

تفاعل المورثات والانحراف عن النسب المندلية

Modified Ratios and Interaction of genes

بالرغم من أن قانوني مندل، للانعزال، والتوزيع الحر قد حرز، التأكد من صحتهما بعد إعادة اكتشافهما مباشرة في عام 1900 إلا أنه من غير المنطقي الاعتقاد أن هذين القانونين ينطبقان عموماً على كل حالات التوارث في الكائنات الحية بل في الحقيقة بدت الوراثة المندلية كما لو كانت هي الاستثناء وأن أغلب حالات التوارث في الكائنات الحية تكون من النوع المزدوج الذي تختلط أو تمتزج فيه خصائص الأبوين الوراثية في النسل و تعطي نسب وراثية لا تتوافق مع النسب المندلية التقليدية مثل 1 : 3 : 3 : 9 في جميع التزاوجات . و سرعان ما اتضح أن كثير من الحالات الوراثية لا تنطبق مع قوانين مندل بل أنها تعطي نتائج مغايرة لها تماماً . بحيث نحصل على نتائج لا يمكن تفسيرها وفقاً لقوانين مندل ، بل يمكن تفسيرها على أساس تداخل زوجين من المورثات غير النظيرة - أحياناً - الأمر الذي يسبب تكوّن النمط الظاهري الذي لا يمكن بحال من الأحوال أن يظهر في حالة انفصال تأثير كل منهما على حدة فقد يقوم مورث ما بإكمال تأثير مورث آخر فتنشأ صفة جديدة . وأحياناً قد يمنع مورث تأثير مورث آخر فلا تظهر الصفة المتوقعة . ففي هذه التداخلات يلاحظ أن النتائج المتوقعة من الانعزالات المندلية البسيطة سوف تتحرف قليلاً أو كثيراً عن النسب الطبيعية للهجونات الثنائية والمتعددة وفي هذا الفصل سوف تعرض بعض الأمثلة لهذه الانحرافات لإيضاح أهمية التفاعل والتدخل الوراثي في حياة الكائنات الحية .

المورثات المتممة : Complementary genes

في الدجاج يلاحظ أن العرف ذا أشكال متعددة : ففي سلالة الوابندوت Wyandottes عرفها مميز ويعرف باسم العرف الوردي (Rose) . وسلالة الليجهورن والبلايموث روك لها عرف مميز يعرف باسم العرف المفرد Single ، وسلالة البراهما Brahmas أو الكورنيش يعرف عرفها باسم العرف البازلائي Pea وسلالة الجودان لها عرف مميز يعرف باسم المزدوج ، أما العرف الجوزي فيوجد في السلالة الماليزية والشانتي كلير وإليك بعض الدراسات عن وراثة شكل العرف عند الدجاج .

1- التزاوج بين أفراد العرف فيها بازلائي مع أفراد ذات عرف مفرد :
كان النسل الناتج F_1 كله بازلائي العرف ، بينما كانت أفراد الجيل الثاني F_2 متوزعة في فئتين الأولى بازلائية والفئة الثانية ذات عرف مفرد أما النسبة الناتجة فكانت بنسبة 3 بازلائي : 1 مفرد .

P : الأباء النمط الظاهري

مفرد $\times$ بازلائي

: التركيب الوراثي

$PP \times pp$

GP : الأعراس

$P \times p$

F1 : التركيب الوراثي : النمط

Pp

الظاهري

بازلائي

GFI : الأعراس

$Pp \times Pp$

F2 : التركيب الوراثي : النمط

$PP, 2Pp, pp$

الظاهري

مفرد ، بازلائي ، بازلائي

1 : 3 النسبة الناتجة

من الحل الوراثي يستنتج أن صفة العرف البازلائي تسود سيادة تامة على العرف المفرد أي أن هاتين الصفتين عبارة عن زوج من الصفات المتفارقة ، أما ظهور النسبة 3 : 1 في الجيل الثاني فتدل على وجود زوج من المورثات يتحكم في الصفتين المتفارتين.

