

الباب الأول الفصل الأول

المادة الوراثية فى خلايا الكائنات الحية

- الأهداف :** من المتوقع فى نهاية دراسة هذا الفصل أن يكون المتخصص فى علم الوراثة وبرنامج أمراض النبات قادرا على أن :
- ١- يوضح العلاقة بين علم الوراثة وعلم أمراض النبات .
 - ٢- يستنتج مسببات الأمراض النباتية .
 - ٣- يستنبط المعلومات الوراثية فى الكائن الحى وتلك الموجودة فى المسببات المرضية .
 - ٤- يشرح العلاقة بين جينات القابلية للإصابة فى العائل وجينات الشدة فى الكائن الممرض .
 - ٥- يدرس ميكانيكية التباين التى تحدث فى الكائنات المختلفة .

المقدمة :

توضح الدراسة فى هذا الباب العلاقة بين علم الوراثة وأمراض النبات ، حيث إن المرض النباتى يتسبب عن كائنات مختلفة منها حقيقية النواة وغير حقيقية النواة، حيث يختلف تركيب كل منهما من الناحية الوراثية .فالكائنات الحقيقية النواة مثل الكائنات الراقية هى الكائنات المحتوية على نواة مميزة واضحة ذات تركيب وراثى معروف ، وتحتوى على أعداد مختلفة من الكروموسومات التى تحكم ظاهريا كل الصفات المتوارثة والتى تنتقل من جيل إلى جيل .فيتركب الكروموسوم من نوعين من الأحماض النووية هما الدى أوكسى ريبو نيوكليك أسدDNA، والريبونيوكليك أسدRNA بالإضافة إلى نوعين من البروتين هما الهستون والبروتامين . ولقد أثبتت الدراسات الوراثية بما لايدع مجالاً للشك بأن الأحماض النووية فقط هى الحاملة للمادة الوراثية ، أما البروتينات فهى مكملة لبناء

الكروموسوم. من ناحية أخرى فالكائنات غير المميزة النواة فإنها لا تحتوي على نواة مميزة وإنما تكون المادة الوراثية على شكل جزيء حلقي من الـ DNA كما في البكتريا أو على شكل جزيئات صغيرة من الأحماض النووية DNA أو RNA كما في الفيروسات. هذه الكائنات الحية تتباين من فرد إلى آخر وتختلف عن آباؤها نتيجة للتكاثر الجنسي، ويحدث هذا التباين عن طريق العبور الوراثي وتكوين الإتحادات الجديدة والتوزيع العشوائي للكروموسومات والتحول الوراثي والتزاوج في الكائنات الأولية والطفريات الطبيعية والصناعية والتقل الوراثي للجينات .

إن أمراض النبات المعدية هي نتيجة التفاعل بين إثنين من الكائنات الحية على الأقل هما النبات العائل والكائن الممرض ، ويسيطر على صفات كل منهما مادتهما الوراثية الـ DNA أو الـ RNA التي تشكل الجينات .

كروموسومات الكائنات حقيقية النواة

Eukaryotic Chromosomes

إذا رجعنا للتركيب الكيماوي للكروموسوم فإن الكروموسومات تعتبر هي التراكيب التي تحكم ظاهرياً كل الصفات المتوارثة في الكائنات الحية، وعلى ذلك إذا أردنا أن نتعرف على طبيعة المادة الوراثية وكيفية إنتقالها من جيل إلى جيل فلا بد وأن نرجع إلى الكروموسومات لننتعرف على تركيبها وكيف تؤدي وظائفها ولقد أثبتت الدراسات أن الكروموسومات في جميع الكائنات الحية مميزة النواه Eukaryotes تتكون من أربعة مكونات أساسية هي:-

نوعين من البروتين هما Basic and residual protein ونسبتهما ٦٦% وأهم هذه البروتينات هي الهستون والبروتامين .

• الحامض النووي DNA ونسبته حوالي ٢٧% .

• الحامض النووي RNA ونسبته ٦% .

ولقد أثبتت الدراسات الوراثية بما لا يدع مجالاً للشك بأن الأحماض النووية فقط هي الحاملة للمادة الوراثية، أما البروتينات فهي مكملة لبناء الكروموسوم وغير معروفة الوظيفة تماماً وإن كان يعتقد أنها تعمل كعوامل مساعدة في النشاط الجيني وسوف نتناول هذه المكونات بشيء من التفصيل :

الأحماض النووية :

Nucleic acids

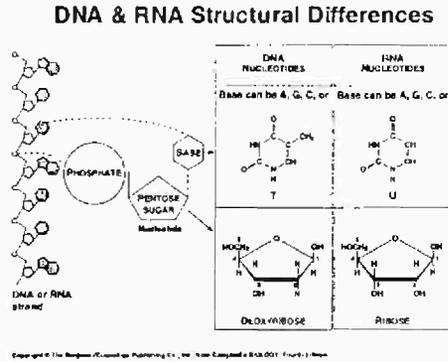
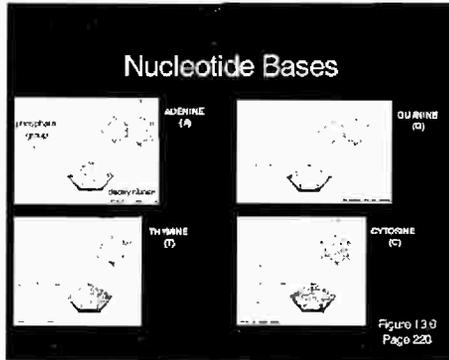
عندما أمكن فصل الأحماض النووية عن البروتينات المغلفة لها إتضح أنه يمكن تمييزها إلى نوعين من الأحماض النووية هما :

- . الحامض النووى ديزوكسى ريبوز (Desoxyribonucleic acid (DNA)
- . الحامض النووى الريبوزى (Ribonucleic acid (RNA)

أما النوع الأول فهو المسئول أساساً كمكون للكروموسومات حيث أنه يوجد بصورة عامة فى النواة ، أما النوع الثانى فلا دخل له فى تكوين الكروموسومات ويوجد دائماً فى السيتوبلازم وبكميات وفيرة جداً ، ويتواجد معاً كلا نوعى الأحماض النووية DNA و RNA فى كل الكائنات ماعدا الفيروس، حيث أنه يحتوى على أحدهما فقط وهذا دفع العلماء إلى إعتبار الفيروسات مادة حية وليست كائنات حية حيث أنه يفقدها أحد الحمضين النوويين تفقد القدرة على التمثيل الغذائى والتكاثر الذاتى، حيث إن كليهما يستلزم تخليق البروتين ، وهذا لا يتيسر إلا بوجود كلا نوعى الأحماض النووية (DNA , RNA) ويتركب كلا النوعين من الأحماض النووية من جزىء طويل من سلاسل تعرف بالنيوكلييدات Nucleotides (وهو حلزون مزدوج فى حالة ال DNA وسلاسل مفردة فى حالة ال RNA) وكل نيوكليتيده تتكون أساساً من وحدة سكر خماسى الكربون يعرف باسم سكر الريبوز Ribose كما فى حالة الحامض النووى RNA والذى يستبدل بنوع آخر من سكر خماسى يعرف باسم 2-Deoxy-ribose فى الحامض النووى DNA، ويتكون هذا النوع من السكر من سكر الريبوز بفقد ذرة أكسجين من الموضع الثانى .

وبالإضافة إلى السكر الخماسى يدخل فى تركيب كل نيوكليتيده فى كلا الحامضين النوويين مجموعة فوسفات وكذلك إحدى القواعد النيتروجينية التى قد تكون أحادية الحلقة النيتروجينية كالبيراميدينات Pyrimidines أو ثنائية الحلقة النيتروجينية كالبيورينات Purines (شكل رقم ١) ولقد وجد أن أهم البيرميدينات هما السيتوسين (C) Cytosine ، الثيامين Thymine وكلاهما يدخل فى تركيب نيوكلييدات الحامض النووى DNA ، أما فى حالة RNA فتحل قاعدة اليوراسيل

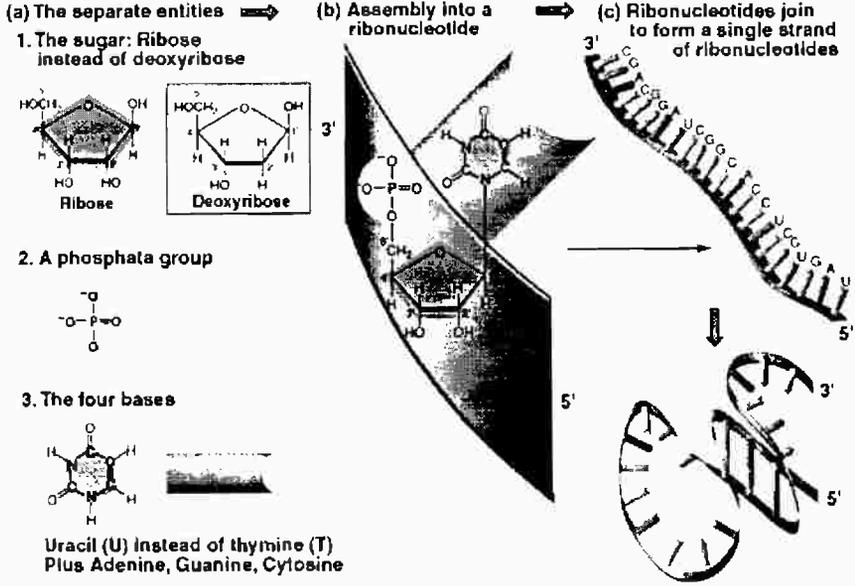
Uracil محل الثيامين دائماً، وهذه لا توجد في DNA ، أما النيورينات فهما الأدينين (A) والجوانين (G) ويوجدان معا في كلا الحامضين النوويين .



شكل رقم ١ . يوضح السكر الخماسي والقواعد النيتروجينية التي تدخل في تركيب الأحماض النووية وكذلك تتابع النيوكليوتيدات في سلسلة الأحماض النووية

وبالإضافة إلى الفرق الملاحظ بين كل من DNA و RNA من حيث نوع السكر وأنواع القواعد النيتروجينية ومقدرة DNA على التضاعف Replication بعكس الـ RNA الذي ليس له هذه المقدرة ، فإن سلاسل نيوكليوتيدات DNA غالباً ما تكون أطول كثيراً ومزدوجة بعكس RNA الذي يتكون دائماً من سلاسل مفردة. وفي النيوكليوتيدة ترتبط القاعدة النيتروجينية مع السكر برابطة جليكوسيدية ويرتبط السكر بدورة بالفوسفات بواسطة إستر شكل رقم ٢ .

The structure of RNA



شكل رقم ٢. يوضح تركيب الحامض النووي RNA

تعبير الجينات :

Gene expressions

يكون مسار التعبير الوراثي للجينات وتأثيرها على الشكل المظهري للكائن من خلال المعادلة التالية:-



حيث يتم نسخ الـ DNA على الـ mRNA بواسطة أنزيم RNA polymerase ثم يتم الترجمة في الريبوسوم بطريقة معقدة. وهذا المسار الخلوي يتضمن زيادة في تعقيد الأداء الوظيفي للعضيات الخلوية وبذلك تعتبر النواة وبالأخص الـ DNA الموجود بها هو مركز التحكم في أوجه النشاط الخلوي بالخلية، وبذلك فإنه لا بد وأن يتحكم الـ DNA في بناء البروتينات والإنزيمات المختلفة حيث تصنع في

سيتوبلازم الخلية أساساً والمادة التي تعمل كوسيط يحمل المعلومات الوراثية من الـ DNA إلى السيتوبلازم حيث يتم بناء البروتين الخاص بهذه الرسالة المحمولة على الـ RNA الرسول ويسمى (messenger RNA).

إن المعلومات الوراثية في الـ DNA تكون على هيئة رموز (شفرة) في شكل خيطي لتتابع الأربع قواعد وهي أدنين، سيتوزين، جوانين، ثيامين. كل ثلاثة قواعد متجاورة تكون شفرة لحمض أميني معين والحامض الأميني كما نعلم هو الوحدة البنائية للبروتين .

إن الجين عبارة عن تتابع من الـ DNA يحمل الشفرات ، ففي الكائنات مميزة النواة ، الجين يتكون من مناطق غير مشفرة تسمى إنترونز Introns وأخرى مشفرة تسمى Exons إكسون وهي المسؤولة عن بناء البروتين. عندما يكون الجين نشطاً (شكل رقم ٣) فهذا يعني أن الجين يعمل على بناء البروتين الخاص به عن طريق واحدة من سلاسل الـ DNA التي يتم نسخها إلى RNA الرسول بمساعدة أنزيم RNA polymerase وذلك في النواة والذي يخرج إلى السيتوبلازم بعد تجهيزه لتتم عليه عملية الترجمة بمساعدة أنواع أخرى من الـ RNA تساعد في بناء البروتين، هو الـ RNA الناقل ويسمى tRNA (وهو الذي يرتبط بالأحماض الأمينية بعد تنشيطها ليحملها ويضعها في ترتيبها الصحيح في السلسلة الببتيدية حسب تتابع الشفرات على الـ RNA الرسول) ونوع آخر يسمى الريبوسومي rRNA (وهو المكون الأساسي للريبوسوم وهي العضية الخلوية التي تتم فيها إستطالة السلسلة الببتيدية المكونة للبروتين). كل جين يعطى شفرة لبروتين مختلف، هذه البروتينات التي تكون أما أجزاء من تركيب أغشية الخلية أو تعمل كأنزيمات، وهذا يعطى الخلايا والكائن الحي الصفات المميزة مثل الشكل، الحجم، واللون وتحدد ما هي أنواع المواد الكيماوية المنتجة بواسطة الخلية .

تعتمد الخلية الحية فى بنائها ووظيفتها على البروتينات المختلفة الموجودة بها وهذه البروتينات تنقسم إلى بروتينات وظيفية مثل الإنزيمات وبروتينات أخرى تركيبية تدخل فى بناء الأغشية والعضيات المختلفة بالخلية وبذلك تعتبر هذه البروتينات هى أساس بقاء الخلية وأساس لوظيفة الخلية أيضا . فالتركيب الأولى للبروتين هو عبارة عن سلسلة من عديدة الببتيد Polypeptide chain مكونة من أحماض أمينية مرتبطة ببعضها بواسطة روابط ببتيدية وهذا التركيب يشبه لحد ما تركيب الأحماض النووية والتي تتركب من سلسلة عديدة النيوكليوتيدات Polynucleotide chain تتحد فيها النيوكليوتيدات مع بعضها بواسطة رابطة فوسفو داى إستر Phospho-diester linkage .

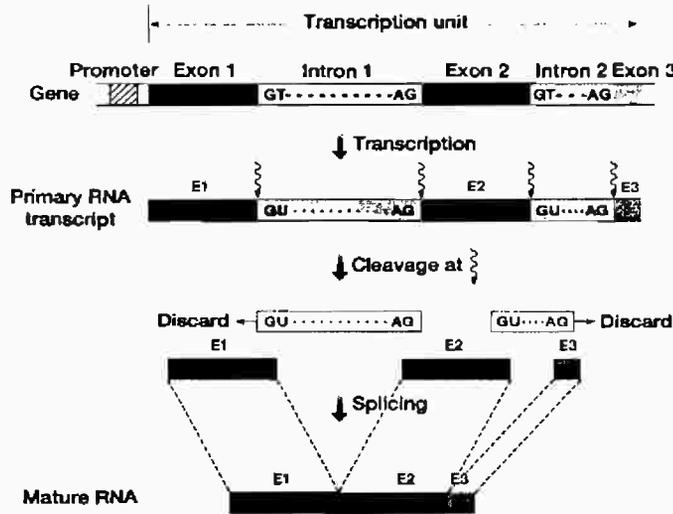
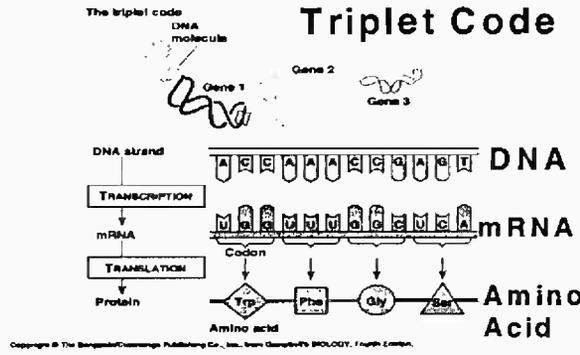


Figure 1-14 Human Molecular Genetics, 3/e. (© Garland Science 2004)

شكل رقم ٣ . يوضح أن ترتيب النيوكليوتيدات فى جينات الكائنات حقيقية النواة تكون متقاطعة بمناطق غير مشفرة من الـ DNA تسمى إنترونز والنيكلوتيدات التي تنسخ إلى RNA الرسول بنفس الإكسونات Exons

إن الجين يظهر مفعولة عندما ينسخ إلى mRNA (شكل رقم ٤) وأن هذا الأخير يترجم إلى بروتين والذي ينقل بعد ذلك إلى أماكن خاصة في الخلية حيث يقوم بعمله الطبيعي. إن توقيت ودوام ومعدل إظهار الجين لمفعوله كلها تكون منظمة بواسطة العديد من الميكانيكيات المسيطرة الداخلية والخارجية. مثل هذه الميكانيكيات يمكن أن تتضمن جينات منظمة أخرى، مناطق مشجعة أمام الجين الفعلي، علامات علي بدايات ونهايات الـ DNA والـ mRNA (mRNA) ومنظمات نمو موجودة علي مراحل تكشف معينة للخلايا والنباتات، الظروف البيئية مثل الضوء والتغذية وغيرها كثير.



شكل رقم ٤ . يوضح عملية النسخ والترجمة للمعلومات الوراثية المحمولة على DNA إلى أحماض أمينية تكون سلسلة ببتيدية معينة

كروموسومات الكائنات غير حقيقية النواة

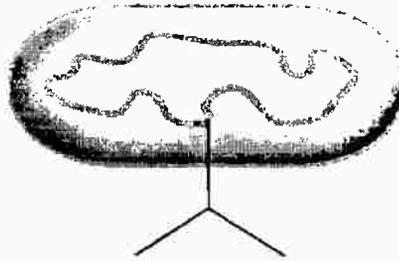
Prokaryotic chromosomes

١- الكروموسوم البكتيري

Bacterial chromosome

تنتظم المادة الوراثية في البكتيريا *E coli* على شكل جزيء حلقي من DNA يبلغ طول محيطه حوالي ١١٠٠ ميكرون، وحيث أن الخلية البكتيرية قطرها

٢-١ ميكرون، فإنه يتضح أن الكروموسوم لا بد أن يوجد في شكل شديد التلظن داخل الخلية (شكل رقم ٥). حيث يختلف كثيراً عن كروموسومات الكائنات الراقية في عدم إحتواءه على هستونات، ويطلق عليه إسم نيتا كروموسوم، لأنه يأخذ شكل الحرف اليوناني سينا أثناء التضاعف والوزن الجزيئي لكروموسوم *E. coli* هو 2×10^9 دالتون بما يساوي 3×10^6 زوج من النيوكليوتيدات المقترنة تقريباً وإذا ترك الجزيء كشریط طولى سيصل طوله إلى حوالى ١ مللى أى حوالى ٥٠ ضعف طول خلية البكتيريا ، ولذلك فإن أطراف هذا الكروموسوم تلتصق مع بعضها لتكون جزيء دائرى ينطوى على نفسه بشدة ليصل إلى مرحلة الحلزنة الفائقة في النهاية لطوله الكبير وهو لا يشغل أكثر من ٢٠% من حيز الخلية .



