الباب التاسع

نشوء سلالات الطفيليات الممرضة للنبات

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

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

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

تعرف السلاله الفسيولوجيه physiologic race بأنها عبارة عن طرز أو مجموعة من الطرز متشابهة وراثياً ولايمكن تمييز سلاله فسيولوجيه عن أخرى عن طريق الشكل الظاهرى ولكن الطريقه الوحيده لتعريف السلاله عن طريق إصابة أصناف من النبات العائل دون أصناف أخرى. ولذلك يكون تعريف السلالات وتمييزها عن بعضها نتيجة لإختلافها فى إصابة أصناف من العائل. تسمى أصناف النبات العائل التى تستخدم فى تعريف السلالات الفسيولوجيه بالأصناف المفرقه differential varietes . يوجد لذلك أمثلة كثيرة كما فى السلالات الفسيولوجيه لفطريات الأصداء والتفحم والبياض الدقيقى والذبول.

تعرف الفورمه الخاصه forma specialis بأنها سلاله أو مجموعة من السلالات تشترك فى صفة خاصة وهى إصابتها لعائل دون عوائل أخرى وتكون هى الطريقة الوحيدة لتعريف الفورمة الخاصة. يوجد أمثلة فى بعض الفطريات مثل فطر*Puccinia graminis* المسبب لصدأ النجيليات وفطر *Fusarium oxysporum* المسبب لمرض الذبول. فى حالة الفورمه التى تصيب القمح تسمى *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* ولاتصيب الزمير أو بوا. وفى حالة الفورمة التى تصيب الزمير ولاتصيب القمح أوبوا *P. g.* f. sp. *avenae* . وفى حالة الفورمة التى تصيب بوا ولاتصيب القمح أو الزمير *P. g.* f. sp. *poae* .

يوجد فى داخل كل فورمة خاصة عادة سلالات فسيولوجية كما فى أصداء القمح والبياض الدقيقى فى القمح والشعير. يوجد لجميع السلالات الفسيولوجية للطفيليات النباتيه جداول خاصة معترف بها عالمياً وتتداول فى جميع أنحاء العالم للتعرف على هذه السلالات. يحتوى الجدول على الأصناف المفرقه من النبات العائل ورقم السلاله الفسيولوجيه ونوع التفاعل بين السلاله والصنف المفرق من حيث المقاومة أو القابلية للإصابة. وفيما يلى 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 سلاله فسيولوجيه للفطر (شكل ٥٧أ) يرمز الحرف R إلى المقاومة resistance ويرمز الحرف S إلى القابلية للإصابة susceptibility . تسمى السلاله القادرة على الإصابة virulent والغير قادرة على الإصابة avirulent .

رقم السلاله \ صنف القمح	Malakoff	Carina	Brevit	Webster	Loros	Mediter-ranean	Hussar	Demócrat
1	R	R	R	R	R	R	R	R
2	R	R	R	R	R	S	S	S
3	R	R	R	R	I	S	R	S
4	R	S	S	R	S	S	R	R
5	S	R	R	R	R	S	R	S
6	S	R	S	R	S	S	S	S
7	S	R	R	S	R	S	R	S
8	S	R	S	S	S	S	R	R
9	S	R	R	S	S	R	R	R
10	S	S	S	S	S	R	R	R
11	R	R	S	R	S	R	R	R
12	R	S	S	R	S	S	S	S
13	S	S	R	S	S	R	S	R
14	R	R	S	R	S	R	S	R
15	R	R	R	R	R	S	R	S