2- التزاوج بين ديوك ذات عرف وردي مع دجاجات ذات عرف مفرد :

فقد كانت أفراد الجيل الأول F_1 كلها وردية العرف ، و بعد التزاوج داخلياً بين أفراد الجيل الأول ظهر الجيل الثاني في فئتين مظهرتين (3 وردي : 1 مفرد) .

الآباء $RR \times rr$

التركيب الوراثي

$RR \times rr$

النمط الظاهري

مفرد وردي

F1

وردي Rr

F2 : التركيب الوراثي

$1RR, 2Rr, 1rr$

النمط الظاهري

1 مفرد ، 3 وردي

يستنتج من التزاوج السابق أن صفة العرف الوردي سائدة سيادة تامة على العرف المفرد والذي يتحكم فيها زوج من المورثات المتفارقة .

وهكذا عندما قام باتيسون وبانيت بدراسة توريث الأشكال المختلفة للعرف لاحظ أن النسل الناتج من تزاوج الأفراد ذات العرف الجوزي بعضها مع بعض تظهر فيها أفراد ذات أعراف وردية وبازلائية ومفردة وجوزية على الشكل التالي :

عرف مفرد	عرف وردي	عرف بازلائي	عرف جوزي
1	3	3	9

وهذه النسبة تدل على وجود زوجين من العوامل الوراثية وليس زوجاً واحداً ، ويستنتج من هذا أن الآباء الداخلة في التلقيح تختلف عن بعضها في زوجين من المورثات. وبذلك فإن أفراد الجيل الأول ذات العرف الجوزي لابد أن تكون خليطاً لزوجين من العوامل الوراثية وتحليل هذه النسبة الناتجة عملياً كالتالي :

1- الأفراد ذات العرف البازلتي كانت نسبتهما في الجيل الثاني 16/3 وبذلك فإن تركيبها الوراثي يحتوي على زوج سائد من المورثات وزوج متنحي من المورثات أي تركيبها الوراثي (πP -) .

2- كذلك لتفسير نفسه بالنسبة للأفراد ذات العرف الوردي ويكون تركيبها الوراثي ($R-PP$) .

3- الأفراد ذات العرف الجوزي ظهرت بنسبة 16/9 ، أي إن هذه الأفراد تحمل الصفات السائدة كما في الهجونة الثنائية . وبالتالي فإن تركيبها الوراثي يحتوي على زوجين من النظائر سائدين أي نظير واحد سائد من كل زوج من زوجي المورثات أي إن تركيبها الوراثي ($R-P$ -) .

4- أما الأفراد التي كانت بنسبة 16/1 فلا بد وأن تكون متجانسة العوامل المتنحية ، وبذلك يكون تركيبها الوراثي هو (πpp) من كل هذا يستنتج أن اجتماع مورث العرف الوردي وإن كان بصورة مفردة مع مورث العرف البازلتي ينتج العرف الجوزي ($R-P$ -) وإن اجتماع مورث العرف الوردي ولو كان بحالة فردية مع مورث العرف البازلتي بصورة متنحية يؤدي إلى عرف وردي والعكس صحيح بالنسبة للعرف البازلتي ، أما اجتماع المورثات المسؤولة عن العرف الوردي والعرف

البازلائي على نحو مُتَّحٍ فيؤدي إلى ظهور العرف المفرد ، أي إن العرف المفرد ناتج من تفاعل زوجين من المورثات لهما علاقة بصفة شكل العرف ، وإليك ذلك وراثياً

بالرموز :
الأباء عرف وردي × عرف بازلائي

$$rrPP \times RRpp$$

التركيب الوراثي :

$$rp \times Rp$$

GP الأعراس :

$$RrPp$$

التركيب الوراثي :

النمط الظاهري :

أفراد ذات عرف جوزي

التركيب الوراثي :

$$RrPp \times RrPp$$

النمط الظاهري :

عرف جوزي × عرف جوزي

" نفس الأعراس من الفرد الثاني " $RP . Rp . rP . rp \times$

نضع الأعراس بشبكة بانيت :

♂ ♀	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP جوزي	RRPp جوزي	RrPP جوزي	RrPp جوزي
Rp	RRPp جوزي	RRpp وردي	RrPp جوزي	Rrpp وردي
rP	RrPP جوزي	RrPp جوزي	rrPP بازلائي	rrPp بازلائي
rp	RrPp جوزي	Rrpp وردي	rrPp بازلائي	rrpp مفرد

النسبة الناتجة :

166 عرف جوزي ، 163 عرف وردي ، 163 عرف بازلائي ، 161 عرف مفرد .

