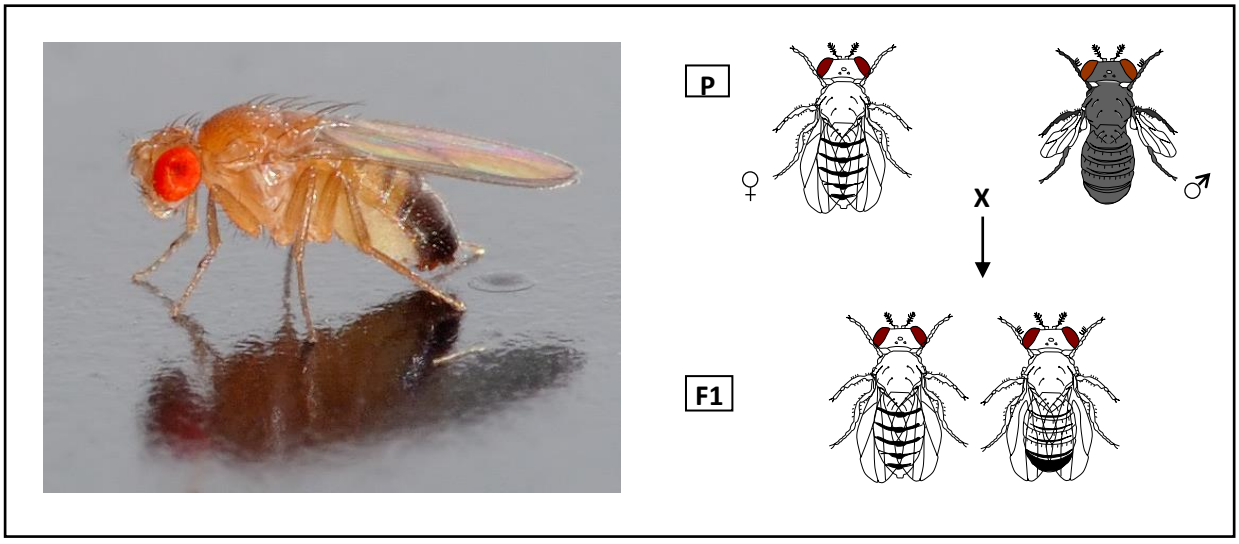
علوم الحياة و الأرض

الوحدة الثالثة : نقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي - علم الوراثة البشرية

الفصل 2 : القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية عند الكائنات الثنائية الصيغة الصبغية



السنة الدراسية 2014/2015

القسم : ثانية باك علوم الحياة والأرض والعلوم الفيزيائية و العلوم الرياضية

تمهيد

إذا كان التوالد اللاجنسي يؤدي إلى تكون أبناء يشبهون الآباء في كل الصفات الوراثية، فإن التوالد الجنسي يمكن من ظهور أبناء يشبهون جزئيا الآباء بل و يتوفرون أحيانا على صفات وراثية كانت موجودة عند الأجداد و لم تظهر عند الآباء .

يعتبر العالم الألماني Gregore MENDEL مؤسس علم الوراثة، حيث تمكن من خلال تجاربه على نبات الجلبان من وضع القوانين الأساسية لانتقال الصفات الوراثية.

- فما هي المنهجية المتبعة في دراسة انتقال الصفات الوراثية؟
- ما هي القوانين المنظمة لانتقال هاته الصفات؟ وما تأويلها الصبغي؟

فهرس

I- منهجية الدراسة

1- اختيار المادة البيولوجية

2- مفاهيم أساسية

II- الهجونة الأحادية

1- حالة السيادة التامة

أ- تجارب ماندل

ب- تطبيق : التزاوج الاختباري

ج- حالة المورثة المميتة Gène létal

2- حالة تساوي السيادة

3- حالة مورثة مرتبطة بالجنس

أ- الصبغيات الجنسية

ج- انتقال مورثة مرتبطة بالجنس

III- الهجونة الثنائية Dihybridisme

1- حالة مورثتين مستقلتين

I- منهجية الدراسة

1- اختيار المادة البيولوجية

لفهم كيفية انتقال الصفات الوراثية من جيل لآخر استعمل الباحثون كائنات حية تتميز ببعض الخاصيات من أهمها :

- دورة نمو قصيرة مما يمكن من تتبع الصفات عبر أجيال متعددة و في مدة وجيزة.
- قدرتها على النمو و التكاثر في ظروف مخبرية بسيطة يمكن التحكم فيها.
- أن تكون إنتاجية الإناث كبيرة من حيث عدد أفراد الجيل (200 إلى 300 بيضة عند ذبابة الخل) لإعطاء مصداقية للدراسة.
- سهولة إخضاعها للدراسات الوراثية: توفرها على صيغة صبغية بسيطة، وجود صبغيات ضخمة ...

و قد توفرت هذه الشروط في بعض الكائنات النموذجية التي استعملت في علم الوراثة و أهمها: ذبابة الخل، الفئران، بعض النباتات كالجلبانة.

2- مفاهيم أساسية

- يتميز كل كائن حي بمجموعة من الصفات تميزه عن الكائنات الأخرى، و كل صفة تتحكم فيها مورثة معينة توجد على شكل عدة حليلات، نرمز لكل حليل بإحدى الحروف اللاتينية.
- عند الكائنات 2n يحتل حليلا مورثة معينة (متشابهان أو مختلفان) نفس الموقع على صبغيين متماثلين، حيث يكون أحد الصبغيين من أصل أبوي و الآخر من أصل أمومي.
- إذا كانت مورثة معينة ممثلة عند كائن 2n بنسختين متماثلتين من نفس الحليل نقول إن هذا الكائن الحي متشابه الاقتران homozygote بالنسبة لهاته المورثة، في المقابل نتكلم عن كائن مختلف الاقتران Hétérozygote إذا كانت المورثة ممثلة بحليلين مختلفين.
- النمط الوراثي Génotype : مجموع الحليلات المسؤولة عن مظهر خارجي معين.