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

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

سلالة / الفطر	صنف القمح من الأصناف المفرقة											
	Little Club	Marquis	Reliance	Kota	Arnautka	Mindum	Spelmar	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+ +	1+ +	3+	1=	1 -
21	4	4	0	3+ +	4 –	4 –	4 –	4=	3+ +	1=	0;	1=
22	4+	4+	4	3	1	4	4 -	0;	3+	3	1 –	0;
23	4	2	1	1=	1	1=	1 -	3+	3+ +	3	0;	0;
24	4	4–	0;	2=	4=	4=	4=	3+ +	3+	3+	1=	0;
25	4	4	3+	3	1	3	1=	3	3+ +	3	1=	1
26	4	4	0;	3	4 –	1=	3+ +	1=	4=	3	1 ·	1+
27	4=	2	0	0;	1=	1	1 –	4=	3+ +	1=	4±	1+ +
28	4	2	0;	3	4 –	1	4=	3	3	3	1=	0;
29	4	4	0	3	X+ +	X±	X+	X	X+	3	1 –	1 ·
30	4	4	0;	3+ +	X+ +	X±	X+	X±	X+ +	3+	4=	1

(شكل ٥٧ ب) : جدول يوضح إستخدام الأصناف المفرقة من القمح للتعرف على سلالات فطر صدأ الساق الأسود فى القمح.

0 أو 0.; = منيع 1= عال أو شديد المقاومة

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

+ أو $\overset{+}{}$ = الحاله وسطيه بين الرقم والذى يسبقه.

- أو $\underset{-}{}$ = الحاله وسطيه بين الرقم والذى يليه.

الطرق المختلفة لتغيير التركيب الوراثى للطفيليات

تحدث تغييرات فى التركيب الوراثى لكثير من الطفيليات. تختلف الطرق التى تحدث بها التغيير فى التركيب الوراثى بإختلاف الطفيل. يحدث فى الفطريات تغيير فى التركيب الوراثى بطرق مختلفة عنه فى الفيروسات والبكتريا. يوجد أيضاً للبكتريا طرق خاصة بها. تعتبر الطفرات احدى الطرق التى توجد فى جميع الطفيليات الممرضه للنبات مثل الفطريات والبكتريا والفيرس والميكوبلازما والريكتسيا والنباتات الزهريه المتطفله.

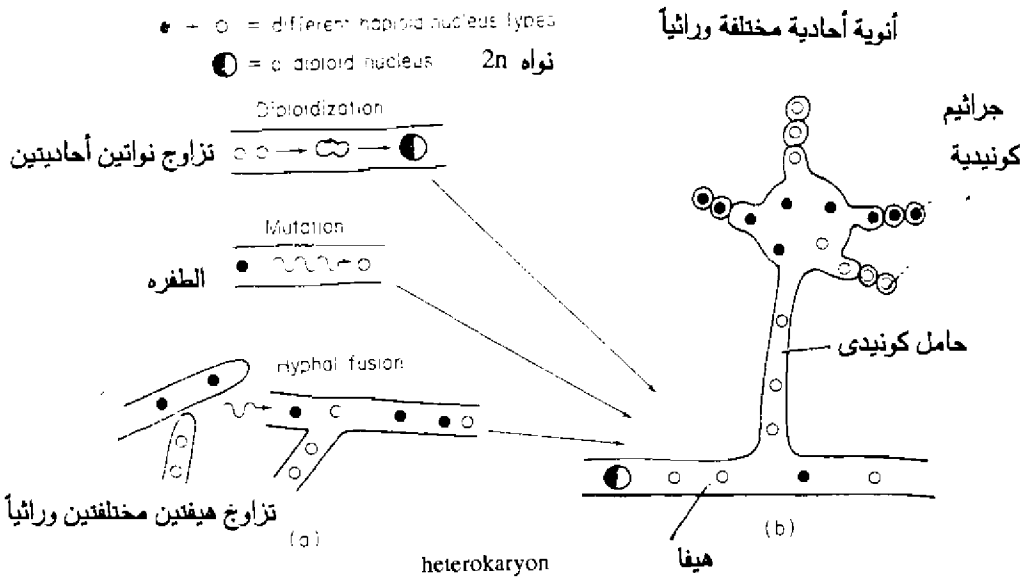
أولاً : الفطريات

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

١ـ 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 خليه أخرى فى نفس الهيفا أو توجد فى نفس الخلية أكثر من نواه.