Diagrammatic representations of bacterial chromosome



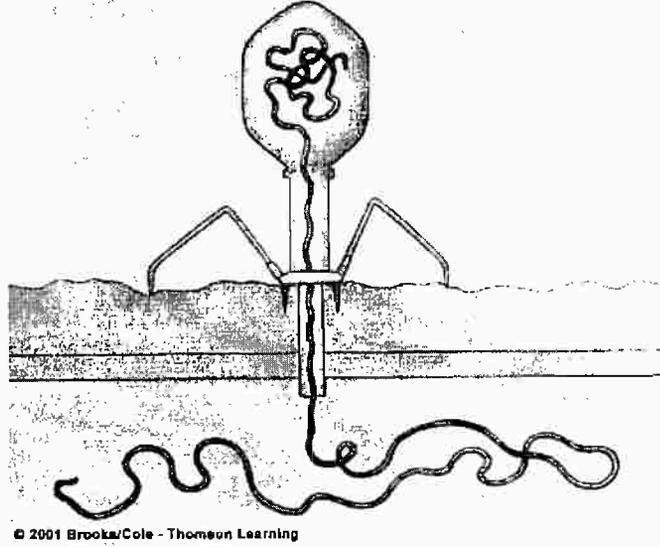
شكل رقم ٥ : الكروموسوم البكتيري الحلقى في *E coli*

وهو عبارة عن جزيء حلقى من الـ DNA

٢- الكروموسوم الفيروسي :

Virus chromosome (Episome)

تنظم المادة الوراثية للفيروسات في جزيئات صغيرة من الأحماض النووية فقد تكون حلزون مزدوج من DNA مثل فيروس موزايك القرنبيط أو ذراع مفرد من الـ DNA مثل فيروس الجوزاء أو حتى جزيء من RNA (شكل رقم ٦) ويطلق على هذه الوحدات اسم Episomes حيث لوحظ أنها قادرة على التضاعف بعد اندماجها بـ كروموسوم خلية العائل. ومن أكبر الفيروسات حجما تلك التي تتطفل على البكتريا والتي يطلق عليها البكتيريوفاج Bacteriophages وتختص كل مجموعة منها بالتطفل على نوع بذاته من البكتريا، والفاجات المتطفلة على خلايا *E. coli* تتراوح كمية DNA بها إلى القدر الذي يشفر إلى حوالي ١٧٠ جين كما في حالة الفاج الكبير (T4) إلى القدر الذي يشفر ثلاثة جينات فقط كما في الفاج الصغير $\phi x 174$ وقد لوحظت ظاهرة خاصة بـ كروموسومات الفاجات دون غيرها من الكائنات وهي أن الـ DNA في الفاجات المختلفة قد يختلف ترتيبه من خلية إلى أخرى، فعلى سبيل المثال الفاجات من نوع T7 لا يختلف فيها ترتيب DNA من خلية لأخرى وإن كانت تنتهي بمقاطع متكررة Repetitive ends ، أما الفاجات لأمدا فهي أيضا تحتوي على DNA متماثل بين الخلايا وإن كانت تمتاز بنهايات قابلة للإلتحام حيث تكون نهايات سلاسل DNA مفردة Cohesive ends ، وعلى ذلك فإن الفاجات من نوع لامدا يمكن أن تأخذ الشكل الحلقي عن طريق إلتحام نهاياتها القابلة للإلتحام.



شكل رقم ٦ . المادة الوراثية في البكتيريوفاج Bacteriophage

وبصفة عامة فإن كروموسومات الكائنات الحية بدائية النواة Prokaryotic chromosome هي ببساطة عبارة عن جزيء من DNA يتضاعف بالطريقة نصف المحافظة من نقطة بداية فردية ، بينما في الكائنات الحية مميزة النواة Eucaryotes فإن الكروموسومات تكون عبارة عن عضيات معقدة جداً وبالإضافة إلى إحتوائها على بروتينات من أنواع خاصة فإنها تحتوى على كمية من الـ DNA تعادل كميته الـ DNA الموجودة في خلايا بكتيريا القولون حوالي ٤٠٠ مرة وتحتوى على جزيء طويل جداً من DNA .

التباين في الكائنات الحية :

Variation of organisms

إن صفات الأفراد داخل النوع الواحد وبين الأنواع ليست ثابتة (Fixed) مورفولوجيا و فسيولوجيا ولكنها تختلف من فرد إلى آخر حيث تتباين هذه الصفات . فإن الأفراد الناتجة نتيجة للتكاثر الجنسي يختلف كل فرد فيها عن

الأخر وتختلف عن آبائها في عدد من الصفات، مع إحتفاظها بتشابه كبير بينها وتتنسب إلى نفس النوع نتيجة للعوامل الوراثية الخاصة بها . هذا الأمر نجده في الفطريات الناتجة من الجراثيم الجنسية مثل الجراثيم البيضية، الجراثيم الأسكية، والجراثيم البازيدية، النباتات الراقية المتطفلة الناتجة من بذور وفي النيماتودا الناتجة من بيض مخصب بالإضافة إلى النباتات المزروعة الناتجة من البذور . أما الأفراد التي تنتج نتيجة التكاثر اللاجنسي فإن التباين بين النسل يكون منخفض جداً، بالرغم من ذلك فإن بعض الأفراد من بين النسل سوف تظهر صفات مختلفة. هذه الحالة في التكاثر اللاجنسي المنتشر جدا بين الفطريات بواسطة، الجراثيم الكونيدية، والجراثيم الهدبية، الأجسام الحجرية Sclerotia، جراثيم يوريدية... الخ. وفي البكتريا والميكوبلازما والفيروسات، بالإضافة إلى طرق التكاثر اللاجنسي للنباتات بواسطة البراعم، العقل، والدرنات..... الخ سوف يظهر النسل نسبة ضئيلة قد ترجع إلى حدوث الطفرات .

آلية التباين :

Mechanism of variation

يحدث التباين بعدة طرق في كل من نباتات العائل والكائن الممرض كما هو في معظم الفطريات ، النباتات الراقية المتطفلة و النيماتودا التي يمكنها أن تتكاثر جنسيا. لذلك فالتباين الذي يحدث خلال الإنقسام الإختزالي في الزيجوت ويظهر في النسل يكون أساسا عن طريق الإنعزال و الإرتباط بين الجينات. ففي البكتيريا وحتى الفيروسات تظهر الإختلافات كنتيجة لطريقة شبه جنسية، أما في كثير من الفطريات فإن بعض الطرق الشبيهة بالتزاوج Para-sexual تؤدي إلى التنوع . ومن ناحية أخرى فإن كل النباتات و الكائنات الممرضة خاصة البكتيريا، الفيروسات والفطريات ومن المحتمل أن الميكوبلازما تستطيع أن تنتج تنوعات في غياب أي طريقة جنسية و ذلك بواسطة الطفرات. وفي وجود الطرق الجنسية يحدث التباين عن طريق :

١- الإتحادات الجديدة Recombinations بكل صورها العامة والخاصة .

٢- العبور الوراثي Crossing-over (شكل رقم ٧) .

Incomplete linkage

(a) No crossing over



(b) Crossing over



- Crossing over occurs between non-sister chromatids in meiosis
- A single crossover will yield 2 recombinant and 2 nonrecombinant chromatids
- One crossover will yield 2 recombinant and 2 nonrecombinant gametes

شكل رقم ٧ : العبور الوراثي يحدث بين الكروماتيدات غير الشقيقة
في الإنقسام الميوزي فتكون النتيجة نصف الجاميطات بها عبور
والنصف ليس به عبور (جاميطات أبوية)

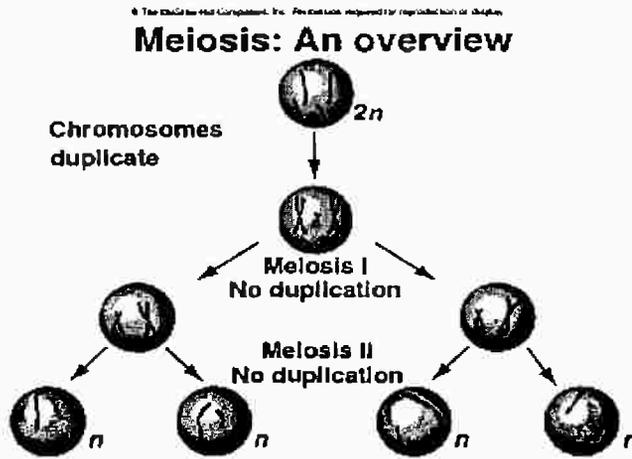
٣- التحول الوراثي والتزاوج في الكائنات الأولية Transformation and

. Conjugation

٤- الطفرات الطبيعية وهي تأتي في المرتبة الثانية من حيث كونها مصدر
الإختلاف بين الأفراد وإن كان معدل حدوثها أقل بكثير من معدل حدوث
الإتحادات الوراثية والتي هي المصدر الرئيسي للإختلافات الوراثية .

٥- التنقل الوراثي Transposition وهو نوع من التبادل الجيني غير المتماثل
حيث يحدث بين مواقع غير متماثلة يأتي في أعقاب حدوث كسور
كروموسومية مفردة صغيرة أو تضاعف ال DNA .

٦- التوزيع العشوائي للكروموسومات المتماثلة أثناء الإنقسام الخلوي (شكل رقم ٨)



شكل رقم ٨ . إختزال العدد الكروموسومي

إلى النصف من خلال مراحل الإنقسام الميوزي

وسوف نتناول علاقة النقاط السابقة بالنشوء الوراثي للسلاسل المسببه للمرض

في النبات على النحو التالي :

تعرف المجموعة النقية المتجانسة من النوع الواحد من الكائن الحي الدقيق بإسم سلالة Race، والسلاسل الفسيولوجية Physiological races هي المجاميع التي تنتمي إلى نفس النوع وتتميز بتشابهها مورفولوجيا وإختلافها فسيولوجياً عن بعضها وتباين في قدرتها على إحداث الإصابة مع أفراد النوع الواحد مظهرياً ، وتنشأ السلاسل الفسيولوجية الجديدة بواسطة طرق عامة ووسائل متخصصة .

أ- الطرق العامة :

١- الطفرات :

Mutations

سوف تشرح بالتفصيل فيما بعد .

والطفرة هي تغيير مفاجيء في المادة الوراثية للكائن الحي بشرط أن يورث هذا التغير إلى النسل (ولا يكون هذا التغير تغيراً فسيولوجياً) ، وتحدث الطفرات إما ذاتياً في الطبيعة أو يمكن إحداثها بواسطة أنواع الإشعاعات المختلفة أو ببعض المركبات الكيماوية مثل حمض النيتروز، والطفرات نحو الشدة المرضية ليست أكثر احتمالاً في الحدوث من الطفرات التي تحدث في أي صفة وراثية أخرى ولكن نظراً للنسل الكثير الذي ينتجه الكائن المرضى فإن احتمالات حدوث الطفرات في هذا النسل المتعدد احتمالات عالية، وبالتالي فمن المحتمل أن عدداً كبيراً من الطفرات المختلفة في شدتها عن أبويها تظهر في الطبيعة كل سنة .

٢- التكاثر الجنسي والإنعزالات الوراثية :

Sexual reproduction and genetic segregation

يعمل التكاثر الجنسي على ظهور إنعزالات جديدة للجينات عند حدوث الإنقسام الميوزي من خلال التوزيع الإعتباطي للكروموسومات والعبور الوراثي، ويتكون نتيجة لذلك إتحادات وراثية جديدة Recombination وهذه بالطبع تؤدي إلى نشوء سلالات جديدة .

ب- الوسائل المتخصصة: الطرق الشبيهة بالتكاثر الجنسي في الفطريات :

وهي تختلف تبعاً لنوع الكائن الممرض ، ففي الفطريات يتم نشوء سلالات جديدة بوسائل شبيهة للتكاثر الجنسي مثل Para sexualism, Heterokaryosis, Heteroploidy وفي البكتريا يتم ذلك عن طريق Transduction, Transformation, Conjugation وفي الفيروسات فإن الطفرات هي الوسيلة الوحيدة لظهور التباينات الوراثية .

١- هيتروكارايوسز :

Heterokaryosis

هي الحالة التي يكون فيها خلايا هيفا الفطر أو جزء من الهيفا تحتوي على نواتين أو أكثر مختلفة وراثيا وذلك كنتيجة للإخصاب أو الالتحام Anastomosis. ففي الفطريات البازيدية، فإن طور Dikaryotic (الخلية فيها نواتان جنسيتان غير متحدتين) قد يختلف كلية عن الميسيليوم أحادي الكروموزومات وعن جراثيم الفطر. وبالتالي فإنه في الفطر المسبب لصدا الساق في القمح *Puccinia graminis tritici* فإن الجراثيم البازيدية الأحادية الكروموزومات تستطيع إصابة البارباري وليس القمح، والميسيليوم الأحادي الكروموزومات يستطيع أن ينمو فقط في البارباري، والميسيليوم ثنائي النواة يستطيع أن ينمو في القمح والبارباري كليهما. الهيتروكارايوسز تحدث أيضا في فطريات أخرى ولكن أهميتها في نشوء المرض النباتي في الطبيعة غير معروف .

٢- التزاوج الذاتي :

Parasexualism

إن الـ Parasexualism هي الطريقة التي بواسطتها تستطيع أن تحدث الاتحادات الوراثية في الهيتروكارايونز الفطرية Fungal Heterokaryons. وهذا يحدث بواسطة إندماج عرضي بين النواتين وتكوين نواه ثنائية المجموعة الكروموسومية. أثناء النكاثر يحدث العبور في قليل من الإنقسامات الإختزالية ويؤدي إلي ظهور إعادة الاتحادات الوراثية عن طريق الإنعزالات العرضية للنواة الثنائية المجموعة الكروموسومية في مكوناتها الأحادية المجموعة الكروموسومية .

٣- تباين النويات وإختلافها :

Heteroploidy

إن الهيتروبلويد هو وجود خلايا أو أنسجة في الكائن الحي تكون أنويتها محتوية علي عدد من الكروموسومات يختلف عن الوضع الطبيعي في كل كائن حي (1N,2N). إن الهيتروبلويد إما أن تكون أحادية الكروموسومات أو ثنائية أو ثلاثية أو رباعية، أو أنها تكون مختلفة الكروموسومات وهذا يعني أنها تمتلك ١،٢،٣ أو أكثر من الكروموسومات الزائدة أو أنها تفتقد واحداً أو أكثر من الكروموسومات من العدد الطبيعي.. إن ظاهرة الهيتروبلويد لوحظت كثيراً في الفطريات، ولقد تبين أنها تؤثر علي سرعة نمو حجم الجرثومة، ومعدل إنتاج الجراثيم ولون الهيفاء، النشاط الإنزيمي للحالة المرضية ولقد تبين أيضا أن بعض الهيتروبلويد مثل ثنائية المجموعة الكروموسومية من الفطر الأحادي المجموعة الكروموسومية العادي *Verticillium alboatrum* الذي يسبب ذبول القطن يفقد قدرته علي إصابة نباتات القطن حتى عندما يؤخذ سلالة شديدة أحادية الكروموسومات المرضية في الطبيعة بسبب الهيتروبلويد . (انظر فصل الطفرات) .

٤- ظهور قطاعات في المستعمرات الفطرية :

Sectoring

هذه الظاهرة تعني ظهور قطاعات متمييزة مورفولوجيا في المستعمرات الفطرية، وهذا شائع الحدوث عندما تزرع معظم الفطريات علي بيئة غذائية، بالإضافة إلى الإختلافات المورفولوجية فإن القطاعات تظهر أحيانا إختلافات في الحالات المرضية. إن ظاهرة حدوث القطاعات لا تزال غير موضحة وراثيا، ولكنها تظهر أن نسبة كبيرة من القطاع يمكن أن تكون نتيجة الهيتروبلويد (التباين النووي) وأيضا الطفرات، الهيتروكاربوسز ومن المحتمل أيضا التزاوج الذاتي كلها داخلة في ذلك .

وبذلك يمكن القول بأن السلالات الجديدة تنشأ فى الفطريات بوسائل شبيهة بالتكاثر الجنسي مثل :

-Heterokaryosis - Parasexualism

-Heteropolidy - Sectoring

- حالة تعدد الأنوية المختلفة وراثيا فى الفطريات فإنه يوجد بكل فطر من ١ - ٣ حالات لأعداد الهياثات الكروموسومية حسب نوع الفطر، وهذه الحالات هى :

أ- الحالة الأحادية :

Haploid (n)

توجد الحالة الأحادية للكروموسومات فى خلايا عديد من الفطريات ، وفى أنواع كثيرة من الجراثيم مثل الجراثيم الكونيدية .

ب- الحالة الثنائية :

Diploid (2 n)

توجد الحالة الثنائية بعد تزاوج نواتين أحاديتين ، ويطلق على إتحاد خليتين جنسيتين تحتوى كل منهما على نواة أو أكثر إسم Plasmogamy، كما يطلق على عملية إتحاد الأنوية karyogamy .

ج- حالة تعدد الأنوية :

Karyotic (n + n)

يطلق على الحالة التى توجد فيها نواتان أحاديتان غير مندمجتين فى نفس الخلية إسم Dikaryotic ، لأن الكروموسومات توجد فى صورة $n + n$ ، ولو وجد أليل سائد فى إحدى النواتين ونظيره المتنحى فى النواة الأخرى فإن الأليل السائد هو الذى يظهر تأثيره . وتقضى الفطريات المتطفلة معظم حياتها بين الطور الأحادي n ، والطور الـ $(n + n)$ dicaryotic ، مع فترة قصيرة بينهما فى الطور

الثنائي (2n) . وعندما تتحد الخلايا الأحادية لتكوين ال dikaryon فإن الميسيليوم الجديد إما أن يطلق عليه إسم Homothallic إذا كانت الخليتان من نفس الميسيليوم ، وإما أن يسمى Heterothallic إذا كانت الخليتان من ميسيليومات مختلفة ذات أنواع تناسلية مختلفة ، وكان Blakeslee فى عام ١٩٠٤ هو أول من إكتشف ظاهرة Heterothallism ، ويطلق على الخلية التى تحتوى على نواتين أو أكثر مختلفين وراثيا إسم Heterokaryon ولهذه الظاهرة دور كبير فى ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة من فطريات الأصداء والتفحيمات .

د- الإنعزالات الجسمية للجينات :

Somatic segregations of Genes

تتكون أنوية ثنائية (2n) أحيانا فى خلايا الفطريات المتعددة الأنوية المختلفة وراثيا Heterokaryons بإندماج نواتين معا ، ويتبع ذلك أحيانا حدوث إنعزالات فى هذه الأنوية عند إنقسامها ميتوزيا ، نتيجة لما يعرف بإسم العبور الميتوزي Mitotic crossing over ، الذي يتبعه الرجوع إلى الحالة الأحادية ، وتظهر هذه الإنعزالات الجديدة عندما تتكون الجراثيم الكونيدية ، وهى غير جنسية ، من واحدة من الخلايا المختلفة وراثيا ، وقد أطلق Pontecorvo على هذه الظاهرة إسم الدورة خارج الجسمية أو شبه الجنسية Parasexuality or parasexual cycle

هـ- التغيرات الوراثية غير النووية :

Cytoplasmic genetic variations

يوجد العديد من الأمثلة على الوراثة السيتوبلازمية لصفات هامة فى الفطريات مثل معدل النمو والضرارة ، فمثلا تعود ضرارة الفطر *P. graminis f. sp. avenae* المسبب لمرض صدأ الساق فى الشوفان إلى الجين E الذى يورث سيتوبلازميا ، وكذلك ترجع ضرارة إحدى سلالات الفطر *P. graminis f. sp. tritici* على صنف

القمح Marquis إلى عامل سيتوبلازمي لا ينتقل إلا عن طريق هيفات الفطر التي تحتوي على السيتوبلازم .