• إذا كان الحليلان متشابهان نقول أن هناك تشابه الإقتران : A // A • إذا كان الحليلان مختلفان نقول أن هناك اختلاف الإقتران : A // a

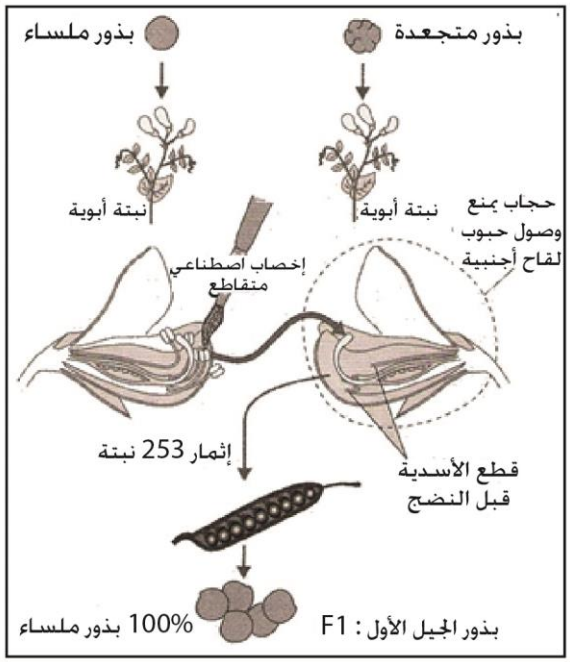
- المظهر الخارجي Phénotype : هو الصفة الظاهرة (و أيضا خصائصه الشراحية و الفيزيولوجية) والناجمة عن تعبير مورثة معينة ونرمز له بـ [ ] مثال لون الفرو رمادي عند الفأر [G] أو لون الفرو أبيض [B].
- الهجين Hybridant : فرد ناتج عن التزاوج بين أبوين من سلالتين مختلفتين من حيث المظهر الخارجي لصفة معينة، نرمز للتزاوج بـ × بينما نرمز للآباء بـ P، و نرمز للأجيال الناجمة عن التزاوجات بـ F (F1 الجيل الأول ، F2 الجيل الثاني ...) F من filiation.
- إنجاز التزاوجات : تتم التزاوجات بين أفراد نفس النوع، تختلف فيما بينها في صفة وراثية أو أكثر مع الحرص أن يكون الآباء من سلالة نقية.
- السلالة النقية : تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة عندما تنتقل إلى الخلف دون تغير عبر عدة أجيال.

II- الهجونة الأحادية (دراسة صفة واحدة)

1- حالة السيادة التامة

أ- تجارب ماندل

وثيقة 1



زرع ماندل سلالتين نقيتين من الجلبانة تختلفان في صفة واحدة هي : شكل البذرة. السلالة الأولى تُنْتِجُ بذورا ملساء (Lisses) و السلالة الثانية تُنْتِجُ بذورا متجعدة (Ridées). و لضمان الإخصاب المتبادل قام ماندل بقطع الأسدية (Etamines) قبل نضجها في الأزهار. ينتج عن التزاوج الأول أفراد الجيل الأول F1 (أنظر الشكل جانبه).

1- ما هي الصفة و المظاهر الخارجية المدروسة ؟

2- ما هي المورثة و الحليلات المدروسة ؟

3- ماذا تلاحظ بخصوص المظهر الخارجي لـ F1 ؟ قارنه بالمظهر الخارجي للأبوين.

4- علما أن الأفراد من سلالة نقية يكونون متشابهي الإقتران بالنسبة للصفة المدروسة. إعط النمط الوراثي لأبوي F1.

5- إستنتج النمط الوراثي للأمشاج التي ينتجها كل أب، ثم النمط الوراثي لأفراد الجيل F1.

6- ماذا تستنتج بخصوص الحليل المسؤول عن الشكل المتجعد للبذور.

بعد ذلك قام ماندل بزرع بذور الجيل F1 و تركها تُخَصَّبُ ذاتيا فحصل على جيل ثاني F2 يتكون من : 5474 بذرة ملساء ، و 1850 بذرة متجعدة.

7- أحسب النسب المائوية لأفراد F2 و قارنها بالنسب ¾ و ¼ .

8- إعط التفسير الصبغي للتزاوج الأول و التزاوج الثاني.

1- الصفة المدروسة: شكل البذور

- المظاهر الخارجية: - بذور ملساء - بذور متجعدة

2- المورثة المسؤولة عن شكل البذور

- الحليلات: - الحليل المسؤول عن الشكل الأملس للبذور

- الحليل المسؤول عن الشكل المتجعد للبذور

3- جميع بذور F1 متشابهة من حيث المظهر الخارجي، نقول أن الجيل F1 متجانس، يشبه المظهر الخارجي ل F1 مظهر أحد الأبوين.

القانون الأول لماندل :إذا كان الآباء من سلالة نقية (مظهرين خارجيين متعارضين) فإن الجيل الأول يكون متجانسا.

وصف ماندل المظهر الخارجي شكل أملس **بالسائد Dominant** ويرمز له ب [L] بينما وصف المظهر شكل متجعد بالمتنحي recessif ويرمز له ب [r].

ملحوظة: نرمز للحليل السائد بحرف كبير Majuscule أما المتنحي فنرمز له بحرف صغير minuscule.

4- النمط الوراثي للأب [L]: $\frac{L}{L}$ ، النمط الوراثي للأب [r]: $\frac{r}{r}$

5- النمط الوراثي للأمشاج التي ينتجها الأب [L] هي : $\underline{L}$ (100%)

النمط الوراثي للأمشاج التي ينتجها الأب [r] هي : $\underline{r}$ (100%)

بما أن الجيل F1 ينتج عن إخصاب بين أمشاج [L] و [r] فإن نمطها الوراثي هو $\frac{L}{r}$ (100%)

6- بما أن الجيل F1 يتوفر على الحليلين L و r ، و بما أن الحليل r لم يتم التعبير عنه بوجود الحليل L فإن الحليل r **متنحي récessif** (بينما L فهو **سائد Dominant**).

7-

$$[L]\% = \frac{5474}{5474+1850} \times 100 = 75{,}6\% \approx \frac{3}{4}$$

التفسير الصبغي للتزاوج الأول		التفسير الصبغي للتزاوج الثاني	
$\frac{L}{L}$ [L]	x	$\frac{L}{r}$ [L]	x $\frac{L}{r}$ [L]
100% $\underline{L}$		50% $\underline{L}$	50% $\underline{r}$
		50% $\underline{L}$	50% $\underline{r}$
شبكة التزاوج		شبكة التزاوج	
x	$\underline{L}$	x	$\underline{r}$
$\underline{r}$		$\underline{r}$	

$$[r]\% = \frac{1850}{5474+1850} \times 100 = 24{,}3\% \approx \frac{1}{4}$$

8- التفسير الصبغي

$\frac{L}{L}$ [L]	$\frac{L}{r}$ [L]	$\frac{L}{L}$	$\frac{L}{r}$ [L] 100%	
$\frac{L}{r}$ [L]	$\frac{r}{r}$ [r]			

النسب النظرية توافق النسب التجريبية.

