

الباب التاسع

نشوء سلالات الطفيليات الممرضة للنبات

يعتبر نشوء السلالات الجديدة في الطفيليات ذات أهمية كبيرة في أمراض النبات. يمكن أن تتكون سلالات جديدة من الطفيل تكون أكثر قدرة على إصابة النبات وبالتالي يمكن أن تصيب النباتات المقاومة. وهكذا يصبح النبات المقاوم قابل للإصابة ويفقد أهميته.

يعرف الطرز biotype بأنه مجموعة من الوحدات متماثلة وراثياً في تركيبها ومثال ذلك النسل الناتج من جرثومة يوريديه في فطريات الأصداء أو من جرثومه أو من خليه بكتيرييه واحدة.

تعتبر السلالة race أو strain عبارة عن طرز أو مجموعة من الطرز متشابهه وراثياً إلى حد كبير.

تعرف السلالة الفسيولوجيه physiologic race بأنها عبارة عن طرز أو مجموعة من الطرز متشابهة وراثياً ولا يمكن تمييز سلاله فسيولوجيه عن أخرى عن طريق الشكل الظاهري ولكن الطريقه الوحيده لتعريف السلالة عن طريق إصابة أصناف من النبات العائل دون أصناف أخرى. ولذلك يكون تعريف السلالات وتمييزها عن بعضها نتيجة لإختلافها في إصابة أصناف من العائل. تسمى أصناف النبات العائل التي تستخدم في تعريف السلالات الفسيولوجيه بالأصناف المفرقه differential varieties . يوجد لذلك أمثلة كثيرة كما في السلالات الفسيولوجيه لفطريات الأصداء والتفحم والبياض الدقيقي والذبول.

تعرف الفورمة الخاصة forma specialis بأنها سلالة أو مجموعة من السلالات تشترك في صفة خاصة وهي إصابتها لعائل دون عوائل أخرى وتكون هي الطريقة الوحيدة لتعريف الفورمة الخاصة. يوجد أمثلة في بعض الفطريات مثل فطر *Puccinia graminis* المسبب لصدأ النجيليات وفطر *Fusarium oxysporum* المسبب لمرض الذبول. في حالة الفورمة التي تصيب القمح تسمى *Puccinia graminis f. sp. tritici* ولاتصيب الزمير أو بوا. وفي حالة الفورمة التي تصيب الزمير ولاتصيب القمح أو بوا *P. g. f. sp. avenae*. وفي حالة الفورمة التي تصيب بوا ولاتصيب القمح أو الزمير *P. g. f. sp. poae*.

يوجد في داخل كل فورمة خاصة عادة سلالات فسيولوجية كما في أصداء القمح والبياض الدقيقى فى القمح والشعير. يوجد لجميع السلالات الفسيولوجية للطفيليات النباتية جداول خاصة معترف بها عالمياً وتتداول في جميع أنحاء العالم للتعرف على هذه السلالات. يحتوى الجدول على الأصناف المفرقة من النبات العائل ورقم السلالة الفسيولوجية ونوع التفاعل بين السلالة والصنف المفرق من حيث المقاومة أو القابلية للإصابة. وفيما يلي الجدول الخاص بفورمة خاصة للفطر *Puccinia recondita f. sp. tritici* المسبب لمرض الصدأ البرتقالى أى صدأ الورقة فى القمح. يشمل الجدول ثمانية أصناف مفرقة وخمسة عشر سلالة فسيولوجية للفطر (شكل ١٥٧) يرمز الحرف R إلى المقاومة resistance ويرمز الحرف S إلى القابلية للإصابة susceptibility. تسمى السلالة القادرة على الإصابة virulent والغير قادرة على الإصابة avirulent.

رقم السلالة	القمح	صنف	Majakoff	Carina	Brevit	Webster	Loros	Mediterranean	Hussar	Democrat
1			R	R	R	R	R	R	R	R
2			R	R	R	R	S	S	S	S
3			R	R	R	R	S	R	R	S
4			R	S	S	R	S	R	R	R
5			S	R	R	R	S	R	R	S
6			S	R	S	R	S	S	S	S
7			S	R	R	S	S	R	R	S
8			S	R	S	S	S	R	R	R
9			S	R	R	S	R	R	R	R
10			S	S	S	S	R	R	R	R
11			R	R	S	R	R	R	R	R
12			R	S	S	R	S	S	S	S
13			S	S	R	S	R	S	S	R
14			R	R	S	R	R	S	S	R
15			R	R	R	R	S	R	R	S

(شكل ٥٧ أ) : جزء من الجدول اللازم للتعرف على سلالات فطر صدأ القمح البرتغالي (صدأ الورقة).

وأيضاً جزء من الجدول الخاص بالتعرف على سلالات فطر صدأ الساق في القمح (شكل ٥٧ ب).