تحدث هذه الظاهرة باحدى ثلاث طرق رئيسية وهى حدوث تزاوج بين أنبوتين انبات جرثوميه مختلفتين وراثياً أو بين هيفتين مختلفتين وراثياً anastomosis . وفى الطريقة الثانيه حدوث طفره فى نواه أو أكثر فى الهيفا. وفى الطريقة الثالثة حدوث تزاوج 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.

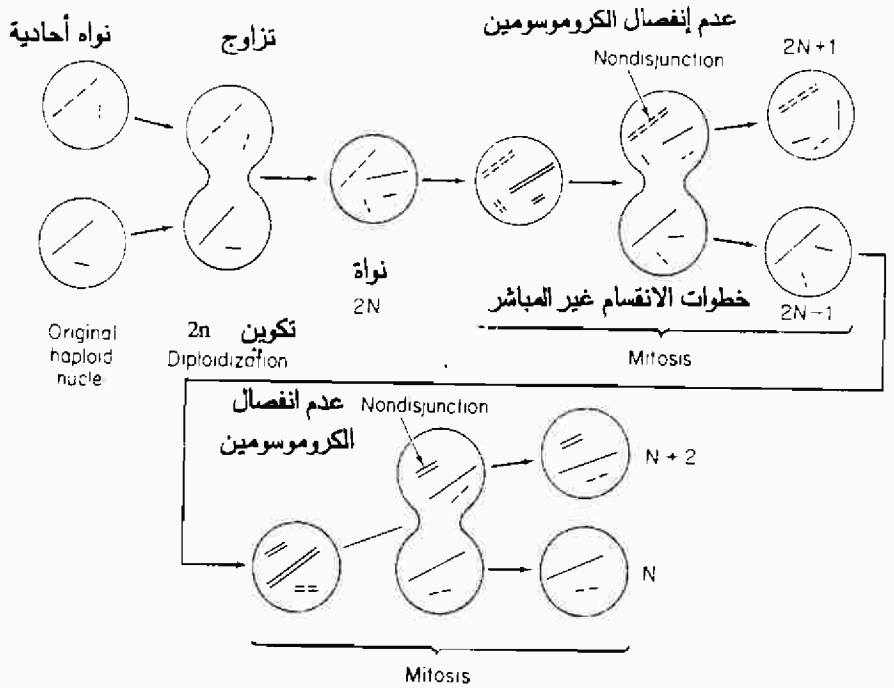
وجد أن تزاوج هيفى فى حالة الجراثيم الكونيديه للفطر المسبب لمرض الذبول فى البسله *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* ينتج عنها سلالات من الفطر شديدة القدرة على الاصابة وذلك بالمقارنة بالسلالات الأصليه. يحدث أيضاً تزاوج بين أنابيب الانبات للجراثيم اليوريديه لفطر صدأ الساق فى القمح على سطح العائل وينتج عنه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



(شكل ٥٨) : الحالات المختلفة لتكوين الميسليوم heterokaryon

٢- الوراثه السيتوبلازميه Heteroplasmons : يكون الاختلاف فى هذه الحالة فى السيتوبلازم وليس فى النواه كما فى الحالة السابقة. يكون الاختلاف فى أحد مكونات أو محتويات الخليه السيتوبلازميه مثل الميتوكوندريا. يمكن أن تحمل الميتوكوندريا عوامل وراثيه سيتوبلازميه plasmon character حيث أنها تحتوى على الحامض النووى D N A . تعتبر صفة التزاوج الجنسى فى فطر *Aspergillus nidulans* المسبب لمرض تصويف الحبوب والبذور صفة وراثيه سيتوبلازميه. تعتبر خميرة yeast الخباز من أحسن الأمثلة لذلك حيث توجد مستعمرات من الخميرة على البيئة تكون مساحتها صغيرة وتسمى المستعمرة الصغيرةpetit colony . تتميز خلايا هذه المستعمرات بخلوها من بعض أنزيمات التنفس مثل سيتوكروم أوكسيديز. تعتبر وراثة هذه الصفة سيتوبلازميه. يكون حجم الخلية صغير أيضا.

٣ـ الدورة شبه الجنسيه Parasexual cycle : تحدث هذه الدوره فى خطوات محدده متتابعة (شكل ٥٩) .