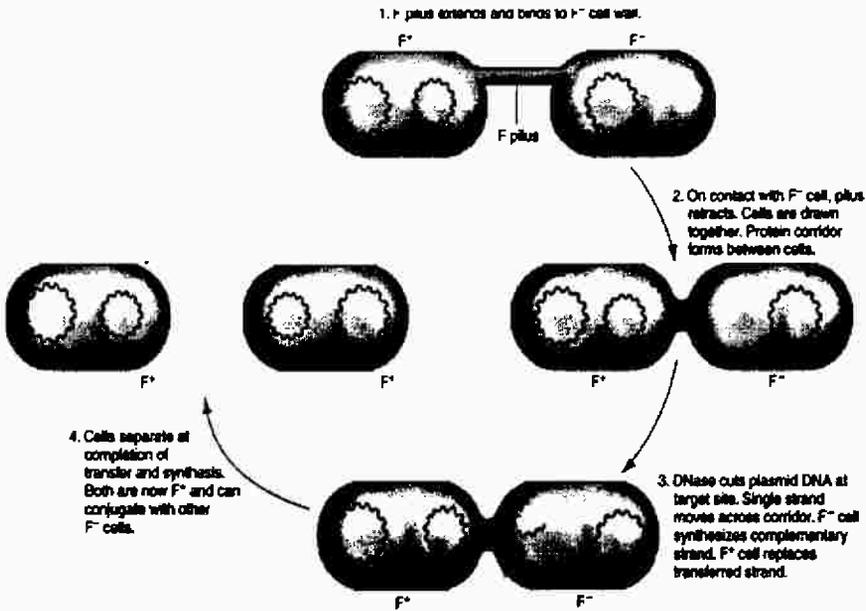
٦-العمليات الشبيهة بالتكاثر الجنسي في البكتريا :

تظهر أنواعا جديدة من النيوتايب Biotype (شبيهة بالتكاثر الجنسي) في كل من البكتريا والميكوبلازما بواسطة ثلاثة طرق :

١-التزاوج :

Conjugation

هي الطريقة التي تقترب فيها بكتيريتين متوافقتين وتلامس كل منهما الأخرى وتنشأ بينهما قناة تسمى قناة التزاوج حيث ينتقل جزء من المادة الوراثية الكروموسومية أو غير الكروموسومية (بلازميد) من إحدى البكتريات إلى المادة الوراثية في الخلية البكتيرية الأخرى (شكل رقم ٩) .



شكل رقم ٩ : التزاوج في البكتيريا

٢- التحول الوراثي :

Transformation

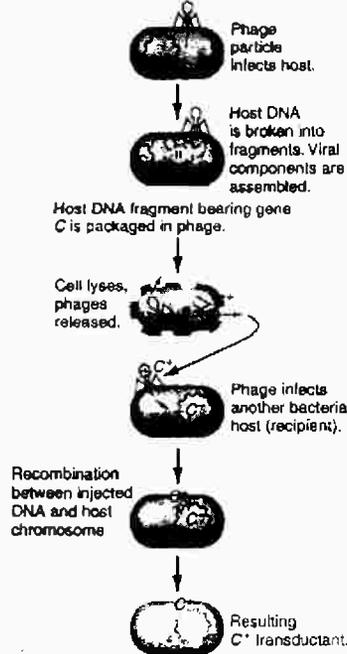
هي الطريقة التي فيها تتحول الخلايا البكتيرية وراثيا وذلك عن طريق دمج مواد وراثية في خلاياها (جزء من كروموسوم بما عليه من جينات) متحررة أثناء انفجار وتمزق خلية بكتيرية أخرى متوافقة معها، وبذا يحدث تبادل أو انتقال المعلومات الوراثية بين الكائنات أو من كائن إلى آخر .

٣- النقل الفاجي أو الاستقطاع :

Transduction

هي الطريقة التي فيها ينقل الفيروس البكتيري (الفاج) مواداً وراثية من خلية بكتيرية يكون فيها هذا الفاج ، إلى خلية بكتيرية تصاب بالفاج لاحقا (شكل رقم ١٠) .

© McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction.



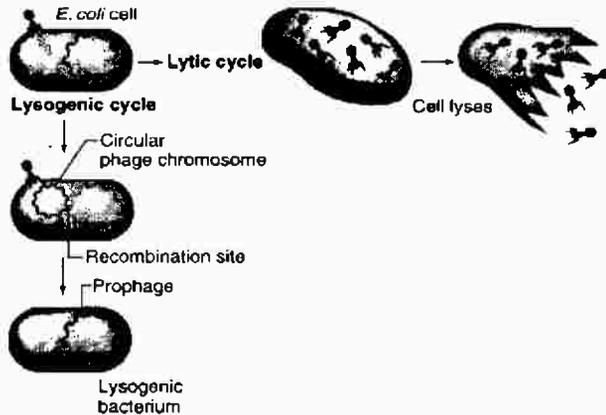
شكل رقم ١٠ : الإستقطاع الذي يقوم به الفيروس في البكتيريا والذي ينتهي بإكتساب الخلايا البكتيرية لصفات وراثية جديدة

٧- الإتحادات الوراثة في الفيروسات :

Recombinations in Viruses

تحدث دائماً معركة تسابق بين المقاومة في العائل والتغيير الوراثي الذي يحدث في الطفيل ليمكنه من التغلب على المقاومة في النبات الذي ربي لمقاومته ومن معلوماتنا أنه تحدث تغيرات وراثية في تركيب الفيروسات، ففي البكتيريوفاج تحدث بالجينات الفيروسية تغيرات وراثية تمكنها من مهاجمة الخلايا البكتيرية المقاومة وذلك بحدوث الطفرات والتركيبات الوراثة الجديدة .

فمثلا عندما يُحقن سلالتي من نفس الفيروس في نفس العائل النباتي فإنه يكتشف وجود واحدة أو أكثر من السلالات الجديدة للفيروس، وهي ذات صفات تختلف في شدة الإصابة وفي أعراضها المرضية الخ. عن صفات السلالتين الأصليتين اللتين أدخلتا في العائل وعلي الأرجح فإن السلالات الجديدة تكونان (إتحادات) مع أن ظهورها عن طريق الطفرات بدون تهجين لا يمكن استبعاده دائما (شكل رقم ١١) .



GENE Transfer in Bacteria

شكل رقم ١١ : الإنتقال الجيني في البكتيريا Gene Transfer in Bacteria

وفى الفيروسات فإن الطفرات هى الوسيلة الوحيدة لظهور التباينات الوراثية الجديدة فى الفيروسات وبالنظر إلى أن الفيروسات توجد بأعداد هائلة فى النباتات ، لذا فإنه يتوقع ظهور أعداد كبيرة من الطفرات فى النبات الواحد ، مهما كانت معدلات ظهور الطفرات منخفضة ، وتتعرض الفيروسات النباتية لنقص أو لزيادة فى ضراوتها عندما يحقن بها عائل معين لعدة مرات متتالية ، لأن العائل يحفز إستمرار تكاثر سلالة معينة دون غيرها ، ومن أمثلة ذلك ما يلي :

١- إنخفاض ضراوة فيروس تجعد قمة البنجر بعد مروره عدة مرات فى
 . *Chenopodium murale*

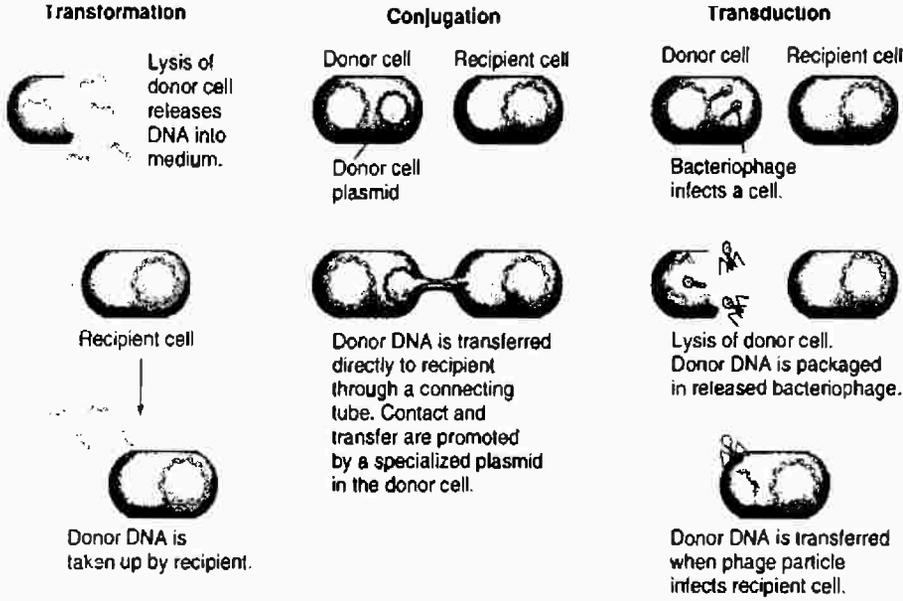
٢- زيادة ضراوة فيروس إكس البطاطس PVX بعد مروره عدة مرات فى نباتات
 الطماطم .

وفى مثل هذه الحالات تكون السلالات المختلفة فى شدة ضراوتها متواجدة معا منذ البداية ، ولكن العائل يشجع على تكاثر إحداها على حساب الأخرى .

وفى البكتيريا تعتبر الطفرات أهم مصدر للإختلافات الوراثية، بما فى ذلك ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة الأكثر ضراوة ، ونظرا لأن الخلايا البكتيرية أحادية لذا فإن الطفرات المتكونة تظهر تأثيرها فى الحال ، كما تظهر التباينات الجديدة أيضا عن طريق الإنعزالات الوراثية التى تحدث بعد إندماج Conjugation خليتين بكتيريتين مختلفتين وراثيا وإنتقال المحتوى الكروموسومي أو جزء منه من إحدى الخليتين إلى الخلية الأخرى ، كذلك تستطيع البكتيريا إنتاج تراكيب وراثية جديدة من خلال ظاهرتي Transformation ، والـ Transduction التى تتطلب وجود فيروسات بكتيرية Bacteriophage لحدوثها . وعموما فإن طرق إنتقال المادة الوراثية الثلاثة فى البكتيريا وهى :

Transduction - Transformation - Conjugation

تعد وسائل شبيهة بالتكاثر الجنسي . (شكل رقم ١٢) .



شكل رقم ١٢ : طرق إنتقال المادة الوراثية في البكتيريا

أطوار التباين في الكائنات الممرضة :

تتباين الكائنات الممرضة سواء كان هذا الكائن الممرض فطري أو بكتيري أو... الخ ، حيث يكون لها صفات مورفولوجية خاصة بشكل عام وتشكل نوع الكائن الممرض ، بعض أفراد المسبب المرضي مثل مسبب صدأ الساق في الحبوب *Puccini graminis* مثل المسبب لصدأ الساق في الشوفان *P.G.avenae* وفي الشعير *P.G.hordei* وفي القمح *P.G.tritici* . وهذه الأفراد تشكل مجموعات تسمى أصناف أو أشكال خاصة *Formae Specialis* لذلك فهي متخصصة لإصابة كل من القمح والشعير والشوفان فإن بعض الأفراد من هذه الأشكال تهاجم بعض الأصناف في العائل النباتي ولكن لا تهاجم الأخرى، (أى أن سلالات الكائن المسبب لصدأ الساق في القمح مثلاً يصيب أصناف ولا يصيب الأخرى) . إن كل مجموعة من مثل هذه الأفراد تشكل سلالة . وبالتالي يتواجد

عدد كبير من السلالات فمثلا سلالة من *P.graminis tritici* (سلالة ١٠، سلالة ١٥، سلالة ٥٩... الخ) تستعمل مفرقات للتمييز بين بعض السلالات الفسيولوجية فقد إستعمل صنف *Lee* من القمح للتمييز بين السلالة ١٥ من السلالة ١٥ في صدأ الساق الاسود حيث تصيب هذه السلالة الصنف *lee*.

إن الأفراد المتماثلة الناتجة عن تكاثر غير جنسي لهذا الفرد المتباين variant تشكل ما يسمى (نوع حيوي) Biotype . إن كل سلالة تحتوي علي واحد أو العديد من السلالة الحيوية (سلالة ١٥، ١٥.ب... الخ). وقد وجد أن السلالة الفسيولوجية الجديدة تنشأ من السلالات القديمة ولكنها تختلف عنها عند إختبارها على المفرقات ومن الأمثلة، ظهور السلالة ١٥ اب التي لا تختلف عن السلالة الأصلية ١٥ إلا في أنها تصيب الصنف *Lee* بينما السلالة ١٥ يقاومها هذا الصنف. وأكتشف أن أشكال بيئة أخرى من سلالات معينة من الصدأ تتكون نتيجة حدوث طفرة عاملية تغير من مظهر الإصابة على أحد المفرقات . هذه الأشكال مثل السلالة ١٥ اب أكتشف أنها تتكون من مجموعة من الأشكال المختلفة التي تختلف في درجة الإصابة على العوائل المفرقة وقسمت على أساس حجم البثرات إلى ١٥ اب ١، ١٥ اب ٢..... الخ أي توجد إختلافات لانهائية في هذا الصدأ .

إن حدوث تغير للكائن الممرض يؤدي إلى ظهور أنواعاً حيوية جديدة Biotype (فرد متباين ناتج عن تكاثر غير جنسي) هذا الفرد يفقد قدرته على الإصابة ويموت إذا فقد قدرته على إصابة صنف نباتي مزروع حتى ولو كان هذا الفرد المتباين معروف لدينا . ومن ناحية أخرى إذا لم يفقد هذا الفرد المتباين قدرته على الإصابة فإن ذلك يساعده على إصابة نوع نباتي مزروع بسبب مقاومته وبذا ينمو ويتكاثر وينتج أفرادا عديدة تنتشر وتهلك الصنف المقاوم الذي إستمر في مقاومته حتى ظهور هذا الفرد المتباين .

هذه هي الحالة التي يقال عنها أن مقاومة الصنف النباتي قد كسرت (Broken Down) مع أن التغيير كان سببها في الكائن الممرض وليس في العائل النباتي .

العلاقة بين جينات القابلية للإصابة في العائل وجينات الشدة في الكائن الممرض :

تختلف الكائنات الممرضة باختلاف الأنواع النباتية حيث يكون الكائن الممرض متخصصا على عائل نباتي معين فمثلا فطر *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersic* الذي يسبب ذبول الطماطم يهاجم الطماطم فقط و ليس له إطلاقا أي تأثير على التفاح أو القمح أو الذرة وأي نباتات أخرى ،وكذلك فإن فطر *Venturia inaequalis* الذي يسبب مرض الجرب يؤثر علي التفاح فقط ،بينما فطر *Puccinia graminis f.sp.tritici* الذي يسبب صدأ الساق في القمح يهاجم القمح فقط .

إن سبب ظهور المرض يرجع إلى أن الكائن الممرض يمتلك جين أو أكثر للتخصص وللشدة ضد عائل (نبات) معين .هذا العائل يمتلك كذلك جينات معينة للتخصص والقابلية للإصابة للكائن الممرض .أى أن الكائن الممرض متخصص في إصابة نوع معين من الأنواع النباتية المتقاربة وراثيا ويمتلك جين أو جينات مسنولة عن شدة هذا الكائن الممرض . أما العائل النباتي فإنه يحتوى على جينات تجعله قابل للإصابة لكائن ممرض معين تكون موجوده في ذلك العائل النباتي أو في قليل من الأنواع النباتية المتقاربه .ويحدد بداية ظهور المرض وتكشفه هو التفاعل بين جينات خاصة للشده في الكائن الممرض والجينات الخاصه بالقابلية للإصابة في العائل .

إن كل عائل يمتلك مجموعة من الجينات للقابلية للإصابة لكائن ممرض معين تكون موجوده فقط في ذلك العائل النباتي وتلائم الكائن الممرض الخاص الذى يحتوى على جينات الشدة . ومن هذا يتضح أن أى كائن ممرض يكون شديدا على

إحدى العوائل قد لا يكون شديداً على عوائل أخرى. قليل من الكائنات الممرضة تستطيع أن تهاجم أعداد كثيرة من العوائل وذلك بسبب إحتوائها على جينات للشدة ذات مدى واسع من التأثير .

إن أى نوع نباتي يمتلك جينات للقابلية للإصابة تسمح له أن يصاب بأي كائن ممرض من الكائنات التي تصيبه. وبالرغم من وجود هذه الجينات في نباتات مثل الذرة، القمح أو فول الصويا.....ألخ. وإنتشار معظم كائناتها الممرضة بين النباتات لم تصاب هذه النباتات وتكون مقاومة والسبب في ذلك يرجع إلى حصولها على جين أو أكثر للمقاومة والذي يحميها من الإصابة أو من المرض الشديد وذلك خلال عمليات التطور على مدى الزمن أو خلال برامج التربية أو عن طريق التكنولوجيا الحيوية فإن النبات يصبح مقاوماً لجميع الأفراد من الكائن الممرض الموجود سابقاً فإذا لم يحتوي الكائن الممرض على الجين الإضافي الجديد للشدة ليتغلب على تأثير جين المقاومة الجديد في النبات، فإنه لا يستطيع إصابة النبات ويبقى النبات مقاوم. وبالتالي فإن جين واحد جديد للمقاومة ضد الكائن الممرض يستطيع حفظ النباتات التي تمتلك هذا الجين الخاص بالمقاومة من المرض المتسبب عن عدة سلالات من الكائن الممرض وبذا يصبح النبات مقاوم .

التفاعل بين شدة الإصابة في الكائنات الممرضة والمقاومة في نباتات العائل :

إن المرض النباتي هو نتيجة تفاعل بين إثنين من الكائنات الحية هي النبات العائل و الكائن الممرض ويتحكم في صفات كل واحد من هذين الكائنين مادتهما الوراثية DNA التي تحمل العوامل الوراثية (الجينات)، حيث يحتوى العائل على جينات القابلية للإصابة أو المقاومة أما الكائن الممرض فيحتوى على جينات الشدة أو عدم الشدة . إن عدد الجينات التي تحدد المقاومة أو القابلية للإصابة تختلف من نبات إلى نبات، كذلك عدد الجينات التي تحدد الشدة أو عدم الشدة تختلف من كائن

ممرض إلى آخر . بعض الأمراض خاصة تلك المتسببة عن الفطريات مثل اللفحة المتأخرة في البطاطس، البياض الدقيقى، عفن أوراق الطماطم، تفحمت وأصداء الحبوب وأيضا فى عديد من أمراض النبات الفيروسية والبكتيرية كل هذه الأمراض وغيرها؛ فإن الخطوة الأولى فى أى تفاعل متوافق بين العائل والكائن الممرض هى تمييز العائل بواسطة الكائن الممرض و أحيانا العكس يعنى تمييز الكائن الممرض بواسطة العائل وبالتالي فإن غياب عوامل التمييز فى العائل يمكن أن تجعله مقاوم لكائن ممرض معين .

تتشكل الكائنات الممرضة من سلالات عديدة كل منها يختلف عن الأخرى فى مقدرتها على مهاجمة أصناف معينة من الأنواع النباتية وليست قادرة على إصابة أصنافا أخرى. وبالتالي عندما يحقن صنف بسلاطين مناسبين مختارين من الكائن الممرض، فإن الصنف يكون قابلاً للإصابة بإحدى السلالات ولكن مقاوماً للأخرى. وعلى العكس عندما تحقق نفس السلالة من الكائن الممرض فى صنفين مناسبين مختارين من العائل النباتى فإن صنفا واحداً يكون قابلاً للإصابة بينما الآخر يكون مقاوماً لنفس الكائن الممرض، كما فى جدول (1). هذا يدل بوضوح على أنه فى الحالة الأولى فإن إحدى السلالات تمتلك صفات وراثية تمكنها من مهاجمة العائل بينما الأخرى لا تمتلك ذلك، وفى الحالة الثانية فإن إحدى الأصناف تمتلك صفات وراثية تمكنه ليدافع عن نفسه ضد الكائن الممرض وبالتالي يبقى مقاوماً ، بينما الصنف الثانى لايفعل مثل ذلك،أما عند حقن عدة أصناف على أفراد بسلالة واحدة من سلالات الكائن الممرض العديده يتضح أن سلالة واحدة من الكائن الممرض تستطيع إصابه مجموعة معينة من الأصناف، وسلاله أخرى تستطيع إصابه مجموعة أخرى من الأصناف تشمل بعض الذى يمكن أن يصاب وبعض الذى لايمكن أن يصاب بواسطة السلالة السابقة وهكذا. وبالتالي فإن الأصناف التى تمتلك جينات معينة للمقاومة أو القابلية للإصابة مختلفة التفاعل ضد سلالات الكائن الممرض المختلفة وجيناتها الشديدة الإصابة أو الغير شديدة . إن

النسل في هذه الأصناف يتفاعل مع نفس الكائنات الممرضة تماما بنفس سلوك الآباء، هذا يوضح أن صفة المقاومة أو القابلية للإصابة ضد الكائن الممرض صفة تورث من الآباء إلى النسل . وبالمثل فإن نسل كل كائن ممرض يسبب على كل صنف نباتي نفس التأثير الذي سببته الكائنات الممرضة للآباء، هذا يدل على أن صفة الشدة أو عدم الشدة في إصابة الكائن الممرض لصنف معين هي أيضا صفة تورث من الآباء إلى النسل .