سلالة الفطر	صنف القمح من الأصناف المفترقة											
	Little Club	Marques	Reliance	Kota	Arnaulka	Mindum	Spetmar	Kubanka	Acme	Einkorn	Vernal	Khapli
1	4	4-	0	3+	1=	1	1=	3+	3++	3	0;	1=
2	4	2=	2=	2=	1	1	1=	1+	3++	3+	1-	0;
3	4	4	4=	3+	1=	1=	1-	1+	3++	3+	1=	0;
4	4+	2-	1	2=	4=	3+	3++	2	3++	3++	1=	1=
5	4	4	0;	3	4=	3++	3++	1++	3+	3	0;	0;
6	4	2	1=	0;	3+	2=	2=	1	3+	3	0;	0;
7	4	2=	3+	1=	1=	1++	1	1	3++	3-	1	1-
8	4	4	0;	4-	4=	3++	4=	0;	3	3	4	0;
9	4	4	0	3++	4	4=	4=	4=	3++	3+	4±	1-
10	4+	2-	3++	2	4	4	4	3++	4-	3+	1=	1=
11	4	4=	3++	3+	4=	4=	4=	3++	3++	3	1=	1=
12	4+	4	4=	3+	4=	1	1++	1++	3++	3++	1=	0;
13	4	4-	3+	3++	4=	3++	3++	2-	3++	3	1	1=
14	4+	2..	1	1++	3++	3++	3++	3++	3++	3	1=	0;
15	4	4	4=	3++	4=	4=	4=	3++	3++	3++	4±	1=
16	4	2=	0	1	3++	3+	3++	3+	4=	1=	1=	1
17	4	4	0;	3+	4=	4=	4=	3++	3++	3	1=	1=
18	4	4..	4=	3++	1	1=	1-	3++	3++	3+	1±	1±
19	4	2	0;	3	4=	4=	4=	3++	3++	3	0;	1±
20	4	4=	4=	4=	1++	1-	1++	3++	3++	3+	0;	1±
21	4	4	0	3++	4-	4-	4-	4=	3++	3+	1=	1-
22	4+	4+	4	3	1	4	4	4=	3++	1=	0;	1=
23	4	2	1	1=	1	1=	1-	0;	3+	3	1-	0;
24	4	4-	0;	2=	4=	4=	4=	3+	3++	3	0;	0;
25	4	4	3+	3	1-	3	1=	3+	3+	3+	1=	0;
26	4	4	0;	3	4-	3	1=	3	3++	3	1=	1
27	4=	2	0	0;	3	1=	3+	1=	4=	3	1-	1+
28	4	2	0;	3	4-	1	1-	4=	3++	1=	4±	1++
29	4	4	0	3	X++	X±	4=	3	3	3	1=	0;
30	4	4	0;	3++	X++	X±	X+	X	X+	3	1-	1-
							X+	X±	X++	3+	4=	1

(شكل ٥٧ ب): جدول يوضح استخدام الأصناف المفترقة من القمح للتعرف على سلالات فطر

صناً الساق الأسود في القمح.

0 أو: 0 = منيع 1 = عال أو شديد المقاومة

2 = متوسط المقاومة 3 = قابل للإصابة 4 = شديد القابلية للإصابة

+ أو - = الحالة وسطية بين الرقم والذي يبعقه.

- أو - = الحالة وسطية بين الرقم والذي يليه.

الطرق المختلفة لتغيير التركيب الوراثى للطفيليات

تحدث تغييرات فى التركيب الوراثى لكثير من الطفيليات. تختلف الطرق التى تحدث بها التغيير فى التركيب الوراثى باختلاف الطفيل. يحدث فى الفطريات تغيير فى التركيب الوراثى بطرق مختلفة عنه فى الفيروسات والبكتريا. يوجد أيضاً للبكتريا طرق خاصة بها. تعتبر الطفريات احدى الطرق التى توجد فى جميع الطفيليات الممرضة للنبات مثل الفطريات والبكتريا والفيروس والميكوبلازما والريكتسيا والنباتات الزهرية المتطفلة.

أولاً : الفطريات

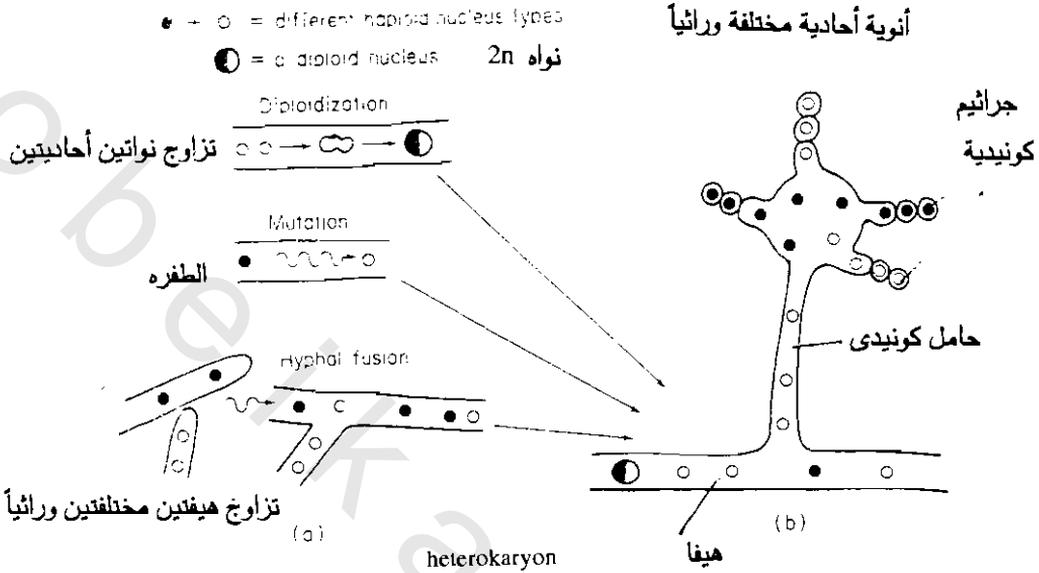
توجد طرق كثيرة يمكن أن تغير من التركيب الوراثى للفطريات وقد ينشأ عنها سلالات جديدة ومنها ما يأتى:

١- ظاهرة إختلاف الأنويه Heterokaryosis : هى عبارة عن وجود نواتين أو أكثر مختلفة وراثياً فى نفس الهيفا أو نفس الجرثومة. توجد نواه فى خلية ونواه أخرى مختلفة فى خلية أخرى فى نفس الهيفا أو توجد فى نفس الخلية أكثر من نواه.

تحدث هذه الظاهرة باحدى ثلاث طرق رئيسية وهى حدوث تزواج بين أنبوتين انبات جرثوميه مختلفتين وراثياً أو بين هيفتين مختلفتين وراثياً anastomosis . وفى الطريقة الثانية حدوث طفره فى نواه أو أكثر فى الهيفا. وفى الطريقة الثالثة حدوث تزواج بين أنوية أحاديه haploid لتتكون نواه ثنائيه diploid (شكل ٥٨). لاحظ المؤلف الطريقة الأولى فى فطر *Botrytis cinerea* المسبب لمرض التبقع البنى فى الفول ومرض العفن الرمادى فى كثير من الخضر والفاكهة والزهور.