(شكل ٥٩) : خطوات الدوره شبه الجنسيه Parasexual cycle

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

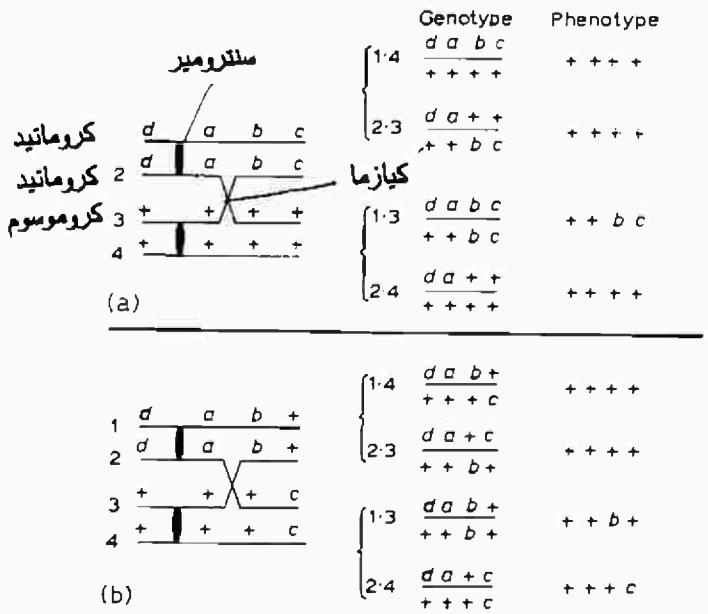
ب ـ تزاوج الأنويه داخل الميسليوم بين الأنويه المتماثله أو المختلفة وراثياً. وينتج عن ذلك أنواع عديده من الأنويه.

جـ ـ إنقسام جميع الأنويه داخل الهيفا وتزايد عددها.

د ـ حدوث العبور فى الانقسام غير المباشر mitotic crossing-over ويحدث نتيجة لذلك تكوينات وراثيه جديدة. تعتبر هذه الخطوه فريده من نوعها وخاصة بالفطريات حيث أن العبور الوراثى يحدث فى الانقسام الاختزالى فى جميع الكائنات الحيه ولايحدث مطلقاً فى الانقسام الغير مباشر إلا فى الفطريات التى تحدث فيها هذه الدوره. يعتبر حدوث العبور الوراثى نادر نسبياً فى هذه الخطوه بالمقارنة بالعبور فى الانقسام الاختزالى. ولمقارنة إحتمال العبور الوراثى لصفة ما فى الانقسام الاختزالى والانقسام غير المباشر وجد أن حدوث عبورها يكون أكثر بحوالى مائة مره فى الانقسام الاختزالى عنه فى الانقسام غير المباشر. وجد أيضاً فى الانقسام غير المباشر أنه تتكون كيازما chiasma واحدة فقط عادة وهى الأثر السيتولوجى لحدوث العبور الوراثى وذلك بالمقارنة فى الانقسام الاختزالى حيث يتكون على الكروموسوم عادة أكثر من كيازما. نتيجة لذلك يحدث تكون كروموسومات مختلفة وقد يظهر عليها بعض الصفات الجديدة كما فى الشكل. حيث يحدث بعد إنشقاق السنترومير تكون أربعة كرموسومات ناتجة عن أربعة كروماتيدات. ويحدث توزيع إعتباطى للكروموسومات فيوجد بالنواه كرموسوم ٤,١ أو ٣,٢ أو ٣,١ أو ٤,٢ . يحدث ظهور صفات جديدة متنحية لم تكن موجودة فى الخليه الأم مثل bc أو b أوc. يرمز للعامل السائد بالرمز + والعامل المتنحى بحرف صغير (شكل ٦٠) .

