ **Tumor inducing** أي محرض للورم.
- Transferred ADN = ADN-T** الجزء الذي ينتقل إلى الخلايا النباتية ويندمج مع ذخيرتها الوراثية. ويرمز للمورثات المسئولة عن تركيب الأوبينات (OPS)، والمسئولة عن التكاثر العشوائي (ONC).
- الوظيفة **VIR** مسؤولة عن إدماج ADN-T في المادة الوراثية للخلية النباتية.
- الوظيفة **OCC** مسؤولة عن هدم الأوبينات المحررة من طرف النبطة.
- الوظيفة **ORI** مسؤولة عن النسخ الذي يمكن البلاسميد من التكاثر.

## II - آليات الهندسة الوراثية.

### ① الوسائل المستعملة في الهندسة الوراثية:

#### أ - بكتيريا *Escherichia coli* : أنظر الوثيقة 1 ، لوحة 3.

#### • الوثيقة 1: أهمية اختيار بكتيريا *Escherichia-coli* في الهندسة الوراثية.

تعتبر العصبة الكولونية *La Colibacille E.coli* ، الكائن المفضل عند العلماء المهتمين بميدان الهندسة الوراثية وذلك لعدة اعتبارات، أهمها القدرة الكبيرة لهذا الكائن على التكاثر ( تنقسم كل 20 دقيقة ) ، وكذلك لتوفره بالإضافة للصبغي الأساسي على عدة بلاسميدات يمكن استغلالها كنافلات للمورثات، كما أن سينوبلازم هذه البكتيريا غني بالجسيمات الرئيسية والعناصر الضرورية لتركيب البروتينات.

#### ب - أنزيمات الفصل وأنزيمات الربط : أنظر الوثيقة 2 ، لوحة 3.

#### a - أنزيمات الفصل les enzymes de restriction

إنها أنزيمات نوعية قادرة على التعرف في مستوى جزيئة ADN على تسلسلات دقيقة من القواعد الأزووية، وقطع الجزيئة على مستواها. ويحمل كل أنزيم فصل اسم النوع البكتيري الذي استخلص منه.

#### b - أنزيمات الربط Les ligases

هي أنزيمات نوعية قادرة على ربط أجزاء ADN مقطوعة، وذلك بربط الأطراف الموحدة مع بعضها حسب مبدأ تكاملية القواعد الأزووية.