		سلالات الكائن الممرض		سلالات الكائن الممرض					
		1	2						
أنصاف النبات	A	-	+	أنصاف النبات	A	-	+	+	+
	B	+	-		B	+	-	-	+
					C	+	-	-	+
					D	+	-	+	-

جدول (1) يوضح التفاعل المحتمل بين إثنين (على الشمال) وأربعة أنصاف (على اليمين) من النبات مع سلالتين (على الشمال) وأربعة (على اليمين) من الكائن الممرض
 (+) = قابلية للإصابة (تفاعل متوافق أو إصابة). (-) = مقاومة للإصابة (تفاعل غير متوافق أو عدم إصابه) .

مما سبق يتبين أنه تحت الظروف البيئية المناسبة فإن النتيجة هي إصابة أو عدم إصابة في كل عائل. أن توافق الكائن الممرض مع عائله يكون محدد مسبقا بواسطة المادة الوراثية للعائل والكائن الممرض .

الخلاصة :

تتسبب الأمراض النباتية عن الفطريات وكائنات أولية مثل البكتريا والميكوبلازما وقد تكون نباتات راقية متطفلة أو فيروسات وفايروسات أو نيماتودا وبروتوزوا كلها مجتمعة تسبب أمراضا مختلفة للنباتات. فعلم الوراثة الخاص بأمراض النبات يدرس المعلومات الوراثية في الكائن الحي وهو النبات وبعض المسببات المرضية مثل البكتريا ، الفيروس والفطر حيث تكون هذه المعلومات في الحمض النووي دى أوكسى ريبونيوكلينك أسد DNA أو فى الحمض النووى ريبونيوكلينك أسد RNA فى بعض الفيروسات . فعند إصابة نبات بكائن ممرض فإن هذا الكائن يمتلك جينات للتخصص ولشدة المرض ضد العائل الذى يمتلك بدوره جينات معينه للتخصص وللقابلية للإصابة بكائن ممرض معين. ففي العائل والكائن الممرض كما فى غالبية الفطريات والنباتات الراقية المتطفلة والنيماتودا والتسى تتكاثر جنسى فإن النسل الناتج يكون متباينا، ويحدث ذلك نتيجة التوزيع العشوائى للكروموسومات والإتحادات الجديدة والعبور الوراثى أثناء الانقسام الميوزى وكذلك الطفرات الطبيعية أو الصناعية إلا أنه توجد طرق شبيهة بالتكاثر الجنسى تحدث فى الفطريات مثل هيتيروكاربوسيز، التزاوج الذاتى، تباين النوايات وإختلافها، ظهور قطاعات فى المستعمرات الفطرية . أما فى البكتريا فيحدث التزاوج، التحول الوراثى والإستقطاع الوراثى، وفى الفيروس تكون الطفرات هي الوسيلة الوحيدة لنشأة سلالات جديدة . كل هذه الطرق تؤدى إلى حدوث تباين فى النسل الناتج .

أجب عن هذه الأسئلة :

- ١- اذكر العلاقة بين علم الوراثة وعلم أمراض النبات ؟
- ٢- ما هي الكائنات المحتوية على الحمض النووى الـ DNA المسببة للمرض فى النبات ؟

٣- اذكر الكائنات المسببة للمرض المحتوية على الحمض النووي RNA ؟

٤- ما العلاقة الجينية بين العائل والكائن الممرض ؟

٥- عرف التباين وكيف يحدث في العائل والكائن الممرض .

٦- أجب بنعم أو لا مع التعليل :

أ- تختلف الكائنات الحقيقية النواة عن غير الحقيقية النواة في النواة المميزة .

ب- الـ DNA هو المادة الوراثية في جميع الكائنات .

ج- المادة الوراثية تتألف من أدنين ، جوانين ، سيتوسين ويوراسيل دائما .

د- يتماثل تركيب الـ DNA في جميع الكائنات .

هـ- الـ RNA هو المادة الوراثية في فيروس موزايك القرنبيط .

و- الاتحادات الجديدة هي ناتج حدوث العبور .

ز - المرض النباتي هو تفاعل بين النبات والطفيل فقط .

الفصل الثاني

المادة الوراثية فى البكتيريا ودورة

حياة الفيروسات المتطفلة على البكتيريا

الأهداف : من المتوقع فى نهاية دراسة هذا الفصل أن يكون المتخصص فى علم الوراثة وبرنامج أمراض النبات قادرا على أن :

١- يتعرف على تركيب المادة الوراثية فى البكتيريا ومحتواها البلازميدي وعلاقته ببعض الصفات فى خلايا البكتيريا .

٢- يشرح دورة حياة الفيروسات النباتية ودور الفيروس فى نقل المادة الوراثية من خلية بكتيرية إلى أخرى .

٣- يحدد أهمية الـ Ti - plasmid الموجود فى خلايا الأجرى وبكتيريم ودوره فى نقل الجينات للخلايا النباتية .

٤- يشرح دورة الحياة الجنسية لخلايا البكتيريا ودورها فى نشأة تراكيب وراثية جديدة .

٥- يفهم خطأ كيرنز (Cairns , 1963) الذى أوضح أن الكروموسوم البكتيري دائري باستخدام تكتيك قياس الإشعاع الذاتي Autoradiography فى تصور حدوث تضاعف الكروموسوم البكتيري من نقطة البداية فى اتجاه واحد وإنما يمكن أن يحدث التضاعف فى كلا الاتجاهين من نقطة بداية واحدة .

٦- يستوعب دور Lederberg and Tatum عام ١٩٤٨ والذين يعتبرون أول من اكتشفوا Conjugation فى البكتيريا وحصلوا بذلك الاكتشاف على جائزة نوبل فى عام ١٩٥٨ والذين أثبتوا أن بعض البكتيريا على الأقل تمر بعملية جنسية بالرغم من أنه لم يشاهد الاتحاد الجيسى مباشرة تحت الميكروسكوب الإلكتروني إلا حديثاً فى عام ١٩٥٧ بواسطة Anderson, Wollman and Jacob .

- ٧- يحدد دور Brenner فى عام ١٩٥٩ بأنه هو أول من تعرف على تركيب الفاج .
- ٨- يستوعب الوسائل الرئيسية للسيطرة على الأمراض الفيروسية وبأعلى مستوى فى تقسيم الفيروسات حتى الآن والذي يعتمد على طبيعة المادة الوراثية .
- ٩- يحدد خصائص جينوم الفيروس وبإستراتيجية ترجمة الجينات للجينوم الفيروسي فى الأجناس المختلفة .
- ١٠- يجري التزاوج الجنسي فى البكتيريا للحصول على تراكيب وراثية جديدة منها.

المقدمة :

تتكون المادة الوراثية فى البكتيريا من كروموسوم واحد رئيسى ، وفى العديد من الحالات يوجد من واحد إلى العديد من جزيئات DNA التى تقع خارج الكروموسوم الرئيسى للخلية البكتيرية والتي تسمى بالبلازميدات ، والبلازميدات هى عبارة عن وحدات من المادة الوراثية لها القدرة على التضاعف مستقلة عن الكروموسوم الرئيسى للخلية وهى فى تلك الحالة التى تقع فيها خارج الكروموسوم الرئيسى للخلية . تعد بعض البلازميدات Plasmids شظايا من الكروموسوم البكتيرى ويعد البعض الآخر تراكيب متحدة من شظايا DNA . فى عام ١٩٤٦ اكتشف كل من Lederberg and Edward Tatum حدوث إتحادات وراثية فى البكتيريا genetic recombination in bacteria وبعد ذلك بعدة سنوات اكتشف Lederberg أن الفيروسات التى تصيب البكتيريا والتي يطلق عليها بالـ bacteriophages تستطيع أن تقوم بنقل المادة الوراثية من خلية بكتيرية لأخرى ، وهذه الظاهرة هى التى يطلق عليها بالاستقطاع transduction ، وقد ولد ليدربرج فى ٢٣ مايو عام ١٩٢٥م بكولومبيا ، وأنهى دراسته الجامعية بكولومبيا عام ١٩٤٤ ، وحصل على درجة الدكتوراه الأمريكية فى الوراثة من جامعة Yale University فى عام ١٩٤٦م وقد اكتشف ليدربرج مع تلميذه Norton Zinder أن بعض الفيروسات لها القدرة على نقل جينات بكتيرية من خلية بكتيرية إلى أخرى ، هذا الاكتشاف الذى جعل من البكتيريا أداة مهمة فى الأبحاث الوراثية مثل Drosophila and Neurospora . وفى عام ١٩٥٨ تقاسم ليدربرج جائزة نوبل Nobel Prize مع كل من Edward L. Tatum and George Wells Beadle نظرا لاكتشافهم ميكانيكية

الاتحادات الوراثية في البكتيريا the mechanisms of genetic recombination in bacteria ولاكتشافهم حدوث التزاوج الجنسي في البكتيريا ، ويعد ليدربرج مميّزا pioneer في دراسته للفيروسات والبكتيريا في تحديد الأسس الكيميائية والجزيئية للمادة الوراثية ، وعندما كان عمر ليدربرج ١٩ سنة دخل كلية the College of Physicians and Surgeons at Columbia University بجامعة كولومبيا ليتخرج منها ويمارس مهنة الطب ، وقد سجل في البرنامج التدريبي للقوة البحرية الأمريكية كبرنامج طبي تمهيدي مكثف لإنجاب ضباط طبيين للقوات المسلحة الأمريكية أثناء الحرب العالمية الثانية ، وبينما كان ليدربرج طالباً جامعياً إلا أنه خصص له واجب في مستشفى البحرية الأمريكية US Naval Hospital at St. Albans في جزيرة Long Island ، وبعد سنتين من ممارسته مهنة الطب أخذ أجازة من جامعة كولومبيا لمتابعة بحثه كخريج جامعي في يل بمعمل Tatum والذي كان مميّزا pioneered في استخدام النيورسبور في الدراسات الوراثية الكيموحيوية ، وبينما كان ينوي العمل في معمل تاتم لبضعة شهور فقط إلا أنه استمر به لمدة عامين حصل خلالهما على درجة الدكتوراة عام ١٩٤٦ م ، عمل ليدربرج مع تاتم واكتشفا خلال عملهم ظاهرة جديدة هي دورة الحياة الجنسية في البكتيريا sexual reproduction in bacteria خصوصا في بكتيريا القولون *Escherichia coli* ، وفي معمل تاتم بنيو هافن Tatum's laboratory in New Haven قابل ليدربرج Lederberg زوجة المستقبل Esther واللذين أصبحا من علماء الوراثة المشهورين وبحكم حق زوجته الشخصي حصلت على درجة الدكتوراه من جامعة University of Wisconsin ، وفي عام ١٩٤٨ تمت الموافقة على تعيين ليدربرج كأستاذ مساعد للوراثة في جامعة University of Wisconsin وأخذ لقب أستاذ مشارك في عام ١٩٥٠ 1950 associate professor وعلى لقب أستاذ full professor في عام ١٩٥٤ ، وفي عام ١٩٥٧ أنشأ قسم الوراثة الطبي he organized the Department of Medical Genetics وكان أول رئيساً له ، وبعد عامين آخرين في عام ١٩٥٩ افترض رئيسا للقسم المشكل حديثا في Stanford University Medical School in Palo Alto بكاليفورنيا ، وفي عام ١٩٦٢ أصبح مديرا لمعامل كنيدي الجامعية university's Kennedy Laboratories في الطب الجزيئي Molecular Medicine ، وفي عام ١٩٧٨ عين رئيساً لجامعة Rockefeller University . كان لليدربرج اكتشافين هامين في مجال الوراثة : الأول هو اكتشافه للجنس في البكتيريا ولحدوث الانتقال المنتظم للمادة الوراثية في

البكتيريا أيضا كما يحدث في الكائنات النباتية والحيوانية الراقية (من خلال ميكانيكيات خلوية مختلفة) ، والثاني هو اكتشافه لأن تبادل المادة الوراثية genetic exchange يمكن أن يحدث أيضا بين البكتيريا من خلال وسيط وهو الفيروس والذي يمكن أن يقوم بنقل أجزاء من الجينات portions of genes من الخلية البكتيرية العائل إلى خلية أخرى ، هذان الاكتشافان كانا محورين في وضع وتأسيس طرق دراسة المنظمة الجزيئية للمادة الوراثية ووظيفة الجينات ، واكتشف أيضا بأن ميكانيكية البنسلينات على قتل البكتيريا ترجع إلى منع تخليق الجدار الخلوي due to its preventing synthesis of the bacteria's cell walls ، وفي عام ١٩٤٠ قبل البيولوجيون بصفة عامة أن البكتيريا تمر بدورة حياة جنسية . الصورة التالية إحداهما لليدبرج وهو في سن الشباب (شكل ١٤) ، والثانية (شكل ١٣) لليدبرج وهو يتحدث عام ١٩٩٧ في أحد المؤتمرات ، الشكل رقم (١٥) وفيه يسلم الرئيس الأمريكي جورج دبليو بوش ليدبرج الميدالية الدولية في العلوم .

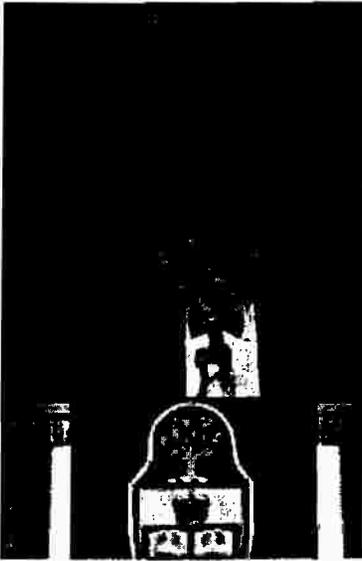


Fig. 13 . Joshua Lederberg speaking at a conference in 1997



NARA/UP; NARA/Stanford U.

Fig. 14 . Joshua Lederberg



٤٥

Fig. 15 . Joshua Lederberg (right) receiving The National Medal of Science from George H. W. Bush.

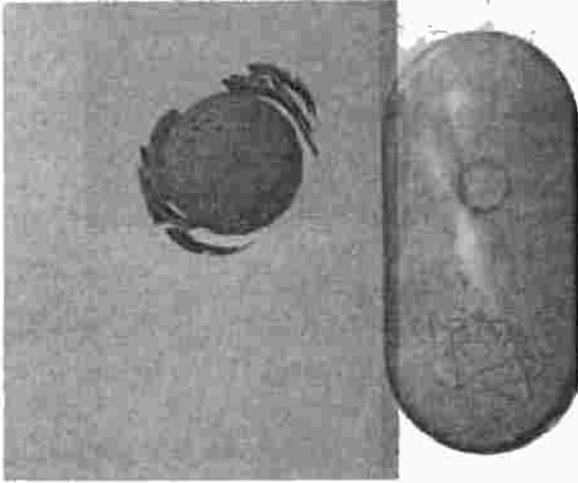
البلازميدات والإبوسومات كعناصر وراثية :

Plasmids, episomes as genetic elements :

أغلب البلازميدات الموجودة بالخلايا البكتيرية غير ضرورية لعوائلها ، إلا أن بعضها يتحكم في تفاعلات خاصة بالمضادات الحيوية . ولها القدرة على التكرار المستقل والاتحاد مع DNA الغريب وحمل DNA إلى مراكز التخليق الحيوى فى الخلية وتفيد فى مجال الهندسة الوراثية Genetic engineering ، حيث يوجد البلازميد Ti (محدث الورم tumor-inducing) الذى يحمل تتابع من DNA قادر على تحويل خلايا النباتات ذوات الفلقتين (كالدخان وعباد الشمس والجزر والطماطم ٠٠٠ إلخ) إلى خلايا ورمية ، ويرتبط التحول الورمى بمرض التدرن التاجى .

وتسبب بكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* مرض التدرن التاجى وهو مرض خطير لمحاصيل الفاكهة والمشاتل بالذات ، ويظهر المرض عند دخول البكتريا الحية من الأسطح المجروحة فى النبات وفى منطقة التاج عادة (منطقة الالتقاء بين الساق والتربة) ولكن البكتريا التى تبدأ مرض التدرن ليس من الضرورى استمرارها داخل النبات لحدوث الورم ، فمن الممكن أن تموت بعد عدة أيام ويستمر الورم فى النمو ، فى حالة إصابة النبات بالأجروبوكتيريم تتحد شظية من DNA للبلازميد Ti مع مقطع من DNA الخلية النباتية المتعرضة للعدوى . تشفر الجينات الآتية من البلازميد والمندمجة فى الخلايا النباتية للإنزيمات

التي تشجع على النمو المستمر وغير المنضبط للورم الذي بدأ من التدرن الناجم عن الإصابة البكتيرية .

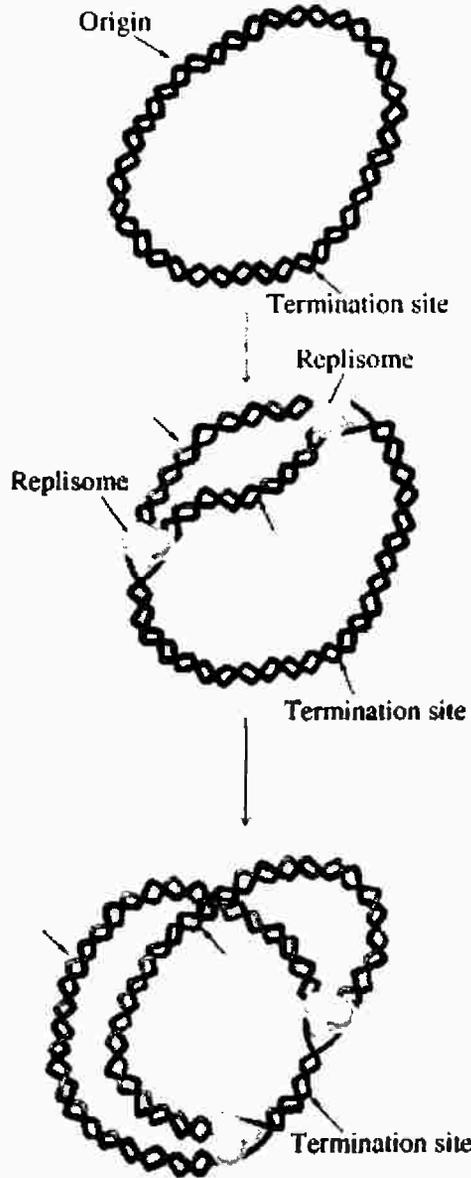


شكل رقم ١٦ . يوضح المحتوى الكروموسومي والبلازميدي في بكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* المسببة لمرض التدرن التاجي في النباتات ذوات الفلقتين

تتدرج البكتيريا تحت مجموعة الكائنات غير مميزة النواة Procaryotes ومن أوضح المميزات في هذه الكائنات أن المحتويات النووية غير محاطة بغشاء نووي كما في حالة الكائنات مميزة النواة Eucaryotes ، كما أنها تفتقد بعض التراكيب الموجودة في خلايا الكائنات مميزة النواة كالميتوكوندريا والشبكة الإندوبلازمية ومعقد جولجي والليسوزومات . أوضح التحليل الوراثي في بكتيريا القولون أن العدد الكبير من الجينات ينتظم في خريطة كروموسومية عبارة عن مجموعة ارتباطية واحدة مقفولة الطرفين دائرية الشكل circular . ولهذا تحتوي الخلية البكتيرية على كروموسوم واحد رئيسي بالإضافة إلى نسخ عديدة تتراوح ما بين واحد إلى العديد من جزيئات الـ DNA التي تعرف بالكروموسومات الزائدة الصغيرة Extrachromosomal DNA molecules والتي تسمى بالـ Minichromosomes أو البلازميدات (شكل رقم ١٦) . عند تضاعف الكروموسوم البكتيري فإنه ينشق إلى نصفين ينفصلان عن بعضهما ، وكل دورة تضاعف تحدث من نقطة بداية Initial point ، وقد أخطأ كيرنز (Qairns , 1963) الذي أوضح أن الكروموسوم البكتيري دائري باستخدام تكتيك قياس الإشعاع الذاتي Autoradiography في تصور حدوث التكرار من نقطة البداية في اتجاه واحد ، فلقد أوضحت تجارب

عديدة منذ ذلك الحين في كل من *E. coli* , *Salmonella typhimurium* , *Bacillus subtilis* أن تضاعف الكروموسوم يتم في اتجاه ثنائي ولكنه لم يستبعد بشكل قاطع احتمال حدوث التضاعف في اتجاه واحد في بعض كروموسومات العشيرة .