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

و ـ تكوين الأنويه أحادية الأساس الكرموسومى من الأنويه ثنائية الأساس الكروموسومى haploidization . يحدث إنقسام للأنويه ثنائية الأساس الكروموسومى حيث يكون عدد الكروموسومات فى الفطر *Aspergillus* هو ١٦ كروموسوم. يحدث أحياناً تلكؤ laging للكروموسومات أثناء انقسام الأنويه الثنائيه وينتج عن ذلك نواتين أحدهما به ٢ ن ـ ١ أى ١٥ كرموسوم والأخرى بها ٢ن + ١ أى ١٧ كرموسوم. وهكذا تنقسم النواه ٢ ن ـ ١ وتنقص كرموسوم وتصبح ٢ن ـ ٢ ثم ٢ ن ـ ٣ ثم ٢ ن ـ ٤ وهكذا حتى ٢ ن ـ ٨ أى ثمان كروموسومات أى العدد الأحادى (١ن). وفى هذه الطريقة أيضاً يتم إختزال



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

الكروموسومات بطريقة فريدة من نوعها كما سبق ذكره وذلك دون الكائنات الحيه الأخرى وحيث أن الطريقة الوحيدة لإختزال الكروموسومات هى الانقسام الاختزالى.

ز ـ تكوين سلالات من الفطر أحادية قد تتكون فى بعض منها صفات لم تكن ظاهره فى الأبوين أى أنها ذات صفات جديدة نتيجة لحدوث العبور الوراثى.

تتميز هذه الدوره بحدوث عبور وراثى فى الانقسام غير المباشر وأيضاً إختزال عدد الكروموسومات إلى النصف بدون حدوث الانقسام الاختزالى. لايحدث ذلك فى أى من الكائنات الحيه جميعها عدا هذه الفطريات.

يوجد كثير من الفطريات يحدث بها هذه الدوره مثل فطر صدأ الساق فى القمح وفطر

التفحم العادى فى الذره الشاميه وفطرى الذبول *Verticillium albo-atrum* و *Fusarium oxysporum* وبعض أنواع من *Aspergillus* والبنسليوم.

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

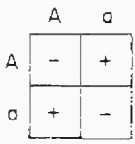
يوجد أنواع من تباين الثالوس وهى (شكل ٦١) :

أ ـ تباين الثالوس ذو السلالتين Bipolar heterothallism :

تحدث نتيجة للإختلاف فى زوج من العوامل الوراثية موجود فى مكان واحد على الكروموسوم one locus ويكون العامل الوراثى A_1 أو A_2 ولذلك فإنه تتكون سلالتين وهما سلالة الفطر A_1 وسلالة الفطر A_2 . ولحدوث التزاوج الجنسى لابد من تزاوج سلالتين مختلفتين وراثياً أى بين A_1 ، A_2 . أما التزاوج بين سلالة A_1 وأخرى A_1 لا يحدث ونفس الشئ بالنسبة للسلالة A_2 . ومثال ذلك فطر صدأ الساق فى القمح وفطر عفن الخبز *Rhizopus stolonifer* . وجد المؤلف هذه الحالة في فطر *Choanephora infundibulifera* المسبب لمرض كونيفورا فى أزهار وثمار القطن.

ب ـ تباين الثالوس ذو الأربعة سلالات Tetrapolar heterothallism :

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



(أ)

FL = flat + = compatible cross
B = barrage − = incompatible cross

	A_1B_1	A_1B_2	A_2B_1	A_2B_2
A_1B_1	−	FL	B	+
A_1B_2	FL	−	+	B
A_2B_1	B	+	−	FL
A_2B_2	+	B	FL	−

(ب)

+ = compatible cross
− = incompatible cross

	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1	−	+	+	+
A_2	−	−	+	+
A_3	+	−	−	+
A_4	+	−	+	−

(جـ)

(شكل ٦١) : ظاهرة تباين الثالوس

أ ـ bipolar heterothallism

ب ـ tetrapolar heterothallism

جـ ـ bipolar multiple allele heterothallism

ينتج عن ذلك أربعة سلالات للفطر وتحمل كل سلاله عاملين مختلفين وهما A1B2، A1B1، A2B1، A2B2 . يحدث التزاوج وتكوين الجراثيم الجنسية بين سلالتين مختلفتين وراثياً أى متوافقتان وينتج عن هذا التزاوج التركيب A1A2B1B 2 . لايحدث التزاوج بين السلاله A1B1 والسلالة A_1B_1 ولايحدث أيضاً بين السلالة $A2B_2$ 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 فى حالة إختلاف B وتماثل A مثل A1B2، A1B1 ويسمى فى هذه الحالة هذا التزاوج الجزئى بالتفاعل المسطح flat reaction ويرمز لهFL