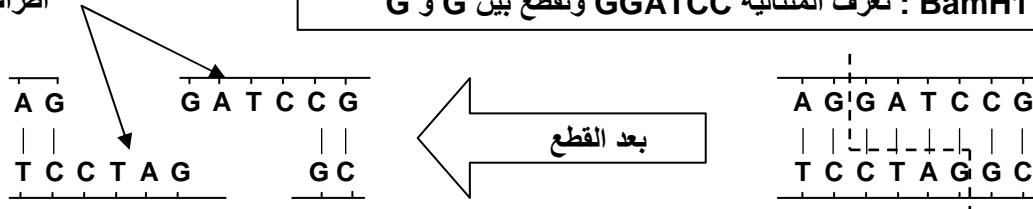
اللوحة 3

\* إنزيم HaeIII : تعرف المتتالية GGCC وتقطع بين G و C



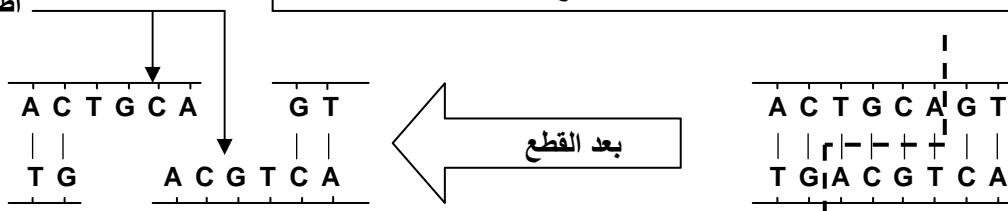
أطراف موحدة

\* إنزيم BamH1 : تعرف المتتالية GGATCC وتقطع بين G و G



أطراف موحدة

\* إنزيم PstI: تعرف المتتالية CTGCAG وتقطع بين G و A



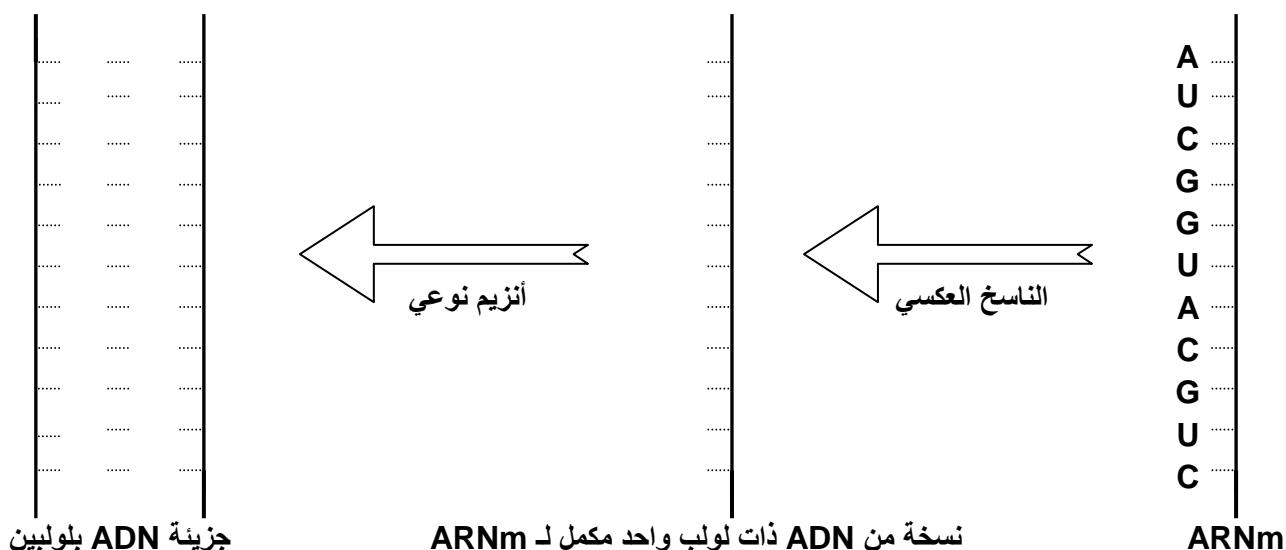
بعد القطع

ج - الناسخ العكسي : أنظر الوثيقة 3، لوحة 3.  
هو إنزيم يستطيع تركيب جزيئة ADN انطلاقاً من جزيئة ARNm