خلاصة

- إذا كان الجيل F1 متجانس والأبوين لهما مظهرين خارجيين متعارضين فإن الآباء من سلالة نقية. (القانون الأول لماندل).
- لا يتم تعبير الحليل المتنحي إلا في حالة تشابه الإقتران.
- في حالة السيادة التامة يعطي تزاوج هجينين : [D] سائد ¾ و [r] متنحي ¼

- **القانون الثاني لماندل : نقاوة الأمشاج (افتراق الحليلات).**

تحتوي الأمشاج على نسخة واحدة من كل حليل، لأنه خلال الانقسام الاختزالي يتم افتراق الصبغيات المتماثلة و بالتالي افتراق الحليلات. نقول أن **الأمشاج نقية (القانون الثاني لماندل).**

ب- تطبيق : التزاوج الاختباري

1- يتعلق ال

وثيقة 2

نزاوج ذبابة خل ذات جسم رمادي بذبابة خل ذات جسم أسود. فنحصل على جيل F1 مكون من ذباب ذي جسم رمادي.
استعمل N أو n لتمثيل الحليل المسؤول عن اللون الأسود و G أو g لتمثيل الحليل المسؤول عن اللون الرمادي.
1- ماذا تستنتج من تحليل نتائج التزاوج.
بعد ذلك نقوم بتزاوج بين أفراد F1 فنحصل على جيل F2 مكون من 1050 ذبابة ذات جسم أسود و 3450 ذات جسم رمادي.
2- حول النتائج المحصل عليها في F2 إلى نسب مائوية.
3- إعط التفسير الصبغي لانتقال صفة لون الجسم عند ذبابة الخل.
4- ما هو النمط الوراثي لذبابة خل ذات جسم أسود تم انتقاؤها بالصدفة من F2؟
5- ما هو النمط الوراثي لذبابة خل ذات جسم رمادي تم انتقاؤها بالصدفة من F2 ؟
6- اقترح طريقة للتأكد من النمط الوراثي لهذه الذبابة الرمادية. فسر جوابك.

أمر بالهجونة الأحادية (دراسة صفة واحدة).

- بما أن الجيل F1 متجانس فإن الآباء من سلالتين نقيتين حسب القانون الأول لماندل (للآباء مظهرين خارجيين مختلفين).
- بما أن المظهر الخارجي هو الرمادي يعني أنه لم يتم تعبير الحليل المسؤول عن اللون الأسود، نستنتج إذن أن الصفة السائدة هي اللون الرمادي [G] والصفة المتنحية هي اللون الأسود [n].

2-

$$[G]\% = \frac{3450}{3450+1050} \times 100 \approx \frac{3}{4} \qquad [n]\% = \frac{1050}{3450+1050} \times 100 \approx \frac{1}{4}$$

3- التفسير الصبغي

النسب النظرية توافق النسب التجريبية.

4- النمط الوراثي الممكن لذبابة ذات جسم أسود أخذت عشوائيا من F2 هو : $\frac{n}{n}$

5- النمط الوراثي الممكن لذبابة ذات جسم رمادي أخذت عشوائيا من F2 هو : $\frac{G}{G}$ أو $\frac{G}{n}$

6- للتأكد من النمط الوراثي للذبابة الرمادية نقوم بتزاوج اختباري، بين الذبابة المجهولة النمط الوراثي و ذبابة ذات مظهر خارجي متنحي.

التفسير الصبغي للتزاوج الأول		التفسير الصبغي للتزاوج الثاني		
$\frac{n}{n}$ [n] x $\frac{G}{G}$ [G]		$\frac{G}{n}$ [G] x $\frac{G}{n}$ [G]		
100% n 100% G		50% G 50% n 50% G 50% n		
شبكة التزاوج		شبكة التزاوج		
x	n	x	G	n
G	$\frac{G}{n}$ [G] 100%	G	$\frac{G}{G}$ [G]	$\frac{G}{n}$ [G]
		n	$\frac{G}{n}$ [G]	$\frac{n}{n}$ [n]

الحالة الأولى : يعطى هذا التزاوج 100% ذباب رمادي	**الحالة الثانية** : يعطى هذا التزاوج 50% ذباب رمادي و 50%
$\frac{G}{G}[G]\frac{n}{n}[n]$ x 100% $\frac{n}{}$ 100% $\frac{G}{}$	$\frac{G}{n}[G]\frac{n}{n}[n]$ x 100% $\frac{n}{}$ 50% $\frac{G}{}$ 50% $\frac{n}{}$

شبكة التزاوج

x	$\frac{G}{}$
$\frac{n}{}$	$\frac{G}{n}[G]$ 100%

الفرد المدروس يعطى نمط واحد من الأمشاج إذن نمطه الوراثي هو $\frac{G}{G}$

شبكة التزاوج

x	$\frac{G}{}$	$\frac{n}{}$
$\frac{n}{}$	$\frac{G}{n}[G]$	$\frac{n}{n}[n]$

الفرد المدروس يعطى نمطين من الأمشاج إذن نمطه الوراثي هو $\frac{G}{n}$

خلاصة

في حالة سيادة حليل على آخر يتم تحديد النمط الوراثي للأفراد ذوي المظهر الخارجي السائد بإنجاز تزاوج اختباري: يتم بين فرد ذو مظهر خارجي سائد (نمطه الوراثي غير معروف) مع فرد ذو مظهر خارجي متنحي.
إذا كان الفرد المتنحي هو أحد الآباء ينعت التزاوج الاختباري **بالتزاوج الرجعي back-cross**.

ج- حالة المورثة المميتة Gène létal

وثيقة 3 نزاوج فأرين صفراوين فنحصل في الجيل F1 على فئران صفراء بنسبة2/3 و فئران رمادية بنسبة 1/3.
1- حدد الصفة السائدة و الصفة المتنحية؟
2- ما هو النمط الوراثي للآباء؟
3- أعط التفسير الصبغي لهذه النتائج.
استعمل N أو n للتعبير عن اللون الأسود و J أو j للتعبير عن اللون الأصفر.

1- تعليل 1 : بما أن F1 غير متجانس فإن أحد الأبوين على الأقل ليس من سلالة نقية (هجين). وبما أن كلا الأبوين صفراوين فهذا يعني أن الحليل المسؤول عن اللون الأصفر هو الذي تم تعبيره وبالتالي هو السائد [J].
تعليل 2 : ظهور فئران رمادية في الجيل F1 يعني أنها ورثت الحليل المسؤول عن اللون الرمادي من أحد الأبوين. وبما أن كلا الأبوين صفراوين فهذا يعني أنه لم يتم تعبير الحليل الرمادي عندهما وبالتالي الحليل المسؤول عن اللون الرمادي هو المتنحي [g].

2- بما أن الفئران الرمادية متشابهة الاقتران $\frac{g}{g}$ فهذا يعني أنها حصلت على كل حليل من أحد الأبوين [J]، و بالتالي فالنمط الوراثي للآباء هو: $\frac{J}{g}$

3- التفسير الصبغي
النتائج النظرية: $[J]\frac{3}{4}$، $[g]\frac{1}{4}$
النتائج التجريبية: $[J]\frac{2}{3}$، $[g]\frac{1}{3}$

نلاحظ عدم تطابق النتائج النظرية و التجريبية. باعتبار الحالة $\frac{J}{J}$ **مميتة فإن النتائج النظرية تصبح مطابقة للنتائج التجريبية.** يمكن تفسير هذه الحالة بكون الحليل J يصبح مميتا في حالة تشابه الاقتران $\frac{J}{J}$. لا وجود في الطبيعة لفئران صفراء من سلالة نقية.