وفى الحالة العكسية فى حالة إختلاف A وتماثل B يسمى هذا التزاوج الجزئى بالتفاعل القنطره 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 فى النوعين السابقين حيث يمكن أن يوجد للعامل أكثر من عدد اثنين أليل فقد يصل العدد إلى مائة أليل. زيادة عدد الأليلات يساعد على زيادة إحتمالات التزاوج وبذلك يكون فرصه لنشوء سلالات جديدة. يعتبر فطر التفحم فى الذرة الشاميه من أمثلة هذه الحالة حيث يوجد أربعة سلالات رئيسية ويوجد أليلات عديدة لكل عامل وراثى ولذلك يعتبر تباين الثالوث فى هذا الفطر tetrapolar mutiple allele heterothallism . وجد المؤلف سلالات متوافقة عديدة لهذا الفطر.

ملحوظة : يذكر فى تباين الثالوس العامل A ، a وهذا خطأ حيث أنه لايوجد سيادة وتنحى فى 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 وراثى أو عاملين وراثيين وليست للسيادة أو التنحى.

٥- التهجين Hybridization : يحدث التزاوج الجنسى 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 فى التركيب الوراثى أوسع genetic make-up . يعتبر التهجين من العوامل الهامة لنشوء السلالات فقد يكون بين الطرز أو السلالات أو الفورمات الخاصة أو الأنواع أو الأجناس. فى حالة التهجين بين السلالتين ٩، ٣٦ فى الفطر *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* ينتج عنها السلالة رقم ١٧ . تزداد عدد طرز وسلالات الفطر فى المناطق التى يوجد بها نبات الباربرى نتيجة لعمليات التهجين

بين الطرز والسلالات المختلفة على هذا النبات. يعتبر ازالة نبات الباريرى من الطرق الفعالة لتقليل أضرار هذا المرض حيث يقل عدد الطرز والسلالات الموجودة فى المنطقة. ومن أمثلة ذلك فى ولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية أن المناطق التى يوجد بها نبات الباريرى يوجد بها عدد ٤٣ طراز وسلالة من هذا الفطر وقد وجد ٥ سلالات فقط من هذا الفطر فى المناطق الخاليه من نبات الباريرى. وجد أن إزالة ٢/١ بليون نبات فى 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 فى خواصها ووجد منها أحد السلالات تصيب الشعير فقط ولاتصيب 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 فى الشعير وفطر *Ustilago nigra* المسبب لمرض التفحم السائب الكاذب فى 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* .

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

٧ـ الطفرة Mutation : تعرف الطفرة بأنه تغير فجائى فى التركيب الوراثى للفطر وينتقل إلى الأجيال التالية أى أنها لابد 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 ١٨٠° 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 وطفرات كيموحيويه biochemical . يظهر تأثير التغير فى التركيب الوراثى على الشكل الظاهرى للفطر مثل اللون وذلك فى حالة الطفرات المورفولوجيه. أحياناً لايظهر 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* .