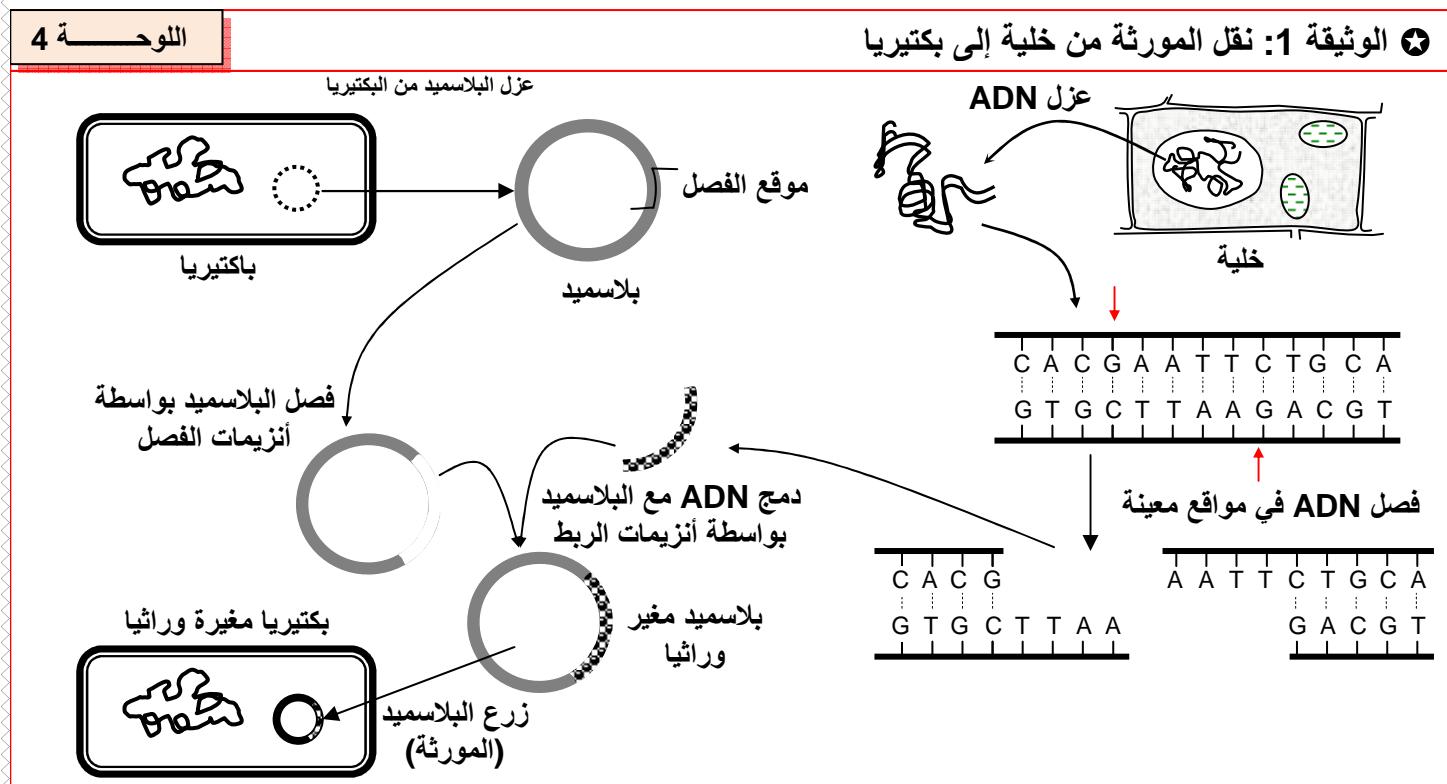
اللوحة 3

## • الوثيقة 3: الناسخ العكسي Transcriptase inverse

الناسخ العكسي هو إنزيم يعمل على تركيب جزيئة ADN انطلاقاً من جزيئة ARNm، وهكذا يمكن تركيب المورثة التي ترمز لبروتين معين انطلاقاً من ARNm الذي يرمز له. انطلاقاً من جزيئة ARNm التالية، حدد خيط ADN المنفرد الناتج عن الناسخ العكسي، ثم حدد جزيئة ADN المزدوجة والتي تمثل المورثة المرغوبة.



② مراحل نقل مورثة إلى بكتيريا : انظر الوثيقة 1 ، لوحه 4.



يتطلب نقل مورثة إلى بكتيريا معينة المرور من المراحل التالية:

### أ - عزل المورثة (جزء من ADN)

بعد تحديد الصفة المرغوبة، يتم عزل المورثة التي ترمز لها، وذلك بطريقتين:

- عزل ADN الخلية التي تحتوي على المورثة المراد نقلها، ثم يتم تقطيع جزيئة ADN بواسطة أنزيمات الفصل.
- استخلاص ARNm من الخلية التي تحتوي على المورثة المراد نقلها، وبواسطة الناسخ العكسي يتم تركيب ADNr الذي يكون حاملاً للمورثة المرغوبة، ثم تضاف له ADNc أطراف موحدة.

### ب - إدماج المورثة داخل متعضي ناقل.

نستخرج من خلية *E.coli* ناقل معزول (= بلاسميد). يتم قطع البلاسميد بواسطة أنزيم الفصل. ثم يتم ربط ADN البلاسميد بالجزء من ADN المراد نقله بواسطة أنزيم الربط. فنحصل بذلك على بلاسميد مغير يتم إدخاله داخل متعضي ناقل (*E.coli*).

### ج - نقل وتلقييم المورثة.

داخل علبة بيوري، يتم زرع البكتيريا المحتوية على ADN المغير، فت تكون لمات، يتم نقل هذه اللمات إلى علب جديدة، فنحصل بذلك على عدة لمات بعضها يحتوي على البكتيريا المغيرة وراثيا.

### د - رصد البكتيريات المغيرة وراثيا.

انظر الوثيقة 2 ، لوحه 4.

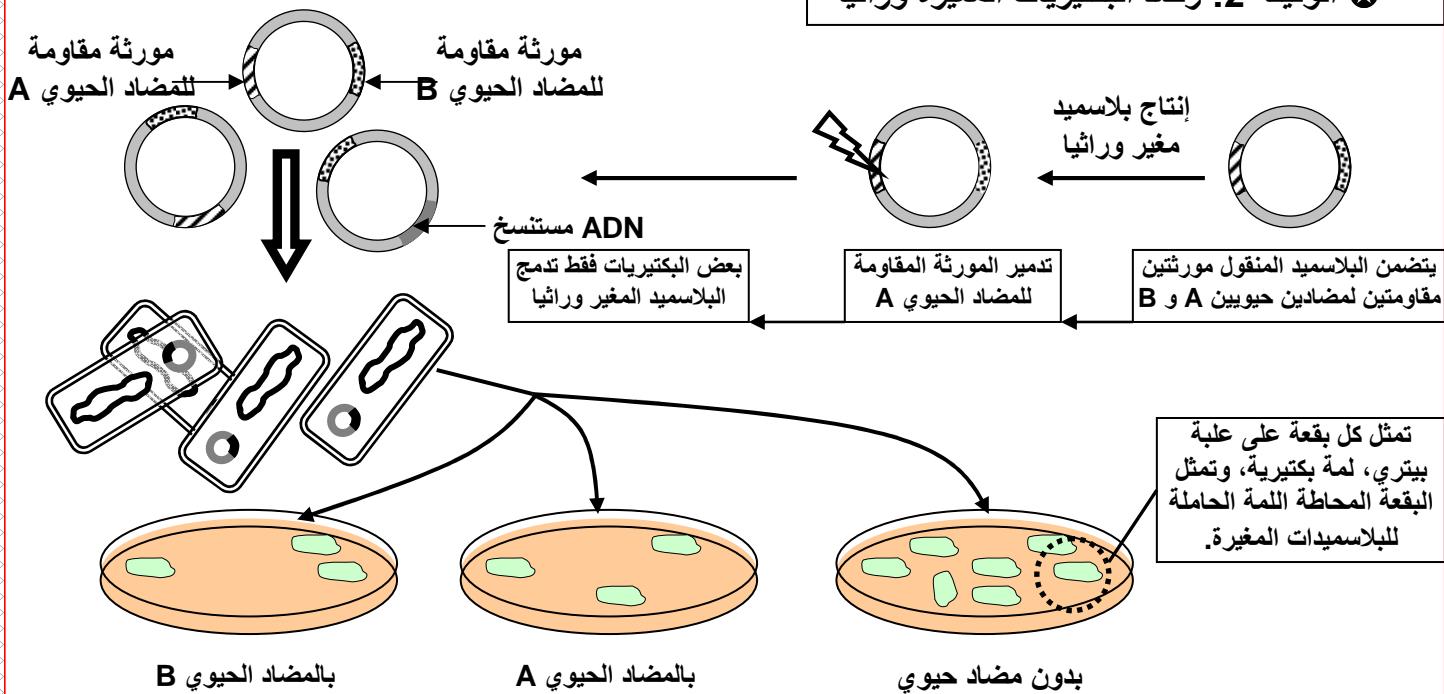
قبل زرع الخلايا لابد من التأكد من كونها تحتوي فعلاً على البلاسميد المغير، نستغل لهذا الغرض خصائص البلاسميد، كخاصية المقاومة للمضادات الحيوية.