خلاصة : في حالة مورثة مميتة، يعطي تزاوج هجينين: $[D]\frac{2}{3}$، $[r]\frac{1}{3}$

التفسير الصبغي للتزاوج الثاني

$\frac{J}{g}$ [J] x $\frac{J}{g}$ [J]

50% J 50% g 50% J 50% g

شبكة التزاوج

x	J	g
J	~~$\frac{J}{J}$ [J]~~	$\frac{J}{n}$ [J]
g	$\frac{J}{g}$ [J]	$\frac{g}{g}$ [g]

2- حالة تساوي السيادة

وثيقة 4 نزاوج بين نبتتين من شب الليل. إحداها أزهارها بيضاء و الأخرى أزهارها حمراء. نحصل في F1 على نبتات كلها بأزهار وردية.

1- ماذا تستنتج من التزاوج الأول ؟

يعطي التزاوج بين أفراد F1 جيلا F2 يتكون من : 32 نبتة ذات أزهار بيضاء, 34 ذات أزهار حمراء و 68 ذات أزهار وردية.

2- إعط التفسير الصبغي لانتقال صفة لون الأزهار لدى نبات شب الليل.

1- بما أن أفراد الجيل F1 متجانسة فإن الأبوين (لهما مظهرين خارجيين مختلفين) من سلالة نقية حسب القانون الأول لماندل.

- المظهر الخارجي لـ F1 وردي، لا يشبه أحد الأبوين، بل هو وسيط بين الأحمر و الأبيض. نتكلم عن تساوي السيادة بين الحليلين **Codominance**.أي أن لهما نفس قدرة التعبير.

- نرمز للمظاهر الخارجية كالتالي: اللون الأبيض [B] ، اللون الأحمر [R] ، اللون الوسيط [RB] ،

2- في الجيل F2 نجد ثلاث أصناف من المظاهر الخارجية: 2/4 وردية و 1/4 بيضاء و 1/4حمراء.

2/4 وردية و 1/4 بيضاء و 1/4حمراء، إذن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية.

خلاصة :

- انطلاقا من حليلين يمكن الحصول على 3 مظاهر خارجية.
- المظاهر الخارجية تعكس النمط الوراثي. $\frac{R}{R}$ [R]، $\frac{B}{B}$ [B]، $\frac{R}{B}$ [RB]
- المظهر الخارجي الوسيط يكون هجينا بينما المظهرين الآخرين من سلالة نقية.
- يعطي تزاوج هجينين ثلاث أصناف من المظاهر الخارجية: 1/4[R]، 2/4 [RB] ، 1/4 [B].

3- حالة موروثة مرتبطة بالجنس

أ- الصبغيات الجنسية

وثيقة 5

في الحالات ا
الذكر و صف
بالجنس أي ه
إن المورثات ا
بحليل واحـ
عند الذكور
المورثات الحم
فانتقالها م
المورثات مح
بالنسبة لـ

التفسير الصبغي للتزاوج الأول		التفسير الصبغي للتزاوج الثاني		
$\frac{R}{R}$ [R] x $\frac{B}{B}$ [B]		$\frac{R}{B}$ [RB] x $\frac{R}{B}$ [RB]		
100% R ، 100% B		50% R، 50% B ، 50% R، 50% B		
شبكة التزاوج		شبكة التزاوج		
x	B	x	R	B
R	$\frac{R}{B}$ [RB] 100%	R	$\frac{R}{R}$ [RR]	$\frac{R}{B}$ [RB]
		B	$\frac{R}{B}$ [RB]	$\frac{B}{B}$ [BB]

ب- الجنس تحديد

وثيقة 6 ماهي الصبغية لذبابة الخل؟

الخريطة الصبغية لذبابة الخل بسيطة. فهي كائنات ثنائية الصيغة الصبغية و عدد صبغياتها 8 (2n=8).

الصيغة الصبغية عند أنثي ذبابة الخل : 3AA + XX

الصيغة الصبغية عند ذكر ذبابة الخل : 3AA + XY

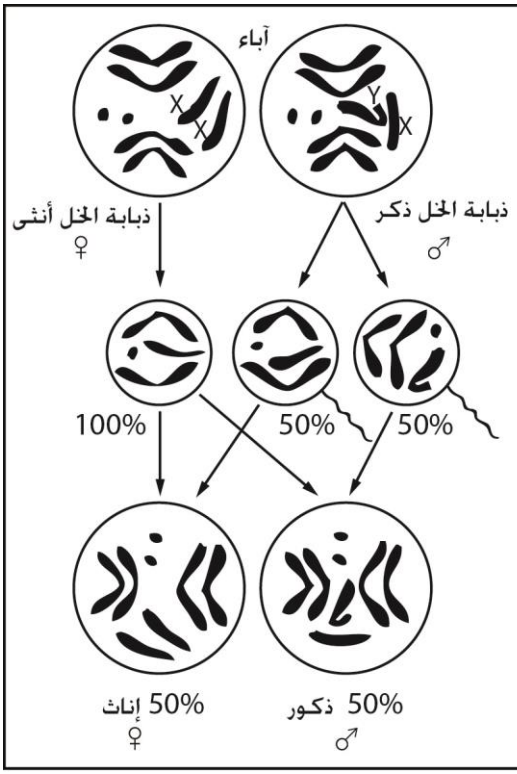
تكون أنثى ذبابة الخل متشابهة الأمشاج. لكونها تعطي نوعا واحدا من الأمشاج: 3A+X

أما الذكر فيكون مختلف الأمشاج. لكونه يعطي نوعين من الأمشاج: 3A+X و 3A+Y

عند الثدييات و عدد كبير من الحشرات الذكر هو الذي يحدد الجنس بينما عند عدد من الحيوانات الأخرى (خصوصا الفراشات و بعض الطيور و الأسماك) فإن الأنثى هي التي تكون متغايرة الأمشاج وبالتالي هي التي تحدد الجنس.

بعض الكائنات	الصبغيات الجنسية	الأمشاج	
1- عند كل الثدييات وعدد كبير من الحشرات	الذكر متغاير الأمشاج : XY	50% X	50% Y
	الأنثى متشابهة الأمشاج : XX	100% X	
2- عند الفراشات و بعض الطيور و الأسماك	الذكر متشابه الأمشاج : ZZ	100% Z	
	الأنثى متغايرة الأمشاج : ZW	50% Z	50% W
3- عند الدجاج	تحمل الأنثى صبغيا جنسيا واحدا: Z	50% 0	50% Z
	الذكر متشابه الأمشاج : ZZ	100% Z	

ملحوظة : يرمز في الحالتين 2 و 3 إلى الصبغيات الجنسية بـ Z و W عوض X و Y للإشارة إلى أن الأنثى متغايرة الأمشاج.