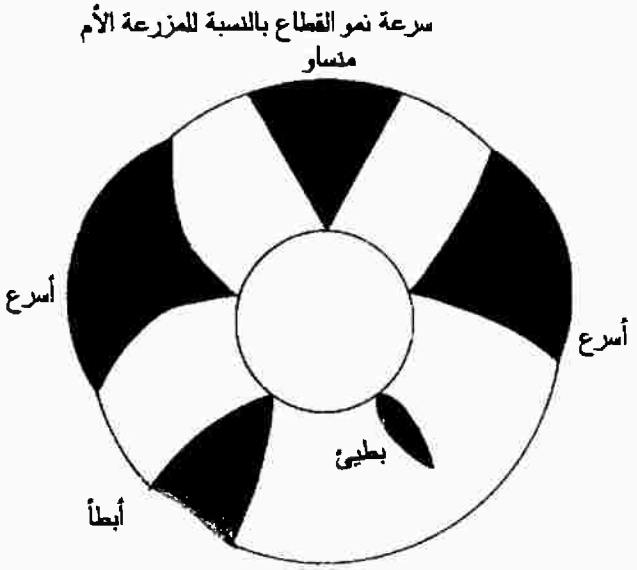
تحدث الطفرات ذاتياً أى تلقائياً spontaneous mutation أى طبيعياً ويعزى ذلك إلى وجود أنواع من الأشعة الموجودة فى الجو منها الأشعة فوق البنفسجية وأيضاً بعض من الأشعة الكونية cosmic rays وبعض مكونات الخليه مثل فوق الأكسيد peroxides وحامض النيتروز والفورمالدهيد ومشابهات البيورين. يمكن إحداث هذه الطفرات صناعياً 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 بإختلاف الفطر، فهى تحدث فى الفطر المسبب لمرض اللفحه المتأخرة فى البطاطس والطماطم وفطر صدأ الساق فى القمح. يعتبر معدل

التطفر mutation rate عال فى الفطر *Ustilago maydis* . يمكن استعمال الأشعة فوق البنفسجية لعمل طفرات كثيرة فى الفطر *Neurospora* وكثير منها طفرات كيموحيويه ومنها طفرات ينقصها تخليق فيتامينات مثل الثيامين وفى هذه الحالة لابد أن يضاف هذا الفيتامين إلى البيئة التى ينمو عليها الفطر لأن هذه الطفرة فقدت القدرة على تخليق الفيتامين ذاتياً. يستعمل هذا الفطر بكثرة فى الدراسات الوراثية وله خرائط كروموسومية.

يمكن أن تسبب الطفرات زيادة أو قله فى القدرة المرضية للفطر كما يمكن أن تسبب فقد القدرة المرضية تماماً.

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



(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 الوراثه السيتوبلازميه أو الطفرات أو غيرها من العوامل الأخرى فقد يكون تكوين القطاع نتيجة للظروف البيئية.