نلاحظ أن البلاسميد المستعمل في هذه الحالة يتميز بوجود مورثتين: المورثة A ( مقاومة المضاد الحيوي A ) والمورثة B ( مقاومة المضاد الحيوي B ).

بعد دمجه للمورثة الجديدة، فقد البلاسميد المورثة A دون أن يفقد المورثة B . ادن البكتيريا الحاملة للبلاسميد المغير ستكون حساسة للمضاد الحيوي A و مقاومة للمضاد الحيوي B . وهكذا يتم رصدها باستعمال هذه المضادات الحيوية.

## اللوحة 4

### الوثيقة 2: رصد البكتيريات المغيرة وراثيا



### ٥ - تعبير المورثة.

بعد الحصول على اللمات التي تحتوي على المورثة المطلوبة، يتم زرع هذه الخلايا المغيرة في مخمرات صناعية لتتكاثر وتنتج أكبر كمية من المادة الناتجة عن ترجمة المورثة المدمجة في البلاسميد.

لكي تقوم البكتيريا بإنتاج بروتينات لا تحتاجها، تضاف إلى المورثة المرغوبة وحدات وظيفية منظمة.

### ③ خلاصة : تعريف الهندسة الوراثية

الهندسة الوراثية هي استخلاص جزء من ADN حامل لمورثة مطلوبة، وزرعها في خلايا أخرى (بكتيريا أو خلايا الخميرة ...). وهكذا يتم الحصول اصطناعيا على خلايا هجينه لم تكن موجودة من قبل في الطبيعة، قادرة على إنتاج بروتينات معينة مطلوبة.

### III - أمثلة لتطبيقات الهندسة الوراثية.

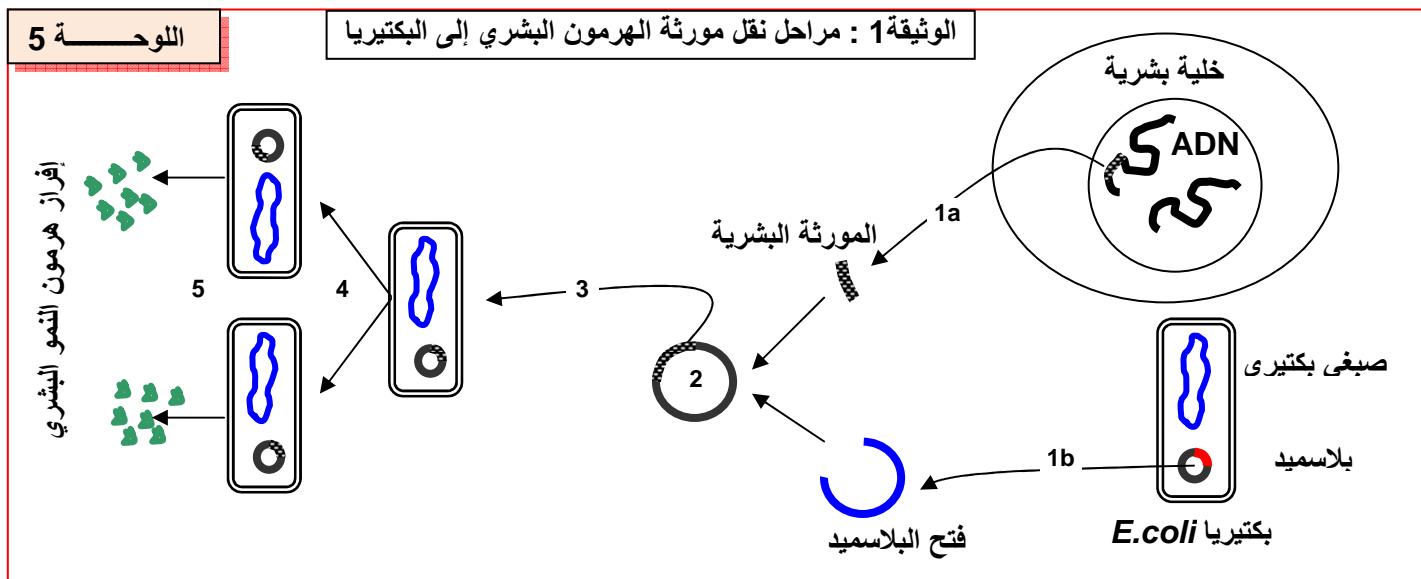
#### ① الإنتاج الصناعي لهرمون النمو البشري أنظر نشاط 3، وثيقة 1، لوحة 4.