وجد أن تزواج هيفى فى حالة الجراثيم الكونيدية للفطر المسبب لمرض الذبول فى البسلة *Fusarium oxysporum f. sp. pisi* ينتج عنها سلالات من الفطر شديدة القدرة على الإصابة وذلك بالمقارنة بالسلالات الأصلية. يحدث أيضاً تزواج بين أنابيب الانبات للجراثيم اليوريديه لفطر صدأ الساق فى القمح على سطح العائل وينتج عنه ميسليوم مختلف الأنويه heterokaryon أحياناً يكون شديد فى قدرته على الإصابة.

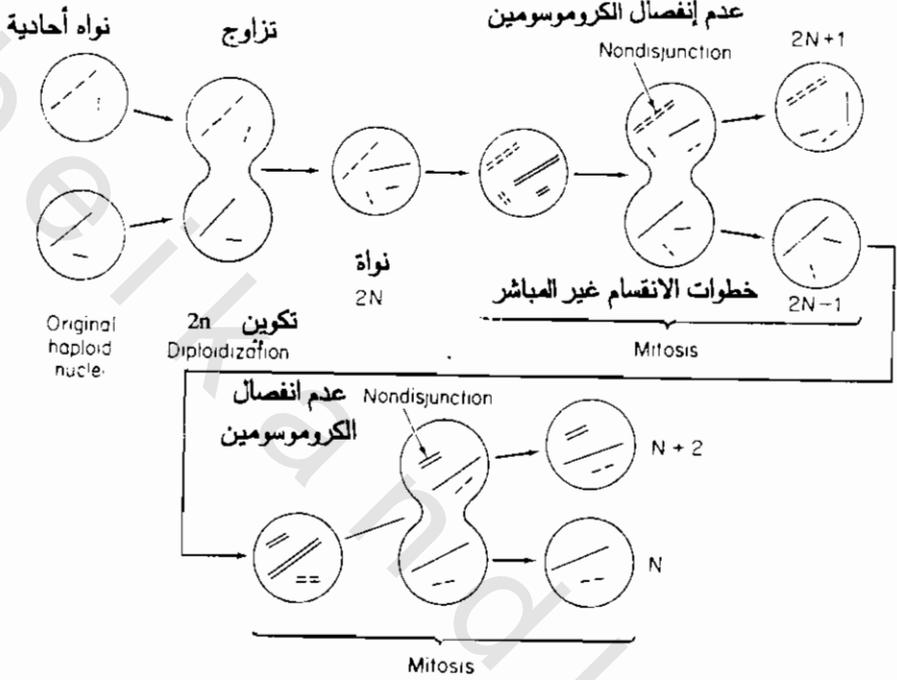
أنوية أحادية مختلفة وراثياً



(شكل ٥٨) : الحالات المختلفة لتكوين الميسليوم heterokaryon

٢- الوراثة السيتوبلازمية Heteroplasmons : يكون الاختلاف في هذه الحالة في السيتوبلازم وليس في النواه كما في الحالة السابقة. يكون الاختلاف في أحد مكونات أو محتويات الخلية السيتوبلازمية مثل الميتوكوندريا. يمكن أن تحمل الميتوكوندريا عوامل وراثية سيتوبلازمية plasmon character حيث أنها تحتوى على الحامض النووي DNA . تعتبر صفة التزاوج الجنسي في فطر *Aspergillus nidulans* المسبب لمرض تصريف الحبوب والبذور صفة وراثية سيتوبلازمية. تعتبر خميرة yeast الخباز من أحسن الأمثلة لذلك حيث توجد مستعمرات من الخميرة على البيئة تكون مساحتها صغيرة وتسمى المستعمرة الصغيرة petit colony . تتميز خلايا هذه المستعمرات بخلوها من بعض أنزيمات التنفس مثل سيتوكروم أوكسيديز. تعتبر وراثه هذه الصفة سيتوبلازمية . يكون حجم الخلية صغير أيضا .

٣. الدورة شبه الجنسيه Parasexual cycle : تحدث هذه الدورة في خطوات محددة متتابعة (شكل ٥٩) .



(شكل ٥٩) : خطوات الدورة شبه الجنسيه Parasexual cycle

أ- تكوين ميسليوم مختلف الأنويه heterokaryon نتيجة لتزاوج الهيفات أو أنابيب الأنبات .

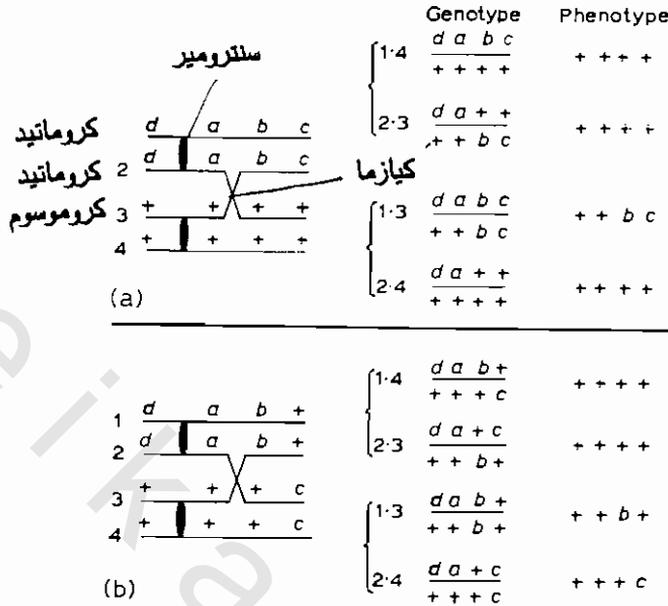
ب- تزاوج الأنويه داخل الميسليوم بين الأنويه المتماثلة أو المختلفة وراثياً . وينتج عن ذلك أنواع عديده من الأنويه .

ج- إنقسام جميع الأنويه داخل الهيفا وتزايد عددها .