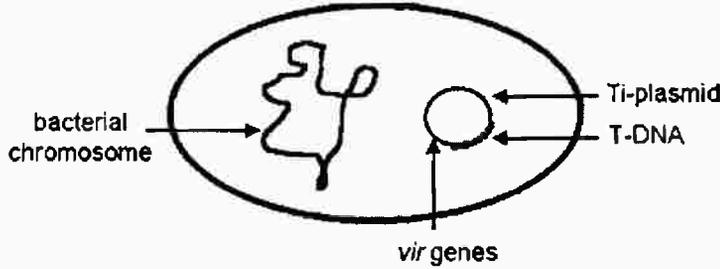
والعشيرة النامية تكون الكروموسومات كلها في حالة تكرار ، وبما أن التكرار يبدأ من نقطة ثابتة (i) فأغلب الخلايا ستكون بها الجينات المتكررة وهي القريبة من (i) بينما الجينات البعيدة عن (i) ستكون أقل تكرارا في العشيرة حيث يحدث تكرارها في نهاية الدورة (شكل رقم ١٧) . وإذا كان التكرار أحادي الاتجاه Unidirectional replication فسيتناسب تكرار الجينات مع البعد عن نقطة البداية (i) في إتجاه واحد وسيكون أقلها تكرارا الجينات المجاورة لنقطة البداية من الاتجاه الآخر . أما إذا كان التكرار ثنائي الاتجاه Bidirectional replication فتظهر درجات من تكرار الجينات على جانبي نقطة البداية (i) متساوية على مستوى الاتجاهين وتكون أقل الجينات تكرارا هي الجينات المقابلة لنقطة بداية التضاعف (i) على الكروموسوم . يبدأ التضاعف عند منطقة معينة من الكروموسوم هي منطقة البداية origin ، ومنطقة بداية التضاعف هي عبارة عن تتابع معين من النيوكليوتيدات يرتبط بها عدد من البروتينات لبدء عملية التضاعف .



شكل رقم ١٧ . يوضح تضاعف الـ DNA ثنائي الاتجاه Bidirectional DNA replication مما يزيد من سرعة التضاعف

البلازميد له القدرة على التضاعف حيث أنه يعتبر وحدة وراثية مستقلة ومتميز بكيان ذاتي داخل الخلية في قدرته على التضاعف ، ويتميز بثباته في تلك الحالة التي يقع فيها خارج الكروموسوم البكتيري (شكل رقم ١٨) . معظم البلازميدات

وليس كلها تعد غير ضرورية للخلايا التي تحملها ؛ وذلك لأنها تلزم لحياة وبقاء الخلية بينما في بعض الحالات تعتبر ضرورية تحت ظروف بيئية خاصة وذلك في حالة وجود مضادات حيوية في البيئة .



شكل رقم ٨ يوضح المحتوى الكروموسومي ومكونات المحتوى البلازميدي في بكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* المسببة لمرض التدرن التاجي في النباتات ذوات الفلقتين

الإيبوسومات :

Episomes :

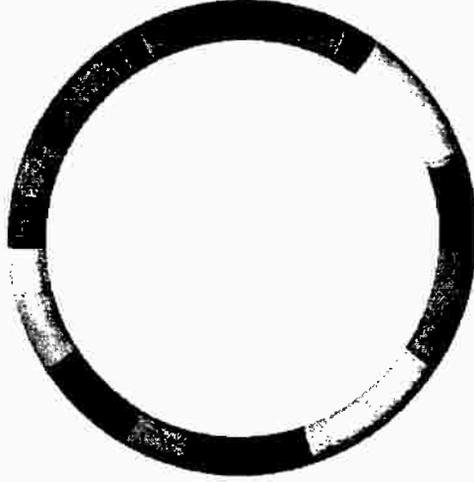
هي عبارة عن عناصر وراثية يمكن أن تتضاعف بإحدى الطريقتين التاليتين :

- كجزء يدخل في الكروموسوم الرئيسي للخلية .
- أو كعنصر وراثي له القدرة على التضاعف الذاتي مستقلا عن الكروموسوم الرئيسي للخلية .

والكلمات Episome, plasmid ليست كلمات مترادفة لأن العديد من البلازميدات لا توجد في حالة Integrated states وفي ذات الوقت ليست Episomes . كروموسومات العديد من الفاجات التي توجد في الصورة المعتدلة في الخلية Temperate phage مثل جينوم الفاج Phage genome تعتبر Episomes وليست بلازميدات .

ومن خصائص البلازميدات (شكل رقم ١٩) والإيبوسومات هو وجود تتابع قصير من DNA يسمى (Insertion sequences is elements) والعنصر Is يمكن أن يوجد في الكروموسوم الرئيسي للعائل ، ويتراوح طول هذا التتابع القصير من DNA ما بين ٨٠٠ - ١٤٠٠ زوج من النيوكليدات ، وهو يعتبر عنصر متنقل

أو قافز بمعنى أنه يستطيع أن يتحرك من مكان لآخر على نفس الكروموسوم أو من على أحد الكروموسومات إلى كروموسوم آخر مختلف ، وفي المكان الذي يستقر فيه العنصر Is على كروموسوم فإنه يحدث فيه عبور وراثي متبادل بين العناصر الوراثية غير المتماثلة في العنصر Is والكروموسوم .



Ti - plasmid

شكل رقم ١٩ . يوضح Ti - plasmid في بكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* المسببة لمرض التدرن التاجي في النباتات ذوات الفلقتين

يعتقد أن موقع العنصر Is في العامل F وفي كروموسومات السلالات المختلفة من *E. coli* هي التي تحدد مواقع التداخل أو الحقن للعامل F أثناء تكوين سلالات Hfr. يعتبر العامل F في خلايا *E. coli* للسلالة K12 وكروموسوم الفاج من أحسن الإيبوسومات المعروفة .

وتسمى الخلايا البكتيرية التي تحمل العامل F في صورة استقلال ذاتي عن كروموسوم الخلية بالخلايا المعطية F^+ ، وخلال عملية التزاوج بين الخلايا المعطية F^+ والخلايا المستقبلة F^- ينتقل فقط العامل F وتسمى الخلايا التي تحمل العامل F في صورته التي يتصل فيها بالكروموسوم البكتيري Integrated state بالسلالات التي تعطى تكراراً مرتفعاً جداً من العبور الوراثي (Hfr) .

وخلال عملية التزاوج بين خلايا Hfr, F^- ينتقل كروموسوم السلالة Hfr إلى F^- بصورة خطية Linear transfer ، وقبل انفصال الخليتين المتزاوجتين عن

بعضهما يكون قد انتقل جزء من كروموسوم السلالة Hfr ، وتحدد نقطة بداية واتجاه الانتقال بموقع واتجاه العامل F في الكروموسوم .

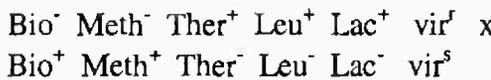
وقد يحدث أحيانا قطع شاذ للعامل F من كروموسوم السلالة Hfr منتجاً Recombinant F factors والتي تسمى F⁻ factors والتي بدورها تحمل جينات كروموسومية ، ويسمى انتقال الجينات الكروموسومية المحمولة بواسطة F⁻ factors خلال عملية التزاوج بين الخلية المعطية والخلية المستقبلة بالـ Sexduction .

: Conjugation and recombination in *E. coli*

استطاع Lederberg في عام ١٩٤٧ أن يقوم بعمل أول خريطة وراثية مبسطة لكروموسوم *E. coli* ، ولقد كان الاعتقاد السائد لفترة طويلة أن البكتيريا تتكاثر فقط لاجنسياً عن طريق الانقسام المباشر A mitosis بواسطة الانقسام الثنائي البسيط الذي يعمل على تحويل خلية أمية مفردة إلى نسل من عديد من الخلايا .

وبينما كان ذلك الاعتقاد شائعاً كلية لعدد من السنوات فلقد أوضح and Tatum Lederberg عام ١٩٤٨ أن بعض البكتيريا على الأقل تمر بعملية جنسية بالرغم من أنه لم يشاهد الاتحاد الجنسي مباشرة تحت الميكروسكوب الإلكتروني إلا حديثاً في عام ١٩٥٧ بواسطة Anderson, Wollman and Jacob ، وبذلك يُعدّ Lederberg and Tatum في عام ١٩٤٦ هم أول من اكتشفوا Conjugation في البكتيريا وحصلوا بذلك الاكتشاف على جائزة نوبل في عام ١٩٥٨ .

والإثبات حدوث التزاوج الجنسي في البكتيريا أجرى ليدربرج التزاوج بين السلالات الطافرة من بكتريا القولون *E. coli* K12 التي تحمل عوامل وراثية متفارقة . فأجرى ليدربرج التلقيح بين سلالتين إحداهما بها طفرة عوز غذائي لفيتامين البيوتين والحامض الأميني ميثونين ويمكنها تخمير سكر اللاكتوز ولكنها كانت مقاومة للبكتيريوفاج ، والسلالة الأخرى كانت لها القدرة على تخليق فيتامين البيوتين والحامض الأميني ميثونين ولكنها كانت تحمل طفرة العوز الغذائي الخاصة بالحمضين الأمينيين ثريونين وليوسين ولا يمكنها تخمير سكر اللاكتوز وقابلة للإصابة بهجمات البكتيريوفاج ، وعلى ذلك فالتركيب الوراثي لكلا السلالتين المشتركتين في التلقيح السابق هما كالتالي على الترتيب:-



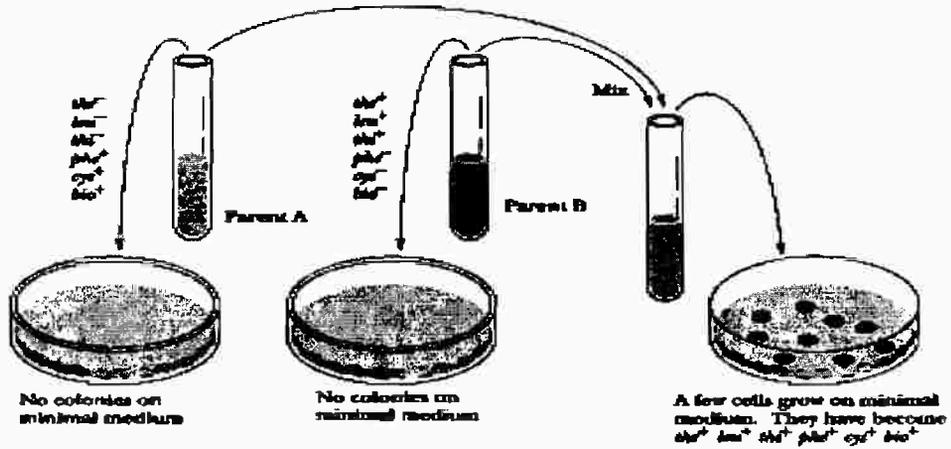
أجرى ليدربرج التلقيح بين السلالتين السابقتين بوضع مخلوط من ملايين الخلايا من كلا السلالتين على بيئة غذائية Minimal medium ينقصها البيوتين والميثيونين والثيونين والليوسين . وبالرغم من أنه لا يمكن لأى من السلالتين النمو على مثل هذه البيئة الأساسية ، إلا أنه وجد عدد قليل من الخلايا قد تمكنت من البقاء حية ونمت وكونت مستعمرات من بكتريا أولية التغذية Prototrophs لها القدرة على النمو على البيئة الأساسية Minimal medium كالبكتريا العادية، وبذلك ينتظر تكوين التركيب الوراثي $Bio^+ Meth^+ Ther^+ Leu^+$.

وقد يتبادر إلى الذهن أن ظهور مثل هذا التركيب الوراثي فى نسل التلقيح السابق قد يكون مرجعه طفور الجينين Met^-, Bio^- فى السلالة الأولى فى وقت واحد إلى $Meth^+, Bio^+$ أو طفور الجينين $Ther^-, Leu^-$ إلى $Ther^+, Leu^+$ فى السلالة الثانية فى وقت واحد مما يقلل من افتراض حدوث التزاوج الجيسى فى البكتريا ، وقد أدهض هذا الافتراض عندما اختبر ليدربرج البكتريا الأولية التغذية التى حصل عليها نتيجة التلقيح بين السلالتين الطافرتين السابقتين بالنسبة لصفة القدرة على تخمير سكر اللاكتوز وقابليتها للإصابة بهجمات البكتيريوفاج ، وعلى الرغم من أن نمو البكتريا على البيئة الأساسية غير مرتبط بهاتين الصفتين الأخيرتين فإنه حدث أثناء العملية التى نتجت عنها البكتريا الأولية التغذية ، تكوين اتحادات جديدة بين الجينين الخاصين بهما وقد وجد ليدربرج النتائج التالية بين ٢٠١٣ من البكتريا الأولية التغذية التى اختبرها .

تخمير اللاكتوز ومقاومة بالبكتيريوفاج (أبوية) .	٣٢,٥ % $Lac^+ vir^f$
لا تخمير اللاكتوز وقابلة للإصابة بالبكتيريوفاج (أبوية) .	٤٢,٧ % $Lac^- vir^s$
تخمير اللاكتوز وقابلة للإصابة بالبكتيريوفاج (عبورية) .	١,٦ % $Lac^+ vir^s$
لا تخمير اللاكتوز ومقاومة بالبكتيريوفاج (عبورية) .	٢٣,٢ % $Lac^- vir^f$

من هنا يمكن القول بأن المقصود باصطلاح Conjugation فى البكتريا هو حدوث التزاوج الجيسى بين الخلايا البكتيرية وهو عبارة عن حدوث إلتصاق طبيعى Physical contact بين خليتين بكتيريتين مختلفتين وراثياً ، وكذلك تكوين وظهور أنبوبة التزاوج بينهما Conjugation tube .

ويحدث التزاوج الجنسي (شكل رقم ٢٠ ، شكل رقم ٢٢) بين خلايا منكرة معطية Male or donor strains وخلايا مؤنثة أو مستقبلية حيث تحتوى الخلايا المعطية على وحدة وراثية إضافية هي F factor, (sex factor) or fertility factor ، وبذلك فإن التزاوج الجنسي في البكتريا هو عبارة عن انتقال جزء من المادة الوراثية من خلية إلى أخرى والخلايا التى تحتوى على عامل الجنس يرمز لها بالرمز F^+ والخلايا التى لا تحتوى على هذا العامل تسمى خلايا مستقبلية يرمز لها بالرمز F^- .



شكل رقم ٢٠ . يوضح كيفية إجراء التزاوج الجنسي

فى البكتيريا بين سلالات تحمل عوامل وراثية متفارقة

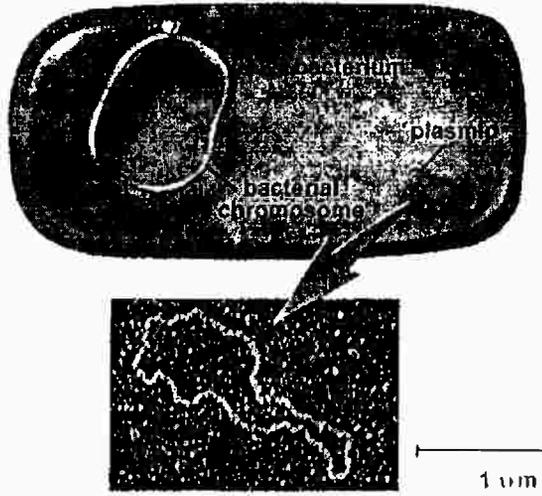
عامل الجنس The F factor فى البكتيريا :

عامل الجنس هو عبارة عن جزيء صغير من DNA طوله يوازى ٢% من طول كروموسوم *E. coli* ويمكن أن يتواجد فى حالتين :

١- الأولى منهما هي Autonomous self-replicating circular molecule وهو بهذه الحالة يعد كروموسوماً ثانياً صغيراً موجوداً فى الخلية البكتيرية ومستقلاً وقائماً بذاته ويستطيع أن يتضاعف ذاتياً عند انقسام الخلية ، والخلية التى تحتوى على هذا العامل بهذه الصورة تسمى F^+ .

٢- أما الحالة الثانية وفيها يحدث عبور فردي بين العامل الحلقي F والكروموسوم البكتيري الحلقي فيترتب على ذلك اندماج العامل F في الكروموسوم ، وتعرف هذه بسلاطات Hfr وهي سلالات غير ثابتة حيث يمكن أن تتحول إلى F^+ بواسطة Similar recombination event ويترتب على ذلك انفصال عامل الجنس عن الكروموسوم البكتيري ، ويمكن للخلايا F^+ أن تتحول إلى F^- بفقد عامل الجنس .

وبذلك فإن البلازميدات هي عبارة عن قطع صغيرة من DNA fragments ومعروفة بالنسبة لمعظم الخلايا البكتيرية ، والبلازميدات تحمل ما بين ٢ - ٣٠ جين ، بعض هذه الجينات لها القدرة على الحركة داخل وخارج الكروموسوم البكتيري (شكل رقم ٢١) .