## اللوحة 4

### الوثيقة 1: الإنتاج الصناعي لهرمون النمو HGH ( Human growth hormone )

هرمون النمو البشري HGH يفرز من طرف الغدة النخامية، ويتكون من سلسلة بروتينية تتالف من 191 حمض أميني وهو المسؤول عن نمو القامة، إذ يؤدي كل نقصان في إفرازه إلى تأخير في النمو. لتعويض هذا النقص، استغل هرمون النمو لدى الأبقار منذ 1944 لكن المحاولة كانت غير موفقة لاختلاف التركيب الكيميائي، كما استغلت كذلك مستخلصات نخامية من جثث بشرية. وهي كذلك غير كافية. لكن بفضل الهندسة الوراثية يتم حاليا إنتاج هرمون النمو بشكل وافر. بالاعتماد على معلوماتك حول تقييمات الهندسة الوراثية، وعلى الوثيقة 1 لوحة 5، بين كيف يمكن إنتاج هرمون النمو.

a - نقل المورثة: أنظر الوثيقة 1 ، لوحة 5.



+ عزل المورثة المرغوب فيها: يمكن الحصول عليها إما بعزل ADN البشري وتجزيئه باستعمال أنزيمات الفصل. أو انطلاقاً من ARNm المستخلص مباشرةً من خلايا الغدة النخامية البشرية والذي يخضع بعد ذلك لعملية النسخ العكسي ثم بلمرة الشريط الآخر بفضل أنزيم البلمرة (ADN polymérase).

+ رصد الجزء المرغوب فيه ضمن أجزاء ADN المحصل عليها بعد تجزيئه. تذكر أننا نتوفر على معلومات كافية حول الجزء المبحوث عنه ضمن الأجزاء الناتجة عن تجزيء ADN. في البداية لا بد من فصل الأجزاء فيما بينها: نستعمل تقنية الهجرة الكهربائية Elèctrophorése. بعد ذلك نسلط عليها ARN محس (يكون مشعاً وله القدرة على الارتباط بجزء ADN المبحوث عنه).

+ إدماج المورثة المحصل عليها في الوسيلة الناقلة: الوسيلة المستعملة هنا هي البلاسميد. هذه المرحلة تتطلب استعمال أنزيم الفصل لفتح البلاسميد ثم أنزيم الرابط لدمج المورثة.

+ إدخال البلاسميد المركب (المغير) في البكتيريا قصد التكاثر (يمكن الإشارة هنا إلى أهمية Ca++ في امتصاص الخلية للبلاسميد المركب).

## b - رصد البكتيريا المغيرة وراثياً:

تهدف هذه المرحلة إلى تحديد البكتيريا التي تتتوفر بداخلها على البلاسميد المركب، والتي ستكون قادرة على إنتاج هرمون النمو (يمكن الإشارة إلى أهمية معرفة خصائص البلاسميد المستعمل قبل دمجه للمورثة الدخيلة كمقاومتها لبعض المضادات الحيوية).

## c - زرع البكتيريا المركبة:

زرع البكتيريا المركبة في مخمرات صناعية حيث جميع الظروف المناسبة في قيمتها المثلث قصد تسخيرها لإنتاج هرمون النمو بكمية وافرة.

## d - استخلاص المنتوج ( هرمون النمو ):

تغمر البكتيريا في محلول سكري جد مركز (مفرط التوت)، ثم يعاد غمرها في محلول جد مخف، فتمتنى الخلايا وتطرد الهرمون إلى الوسط الخارجي عبر ثقوب المحفظة.

الأستاذ : يوسف الأنلسبي

الصفحة : - 67 -

## ② الإنتاج الصناعي للأنسولين Insuline أنظر وثيقة 2، لوحة 5.

اللوحة 5

### ❖ الوثيقة 2: الإنتاج الصناعي للأنسولين Insuline

الأنسولين هرمون مخضن لنسبة السكر في الدم، ويتم إنتاجه من طرف خلايا  $\beta$  لجزيرات البنكرياسية . وكل نقص في هذا الهرمون يؤدي إلى مرض السكري. الذي يعالج في هذه الحالة بحقن الشخص بالأنسولين الحياني، إلا أن استعماله في هذه الحالة يؤدي إلى ظهور حالات أرجية، بحكم اختلاف التركيب الكيميائي بين أنسولين الحيوانات والأنسولين البشري. بفضل تقنيات الهندسة الوراثية تم إنتاج الأنسولين البشري بكميات صناعية إذ تم تركيب المورثة انطلاقا من ARNm المسئول عن إفراز هذا الهرمون . ثم بعد ذلك نقلت هذه المورثة إلى متغيرات مجهرية كخميرة البيرة وبعض العصيات التي تقوم بعد ذلك بإنتاج هذا الهرمون وطرحه في الوسط الخارجي مباشرة.