د - حدوث العبور في الانقسام غير المباشر mitotic crossing-over ويحدث نتيجة لذلك تكوينات وراثية جديدة. تعتبر هذه الخطوط فريدة من نوعها وخاصة بالفطريات حيث أن العبور الوراثي يحدث في الانقسام الاختزالي في جميع الكائنات الحية ولا يحدث مطلقاً في الانقسام الغير مباشر إلا في الفطريات التي تحدث فيها هذه الدورة. يعتبر حدوث العبور الوراثي نادر نسبياً في هذه الخطوط بالمقارنة بالعبور في الانقسام الاختزالي. ولمقارنة احتمال العبور الوراثي لصفة ما في الانقسام الاختزالي والانقسام غير المباشر وجد أن حدوث عبورها يكون أكثر بحوالي مائة مرة في الانقسام الاختزالي عنه في الانقسام غير المباشر. وجد أيضاً في الانقسام غير المباشر أنه تتكون كيازما chiasma واحدة فقط عادة وهي الأثر السيتولوجي لحدوث العبور الوراثي وذلك بالمقارنة في الانقسام الاختزالي حيث يتكون على الكروموسوم عادة أكثر من كيازما. نتيجة لذلك يحدث تكون كروموسومات مختلفة وقد يظهر عليها بعض الصفات الجديدة كما في الشكل. حيث يحدث بعد إنشقاق السنتروميير تكون أربعة كروموسومات ناتجة عن أربعة كروماتيدات. ويحدث توزيع إعتباطي للكروموسومات فيوجد بالنواه كروموسوم ١، ٤ أو ٢، ٣ أو ١، ٣ أو ٢، ٤. يحدث ظهور صفات جديدة متنحية لم تكن موجودة في الخلية الأم مثل bc أو b أو c. يرمز للعامل السائد بالرمز + والعامل المتنحي بحرف صغير (شكل ٦٠).

هـ - تتكون من الهيفات جراثيم بها أنويه ثنائيه (٢ن) وبذلك تتكون سلالات من الفطر (٢ن) تحتوي على صفات جديدة مثل bc .

و - تكوين الأنويه أحادية الأساس الكروموسومي من الأنويه ثنائية الأساس الكروموسومي haploidization . يحدث إنقسام للأنويه ثنائية الأساس الكروموسومي حيث يكون عدد الكروموسومات في الفطر *Aspergillus* هو ١٦ كروموسوم. يحدث أحياناً تلوؤ lagging للكروموسومات أثناء انقسام الأنويه الثنائيه وينتج عن ذلك نواتين أحدهما به ٢ ن- ١ أو ١٥ كروموسوم والأخرى بها ٢ ن+ ١ أو ١٧ كروموسوم. وهكذا تنقسم النواه ٢ ن- ١ وتنقص كروموسوم وتصبح ٢ ن- ٢ ثم ٢ ن- ٣ ثم ٢ ن- ٤ وهكذا حتى ٢ ن- ٨ أي ثمان كروموسومات أي العدد الأحادي (١ن). وفي هذه الطريقة أيضاً يتم إختزال



(شكل ٦٠) : شكل يوضح العبور الوراثي أثناء الانقسام غير المباشر.

الكروموسومات بطريقة فريدة من نوعها كما سبق ذكره وذلك دون الكائنات الحية الأخرى وحيث أن الطريقة الوحيدة لإختزال الكروموسومات هي الانقسام الاختزالي.

ز - تكوين سلالات من الفطر أحادية قد تتكون في بعض منها صفات لم تكن ظاهرة في الأبوين أي أنها ذات صفات جديدة نتيجة لحدوث العبور الوراثي.

تتميز هذه الدورة بحدوث عبور وراثي في الانقسام غير المباشر وأيضاً إختزال عدد الكروموسومات إلى النصف بدون حدوث الانقسام الاختزالي. لا يحدث ذلك في أي من الكائنات الحية جميعها عدا هذه الفطريات.

يوجد كثير من الفطريات يحدث بها هذه الدورة مثل فطر صدأ الساق في القمح وفطر

التفحم العادي في الذرة الشاميه وفطرى الذبول *Verticillium albo-atrum* و *Fusarium oxysporum* وبعض أنواع من *Aspergillus* والبسليوم.

٤ - تباين الثالوس Heterothallism : تعنى هذه الظاهرة أنه لا بد من وجود هيفتان مختلفتان وراثياً لكي يحدث التزاوج الجنسي. تعتبر في هذه الحالة هاتان الهيفتان متوافقتان compatible حيث ينتج منها بعد التزاوج الجراثيم الجنسيه للفطر. يمكن أن يكون الفطر أعضاء جنسيه ذكرية وأنثويه من هيفا واحد ولكن لا يحدث تزاوج بين الذكر والأنثى حيث أنهما متماثلان وراثياً ولا بد أن يكون عضو التأنيث من هيفا وعضو التذكير من هيفا أخرى مختلفة وراثياً عن الأولى ومتوافقة معها ومن أمثلة ذلك فطر صدأ الساق في القمح. أحياناً لا يكون الفطر أعضاء جنسيه ويحدث التزاوج بين هيفات متوافقة ومختلفة وراثياً لتتكون الأجسام الثمريه أو الجراثيم الجنسيه مثل فطر تفحم الذرة الشاميه *Ustilago maydis*.

يوجد أنواع من تباين الثالوس وهى (شكل ٦١) :

أ - تباين الثالوس ذو السلالتين Bipolar heterothallism :

تحدث نتيجة للإختلاف في زوج من العوامل الوراثية موجود في مكان واحد على الكروموسوم one locus ويكون العامل الوراثى A1 أو A2 ولذلك فإنه تتكون سلالتين وهما سلالة الفطر A1 وسلالة الفطر A2 . ولحدوث التزاوج الجنسي لا بد من تزاوج سلالتين مختلفتين وراثياً أى بين A1 ، A2 . أما التزاوج بين سلالة A1 وأخرى A1 لا يحدث ونفس الشئ بالنسبة للسلالة A2 . ومثال ذلك فطر صدأ الساق في القمح وفطر عفن الخبز *Rhizopus stolonifer* . وجد المؤلف هذه الحالة في فطر *Choanephora infundibulifera* المسبب لمرض كونيפורاً في أزهار وثمار القطن.