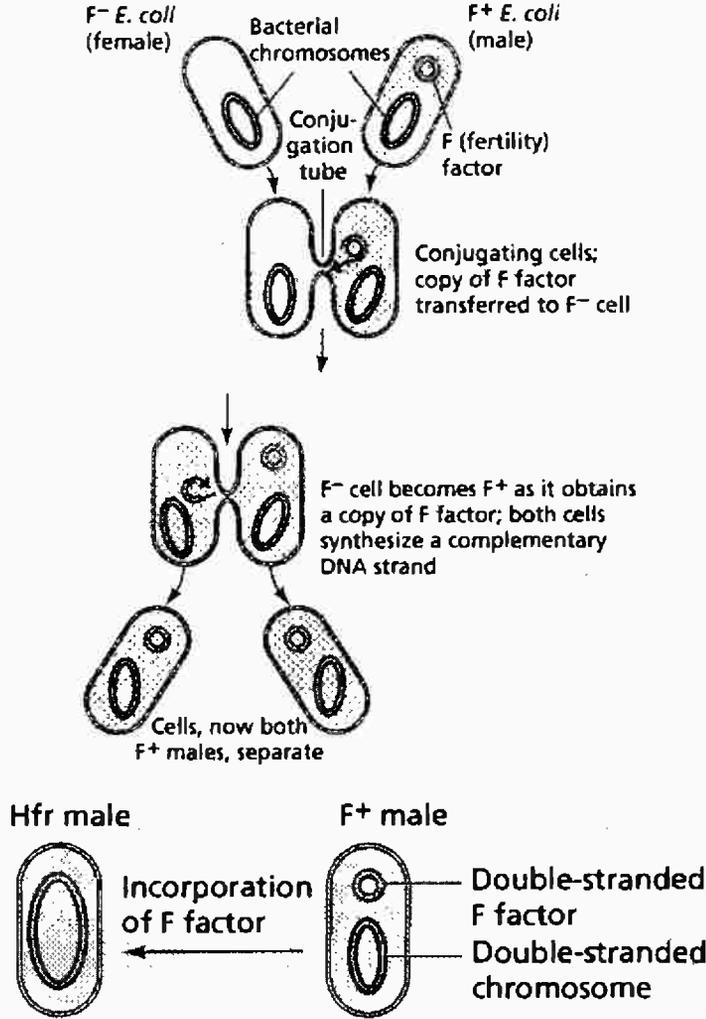


شكل رقم ٢١ . يوضح العلاقة بين البلازميد

والكروموسوم في نفس الخلية البكتيرية

الإيبيسوم هو عبارة عن بلازميد يندمج في الكروموسوم البكتيري ، والبلازميدات لها القدرة على التضاعف بأسلوب مشابه لتضاعف الكروموسوم البكتيري ، يوجد في خلايا بكتيريا القولون العديد من البلازميدات مثل F plasmids (sex factors) and R plasmids (drug/antibiotic resistance) . عامل الجنس

يحتوى على ٢٥ جيناً بعضها يتحكم فى إنتاج F pili وهى عبارة عن بروتينات تمتد من سطح الخلايا المذكرة F^+ إلى سطح الخلايا المؤنثة F^- .



شكل رقم ٢٢ . يوضح تبادل المادة الوراثية فى البكتيريا عن طريق التزاوج بين خلايا بكتيرية مختلفة وراثياً

البلازميد R يحمل جينات مقاومة العقاقير فى الخلايا التى تحتويه كما يوجد حوالي ١٠ جينات مقاومة على البلازميد R الفردي ، البلازميد R يمكن أن ينتقل إلى خلايا بكتيرية أخرى من نفس النوع وإلى الفيروسات وحتى إلى خلايا بكتيرية

أخرى من أنواع مختلفة . وجدت المقاومة للعقاقير (المضادات الحيوية) على مستوى المسببات المرضية المسببة لأمراض حمى التيفود ، الطاعون والالتهاب السحائي والسيلان ، بالإضافة إلى الأنماط الأكثر شيوعاً في النقل فإن البلازميدات R ربما تمر خلال الغشاء الخلوي ، تبدأ جينات المقاومة للمضادات الحيوية والعقاقير المختلفة بواسطة تحطيم المضادات الحيوية أو بواسطة مراوغة قفل مكان المضاد الحيوي في الممر الأيضي البكتيري .

دورة حياة الفيروسات البكتيرية

Bacterial viruses (Bacteriophages)

تتركب معظم الفيروسات من حامض نووي تحيط به قشرة Capsid مكونة من وحدات بروتينية عديدة ، أما الحامض النووي الذي يمثل المادة الوراثية في الفيروسات فيكون من نوع واحد ، وقد تكون الأحماض النووية في بعض الفيروسات من الحامض RNA وبعضها الآخر من DNA (شكل رقم ٢٣) . فالفيروسات النباتية تحتوي عادة RNA بينما تحتوي الفيروسات الحيوانية والفيروسات البكتيرية على DNA عادة كمادة للوراثة ، وإن كانت بعض الفيروسات الحيوانية مثل فيروس الإنفلونزا تحتوي على RNA ، أغلب الفيروسات التي يوجد بها مادة الوراثة RNA كفيروس تبغ أوراق الدخان وفيروس الإنفلونزا تحتوي على خيط واحد مزدوج من RNA .

ويرجع التطفل الإجباري للفيروسات Obligate parasitic إلى إنعدام نظم الطاقة وافتقارها إلى تكوين الإنزيمات المختلفة اللازمة لمختلف العمليات الحيوية التي تتم في الخلايا ، وفي الواقع فإن الإنزيم الوحيد الذي يمتلكه الفيروس هو الإنزيم الذي يمكنه من هضم جدار خلية العائل لتنم مهاجمته والتطفل عليه . فالفيروسات لا تحتوي على نواة أو سيتوبلازم ولا تستطيع التكاثر خارج الخلايا الحية ، ومن ناحية علم الوراثة فإن الفيروسات التي تصيب البكتيريا هي التي يهمنها أمرها ، ويعرف هذا النوع من الفيروسات بالبكتريوفاج ، واختصاراً فإنها كثيراً ما تسمى بالفاج Phage ، وهذه الفيروسات تعتبر طفيليات إجبارية على البكتيريا .

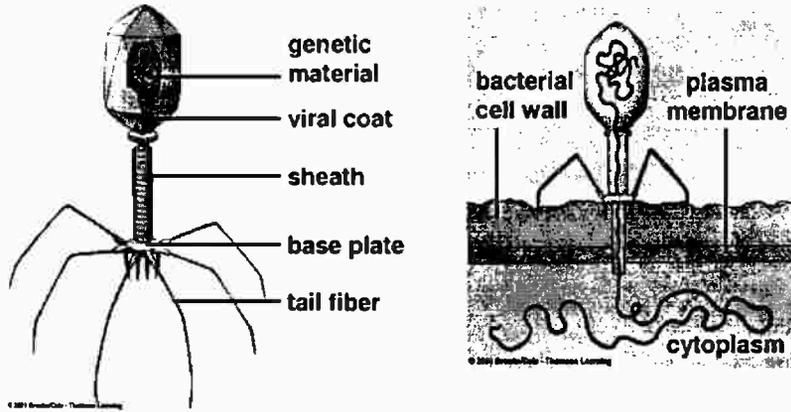
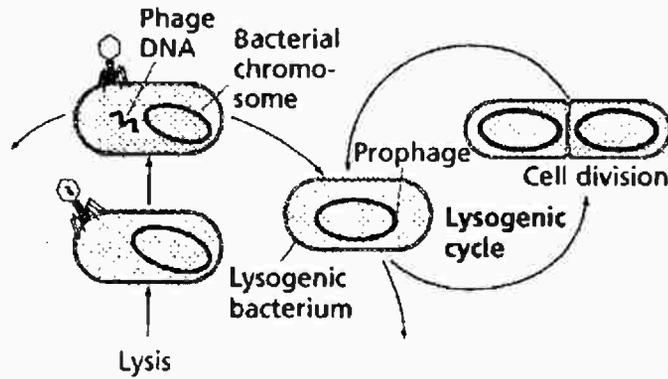
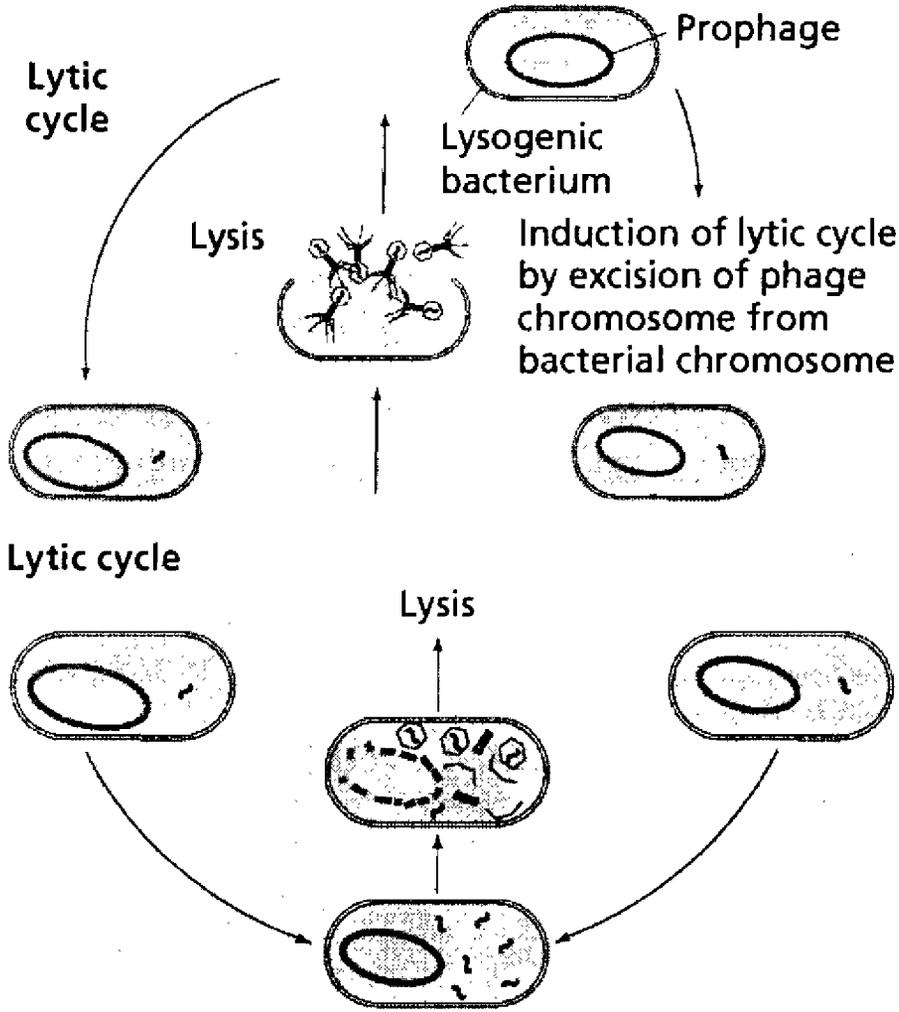


Figure 13.4a,b
Page 218-219

شكل رقم ٢٣ . يوضح تركيب الفاج

الفاجات (Virulent phages) التي تصيب خلايا *E. coli* عندما تهاجم الخلايا البكتيرية فإنها تؤدي إلى قتل الخلايا البكتيرية وتحطيم جدارها الخلوي مؤدية بذلك إلى خروج مئات من جزيئات الفاجات الجديدة التي تهاجم خلايا بكتيرية أخرى (شكل رقم ٢٤) .





شكل رقم ٢٤ . يوضح دورة التحلل والدورة الليسوجينية في حياة الفاج The lytic and lysogenic phases of a viral replication cycle

تركيب الفاج T_4 يكون معقدًا ويتكون من رأس بروتيني يغلف DNA + الذيل Tail وستة أهداب Tail fibers من البروتين ، والعديد من الفاجات لها تركيب مشابه ويوجد بها جزء واحد من حلزون مزدوج من DNA هو عبارة عن مادتها الكروموسومية الوراثية .

Brenner في عام ١٩٥٩ هو أول من تعرف على تركيب الفاج حيث بين أنه يتكون من : ١- جزء بروتيني يتميز إلى الرأس والذيل الذي ينتهي بالأهداب + الحامض النووي DNA .

تبدأ دورة حياة الفيروس بأن يتصل بمواقع استقبال خاصة Special receptor في الجدار الخلوي حيث يلتصق بسطح الخلية البكتيرية بواسطة الأهداب ، والفاجات λ , T_4 دائماً ما تتطفل على خلايا *E. coli* . بعد تثبيت الفاج نفسه يقوم بإفراز إنزيم خاص وهو إنزيم Lysozyme الذي يتحرر من Tail fibers والذي يعمل على إحداث ثقب في جدار الخلية البكتيرية من خلالها يقوم الفاج بحقن DNA داخل الخلية البكتيرية تاركاً الرأس والذيل على السطح الخارجي للخلية ، ومن اللحظة التي يدخل فيها DNA الفاج يحدث أحد أمرين :

الأمر الأول وهو الحالة العدائية :

Virulent stage (Lytic cycle) :

تعرف هذه الحالة بدورة التحلل Lytic cycle والتي تحدث إجبارياً للخلية بسبب الحالة العدائية للفاج . تبدأ هذه الحالة من اللحظة التي يدخل فيها DNA الفاج حيث يقوم مباشرة بهدم جميع إنزيمات الخلية البكتيرية وتحليل DNA الخلية البكتيرية نفسها واستخدامه في عمل نسخ عديدة وكل نسخة بدورها تقوم بالعمل كشفرة وراثية Code في بناء غلاف بروتيني جديد يغلف كل DNA جديد قد تكوّن . بذلك تتكون العديد من الفاجات داخل الخلية البكتيرية تتراوح أعدادها من بضعة مئات إلى بضعة آلاف ، وبمجرد اكتمال تكوين الفاجات الجديدة فإنها تقوم بإفراز إنزيم Lysozyme الذي يقوم بتحليل جدار الخلية البكتيرية حيث تنطلق منها العديد من الفاجات الكاملة والتي تكون قادرة على إصابة خلايا بكتيرية أخرى (شكل ٢٤) .

الأمر الثاني وهو الحالة المعتدلة :

(Lysogenic pathway) Temperate stage :

تحت ظروف خاصة غير معروفة تماماً فإن الأمر الثاني قد يحدث ويتلخص في أن جزيء الحامض النووي DNA الخاص بالفاج يلتصق بالحامض النووي DNA الخاص بالخلية البكتيرية ، ويظل في هذا الوضع بصورة دائمة ويتكاثر بنفس معدل تكاثر الخلية البكتيرية ، ويعرف الفاج في هذه الحالة باسم الفاج الأولى Prophage . قد يستمر هذا الحال لفترة قد تصل إلى مئات الأجيال المتتابعة ، وخلال هذه الفترة لا يتسبب عن وجود الفاج أى ضرر يذكر للخلية البكتيرية .

ولكن عاجلاً أو آجلاً ينفصل DNA الخاص بالفاج عن DNA الخاص بالخليّة البكتيرية ويتحول إلى الحالة العدائية ويتسبب في موتها وخروج العديد من الفاجات الجديدة التي تصيب خلايا بكتيرية أخرى ، وتعرف الخلايا البكتيرية المحتوية على الفاج باسم الخلايا الليسوجينية Lysogenic cells ، وتقسم حالات الاستقطاع إلى :

١ - Generalized transduction :

يحدث بواسطة بعض Virulent bacteriophages وبواسطة العديد من الفاجات في الحالة المعتدلة Temperate bacteriophages والتي لم يحدث فيها Integration كروموسومات الفاجات في مواضع الاتصال المتخصصة Specified attachment sites على كروموسوم الخلية البكتيرية ، ويحدث ذلك أثناء دورة التحلل للخليّة Lytic cycles بفعل هذه الفاجات .

٢ - Specialized transduction :

يحدث الاستقطاع المتخصص بواسطة Temperate bacteriophages والتي تكون كروموسوماتها قادرة على أن يحدث لها Integrate في موقع أو عدد محدود من مواقع الاتصال المتخصصة Specific attachment sites على كروموسوم العائل.

حينئذ يكون كروموسوم الفاج في الحالة المعتدلة هذه قادراً على أن يسلك أحد الطريقتين :

أ- Autonomous replication : أي يحدث له تضاعف مستقل عن تضاعف الكروموسوم البكتيري .

ب- Integrated replication : وهنا يتضاعف كروموسوم الفاج كما لو كان جزءاً من كروموسوم الخلية البكتيرية .

كلا الحالتين تعد أمثلة للعناصر الوراثية التي تسمى بالـ Episomes وفي هذه الحالة من Integrated state يطلق على كروموسوم الفاج بالـ Prophage وفيها تتوقف Lytic genes الموجودة في الفيروس (والتي تشمل الجينات المسؤولة عن تكاثر وتحلل العائل) عن العمل (Turned off) .

وعندما يكون كروموسوم الفاج في حالة Prophage state تسمى الخلايا البكتيرية التي تحمل الـ Prophage بالـ Lysogenic ، وتسمى العلاقة بين الفاج والعائل بالـ Lysogeny . وحينئذ تكون Lysogenic cell منيعة Is immune لأي إصابات ثانوية أخرى بنفس الفيروس أو بالفيروسات الشبيهة ، وذلك لأن جينات التحلل Lytic genes في الفيروس المعدي سوف تتوقف عن العمل كذلك المتوقعة عن العمل في Prophage .

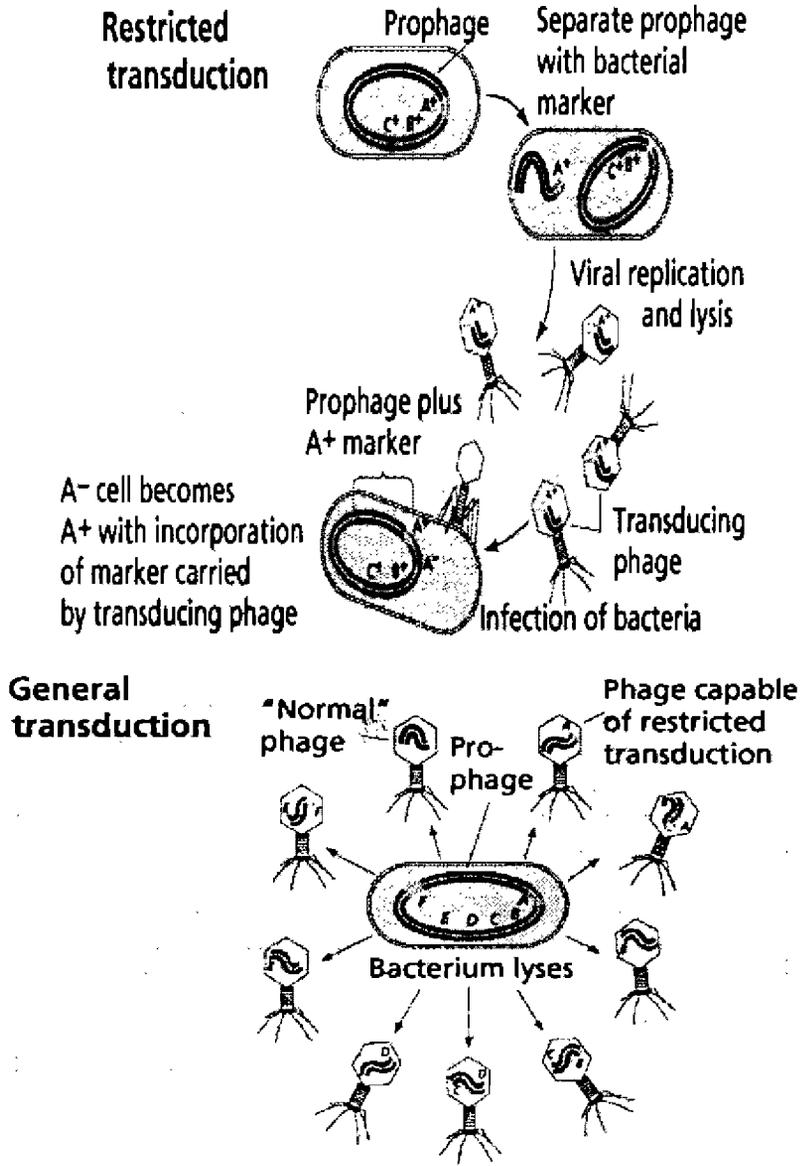
وتعد الفاجات في الحالة المعتدلة نادرة الحدوث ويحدث الانتقال التلقائي المفاجئ من حالة Lysogenic or prophage state to the lytic state بفعل التعريض للإشعاع مثل أشعة UV ، وحينئذ يفصل الفاج الأولى عن كروموسوم الخلية البكتيرية ويتضاعف ذاتياً وتحدث عملية القطع في المواقع المتخصصة بطريقة مماثلة لعملية Integration ، وكلا العمليتين تتم بواسطة الإنزيمات التي تقوم بتفسيرها جينات الفاج . وعادة تحدث عملية القطع في موقع يختلف عن موقع الالتحام الأصلي .