انطلاقا من المعطيات السابقة ومن معارفك حول آليات الهندسة الوراثية:

- 1) بين أهمية اللجوء إلى الهندسة الوراثية لإنتاج الأنسولين البشري
- 2) أعط مراحل تطبيق الهندسة الوراثية لإنتاج الأنسولين البشري.

1) للأنسولين نفس الدور عند مختلف الثدييات، إلا أنه يظهر بعض الاختلافات في التركيب الكيميائي. ولذلك فاستعمال الأنسولين الحياني عند الإنسان، يؤدي إلى ظهور حالات أرجية. ومن هنا تظهر أهمية اللجوء إلى الهندسة الوراثية لإنتاج أنسولين مطابق للأنسولين البشري. كما أن هذا الأنسولين يكون بكميات وافرة، وبكلفة أقل.

2) مراحل تطبيق الهندسة الوراثية لإنتاج الأنسولين البشري :

- + عزل الصبغي المتضمن للمورثة المعنية.
- + قطع ADN المراد استعماله بواسطة إنزيم الفصل.(تظهر على ADN المقطوع أطراfa موحدة).
- + استخراج البلاسميد (ناقل) من بكتيريا
- + قطع ADN البلاسميد بواسطة إنزيم الفصل. ( يملك ADN البلاسميد المقطوع أطراfa موحدة، والتي تتكامل مع أطراf ADN البشري المعزول ).
- + دمج المورثة على البلاسميد بواسطة إنزيم الربط.
- + نقل البلاسميد إلى داخل البكتيريا.
- + رصد البكتيريات المغيرة وراثيا.
- + تلقييم البكتيريات للحصول على لمات تتتوفر على المورثة المراد نقلها.
- + حث البكتيريات المغيرة وراثيا على إنتاج الأنسولين.

## ③ نقل القدرة على محاربة الحشرات الضارة أنظر وثيقة 3، لوحة 5.

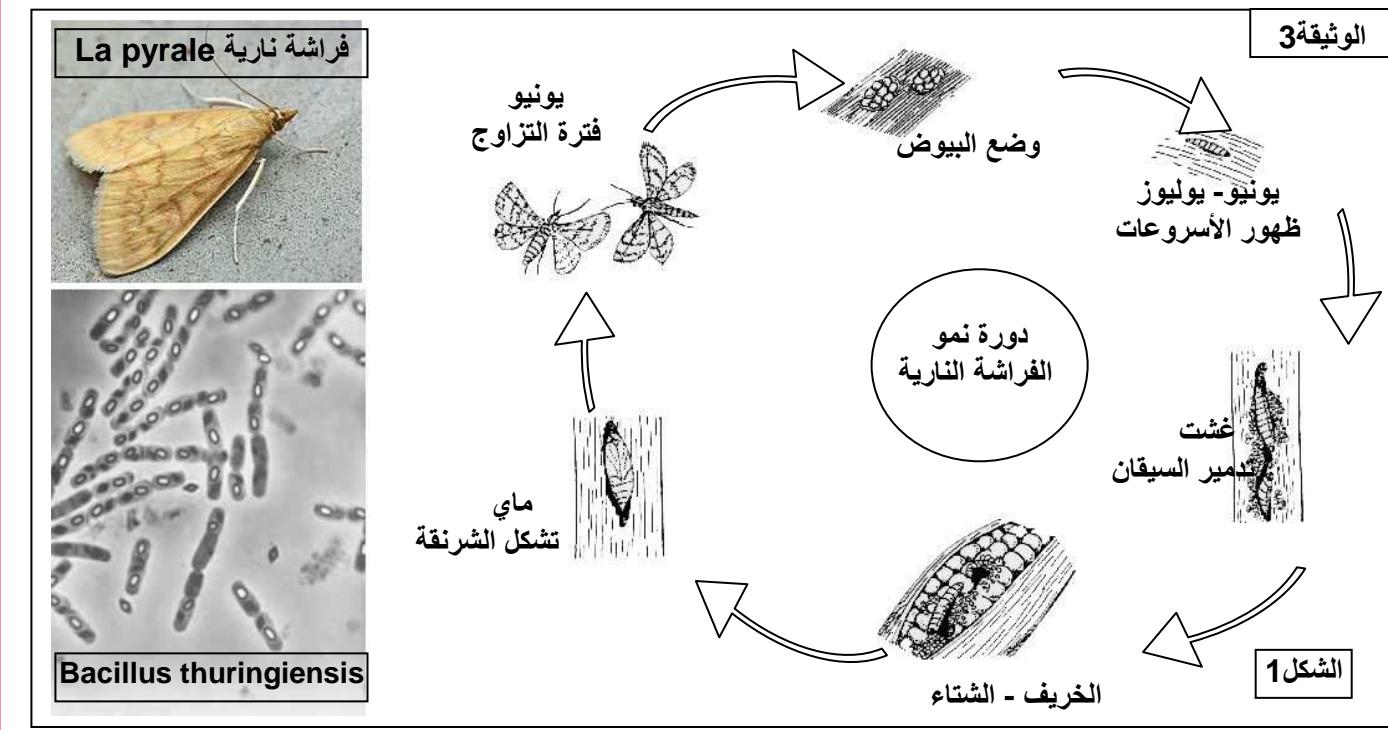
لمقاومة أسروغات الفراشات النارية، استعمل المزارعون المبيدات الحشرية، إلا أنها أعطت نتائج جد محدودة. لهذا لجأ الباحثون إلى الهندسة الوراثية لنقل المورثة المسئولة عن إنتاج بروتين سام بالنسبة للأسروغات، ودمجه مع جينوم خلايا النبتة، فتصبح بذلك مقاومة للأسروغات.