ب - تباين الثالوس ذو الأربعة سلالات Tetrapolar heterothallism :

تحدث نتيجة للاختلافات في زوجين من العوامل الوراثيه الموجوده على كروموسومين مختلفين أو على نفس الكروموسوم في مكانين two loci على مسافة بعيدة تسمح بحدوث عبور وراثى.

	A	a
A	-	+
a	+	-

(أ)

+ = compatible cross
- = incompatible cross

FL = flat - = compatible cross
B = barrage - = incompatible cross

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁	-	-	+	+
A ₂	-	-	+	+
A ₃	+	-	-	+
A ₄	+	-	+	-

(→)

	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂
A ₁ B ₁	-	FL	B	+
A ₁ B ₂	FL	-	+	B
A ₂ B ₁	B	+	-	FL
A ₂ B ₂	+	B	FL	-

(ب)

(شكل ٦١) : ظاهرة تباين الثالوس

أ - bipolar heterothallism

ب - tetrapolar heterothallism

ج - bipolar multiple allele heterothallism

ينتج عن ذلك أربعة سلالات للفطر وتحمل كل سلالة عاملين مختلفين وهما A₁B₂، A₁B₁، A₂B₁، A₂B₂. يحدث التزاوج وتكوين الجراثيم الجنسية بين سلالتين مختلفتين وراثياً أى متوافقتان وينتج عن هذا التزاوج التركيب 2 A₁A₂B₁B. لا يحدث التزاوج بين السلالة A₁B₁ والسلالة A₁B₁ ولا يحدث أيضاً بين السلالة A₂B₂ والسلالة A₂B₂ وتسمى سلالات غير متوافقة incompatible. يوجد أمثلة كثيرة لهذه الحالة منها فطر التفحم فى الذرة الشامية. قد يكون التزاوج جزئى ولا تتكون جراثيم جنسية بل يتكون ميسليوم مختلف الأنويه heterokaryon

ويكون هذا الميسليوم نموه ضعيف ويحدث ذلك في حالة إختلاف B وتماثل A مثل A1B2 ، A1B1 ويسمى في هذه الحالة هذا التزاوج الجزئي بالتفاعل المسطح flat reaction ويرمز له FL وفي الحالة العكسية في حالة إختلاف A وتماثل B يسمى هذا التزاوج الجزئي بالتفاعل القنطرة barrage reaction ويرمز له B وحيث يتكون جزء خال بدرجة كبيرة من الهيفات عند تقابل المستعمرتين المتزاوجتين .

جـ - تباين الثالوس ذو السلالات العديدة Multiple allele heterothallism :

تحدث هذه الحالة في النوعين السابقين حيث يمكن أن يوجد للعامل أكثر من عدد اثنين أليل فقد يصل العدد إلى مائة أليل . زيادة عدد الأليلات يساعد على زيادة احتمالات التزاوج وبذلك يكون فرصه لنشوء سلالات جديدة . يعتبر فطر التفحم في الذرة الشامية من أمثلة هذه الحالة حيث يوجد أربعة سلالات رئيسية ويوجد أليلات عديدة لكل عامل وراثي ولذلك يعتبر تباين الثالوث في هذا الفطر tetrapolar mutiple allele heterothallism . وجد المؤلف سلالات متوافقة عديدة لهذا الفطر .

ملحوظة : يذكر في تباين الثالوس العامل A ، a وهذا خطأ حيث أنه لا يوجد سيادة وتنحي في تباين الثالوس وأحياناً يذكر + ، - وهذا خطأ أيضاً لأنه لايعنى ذكر وأنثى . تذكر كثير من المراجع ذلك وهذا خطأ لأن تباين الثالوث هو نتيجة لوجود أليلات مختلفة لعامل وراثي أو عاملين وراثيين وليست للسيادة أو التنحي .

٥- التهجين Hybridization : يحدث التزاوج الجنسي بين الأفراد المختلفة وراثياً وينتج عن ذلك ظهور سلالات جديدة نتيجة لانعزال وإعادة توزيع العوامل الوراثية .

تزداد هذه الحالة عند حدوث التهجين حيث يكون الاختلاف في التركيب الوراثي أوسع genetic make-up . يعتبر التهجين من العوامل الهامة لنشوء السلالات فقد يكون بين الطرز أو السلالات أو الفورمات الخاصة أو الأنواع أو الأجناس . في حالة التهجين بين السلالتين ٩ ، ٣٦ في الفطر *Puccinia graminis f.sp. tritici* ينتج عنها السلالة رقم ١٧ . تزداد عدد طرز وسلالات الفطر في المناطق التي يوجد بها نبات الباربري نتيجة لعمليات التهجين

بين الطرز والسلالات المختلفة على هذا النبات. يعتبر إزالة نبات الباربري من الطرق الفعالة لتقليل أضرار هذا المرض حيث يقل عدد الطرز والسلالات الموجودة في المنطقة. ومن أمثلة ذلك في ولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية أن المناطق التي يوجد بها نبات الباربري يوجد بها عدد ٤٣ طراز وسلالة من هذا الفطر وقد وجد ٥ سلالات فقط من هذا الفطر في المناطق الخالية من نبات الباربري. وجد أن إزالة ١/٢ بليون نبات في الولايات المتحدة قلل من إنتشار المرض.

يمكن أيضاً التهجين بين الفورمات الخاصة ومثال ذلك التهجين بين *P.g. f.sp. tritici* وبين الفورمه الخاصة *P.g. f. sp. secalis*. حيث أن الفورمة الخاصة الأولى تصيب القمح والشعير ونباتات أخرى والفورمة الخاصة الثانية تصيب نبات الراى والشعير ونباتات أخرى. أمكن التهجين بين هاتين الفورمتين ونتج عنهما سلالات كثيرة تختلف في خواصها ووجد منها أحد السلالات تصيب الشعير فقط ولا تصيب القمح أو الراى ولذلك سميت فورمة خاصة بالشعير *Puccinia graminis f.sp. hordei*.