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

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

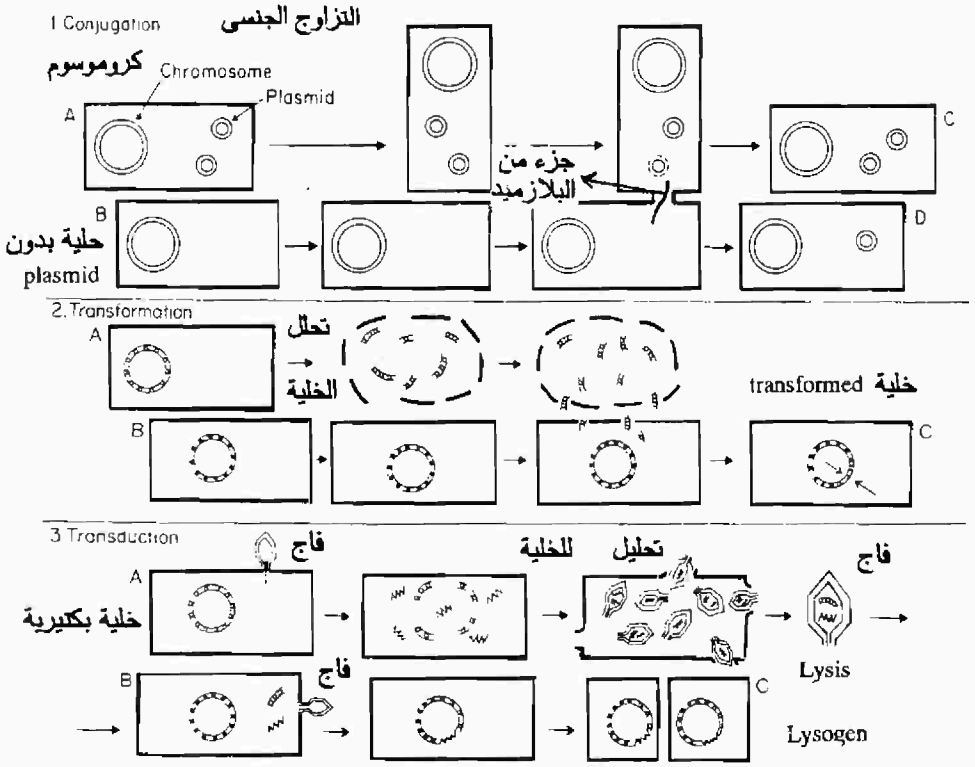
ثانياً : البكتريا

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

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

تحدث الطفرات التلقائية فى البكتريا بمعدل يتراوح بين ١×١٠-٤ إلى ١×١٠-١٠ وهذا يعنى أن خلية بكتيريه 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.

٢ـ 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 الوراثى وعادة تظهر صفات جديدة للخلايا البكتيريه. اكتشفت هذه الحالة فى البكتريا *Diplococcus pneumoniae* حيث تتميز هذه البكتريا بوجود سلالات ملساء 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 ملساء 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 السلاله الخشنه فى البيئة ويحدث نفس التأثير على السلالة الملساء. وهكذا تتحول السلاله الخشنه إلى سلالة ملساء 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 البكتيريه وفى البكتريا *Agrobacterium tumefaciens* المسببه لمرض التدرن التاجى (شكل ٦٣).



(شكل ٦٣) : كيفية حدوث الإختلافات الوراثية variability فى خلايا البكتيريا بالطرق المختلفة للتزاوج شبه الجنسيه sexual - like .

٣- التحول عن طريق الفيرس البكتيرى Transduction : يمكن للفيرس البكتيرى phage أو bacteriophage أن يعيش داخل الخليه البكتيريه ويكتسب بعض أجزاء الحامض النووى DNA الخاص بالخليه البكتيريه والمسئول عن بعض صفات الخليه البكتيريه. يتحرر الفيرس البكتيرى أى الفاج من الخليه البكتريه بعد موتها أو تحللها ويصيب خليه بكتيريه أخرى ويحقن مادته النووية فى الخليه البكتيريه الجديدة. تصبح المادة النوويه المحقونه متداخلة مع المادة

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

٤- التكاثر الجنسى : يحدث التكاثر الجنسى بقله فى البكتريا حيث يحدث فى بعض الأنواع مثل *Escherichia coli* . حيث وجد أن لها سلالتين تختلفان 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 بيلى 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 الخليه الواهبه donor إلى الخلية الأخرى وهى الخلية المستقبلة acceptor . تموت الخلية الواهبه وتتحول الخليه المستقبله إلى الزيجوت ويسمى merozygote . يلى ذلك حدوث إنقسام شبيه بالانقسام الاختزالى غير معروف طريقة حدوثه بالضبط منتجاً خلايا بكتيريه جديدة تحمل عادة صفات خليطه من كل من الخليتين الواهبه والمستقبلة. يلاحظ دائماً أن أحد السلالتين المتزاوجتين خلاياها دائماً واهبه وعليها هدبيات pili وأن السلاله الأخرى خلاياها دائماً مستقبله وعديمة الهدبيات. تعتبر السلالة الواهبه ذكر بينما تعتبر السلاله المستقبله 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 ٢/١-٢٪. وفى بعض أنواع الفاج يتراوح المعدل من واحد فى الألف إلى واحد فى البليون.

تحدث الطفرات نتيجة تغير فى تركيب الجين نتيجة لتغير فى تركيب القواعد النووية مثل السيتوسين واليوراسيل والأدنين والجوانين. وجد عند معاملة الأحماض النوويه للفيرس بحامض النيتروز يد ن أ٢ أو نيتريت الصوديوم بتركيز اجزيئى فى درجة حموضه pH ٤,٢ 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 طفره وأصبحت هذه السلاله تحدث بقع ميته على النبات والتى لم تحدثها السلاله الأصليه.