تبادل البكتيريا بالاستقطاع :

Bacterial transduction :

كما سبق وذكرنا فإن الاستقطاع يعنى انتقال جزء من المادة الوراثية المعروفة بالحامض النووي DNA من خلية بكتيرية إلى خلية بكتيرية أخرى عن طريق وسيط وهو الفاج . لاحظ العالمان Zinder & Lederberg بأنه عندما يفصل الفاج الأولى Prophage عن كروموسوم الخلية البكتيرية أثناء تحوله من الحالة المعتدلة ليصبح في حالة عدائية قد يحمل معه Fragment من DNA الخلية البكتيرية بعد التحامها بـ DNA الفاج نفسه وبذلك فإنها تصبح جزءاً من تكوين DNA الخاص به . عند خروج الفاج بعد تحلل الخلية يصبح حاملاً لهذه القطعة الزائدة . وعندما يصيب هذا الفاج خلية بكتيرية أخرى فإن القطعة المنقولة تدخل في كروموسوم الخلية البكتيرية وتصبح جزءاً منه بواسطة عبور وراثي Crossing over أو أثناء تكاثر الخلية البكتيرية نفسها .

باندماج القطعة المنقولة في DNA الخلية البكتيرية تكتسب الأخيرة صفة البكتيريا التي نقلت منها هذه القطعة عن طريق الفاج الذي قام باستقطاعها ونقلها من خلية بكتيرية إلى أخرى (شكل رقم ٢٥) .

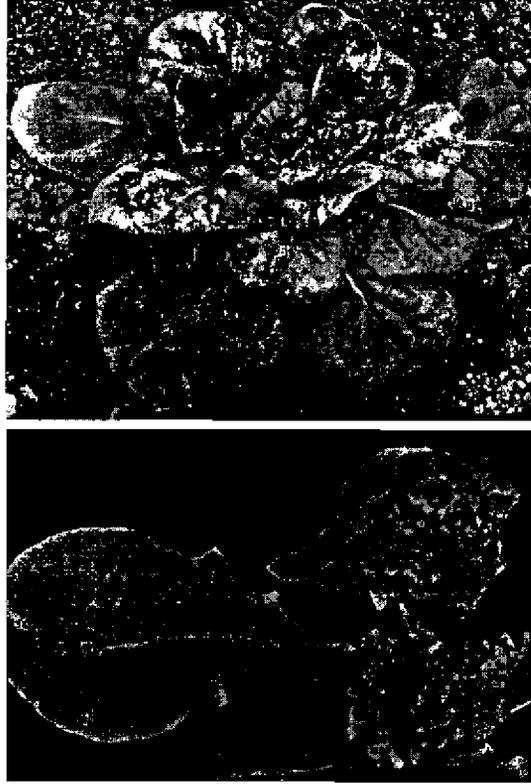


شكل رقم ٢٥. يوضح حث عملية الاستقطاع بواسطة الفيروسات في البكتيريا

الأمراض التي تسببها الفيروسات للنبات :

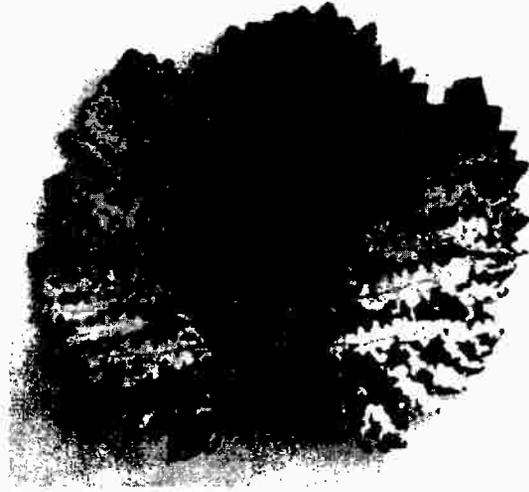
يمكن أن تسبب الفيروسات أمراضاً عديدة للنباتات تكون مسؤولة عن إحداث فقد كبير في إنتاج وجودة المحاصيل مسببة بذلك انعدام الأمن الغذائي في كل أنحاء

العالم . تتمثل أعراض إصابة النباتات بالفيروس في الغالب في اصفرار الأوراق وتشوهها والتفافها وفي صفات نمو أخرى غير عادية في الأزهار والثمار المتكونة (الأشكال أرقام ٢٦ ، ٢٧ ، ٢٨ ، ٢٩) .



شكل رقم ٢٦ . أعراض تبرقش الأوراق باللون الأصفر في الخس والمتسبب عن

Lettuce mosaic virus



شكل رقم ٢٧ . أعراض اصفرار عروق الأوراق المتسبب عن Grapevine fanleaf virus



شكل ٢٨ . تشوه قشور الشجر في الموالح المتسبب عن Citrus psorosis virus



شكل ٢٩ . يوضح تشوه ثمار الباذنجان المتسبب عن فيروس Tomato bushy stunt virus مع ملاحظة أن الثمرة العادية هي الموجودة بيسار الشكل

وتعتبر طبقة الكوتيكول الشمعية هي التي تحمي النبات من دخول وغزو معظم الكائنات الدقيقة (بكتيريا ، فطر ، فيروس)؛ ولذا تعتبر الأمراض الفيروسية من الأمراض الشائعة التي تسبب فقد في إنتاج النباتات ، وتحتوى الفيروسات على مادة وراثية بسيطة جدا very simple genomes وتعتمد الفيروسات على عوائلها فى معظم عملياتها الحيوية ، ويحتوى عدد بسيط من الفيروسات النباتية على DNA genome ، بينما يحتوى عدد كبير منها على single-stranded RNA genome وهي تحتوى على خيط واحد أو على عدد من جزيئات RNA . ولمعظم الفيروسات غلاف بروتيني يتكون من واحد أو أكثر من polypeptide molecules من نوع واحد أو أكثر والذي يحمى جينوم الفيروس من التحلل . والأمراض الفيروسية ليست لها ميكانيكية خاصة فى دخول خلية العائل ، فالجدار الخلوى للخلية النباتية وطبقة الكيوتيكول تعتبر من العوامل التي تحمي النباتات من الإصابة بالفيروسات ، وتعتمد الفيروسات النباتية على العصير الخلوى الذى ينتقل بفعل الفقاريات مثل الحشرات والنيماتودا ، كما يمكن أن تنتقل بواسطة الفطريات ، وفى بعض الحالات يعتبر animal transmitter كعائل وسطى وبذلك يمكن لبعض الفيروسات النباتية أن تتضاعف داخل النسيج الحيوانى ، كما يمكن أن تتواجد بتركيزات مرتفعة داخل النسيج النباتى دون أن تسبب أى أعراض ظاهرة على العائل ، وبذلك تسمى فى

تلك الحالة latent infection . بينما العديد من الفيروسات تسبب أمراضاً قاسية للنباتات حتى وإن وجدت بتركيزات منخفضة ، والأمثلة على ذلك ما يلي (شكل رقم ٣٠ ، ٣١ ، ٣٢) :

Examples include :

1- Prunus necrotic ringspot virus (on roses),

ويتضح ذلك من الشكل التالي (شكل رقم ٣٠) الذي يوضح تنقع الأوراق الفيروسي في الورد :

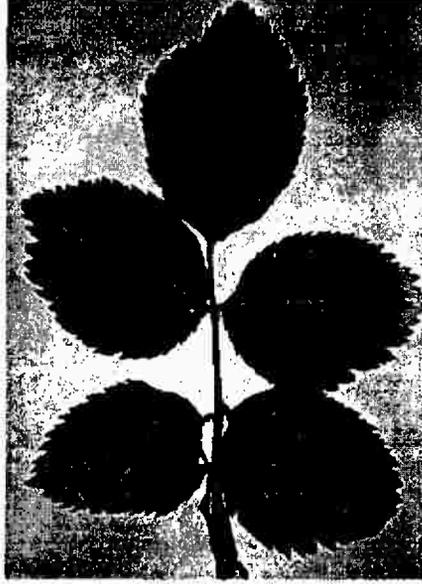
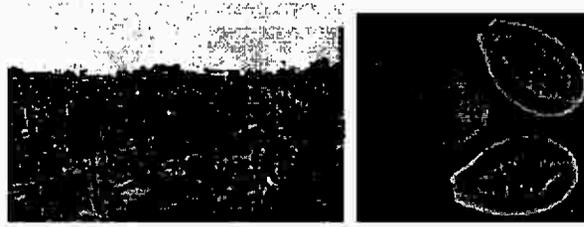


Figure 30 . Prunus necrotic ringspot virus on rose

- 2- beet necrotic yellow vein virus (also known as "rhizomania" on sugar beet)
- 3- cucumber mosaic virus (on cucumber and many other plants)
- 4- tomato aspermy virus (deformed fruit) and plum pox virus.



شكل رقم ٣١ : يوضح أعراض إصابة نبات Papaya بفيروس تبقع الأوراق

papaya ringspot

(PRSV) potyvirus في تايلاند وهو من أكثر الأمراض الفيروسية التي تصيب البابايا على مستوى العالم .



شكل رقم ٣٢ : يوضح نباتات البابايا المعدلة وراثيا والتي لقحت بالفيروس كانت مقاومة للفيروس (يسار الشكل) ، أما نباتات البابايا غير المعدلة وراثيا حدث لها إصابة عندما لقحت بالفيروس (يمين الشكل)

كيف تنتقل الفيروسات ؟

بعض الفيروسات الهامة التي تصيب الإنسان والحيوان يمكن أن تنتشر عن طريق الضباب . معظم الفيروسات النباتية يمكن أن تنتقل بواسطة كائن ناقل لها كان يتغذى على النبات . عدد محدود من الفيروسات النباتية تنتقل من خلال حبوب اللقاح إلى البذور .

الكائنات الناقلة الرئيسية للفيروسات النباتية هي :

الحشرات : وهي تمثل الناقل الرئيسي للفيروسات ، وتشمل على الأخص كل من :

١- المن Aphids : الشكل التالي (شكل ٣٣) يوضح من الخوخ الأخضر .



شكل رقم ٣٣ . حشرة من الخوخ الأخضر

٢- الذبابة البيضاء Whiteflies (شكل ٣٤)



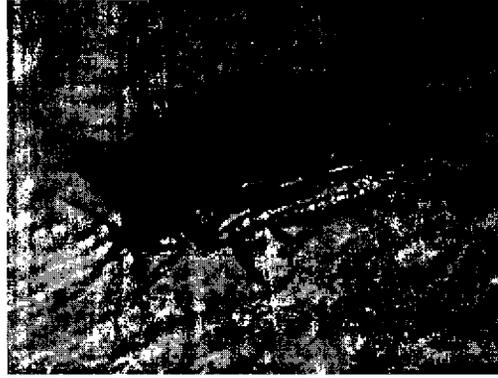
شكل رقم ٣٤ . يوضح الذبابة البيضاء

٣- النطاطات Hoppers (شكل ٣٥)



شكل رقم ٣٥ : يوضح حشرة النطاط

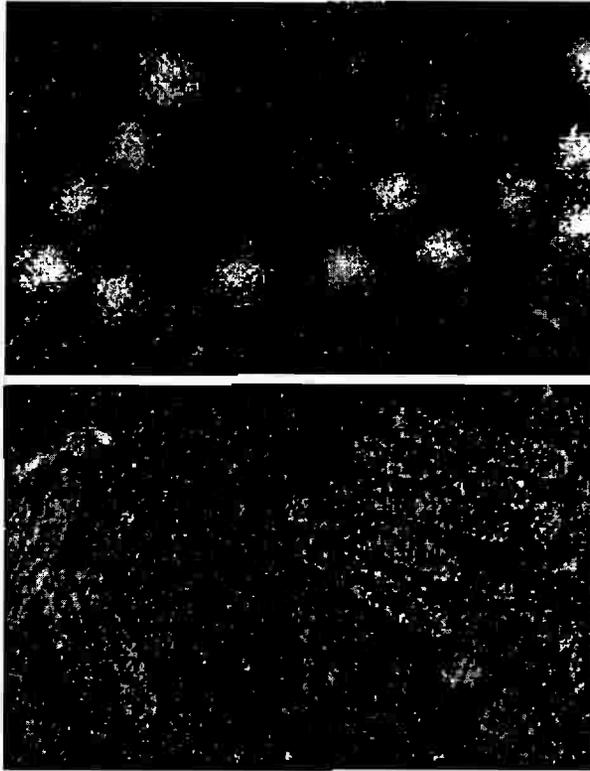
٤ - التريبس Thrips (شكل ٣٦)



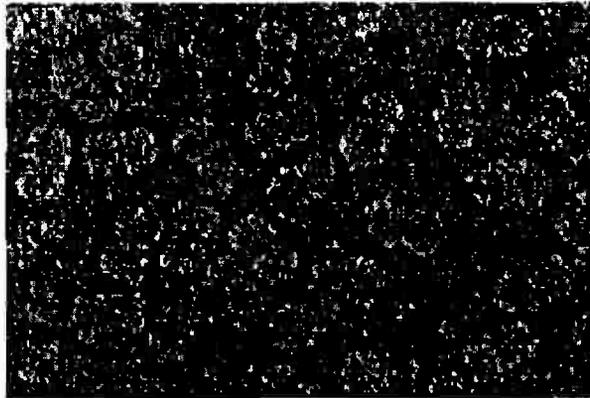
شكل رقم ٣٦ : يوضح حشرة التريبس

وصف الفيروسات النباتية :

الفيروسات هي جزيئات معدية صغيرة جدا تتكون من غلاف بروتيني وحامض نووي ، وتحمل الفيروسات شفرات معلوماتها الوراثية في حامضها النووي ، عملية ترجمة الجينوم لإنتاج البروتينات أو نسخه وتضاعفه لإنتاج أكثر من حامض نووي تحدثان داخل خلية العائل المضيف وتستهلك بعضا من الميكانيكيات البيوكيميائية لخلية العائل المضيف ، والفيروسات لا تأسر أو تخزن الطاقة الحرة وليست نشيطة من الناحية العملية خارج خلية العائل ، وهي لذلك تعتبر طفيليات ممرضة عادة ، أكثر الفيروسات تكون محددة بنوع معين من العائل فبعضها يصيب البكتيريا وتعرف بالـ bacteriophages ، بينما الأخرى تصيب الطحالب والبروتوزوا والفطريات (mycoviruses) والفقاريات واللافقاريات والنباتات الوعائية vascular plants . والأشكال التالية (شكل رقم ٣٧ ، ٣٨) هي أشكال مختلفة توضح شكل الفيروسات تحت المجهر الإلكتروني ، على أساس أن شكل الفيروس إما أن يكون دائري أو عصوي الشكل .



شكل ٣٧ . يوضح الشكل الدائري (أعلى الشكل) والشكل العصوي للفيروس تحت المجهر الإلكتروني



شكل رقم ٣٨ . يوضح الشكل شبه الدائري للفيروس تحت المجهر الإلكتروني

وعلى أية حال فإن بعض الفيروسات تنتقل بين الفقاريات أو العوائل النباتية بواسطة الناقلات الحشرية التي تتغذى على هذه العوائل ، وسوف نذكر هنا بعضاً من المعلومات الوراثية والتقسيمية عن فيروسات الفطريات والبروتوزوا والفقاريات واللافقاريات حيث إن هذه تتعلق بفيروسات النباتات . سنعطي معلومات أيضاً عن viroids والتي تحتوى على جزيئات RNA معدية (infectious RNA molecules) ، وال viroids جينوماتها صغيرة جداً عن الفيروسات (فهي تصل إلى حوالي ٤٠٠ نيوكليوتيداً لخيوط مفرد دائري من up to 400 nucleotides of circular RNA single-stranded RNA ولا تشفر لأى بروتين .

لماذا تكون الفيروسات مهمة ؟

تسبب الفيروسات العديد من الأمراض ذات الاهتمامات العالمية ، فمن الفيروسات التي تصيب الإنسان : smallpox, polio, influenza, hepatitis, human immunodeficiency virus (HIV-AIDS) ، وبينما تكون المضادات الحيوية فعالة جداً ضد الأمراض التي تسببها البكتيريا إلا أنها ليست فعالة ضد الفيروسات ، فمعظم قياسات السيطرة على الفيروسات تعتمد على الفاكسينات (الأجسام المضادة التي يتم تكوينها ضد بعض مكونات الفيروس) أو لإغاثة الأعراض لتشجيع نظام الدفاع الخاص للجسم . تسبب الفيروسات أيضاً العديد من أمراض النبات المهمة والمسئولة عن الخسائر الضخمة في الإنتاج ونوعية المحصول في كل أجزاء العالم والنباتات المصابة ربما تظهر مدى من الأعراض يعتمد على المرض ولكن في الغالب يوجد اصفرار في الأوراق leaf yellowing كنمط من الأشرطة أو اللطخات، وتشوه الأوراق مثل تجعد الورقة ، أو تشوهات أخرى في النمو مثل الإعاقة الكاملة للنبات وحالات الشذوذ في تشكل الأوراق والثمار . أحيانا إصابة الفيروس تكون محددة بأجزاء معينة من النبات (مثل النظام الوعائي ، البقع المنفصلة على الورقة) ولكن في الأجزاء الأخرى من النبات فإنها تنتشر خلال النبات مسببة عدوى شاملة systemic infection . العدوى لا تؤدي دائماً إلى أعراض مرئية كما هو مشاهد بواسطة فيروس القرنفلة المستتر Carnation latent virus وفيروس الزنبق الذي ليس له أعراض Lily symptomless virus وكلاهما يتبعان جنس Carlavirus . من حين لآخر تتسبب العدوى الفيروسية في أعراض القيمة التزيينية ornamental value مثل كسر الزنبق 'breaking' of tulips أو variegation of Abutilon . من غير الممكن أن تكون فيروسات النباتات تحت

السيطرة المباشرة بالمعاملة أو التطبيق الكيميائي . الوسائل الرئيسية للسيطرة تعتمد على المرض وتتضمن ما يلي :

١- السيطرة البيولوجية أو الكيميائية على الناقل : الناقل هو الكائن الذي يقوم بنقل المسبب المرضي وهو عادة الحشرات ، وهذه المقاومة تكون فعالة جدا عندما يحتاج الناقل الحشري إلى التغذية لبعض الوقت على المحصول قبل انتقال الفيروس ولكنها تكون أقل قيمة عندما يحدث الانتقال بسرعة كبيرة .

٢- زراعة أصناف مقاومة من المحاصيل : في بعض المحاصيل وبالنسبة لبعض الفيروسات توجد مصادر ذات كفاءة عالية جدا للمقاومة بالنسبة لمربي النبات والتي يمكن استخدامها لعدة سنوات ، لقد أظهرت المقاومة المعدلة وراثيا Transgenic resistance وعد كبير للعديد من توافيق الفيروسات النباتية plant-virus combinations من خلال اكتشاف أن حقن جزء من جينوم الفيروس داخل العائلة النباتي قد يؤدي إلى درجة كبيرة من المقاومة ، فعلى سبيل المثال استخدمت هذه النظرة في هاواي Hawaii للسيطرة على فيروس Papaya ringspot virus والتي صدفت صناعة تخزين البابايا المحلية ، وظهرت هذه التقنية بصفة خاصة في أوربا .

٢- زراعة الأجزاء النباتية الخالية من الإصابة الفيروسية : في المحاصيل التي تتكاثر خضريا مثل البطاطس والعديد من محاصيل الفاكهة ، وعندما تكون الفيروسات تنتقل خلال البذرة فإن ذلك يحتاج إلى جهودات كبيرة في التربية لمقاومة الأمراض الفيروسية وشهادات ضمان certification schemes للتأكد من أن العينة النباتية خالية من الفيروس .