يمكن التهجين بين الأنواع ومثال ذلك التهجين بين فطر *Ustilago hordei* المسبب لمرض التفحم المغطى في الشعير وفطر *Ustilago nigra* المسبب لمرض التفحم السائب الكاذب في الشعير. ينتج عن التهجين ظهور سلالات بها صفات جديدة.

يندر حدوث التهجين بين الأجناس ومن أمثلة ذلك بعض الفطريات المسببه لأمراض التفحم. يحدث التهجين بين *Sphacelotheca destruens* وبين *Sorosporium cenchri*.

٦- التضاعف Polyploidy : كثير من سلالات الفطريات أحادية haploid ولكن توجد أيضاً سلالات ثنائية الأساس الكرموسومي diploid وقد توجد سلالات ثلاثية أو رباعية tetraploid . يوجد في الفطر *Aspergillus nidulans* سلالات أحادية وسلالات ثنائية. تتميز السلالات الثنائية بكون حجم جراثيمها بمقدار ١,٣ عن حجم جراثيم السلالات الأحادية. توجد أيضاً سلالات أحادية وثنائية في الفطر *Verticillium albo-atrum* المسبب لمرض الذبول في القطن. اتضح أن السلالات الأحادية ممرضه للنبات والعكس صحيح في السلالات الثنائية.

٧. الطفرة Mutation : تعرف الطفرة بأنه تغير فجائى فى التركيب الوراثى للفطر وينتقل إلى الأجيال التالية أى أنها لا بد أن تورث.

يوجد أنواع عديدة من الطفرات ومنها التغير الفجائى فى تركيب الجين ويسمى gene mutation أو point mutation . وقد يكون التغير فى تركيب الكروموسوم ويكون ذلك بفقد جزء من الكروموسوم deletion أو زيادة على الكروموسوم duplication أو إنقلاب قطعة من الكروموسوم inversion أو إنتقال جزء من الكروموسوم إلى كروموسوم آخر translocation وتشمل هذه الحالة أيضاً زيادة أو نقص كروموسوم بأكمله أو أكثر.

يمكن أيضاً تصنيف الطفرات إلى طفرات مورفولوجيه morphological و طفرات كيموحيويه biochemical . يظهر تأثير التغير فى التركيب الوراثى على الشكل الظاهرى للفطر مثل اللون وذلك فى حالة الطفرات المورفولوجيه . أحياناً لا يظهر تأثير التغير فى التركيب الوراثى على الشكل الظاهرى للفطر بل يظهر فى صورة صفات فسيولوجيه خاصة بالفطر وتسمى هذه الحالة بالطفرات الكيموحيويه ومثال ذلك طفره نقص فيتامين الثيامين فى فطر *Neurospora* .

تحدث الطفرات ذاتياً أى تلقائياً spontaneous mutation أى طبيعياً ويعزى ذلك إلى وجود أنواع من الأشعة الموجودة فى الجو منها الأشعة فوق البنفسجية وأيضاً بعض من الأشعة الكونية cosmic rays وبعض مكونات الخليه مثل فوق الأوكسيد peroxides وحامض النيتروز والفورمالدهيد ومشابهات البيورين . يمكن إحداث هذه الطفرات صناعياً artificial mutation وذلك بتعريض الفطر لبعض المركبات الكيماويه مثل acriflavine أو للاشعاع radiation ومن أمثلة ذلك أشعة أكس والأشعة فوق البنفسجية وأشعة جاما أو الغازات مثل غاز النيتروز nitrous acid وغاز الخردل mustard gas .

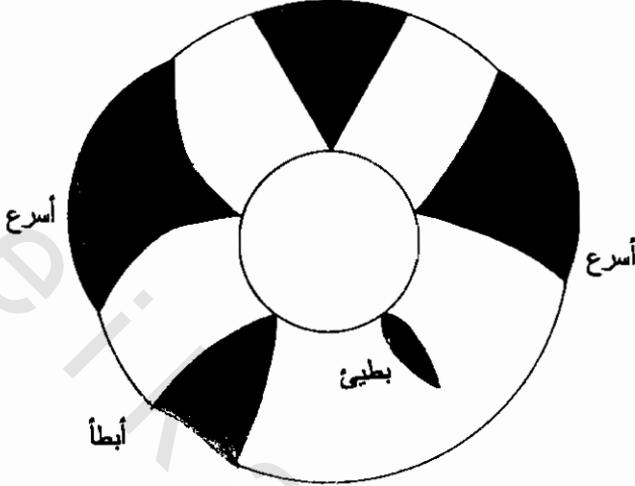
تختلف درجة حدوث الطفرات باختلاف الفطر، فهى تحدث فى الفطر المسبب لمرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم وفطر صدأ الساق فى القمح . يعتبر معدل

التطفير mutation rate عال في الفطر *Ustilago maydis* . يمكن استعمال الأشعة فوق البنفسجية لعمل طفرات كثيرة في الفطر *Neurospora* وكثير منها طفرات كيموحيوية ومنها طفرات ينقصها تخليق فيتامينات مثل الثيامين وفي هذه الحالة لا بد أن يضاف هذا الفيتامين إلى البيئة التي ينمو عليها الفطر لأن هذه الطفرة فقدت القدرة على تخليق الفيتامين ذاتياً. يستعمل هذا الفطر بكثرة في الدراسات الوراثية وله خرائط كروموسومية.

يمكن أن تسبب الطفرات زيادة أو قلة في القدرة المرضية للفطر كما يمكن أن تسبب فقد القدرة المرضية تماماً.