اللوحة 5

★ الوثيقة 3: نقل القدرة على محاربة الحشرات الضارة.

تعتبر أسروغات الفراشات النارية (*Ostrinia nubilalis*) ، أكبر مخلف لنبات الذرة، إذ تتوغل الأسروغات داخل ساق النبتة لتتغذى على أنسجتها، كما تحدث أضرارا على مستوى السنابل والبذور، فيصبح النبات المصاب ضعيف النمو.

لمقاومة أسروغات الفراشات النارية، اكتشف بعض العلماء نوعا من البكتيريات تدعى *Bacillus thuringiensis* تستطيع تركيب بروتين سام بالنسبة للأسروغات، وغير ضار بالنسبة للفقريات.

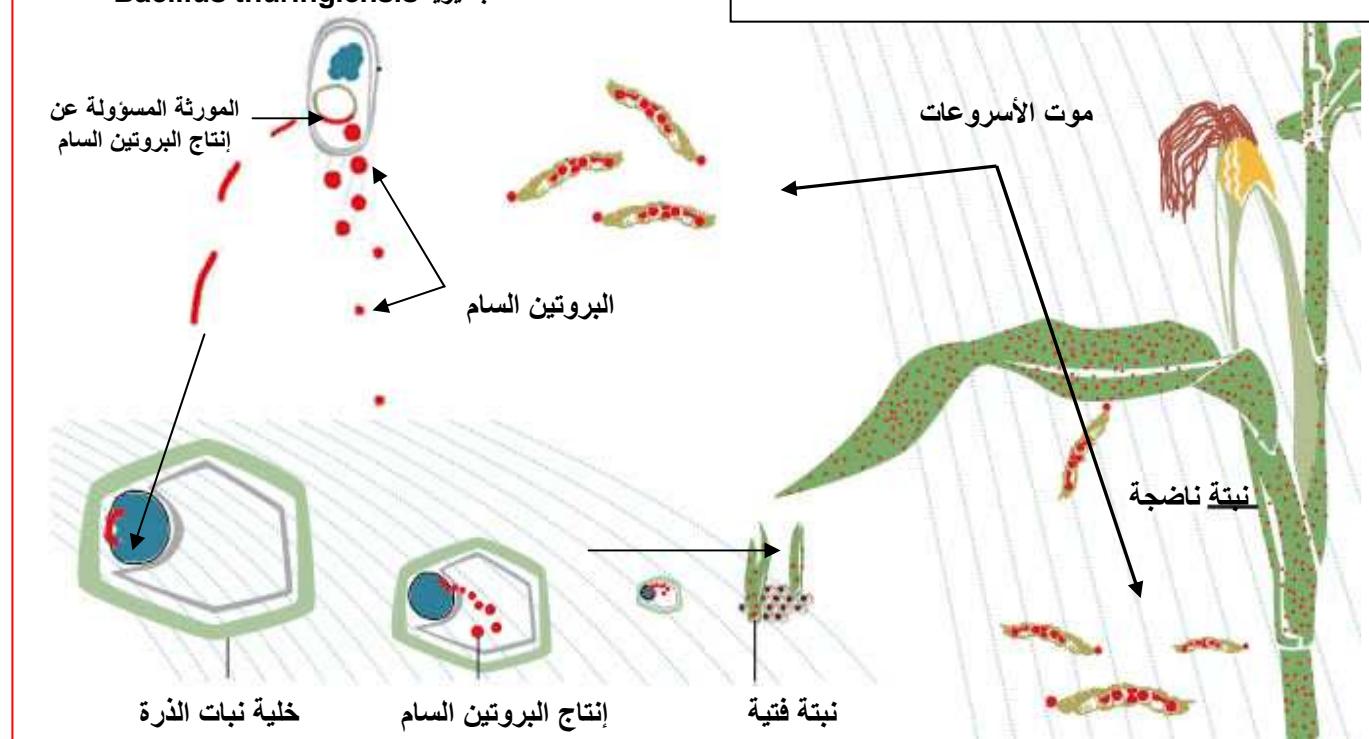


اللوحة 6

تعطي الوثيقة 4 لوحة 6، مراحل نقل مورثة البروتين السام لنبات الذرة.