ج- انتقال صفة مرتبطة بالجنس

وثيقة 7 توجد عند ذبابة الخل صفة طافرة : عيون بيضاء. و صفة متوحشة (عادية) : عيون حمراء. ننجز تزاوجين بين ذبابات الخل من سلالتين نقيتين تختلفان من حيث صفة لون العيون.

- التزاوج الأول: يعطي التزاوج بين ذكر ذي عيون بيضاء و أنثى ذات عيون حمراء جيلا F1 كل أفراده بعيون حمراء.
- التزاوج الثاني: يعطي التزاوج بين ذكر ذي عيون حمراء و أنثى ذات عيون بيضاء جيلا F1 يتكون من: 50% ذباب إناث بعيون حمراء و 50% ذباب ذكور بعيون بيضاء.

استعمل الرمز W^- بالنسبة للحليل المسؤول عن العيون البيضاء و W^+ بالنسبة للحليل المسؤول عن العيون الحمراء.

1- ماذا تستنتج من تحليل و مقارنة نتائج التزاوجين ؟

2- حدد موقع المورثة المسؤولة عن لون العيون.

3- أعط التفسير الصبغي لانتقال صفة لون العيون عند ذبابة الخل.

1▪ التزاوج الأول :

- F1 متجانسة إذن تحقق القانون الأول لماندل.
- الحليل المسؤول عن اللون الأحمر W^+ سائد بينما الحليل المسؤول عن اللون الأبيض W^- متنحي.

▪ التزاوج الثاني

- F1 غير متجانسة رغم أن الآباء من سلالة نقية : **استثناء القانون الأول لماندل.**
- نلاحظ أن الصفة تميز بين الجنسين في F1 : حيث أن للذكور مظهر خارجي مخالف للإناث.
- نلاحظ في التزاوج الثاني أن الذكور ورثوا صفة الأم بينما الإناث ورثن صفة الأب (وراثة متقاطعة).

⬅ نستنتج أن المورثة محمولة على صبغي جنسي.

2- نلاحظ أن صفة لون العيون تظهر عند الذكور و الإناث إذن المورثة محمولة على الصبغي X (الصبغي المشترك بين الذكور و الإناث).

3-

[W+] 100% إذن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية.

خلاصة

المؤشرات التي تدل على أن المورثة مرتبطة بالجنس هي:
- عدم تحقق القانون الأول لماندل (رغم أن الآباء من سلالة نقية فإن F1 غير متجانسة).
- الصفة تميز بين الذكور والإناث في الخلف حيث أن للذكور مظهر خارجي مخالف للإناث.
- يعطى التزاوج العكسي نتائج مختلفة.
- الوراثة المتقاطعة (الذكور يرثون صفة الأم و الإناث يرثن صفة الأب).

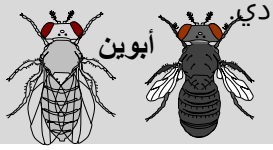
III- الهجونة الثنائية Dihybridisme (دراسة صفتين)

الهجونة الثنائية هي تزاوج بين سلالتين تختلفان من حيث صفتين. و نميز حالتين :
- حالة مورثتين مستقلتين : عندما تكون المورثتان محمولتين على زوجين مختلفين من الصبغيات.
- حالة مورثتين مرتبطتين : عندما تكون المورثتان محمولتين على نفس الزوج من الصبغيات.

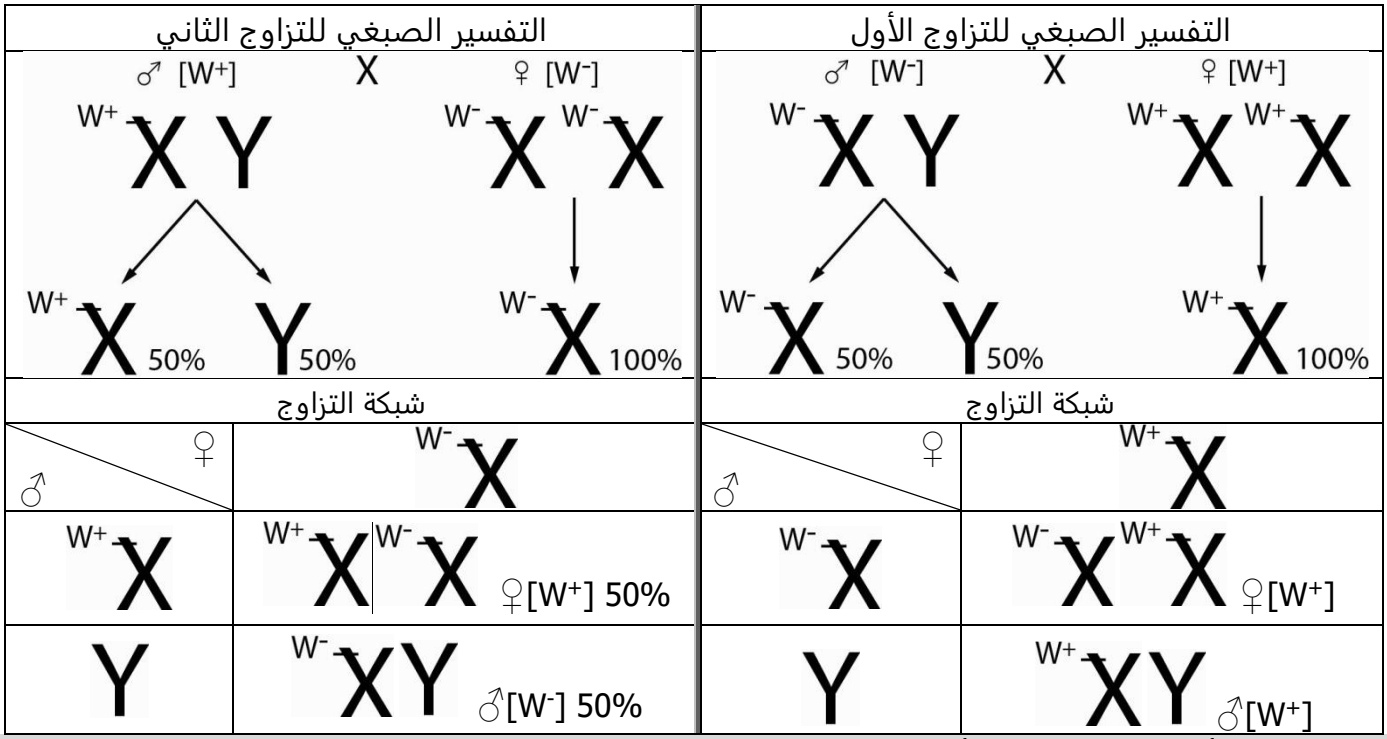
1- حالة مورثتين مستقلتين

تمرين 1

التزاوج الأول : بين ذبابة خل طافرة أجنحتها مختزلة (C أو c) و لونها أسود (N أو n)، و أخرى متوحشة أجنحتها طويلة (L أوا) و لونها رمادي (G أوg). فنحصل على 1F مكون من ذباب خل ذي أجنحة طويلة و جسم رمادي.