٨ - تكوين القطاعات Sectoring or Saltation or Dissociation : هي عبارة عن ظهور قطاعات مورفولوجية sectors أو saltants مميزه مختلفة عن بقية مستعمرة الفطر ومن أهم هذه الصفات المورفولوجية الاختلاف في اللون أو كثافة التجرثم أو سرعة النمو أو درجة كثافة الهيفات إلى آخره من الصفات المورفولوجية. يمكن أيضاً أن تكون هذه القطاعات مختلفة في قدرتها على إصابة النبات فقد تكون بعض القطاعات ضعيفة أو عديمة القدرة المرضية وقد تكون قطاعات أخرى شديدة القدرة المرضية. تظهر هذه القطاعات شكل المروحة fan . عندما تتساوى سرعة نمو القطاع مع نمو مستعمرة الفطر فإن حافة القطاع تكون متطابقة مع حافة المستعمرة. قد تزيد سرعة نمو القطاع عن سرعة نمو المستعمرة فتصبح حافة القطاع محدبة للخارج بالنسبة لحافة المستعمرة والعكس صحيح في حالة بطء سرعة نمو القطاع حيث تصبح حافة القطاع مقعرة للداخل بالنسبة لحافة المستعمرة. قد يظهر القطاع على هيئة عدسة محدبة الوجهين عندما تقل سرعة نمو القطاع بدرجة كبيرة جداً عنه في المستعمرة الأم (شكل ٦٢).

سرعة نمو القطاع بالنسبة للمزرعة الأم
متساو



(شكل ٦٢) : مستعمرة لفطر توضح الحالات والأنواع المختلفة للقطاعات.

ظهور هذه القطاعات قد يكون نتيجة لواحد أو أكثر من العوامل السابقة مثل ظاهرة إختلاف الأنويه أو الوراثة السيتوبلازميه أو الطفرات أو غيرها من العوامل الأخرى فقد يكون تكوين القطاع نتيجة للظروف البيئية.

يمكن أن ينتج عن هذه القطاعات إختلاف في القدرة المرضية عن المستعمرة الأم. وجد في حالة القطاعات المتكونة في الفطر *Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli* المسبب لمرض الذبول في الفاصوليا أن المزرعة الأم قادرة على إصابة الفاصوليا ولكن بعض هذه القطاعات عديم أو ضعيف القدرة المرضيه.

وجد المؤلف كثير من هذه القطاعات في فطر *Ustilago maydis* المسبب لمرض التفحم في الذرة الشاميه وقد إختلفت القطاعات في سرعة النمو كما إختلفت في اللون فقد كان لون القطاعات أبيض أو بنى أو سمنى أو مصفر واختلفت أيضاً في نوع وشكل السطح.

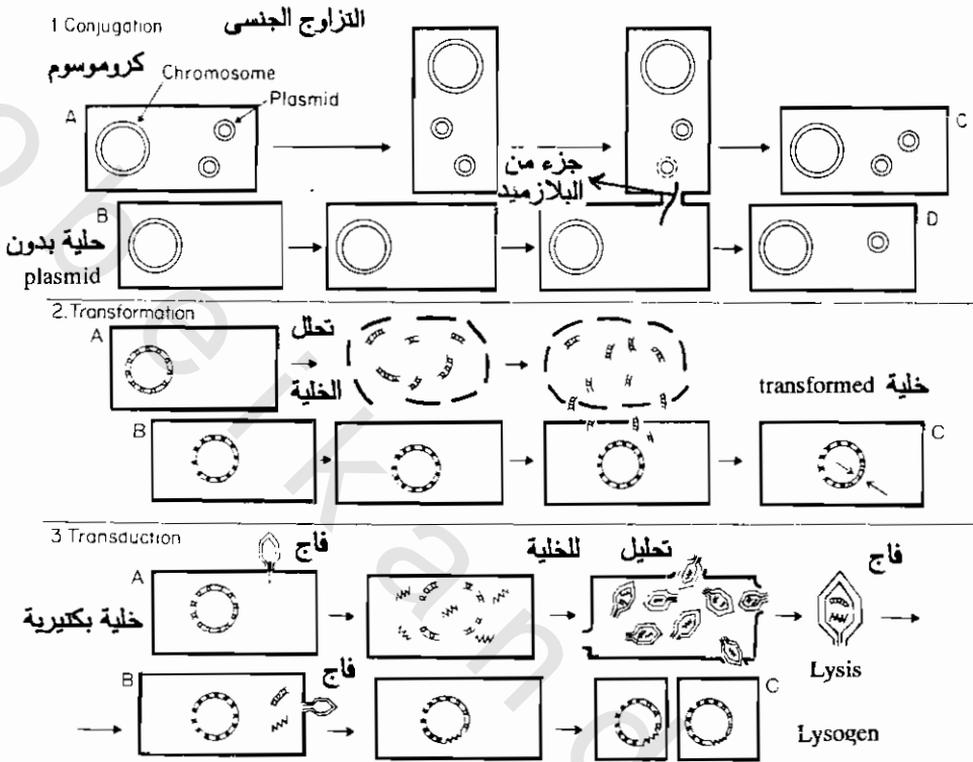
ثانياً : البكتريا

توجد طرق كثيرة يمكن أن تغير من التركيب الوراثي للبكتريا ويمكن أن ينشأ عن ذلك سلالات كثيرة وقد يكون بعض منها جديد.

١- الطفرة Mutation : تحدث الطفرات فى البكتريا بمعدل أكبر من الفطريات عادة .

تحدث الطفرات التلقائية فى البكتريا بمعدل يتراوح بين 10^{-4} إلى 10^{-10} وهذا يعنى أن خلية بكتيرية واحده لكل عشرة آلاف خليه إلى خليه واحدة لكل عشرة بلايين خليه يحدث بها طفرة ومن أمثلة ذلك *Erwinia carotovora* المسببه لمرض العفن الطرى فى البطاطس وخضروات أخرى .