وبذلك يمكن القول أن الطرق الرئيسية لمكافحة الأمراض الفيروسية في النبات تعتمد على كل من : السيطرة البيولوجية والكيميائية للناقل وهو الكائن الذي يقوم بنقل الفيروس وغالبا ما يكون الحشرات ، زراعة الأصناف المقاومة من النباتات ، زراعة مواد نباتية خالية من الفيروس .

كيف تقسم الفيروسات : إن أعلى مستوى لتقسيم الفيروسات يعترف بست مجموعات رئيسية تعتمد على طبيعة المادة الوراثية :

١- الحلزون المزدوج للمادة الوراثية (Double-stranded DNA (dsDNA)، لا توجد أي فيروسات نباتية في هذه المجموعة ، وهذه المجموعة من الفيروسات تتضاعف بدون RNA وسطي RNA intermediate ، وهذه الفيروسات تتضمن مادة وراثية كبيرة معروفة تصل إلى حوالي ٤٠٠٠٠٠٠ زوج من القواعد النيتروجينية ، ويوجد بها مكون وراثي واحد فقط والذي ربما يكون خطياً أو دائرياً ، والفيروسات المعروفة في هذه المجموعة تشمل فيروس داء الزهري . herpes and pox viruses

٢- الفيروسات المحتوية على خيط مفرد من DNA Single-stranded DNA (ssDNA) : توجد عائلتان من الفيروسات النباتية في هذه المجموعة ، وكل من هاتين العائلتين يوجد بها مكونات وراثية دائرية صغيرة small circular genome components تتكون في الغالب من قطعتين أو أكثر .

٣- فيروسات النسخ العكسي Reverse-transcribing viruses : هذه الفيروسات تكون مادتها الوراثية عبارة عن حلزون مزدوج من الـDNA أو خيط مفرد من RNA (these have dsDNA or ssRNA genomes) ، عملية تضاعف هذه الفيروسات تتضمن تخليق الـDNA من الـRNA بواسطة إنزيم النسخ العكسي by the enzyme reverse transcriptase ، العديد من هذه الفيروسات يحدث لها اندماج في جينومات العائل many integrate into their host genomes . هذه المجموعة تتضمن فيروسات retroviruses والتي منها فيروس نقص المناعة الذاتية المسبب لمرض الإيدز في الإنسان Human immunodeficiency virus (HIV), the cause of AIDS ، وتوجد عائلة واحدة من الفيروسات النباتية تقع في هذه المجموعة ويمكن تصنيفها على أساس أنها تحتوي على مكون فردي من المادة الوراثية على شكل حلقي single component of circular dsDNA ، عملية تضاعف هذه الفيروسات يتخللها RNA intermediate .

٤- الفيروسات التي تحتوي على حلزون مزدوج من المادة الوراثية RNA (Double-stranded RNA (dsRNA)) ، فبعض الفيروسات النباتية والعديد من الفيروسات التي تصيب الفطريات mycoviruses تقع في هذه المجموعة .

٥- الفيروسات المحتوية على خيط مفرد سلبي من RNA (Negative sense single-stranded RNA (ssRNA)) : في هذه المجموعة بعض أو كل الجينات

يتم ترجمتها إلى بروتين من خيط RNA المكمل لذلك الموجود في الجينوم ،
توجد بعض الفيروسات النباتية في هذه المجموعة ، وهي أيضا تتضمن
فيروسات الإنفلونزا والحصبة وداء الكلب .

٦- الفيروسات المحتوية على خيط مفرد موجب من RNA [Positive sense
single-stranded RNA (ssRNA+)] : تقع أغلب الفيروسات النباتية في هذه
المجموعة وتتضمن أغلب الفيروسات التي تسبب الأمراض التنفسية بما في ذلك
الفيروس المسبب لمرض الزكام العادي common cold وتشمل أيضا الفيروس
المسبب لمرض شلل الأطفال ومرض الحمى القلاعية .

داخل كل من هذه المجموعات توجد العديد من الاختلافات التي تستخدم لتصنيف
الفيروسات إلى عائلات وأجناس وأنواع families, genera and species ، وتستخدم
أيضا دمج الخصائص وبعض الصفات الهامة التالية :

- شكل الجزيئات Particle morphology وحجمها التي تظهر تحت الميكروسكوب.
- الخصائص الوراثية وهذه تتضمن عدد من مكونات المادة الوراثية وإستراتيجية
الترجمة للمادة الوراثية ، فعندما يتم تحديد تتابع الجينوم فإن علاقة الجينومات
المختلفة تعد عاملا هاما في الغالب في التمييز بين الأنواع .
- الخصائص البيولوجية Biological properties وهذه تتضمن نوع العائل
وطبيعة النقل .
- الامتلاك السيرولوجي Serological properties وهذا يتضمن العلاقة بين
بروتينات الفيروسات .

خصائص جينوم الفيروس :

- ١- طبيعة جينوم الفيروس أنه دائري (كما هو معروف في كل الفيروسات النباتية
المحتوية على DNA) أو خطي .
- ٢- عدد مكونات الجينوم هذه تختلف من مكون فردي كما في أجناس Potyvirus
and Tobamovirus إلى ١١ (كما في بعض أفراد الجنس Nanovirus) ،
المكونات الفردية تختلف .

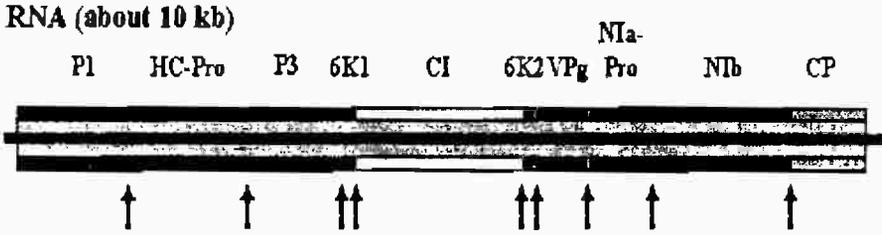
في حجمها من حوالي واحد كيلو قاعدة (Nanovirus components) إلى حوالي ٢٠ كيلو قاعدة (كما في الجنس Closterovirus).

٣- عدد الجينات : هذه تختلف بدرجة كبيرة ، فمعظم الفيروسات النباتية تحتوي على ٣ جينات على الأقل : واحد أو أكثر يتعلق بتضاعف الحامض النووي ، واحد أو أكثر يتعلق بحركة الفيروس من خلية لخلية ، واحد أو أكثر يتعلق بتشفير البروتين التركيبي والذي يتم تجميعه في الجزيء الفيروسي ليكون ما يسمى بالغلاف أو القشرة البروتينية "usually called the "coat" or "capsid" protein ، وربما توجد أيضا جينات إضافية لها وظيفة تنظيمية والتي ربما تلزم للانتقال بين النباتات بمصاحبة الناقل للفيروس .

٤- إستراتيجية الترجمة : أنواع أو تشكيلة من الإستراتيجيات تستخدم في ترجمة الجينات من مكونات الجينوم الفيروسي إما مباشرة أو من خلال mRNA ، وذلك في بعض الحالات للسماح بكميات مختلفة من البروتين أن تنتج من مختلف الجينات ، وهنا سنذكر ثلاثة أمثلة لتوضيح هذه الاختلافات :

أ - جنس Potyvirus :

وهو أكبر الأجناس الفيروسية ومحتواه من المادة الوراثية عبارة عن خيط واحد مفرد من RNA (one ssRNA component) والذي يشفر إلى سلسلة واحدة عديدة البروتين وزنها الجزيء ٣٥٠ كيلو دالتون ، هذا الـ polyprotein يتم انشطاره بفعل ٣ إنزيمات مختلفة من البروتيز 3 different proteases (كلها يتم تشفيرها بواسطة الفيروس نفسه) إلى ١٠ بروتينات مختلفة ناضجة . اثنان من البروتينات في النهاية C-terminus للسلسلة عديدة البروتين على الترتيب لها علاقة بارتباط إنزيم RNA polymerase بالـ RNA (وهذه تدخل في عملية تضاعف الفيروس) وفي تكوين الغلاف البروتيني الفردي . العديد من البروتينات لها وظائف متعددة ، الشكل التالي (شكل رقم ٣٩) يوضح أجزاء الجينوم الفيروسي متضمنا ١٠ بروتينات ناضجة و ٩ مواقع انشطارية لأسفل .



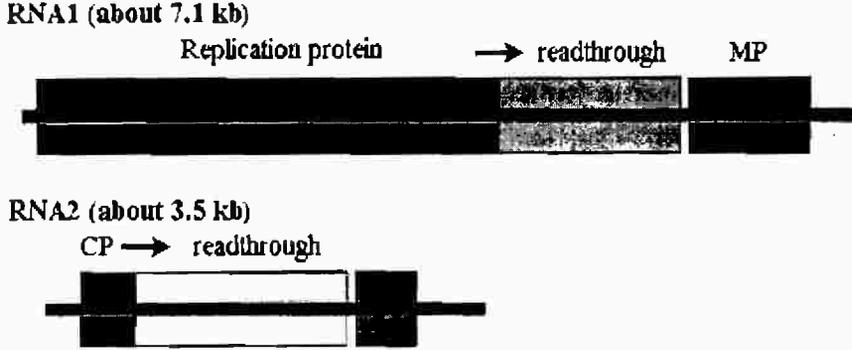
شكل رقم ٣٩ . يوضح أجزاء الجينوم الفيروسي متضمنا
١٠ بروتينات ناضجة و٩ مواقع انشطارية لأسفل

ب - جنس Furovirus :

في هذا الجنس تتكون المادة الوراثية من خيطين فرديين من RNA (two ssRNA components) ، النهاية 5'-proximal gene في كل RNA يتم ترجمتها مباشرة من genomic RNA : من على RNA1 وهو أكبر مكون من RNA وهذا الجين يشفر إلى بروتين التضاعف replication protein والجين الموجود على RNA2 يشفر إلى الغلاف البروتيني . كودونات التوقف stop codons لكل من هذه الجينات تكون ناضجة "leaky" ، وفي نسبة صغيرة من الحالات تستمر عملية الترجمة لإنتاج بروتين أكبر .

يمتد بروتين التضاعف على RNA1 ليشمل إنزيم RNA polymerase الذي يعمل على تضاعف RNA ، بينما منطقة readthrough region للغلاف البروتيني ربما تلزم في التجميع الجزيئي وفي الانتقال بواسطة الناقل plasmodiophorid . يوجد جين آخر في النهاية 3'-proximal على كل خيط من خيوط الـ RNA الفردي ، وهذه تتم ترجمتها من عند النهاية 3 للجينوم عن طريق "subgenomic" mRNAs . ذلك الموجود على RNA1 هو بروتين يتعلق بالحركة من خلية لخلية مما يمكن الفيروس من الحركة بين الخلايا النباتية الملتصقة معا من خلال plasmodesmata ، بينما وظيفة الناتج من RNA2 ربما يتدخل في توقف دفاع العائل النباتي عن نفسه . الشكل التالي (شكل رقم ٤٠) يوضح أجزاء الجينوم في هذه المجموعة من الفيروسات :

The genome organisation of a typical member is shown here



شكل رقم ٤٠ . يوضح أجزاء الجينوم في جنس الفيروسات Furovirus والذي فيه تتكون المادة الوراثية من خيطين فرديين من RNA (two ssRNA components)

ج - جنس Fijivirus :

في هذا الجنس يوجد ١٠ مكونات من خيوط RNA المزدوجة (10 components of dsRNA) ، معظم هذه المكونات تشفر إلى بروتين فردي وثلاثة منها تشفر إلى بروتينات تركيبية ، تتجمع لتكون الفيروس المعقد .

العلاقة الجينومية Genome relatedness : درجة تماثل النيوكليوتيدات (أو تماثل الأحماض الأمينية في سلسلة البروتين) بين التتابعات تستخدم غالباً لاختبار العلاقة الفيروسية المختلفة ، على سبيل المثال ، أوضحت دراسة حديثة أن الجنس Carlavirus أظهر عند مقارنة الأنواع المختلفة أن تماثل النيوكليوتيدات أقل من ٧٣% (أو ٨٠% تماثل في الأحماض الأمينية في غلافه البروتيني) .

الخصائص السيرولوجية Serological properties : العديد من الفيروسات تعتبر أنتيجينات جيدة أو بمعنى آخر مستضدات جيدة Many viruses are good antigens (تعمل على إنتاج قوى للأجسام المضادة يمكن التعرف عليها عند تنقية التحضيرات المحقونة في الثدييات) ، وهذه الخاصية استغلّت على نحو واسع لإنتاج أجسام مضادة معينة يمكن أن تستعمل في الكشف عن الفيروس وفحص العلاقات بين الفيروسات . استعملت الدراسات المبكرة أطباق انتشار الأجار في

الكشف عن الفيروس ، ولكن في العشرين سنة الأخيرة توقفت هذه الاختبارات بشكل كبير بواسطة طريقة (ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay ، بالرغم من أن الخصائص السيرولوجية لازالت مهمة ، إلا أن أهميتها في التصنيف قد انحدرت إلى بعض المدى (قليلا) وذلك بسبب توفر البيانات الخاصة بتتابع النيوكليوتيدات nucleotide sequence data are available .

الخلاصة :

هي أن حالات التحول والاستقطاع في البكتيريا تقدم أحسن دليل على أن الحامض النووي DNA هو الحامل للمادة الوراثية في الخلية ، ففي حالة Transduction تنتقل المادة الوراثية من خلية بكتيرية إلى أخرى بواسطة Phage vector ، بينما في حالة Conjugation فإن عامل الجنس F factor يعمل على تنبيه الاتصال المباشر بين الخلايا المعطية والمستقبلة مؤدياً إلى تكوين أنبوبة التزاوج بين الخلايا المقترنة معاً حيث تنتقل خلالها المادة الوراثية من الخلية البكتيرية المعطية إلى الخلية المستقبلة .

الأسئلة :

- ١- اذكر ما تعرفه عن طبيعة المادة الوراثية في كل من البكتيريا والفيروس ؟
- ٢- علل لماذا تكون أغلب البلازميدات غير ضرورية لعوائلها ؟
- ٣- أذكر الأساس الوراثي لنشأة التورمات في مناطق إصابة النبات بالأجروباكتيريوم؟
- ٤- وضح كيف يتضاعف الكروموسوم البكتيري ؟
- ٥- بالرغم من أن البلازميدات والإيبوسومات عناصر وراثية تقع خارج الكروموسوم البكتيري إلا أنها كلمات غير مترادفة ، علل ذلك ؟
- ٦- اذكر تجربة تثبت بها حدوث التزاوج الجنسي في البكتيريا ؟
- ٧- اذكر ما تعرفه عن الحالات التي يتواجد فيها عامل الجنس في البكتيريا ؟

- ٨- وضح مراحل دورة حياة الفيروس وكيف يقوم الفيروس باستقطاع جزء من المادة الوراثية من خلية بكتيرية ونقلها لخلية بكتيرية أخرى ؟
- ٩- أذكر الأعراض المرضية التي تسببها الفيروسات للنباتات ووسائل نقل الأمراض الفيروسية من نبات لآخر ؟
- ١٠- أذكر الطرق الرئيسية للسيطرة على الأمراض الفيروسية في النبات ؟
- ١١- وضح كيف تقسم الفيروسات إلى مجاميع مختلفة على أسس وراثية ؟
- ١٢- أذكر خصائص جينوم الفيروس ؟
- ١٣- علل سبب انحدار الخصائص السيروولوجية في تصنيف الفيروسات ؟
- ١٤- اشرح إستراتيجية ترجمة الجينات للجينوم الفيروسي ؟

أجب بنعم أو لا مع التعليل :

- ١- البلازميدات هي وحدات من المادة الوراثية ليست لها القدرة على الالتحام بالكروموسوم الرئيسي للخلية وليست لها القدرة على التضاعف ؟
- ٢- البلازميد Ti قادر على تحويل خلايا النباتات نوات الفلقتين إلى خلايا ورمية مسببا مرض التدرن التاجي ؟
- ٣- تشفر الجينات الآتية من البلازميد والمندمجة في الخلايا النباتية إلى الإنزيمات التي تشجع على النمو المستمر وغير المنضبط للورم الذي بدأ من التدرن الناجم عن الإصابة البكتيرية ؟
- ٤- معظم البلازميدات تعد غير ضرورية للخلايا التي تحملها ؟
- ٥- الإيبوسومات هي عناصر وراثية يمكن أن تتضاعف كجزء يدخل في الكروموسوم الرئيسي للخلية أو مستقلة عنه مثل جينوم ال E. Coli ؟
- ٦- سلالات Hfr هي سلالات التحم فيها عامل الجنس F بالكروموسوم البكتيري ؟

- ٧- Recombinant F factors هي عبارة عن عامل الجنس F الذي يحمل جينات كروموسومية بسبب حدوث قطع شاذ عن كروموسوم السلالة Hfr ؟
- ٨- يحدث Generalized transduction بواسطة العديد من الفاجات في الحالة المعتدلة وبواسطة بعض الفاجات في الحالة العدائية ؟
- ٩- عندما تكون الفاجات في الحالة المعتدلة تتوقف Lytic genes الموجودة في الفيروس عن العمل ؟

اختر الإجابة الصحيحة فقط من بين الإجابات المتعددة التالية :

- ١- من مميزات الكائنات غير مميزة النواة أنها :
- أ- غير محاطة بغشاء نووي .
- ب- محاطة بغشاء نووي .
- ج- تفتقد بعض التراكيب الموجودة في خلايا الكائنات مميزة النواة كالميتوكوندريا والريبوسومات .
- د- العدد الأكبر من جيناتها ينتظم في خريطة كروموسومية عبارة عن مجموعة ارتباطية واحدة مقفولة الطرفين دائرية الشكل .
- هـ- جميع الإجابات السابقة خطأ عدا أ ، د .
- ٢- أول من قام بعمل أول خريطة وراثية مبسطة لكروموسوم E. coli هو :
- أ- Lederberg في عام ١٩٤٧ .
- ب- Tatum and Lederberg في عام ١٩٤٨ .
- ج- Anderson , Wollman and Jacob .
- د- Brenner عام ١٩٥٩ .

- ٣- فى Lysogenic pathway من دورة حياة الفاج يحدث الآتى :
- أ- يلتصق جزيء DNA الخاص بالفاج مع DNA الخلية البكتيرية ويعرف باسم Prophage .
- ب- فى النهاية ينفصل DNA الفاج عن DNA الخلية البكتيرية ويتحول إلى الحالة العدائية .
- ج- يقوم الفاج مباشرة بهدم جميع إنزيمات الخلية البكتيرية وتحليل الـ DNA الخاص بها ويستخدمه فى عمل نسخ عديدة منه .
- د- جميع الإجابات السابقة صحيحة .
- هـ- جميع الإجابات السابقة خطأ عدا (أ) ، (ب) .
- ٤- الـ Lysogenic cell المحتوية على Prophage تكون منيعة لأى إصابات ثانوية أخرى بنفس الفيروس أو الفيروسات الشبيهة بسبب :
- أ- أن جينات التحلل فى الفيروس المعدى تتوقف عن العمل كنتك المتوقفة عن العمل فى الـ Prophage .
- ب- تحول الفاجات من الحالة المعتدلة إلى الحالة العدائية .
- ج- حدوث قطع فى DNA الفاج فى موقع يختلف عن موقع الالتحام الأصلي .
- ٥- من الوسائل الرئيسية للسيطرة على الأمراض الفيروسية :
- أ- السيطرة البيولوجية أو الكيميائية على الناقل مثل الإنسان .
- ب- زراعة أصناف مقاومة من المحاصيل وزراعة الأجزاء النباتية الخالية من الإصابات الفيروسية .
- ٦- أعلى مستوى لتقسيم الفيروسات يعتمد على :
- أ- طبيعة المادة الوراثية وهذا التقسيم يعترف بست مجموعات رئيسية .
- ب- شكل الجزيئات وحجمها تحت الميكروسكوب .