التزاوج الثاني : نزاوج الجيل 1F فيما بينه فنحصل على جيل 2F يتكون من :
- 152 ذبابة ذات أجنحة مختزلة و جسم أسود.
- 450 ذبابة ذات أجنحة مختزلة و جسم رمادي.



- 458 ذبابة ذات أجنحة طويلة و جسم أسود.
- 1458 ذبابة ذات أجنحة طويلة و جسم رمادي.

1- ماذا تستنتج من التزاوج الأول ؟

2- حول النتائج المحصل عليها في 2F إلى نسب مئوية. ثم قارنها بالنسب 1/16، 3/16، 3/16، 9/16.

3- كيف تفسر ظهور مظاهر جديدة التركيب في F2 علما أن المورثتين المدروستين محمولتين على صبغيين مختلفين (مورثتين مستقلتين).

4- أعط التفسير الصبغي لانتقال الصفتين المدروستين.

5- نقوم بتزاوج لفرد هجين من 1F مع فرد ثنائي التنحي.

أ- ماذا يسمى هذا التزاوج؟

ب- أعط نتيجة هذا التزاوج.

التفسير الصبغي للتزاوج الأول	التفسير الصبغي للتزاوج الثاني

ج- ما النتيجة المرتقبة لو كانت المورثتان المدروستان محمولتان على نفس الصبغي (مورثتان مرتبطتان) و إذا اعتبرنا أن نسبة حدوث ظاهرة العبور منعدمة (ارتباط مطلق للمورثات)؟

أجوبة

1)- يتعلق الأمر بالهجونة الثنائية.
- بما أن F1 متجانسة فإن الأبوين من سلالة نقية حسب القانون الأول لماندل.
كل أفراد F1 لديهم أجنحة طويلة و جسم رمادي و بالتالي لم يتم تعبير الحليلين المسؤولين عن الأجنحة المختزلة و الجسم الأسود أي أن :
- الحليل المسؤول عن الأجنحة الطويلة سائد [L] على الحليل المسؤول عن الأجنحة المختزلة [c].
- الحليل المسؤول عن اللون الرمادي سائد [G] على الحليل المسؤول عن اللون الأسود [n].

2- النسب المئوية لـ F2 :

$$\%[c,n] = \frac{152}{2518} x100 = 6{,}04\% = 1/16$$

$$\%[c,G] = \frac{450}{2518} x100 = 17{,}87\% = 3/16$$

$$\%[L,n] = \frac{458}{2518} x100 = 18{,}19\% = 3/16$$

$$\%[L,G] = \frac{1458}{2518} x100 = 57{,}9\% = 9/16$$

3- فسر ماندل ظهور مظاهر خارجية جديدة التركيب بحدوث افتراق مستقل و عشوائي للحليلات بفضل ظاهرة التخليط البيصبغي التي تحدث أثناء الانقسام الاختزالي المسؤول عن تشكل الأمشاج، وبالتالي يعطي كل فرد هجين أربعة أنماط من الأمشاج.

القانون الثالث لماندل : أثناء الانقسام الاختزالي يحدث افتراق مستقل و عشوائي للحليلات مما ينتج عنه أمشاج جديدة التركيب و بالتالي مظاهر جديدة التركيب.

4- التفسير الصبغي للتزاوج الأول.

النتائج النظرية مطابقة للنتائج التجريبية.

$\frac{L}{L}\frac{G}{G}[L,G]$ X $\frac{c}{c}\frac{n}{n}[c,n]$

↓ ↓

100% $\underline{L}\ \underline{G}$ 100% $\underline{c}\ \underline{n}$

شبكة التزاوج F1

x	$\underline{L}\ \underline{G}$
$\underline{c}\ \underline{n}$	$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$ 100%

$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$ X $\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$

↓ ↓

25% $\underline{L}\ \underline{G}$ 25% $\underline{c}\ \underline{n}$ 25% $\underline{L}\ \underline{G}$ 25% $\underline{c}\ \underline{n}$

25% $\underline{L}\ \underline{n}$ 25% $\underline{c}\ \underline{G}$ 25% $\underline{L}\ \underline{n}$ 25% $\underline{c}\ \underline{G}$

شبكة التزاوج F2

x	$\underline{L}\ \underline{G}$	$\underline{c}\ \underline{n}$	$\underline{L}\ \underline{n}$	$\underline{c}\ \underline{G}$
$\underline{L}\ \underline{G}$	$\frac{L}{L}\frac{G}{G}[L,G]$	$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$	$\frac{L}{L}\frac{G}{n}[L,G]$	$\frac{L}{c}\frac{G}{G}[L,G]$
$\underline{c}\ \underline{n}$	$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$	$\frac{c}{c}\frac{n}{n}[c,n]$	$\frac{L}{c}\frac{n}{n}[L,n]$	$\frac{c}{c}\frac{G}{n}[c,G]$
$\underline{L}\ \underline{n}$	$\frac{L}{L}\frac{G}{n}[L,G]$	$\frac{L}{c}\frac{n}{n}[L,n]$	$\frac{L}{L}\frac{n}{n}[L,n]$	$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$
$\underline{c}\ \underline{G}$	$\frac{L}{c}\frac{G}{G}[L,G]$	$\frac{c}{c}\frac{G}{n}[c,G]$	$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$	$\frac{c}{c}\frac{G}{G}[c,G]$

4) أ- تزاوج فرد هجين من 1F مع فرد ثنائي التنحي يسمى تزاوج اختباري لأنه يمكن من معرفة العلاقة بين المورثتين (مستقلتين أو مرتبطتين).

ب-

نتيجة التزاوج الاختباري في حالة استقلالية المورثتين

$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$ X $\frac{c}{c}\frac{n}{n}[c,n]$

↓ ↓

25% $\underline{L}\ \underline{G}$ 25% $\underline{c}\ \underline{n}$ 100% $\underline{c}\ \underline{n}$

25% $\underline{L}\ \underline{n}$ 25% $\underline{c}\ \underline{G}$

شبكة التزاوج

x	$\underline{L}\ \underline{G}$	$\underline{c}\ \underline{n}$	$\underline{L}\ \underline{n}$	$\underline{c}\ \underline{G}$
$\underline{c}\ \underline{n}$	$\frac{L}{c}\frac{G}{n}[L,G]$	$\frac{c}{c}\frac{n}{n}[c,n]$	$\frac{L}{c}\frac{n}{n}[L,n]$	$\frac{c}{c}\frac{G}{n}[c,G]$

- نحصل على أربعة مظاهر خارجية بنسب : 1/4، 1/4، 1/4، 1/4.

- نسب المظاهر الخارجية الأبوية تساوي نسب المظاهر الخارجية جديدة التركيب.