٢- التحول Transformation : هى عبارة عن إكتساب خلايا البكتريا لوحدات وراثية أو عوامل وراثية تصل إليها عن طريق البيئة النامية عليها. وبذلك تغير هذه العوامل من التركيب الوراثي وعادة تظهر صفات جديدة للخلايا البكتيرية. اكتشفت هذه الحالة فى البكتريا *Diplococcus pneumoniae* حيث تتميز هذه البكتريا بوجود سلالات لمساء smooth لها غلاف capsule وذات قدرة مرضية شديدة للانسان والحيوان وسلالات أخرى عديمة الغلاف خشنه rough عديمة القدرة المرضيه. تتحول السلالات الأخيرة إلى سلالات لها غلاف لمساء ذات قدرة مرضية عاليه للحيوان والانسان عند تنميتها على بيئة تحتوى على خلايا ميتة للسلالة عديمة الغلاف الخشنه. وجد بعد ذلك أنه يمكن وضع الحامض النووى DNA النقى المأخوذ من السلالة الخشنه فى البيئة ويحدث نفس التأثير على السلالة الملساء. وهكذا تتحول السلالة الخشنه إلى سلالة لمساء ممرضه وذلك عند طريق إنتقال المادة النوويه من سلالة إلى أخرى عن طريق البيئة وليست عن طريق التزاوج. وجدت هذه الظاهرة فى البكتريا الممرضه للنبات مثل *Xanthomonas phaseoli* المسببه لمرض لفحة الفاصوليا البكتيرية وفى البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* المسببه لمرض التدرن التاجي (شكل ٦٣).



(شكل ٦٣) : كيفية حدوث الإختلافات الوراثية variability في خلايا البكتيريا بالطرق المختلفة للنزواج شبه الجنسي sexual - like .

٣- التحول عن طريق الفيرس البكتيري Transduction : يمكن للفيرس البكتيري phage أو bacteriophage أن يعيش داخل الخلية البكتيرية ويكتسب بعض أجزاء الحامض النووي DNA الخاص بالخلية البكتيرية والمسئول عن بعض صفات الخلية البكتيرية. يتحرر الفيرس البكتيري أي الفاج من الخلية البكتيرية بعد موتها أو تحللها ويصيب خلية بكتيرية أخرى ويحقن مادته النووية في الخلية البكتيرية الجديدة. تصبح المادة النووية المحقونة متداخلة مع المادة

النوية للخلية البكتيرية وبذلك تكتسب هذه الخلية صفات جديدة. يتضح أن الصفات تنقل من خلية بكتيرية إلى أخرى عن طريق الفاج وذلك عن طريق نقله للجينات أى العوامل الوراثية الموجودة فى DNA . وجدت هذه الحالة فى البكتريا الممرضة للنبات مثل *Pseudomonas solanacearum* المسببه لمرض العفن البنى فى البطاطس ومرض الذبول فى الطماطم والتبغ (شكل ٦٣).

٤- التكاثر الجنسي : يحدث التكاثر الجنسي بقله فى البكتريا حيث يحدث فى بعض الأنواع مثل *Escherichia coli* . حيث وجد أن لها سلالتين مختلفتان جنسياً. يحدث تزاوج جنسى إذا وضعت خلايا السلالتين مع بعضها. عند إقتراب خليتان مختلفتان جنسياً من بعضهما يعتقد البعض فى تكون تزاوج عن طريق زوائد تسمى بيلي *pili* أو عن طريق قنطرة تزاوج سيتوبلازميه تصل بين الخليتين ولكن من الثابت حتى الآن أنه غير معروف بالضبط تفاصيل إنتقال جزء من DNA من خلية إلى أخرى. ينتقل جزء من مركب الحامض النووى DNA من أحد الخليتين وهى الخلية الواهبه *donor* إلى الخلية الأخرى وهى الخلية المستقبلة *acceptor* . تموت الخلية الواهبه وتتحول الخلية المستقبلة إلى الزيجوت ويسمى *merozygote* . يلى ذلك حدوث إنقسام شبيه بالانقسام الاختزالى غير معروف طريقة حدوثه بالضبط منتجاً خلايا بكتيرية جديدة تحمل عادة صفات خليطه من كل من الخليتين الواهبه والمستقبلة. يلاحظ دائماً أن أحد السلالتين المتزاوجتين خلاياها دائماً واهبه وعليها هدييات *pili* وأن السلالة الأخرى خلاياها دائماً مستقبلة وعديمه الهدييات. تعتبر السلالة الواهبه ذكر بينما تعتبر السلالة المستقبلة أنثى (شكل ٦٣).

ثالثاً : الفيروس

تعتبر الطفرات أهم عامل فى حدوث تغيرات وراثية ونشوء سلالات جديدة فى الفيروسات.

الطفرة *Mutation* : تعتبر الطفرات عامل هام فى نشوء السلالات فى الفيروسات. معدل حدوث الطفرات فى الفيروسات عال بدرجة كبيرة ويفوق مثيله فى الفطريات والبكتريا. وجد أن معدل حدوث الطفرات فى فيروس تبرقش التبغ *TMV* يتراوح بين $\frac{1}{2} - 2\%$. وفى بعض أنواع الفاج يتراوح المعدل من واحد فى الألف إلى واحد فى البليون.

تحدث الطفرات نتيجة تغير في تركيب الجين نتيجة لتغير في تركيب القواعد النووية مثل السيتوسين واليوراسيل والأدينين والجوانين. وجد عدد معاملة الأحماض النووية للفيروس بحامض النيتروز يد ن ٧ أو نيتريت الصوديوم بتركيز اجزيلى فى درجة حموضه pH ٢,٤ لمدة عشرون دقيقة فإن القواعد النووية تتحول من واحدة إلى أخرى بواسطة عملية نزع مجموعة الأمين de-amination ومثال ذلك تحول السيتوسين إلى اليوراسيل. كما وجد أن معاملة سلالة من فيروس تبرقش التبغ تحدث تبرقش للنبات بواسطة حامض النيتروز نتج عن ذلك طفرة وأصبحت هذه السلالة تحدث بقع ميتة على النبات والتي لم تحدثها السلالة الأصلية.