بكتيريا *Bacillus thuringiensis*

الوثيقة 4 : مراحل نقل مورثة البروتين السام لنبات الذرة



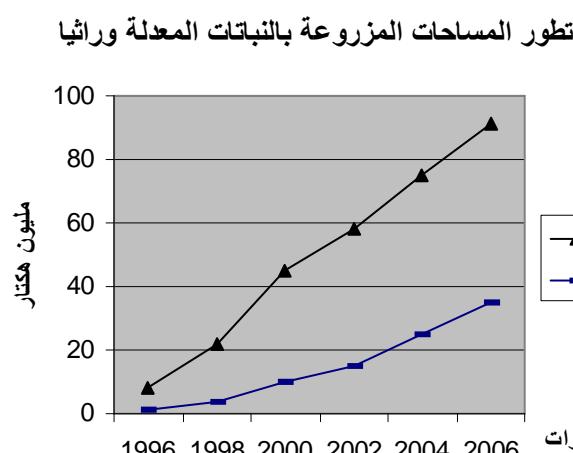
- + تعرف المورثة ذات النفع عند المتعضي المعطى (بكتيريا Agrobacterium turingiensis).
- + عزل المورثة ذات النفع.
- + دمج المورثة ذات النفع داخل بلاسميد ناقل.
- + تلميم البلاسميد المغير وراثيا.
- + رصد الخلايا المغيرة وراثيا.
- + إنبات نباتات مغيرة وراثيا.

## ④ الرفع من المردود الزراعي أنظر وثيقة 5، لوحة 6.

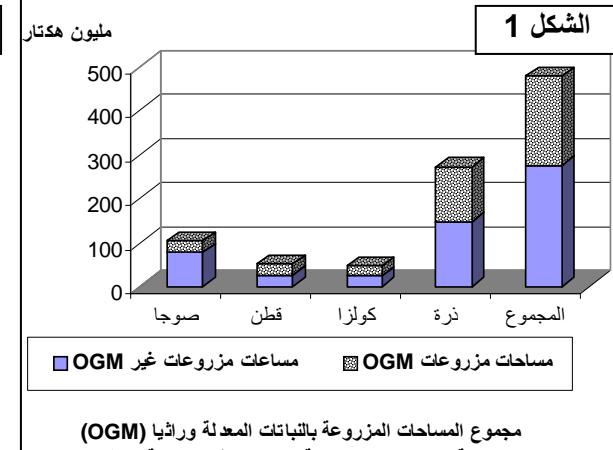
**اللوحة 6**

**الوثيقة 5:** الرفع من المردود الزراعي بواسطة المتعضيات المعدلة وراثيا (OGM) انطلاقا من المعطيات التالية استخرج خاصيات المتعضيات المعدلة وراثيا واستنتج انعكاساتها على مردودية الإنتاج.

**الشكل 2**



**الشكل 1**



**الشكل 4**

النسبة المئوية المئوية	المساحة العالمية المزروعة بـ مليون هكتار	نوع الزراعات	
		Bt	المجموع
% 60	48.4	صوغا متحملة لمبيد العشب	
% 14	11.2	ذرة Bt	
% 5	4.3	كولزا متحمل لمبيد العشب	
% 2	1.5	قطن متحمل لمبيد العشب	
% 5	4.3	ذرة متحملة لمبيد العشب	
% 6	4.5	قطن Bt	
% 4	3	قطن Bt متحمل لمبيد العشب	
<b>%100</b>	<b>81</b>		

**الشكل 3**

خواص بعض أنواع المتعضيات المعدلة وراثيا

صوغا	ذرة	قطن	بطاطس
- تحمل المبيدات العشبية.	- مقاومة الحشرات الضارة.	- تحمل المبيدات العشبية.	- تحمل المبيدات العشبية.
- تغيير في تركيب الزيت.	- مقاومة الأمراض.	- تغيير نسبة البروتينات.	- تغيير في تركيب الزيت.
والبروتينات.	الأمراض.	تغيير نسبة البروتينات.	والبروتينات.
أنتاج جزيئات.	تغير نسبة النشا.	تغير نسبة البروتينات.	أنتاج جزيئات.
نوعية البروتينات.			نوعية البروتينات.
كالأنزيمات.			كالأنزيمات.

مكنت الهندسة الوراثية من الحصول على نباتات معدلة وراثيا، بحيث ساهمت هذه التقنية في:

- + جعل بعض النباتات مقاومة للحشرات ( كالذرة والقطن ).
- + جعل بعض النباتات مقاومة للمبيدات التي تستعمل في قتل الحشرات الضارة والأعشاب الطفيلية.
- + نقل المورثات البكتيرية المسئولة عن تثبيت أزوٰت الهواء إلى النباتات وجعلها قادرة على امتصاص الأزوٰت، مما يسمح بعدم استعمال الأسمدة الأزوٰتية.
- + رفع القدرة على إنتاج بروتينات يحتاجها الإنسان في تغذيته.
- وبهذا يتم الرفع من مردودية الإنتاج، والتقليل من كلفة الإنتاج.