ج-

التفسير الصبغي للتزاوج الاختباري في حالة ارتباط المورثتين (دون حدوث

$\frac{L\ G}{c\ n}[L,G]$ X $\frac{c\ n}{c\ n}[c,n]$

↓ ↓

50% $\underline{L\ G}$ 50% $\underline{c\ n}$ 100% $\underline{c\ n}$

شبكة التزاوج

x	$\underline{L\ G}$	$\underline{c\ n}$
$\underline{c\ n}$	$\frac{L\ G}{c\ n}[L,G]$	$\frac{c\ n}{c\ n}[c,n]$

- نحصل على مظهرين خارجيين بنسب : 1/2، 1/2.
- عدم وجود مظاهر خارجية جديدة التركيب (غياب التخليطين البصبغي و الضمصبغي).

خلاصة : في حالة مورثتين مستقلتين :
- يؤدي تزاوج هجناء (ثنائيي الهجونة) فيما بينهم إلى الحصول على جيل بالنسب التالية : 1/16، 3/16، 3/16، 9/16.
- يعطي التزاوج الاختباري لفرد هجين (ثنائي الهجونة) بفرد ثنائي التنحي إلى الحصول على مظاهر خارجية بنسب : 1/4، 1/4، 1/4، 1/4 حيث تكون نسبة المظاهر الأبوية = نسبة المظاهر الجديدة التركيب(1/2، 1/2).
- الظاهرة المسؤولة عن تنوع الأمشاج هي التخليط البيصبغي.
- يتحقق القانون الثالث لماندل.
- يمكن دراسة كل صفة على حدة (مثال : سلسلة تمارين).

1- حالة مورثتين مرتبطتين

تمرين 2

التزاوج الأول: تم بين سلالة ذات زهور بنفسجية (V أو v) و حبوب لقاح طويلة (L أو l) بسلالة ذات زهور حمراء (R أو r) و حبوب لقاح كروية (G أو g). فتم الحصول في 1F على نباتات ذات زهور بنفسجية و حبوب لقاح طويلة.

1- ماذا تستخلص من هذا التزاوج؟

التزاوج الثاني: نزاوج أحد هجناء 1F مع سلالة ذات زهور حمراء و حبوب لقاح كروية فنحصل في 2F على :
- 284 نبتة ذات زهور بنفسجية و حبوب لقاح طويلة.
- 21 ذات زهور بنفسجية و حبوب لقاح كروية.
- 21 ذات زهور حمراء و حبوب لقاح طويلة.
- 255 ذات زهور حمراء و حبوب لقاح كروية.

2- بماذا ينعت التزاوج الثاني؟ علل إجابتك.
3- حدد نسب المظاهر الخارجية. ماذا تستنتج؟
4- كيف تفسر وجود أفراد ذات تركيبات حليلية جديدة؟
5- أعط التفسير الصبغي للتزاوج الثاني.
6- ما النتيجة المرتقبة لو كانت المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطا مطلقا (غياب العبور)؟

أجوبة

1)- يتعلق الأمر بالهجونة الثنائية.
- بما أن F1 متجانسة فإن الأبوين من سلالة نقية حسب القانون الأول لماندل.
- الحليل المسؤول عن اللون البنفسجي سائد [V] على الحليل المسؤول عن اللون الأحمر [r].
- الحليل المسؤول عن حبوب اللقاح الطويلة سائد [L] على الحليل المسؤول عن حبوب اللقاح الكروية [g].

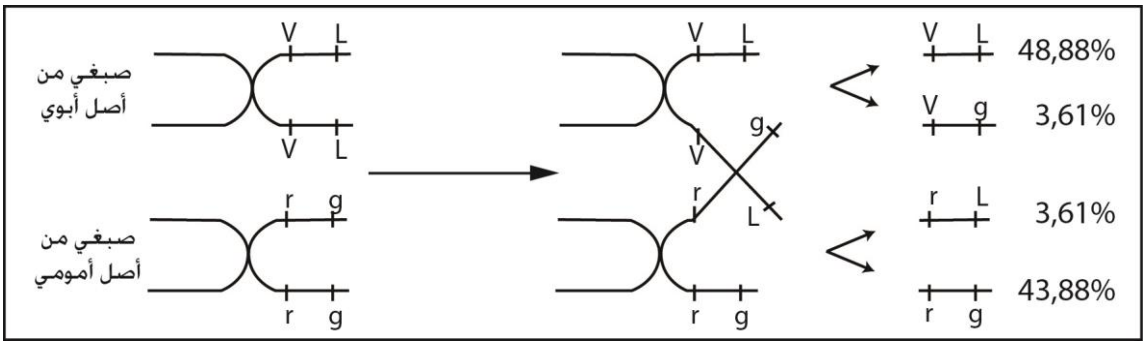
2- ينعت هذا التزاوج بالتزاوج الاختباري لأنه يتم بين فرد هجين مع فرد ثنائي التنحي حيث يمكن من معرفة العلاقة بين المورثتين (مستقلتين أو مرتبطتين).

3- نسب المظاهر الخارجية

$$\%[V,L]=\frac{284x100}{581}=48,88\%\ \text{و}\ \%[r,g]=\frac{255x100}{581}=43,88\%\ \text{و}\ \%[V,g]=\frac{21x100}{581}=3,61\%\ \text{و}\ \%[r,L]=\frac{21x100}{581}=3,61\%$$

أعطى التزاوج الاختباري أربع مظاهر خارجية بحيث أن نسبة المظاهر الأبوية كبيرة جدا مقارنة مع نسبة المظاهر جديدة التركيب. كما أن هذه النسب تخالف 1/4، 1/4، 1/4، 1/4، إذن المورثتين غير مستقلتين أي مرتبطتين.

4- نفسر ظهور مظاهر جديدة التركيب بإنتاج أمشاج ذات تركيبات حليلية جدية ناتجة عن ظاهرة العبور.



-5

التفسير الصبغي للتزاوج الثاني

$\frac{VL}{rg}[V,L]$ **X** $\frac{rg}{rg}[r,g]$

48,88% $\frac{V\ L}{}$ 43,88% $\frac{r\ g}{}$ 100% $\frac{r\ g}{}$

3,61% $\frac{V\ g}{}$ 3,61% $\frac{r\ L}{}$

شبكة التزاوج

x	48,88% $\frac{V\ L}{}$	43,88% $\frac{r\ g}{}$	3,61% $\frac{V\ g}{}$	3,61% $\frac{r\ L}{}$
100% $\frac{r\ g}{}$	$\frac{\mathbf{VL}}{\mathbf{rg}}[\mathbf{V,L}]$	$\frac{\mathbf{rg}}{\mathbf{rg}}[\mathbf{r,g}]$	$\frac{\mathbf{Vg}}{\mathbf{rg}}[\mathbf{V,g}]$	$\frac{\mathbf{rL}}{\mathbf{rg}}[\mathbf{r,L}]$

$\%[V,L] = 48,88\%$
$\%[r,L] = 3,61\%$
$\%[r,g] = 43,88\%$
النتائج النظرية مطابقة للتجريبية.

-6

نتيجة التزاوج الاختباري في حالة الارتباط المطلق للمورثتين (دون عبور)

$\frac{VL}{rg}[V,L]$ **X** $\frac{rg}{rg}[r,g]$

50% $\frac{V\ L}{}$ 50% $\frac{r\ g}{}$ 100% $\frac{r\ g}{}$

شبكة التزاوج

x	$\frac{V\ L}{}$	$\frac{r\ g}{}$
$\frac{r\ g}{}$	$\frac{\mathbf{VL}}{\mathbf{rg}}$[V, L]	$\frac{\mathbf{rg}}{\mathbf{rg}}$[r, g]

نحصل على مظهرين خارجيين أبويين : 50% [V, L] و 50% [r, g]

خلاصة : في حالة مورثتين مرتبطتين :

* ارتباط مطلق :
  - لا يتحقق القانون الثالث لماندل.
  - يعطي التزاوج الاختباري لفرد هجين (ثنائي الهجونة) بفرد ثنائي التنحي مظهرين خارجيين أبويين بنسب 1/2 و 1/2.
  - لا تحدث ظاهرتي العبور (تخليط ضمصبغي) و التخليط البيصبغي.
* ارتباط نسبي :
  - لا يتحقق القانون الثالث لماندل.
  - يعطي التزاوج الاختباري لفرد هجين (ثنائي الهجونة) بفرد ثنائي التنحي 4 مظاهر خارجية بحيث تكون المظاهر الأبوية أكبر بكثير من المظاهر الجديدة التركيب.
  - الظاهرة المسؤولة عن المظاهر الجديدة التركيب (تنوع الأمشاج) هي العبور (تخليط ضمصبغي).

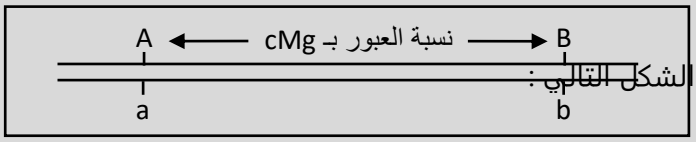
حساب المسافة بين مورثتين مرتبطتين

انطلاقا من دراسة انتقال عدة مورثات مرتبطة، لاحظ Morgan أن نسبة التركيبات الجديدة تكون ثابتة تقريبا و أن هذه النسبة تختلف من زوج مورثات لآخر. استنتج Morgan من الملاحظة الأولى أن كل مورثة تحتل على الصبغي موقعا معينا و ثابتا. و لتفسير الملاحظة الثانية قدم الفكرة التالية : بما أن نسبة التركيبات الجديدة تعبر عن تردد (نسبة) حدوث العبور، و أن هذا التردد يكون كبيرا كلما كانت المورثتان متباعدتين، و يكون ضعيفا كلما كانت المورثتان متقاربتين، و منه يمكن استعمال نسبة حدوث العبور للتعبير عن المسافة بين مورثتين.

$$\text{النسبة المئوية للعبور} = \frac{\text{عدد الأفراد ذوي التركيبات الجديدة}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد}} \times 100$$

وقد استعمل Sturtevant (أحد طلبة مورغان) وحدة لقياس المسافة بين المورثات سماها وحدة cMg : cMg 1 = 1% من نسبة التركيبات الجديدة نسبة حدوث العبور).

نمثل المسافة بين مورثتين على شكل خريطة عاملية كما يوضح الشكل التالي :



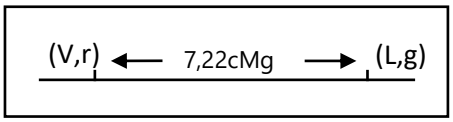
سؤال : أحسب المسافة بين المورثتين في التمرين 1 و 2 ثم أنجز الخريطة العاملية.

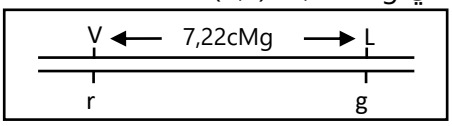
- لا يمكن حساب المسافة بين المورثتين في حالة مورثتين مستقلتين.

- في حالة مورثتين مرتبطتين نحسب المسافة بينهما كالتالي :

نسبة المظاهر جديدة التركيب هي 3,61 + 3,61 = 7,22% إذن المسافة بين المورثتين هي d(V,L)=7,22cMg.

الخريطة العاملية :





تمرين 3

زاوج Morgan بين سلالة متوحشة [G.R.L] من ذبابة الخل بسلالة تظهر ثلاث طفرات متنحية:
- جسم أسود (n) عوض جسم رمادي (G).
- عيون أرجوانية (p) عوض عيون حمراء (R).
- أجنحة مشوهة (e) عوض أجنحة طويلة (L).

توجد المورثات المسؤولة عن هذه الصفات على نفس الصبغي. نتج عن هذا التزاوج جيلا 1F متوحشا.
نتج عن التزاوج الإختباري بين إناث هجينة 1F و ذكور ثلاثية التنحي مايلي:
سؤال: ضع الخريطة العاملية للمورثات المدروسة.

المظاهر الخارجية بـ F2		عدد الفراد
تركيبات الوالدين	[G, R, L]	8711
	[n, p, e]	8597
تركيبات جديدة	[G, R, e]	881
	[n, p, L]	946
	[G, p, e]	706
	[n, R, L]	731
	[G, p, L]	64
	[n, R, e]	52
المجموع		**20 688**

- نحسب المسافة بين المورثة المسؤولة عن لون الجسم و المورثة المسؤولة عن لون العيون.
المظاهر الأبوية بالنسبة للصفتين المدروستين هي [G, R] و [n, p]

المظاهر جديدة التركيب بالنسبة لهاتين المورثتين هي : [n, R] و [G, p]

نسبة المظاهر جديدة التركيب هي : 7,51%=100/20688*(706+731+64+52) إذن d(G,R)=7,51cMg

- نحسب المسافة بين المورثة المسؤولة عن لون الجسم و المورثة المسؤولة عن شكل الأجنحة.

المظاهر الأبوية بالنسبة للصفتين المدروستين هي [G, L] و [n, e]

المظاهر جديدة التركيب بالنسبة لهاتين المورثتين هي : [n, L] و [G, e]

نسبة المظاهر جديدة التركيب هي : 15,86%=100/20688*(881+946+706+731) إذن d(G,L)= 15,86cMg

- نحسب المسافة بين المورثة المسؤولة عن لون العيون و المورثة المسؤولة عن شكل الأجنحة.

المظاهر الأبوية بالنسبة للصفتين المدروستين هي [R, L] و [p, e]

المظاهر جديدة التركيب بالنسبة لهاتين المورثتين هي : [p, L] و [R, e]

نسبة المظاهر جديدة التركيب هي : 9,39%=100/20688*(881+946+64+52) إذن d(R,L)= 9,39cMg