وهنا يمكن الجزم أن وراثة شكل العرف في الدجاج لا تختلف عن الوراثة البسيطة ، وإنما يكمن الاختلاف في طريقة تفاعل المورثات المختلفة بعضها مع بعض ، وكذلك في أن أفراد الجيل الأول لا تشبه أيّاً من الأبوين وفي ظهور صفة جديدة في الجيل الثاني لم تكن موجودة في الجيل الأول أو في الأباء وهي صفة العرف المفرد Single

وبذلك فإن صفة العرف في الدجاج " العرف الجوزي " ناتجة عن تفاعل وتكامل تأثير المورثتين السائدين R و P مع بعضهما البعض أما العرف المفرد فهو ناتج عن تكامل وتفاعل المورثتين المتنحيين (r-p) بعضهما مع بعض .

3- المورثات المكمل والنسبة (9 : 7) في أرناب ريكس :

من المعروف أن الفرد قصير الفراء في أرناب ريكس تسببه ثلاثة مورثات متنحية ، وقد اكتشف هذا النوع من التفاعل عندما قام (Castal) بتزاوج أرناب ريكس ذات الفراء القصير المتسبب من ثلاثة مورثات متنحية مع الأفراد الطبيعية " الفراء الطويل " لوحظت النسبة 3 : 1 أما عندما لقح (Castal) أرناب ريكس بعضها مع البعض الآخر كانت أفراد الجيل الأول كلها طبيعية أي طويلة الفراء ، أما أفراد الجيل الثاني الناتجة من تزاوج أفراد الجيل الأول بعضهما مع البعض الآخر فقد حصل على النسبة المؤلفة من 9 طبيعية : 7 ريكس .

ريكس rrNN × ريكس RRnn
p :
F₁ RrNn مع بعضهما الأول

F1 gam	♂ ♀	RN	Rn	rN	m
F2	RN	RRNN طبيعية	RRNn طبيعية	RrNN طبيعية	RrNn طبيعية
	Rn	RRNn طبيعية	RRnn ريكس	RrNn طبيعية	Rrnn ريكس
	rN	RrNN طبيعية	RrNn طبيعية	rrNN ريكس	rrNn ريكس
	m	RrNn طبيعية	Rrnn ريكس	rrNn ريكس	rrnn ريكس

وبلاحظ أن مجموع الأفراد في الجيل الثاني هو 16/ ويدل هذا على أن أفراد الجيل الأول ناتجة عن هجونة ثنائية Dihybrids ، أي إنه في هذا التزاوج دخل زوجان من الصفات الوراثية بالرغم من تشكل مجموعتين ظاهريتين فقط بدلاً من أربعة أنماط ظاهرية متوقعة في أفراد الجيل الثاني في الهجونة الثنائية .

أما الفرضية التي بنيت من أجل شرح هذا النوع من التكامل والتفاعل الوراثي فهي أنه يوجد مورثان مختلفان لا بد من وجودهما معاً في خلايا الكائن الحي حتى تظهر صفة الفراء الطويل (الطبيعي) في الأرناب .

وتفسير هذه الحالة بأن الفراء الطويل ناتج من سلسلة من التفاعلات الكيميائية بصورة طبيعية تؤدي إلى الفراء الطويل للأرناب وبذلك لا بد من وجود مورث واحد سائد من المورثات السائدة R, N مع بعضهما في خلايا الفرد .

وهكذا فكل مورث من هذين المورثين السائدين ينتج نوعاً معيناً من الأنزيمات الضرورية لإتمام سلسلة التفاعلات الكيميائية ، وغياب هذه الأنزيمات أو غياب واحد منها يؤدي إلى ظهور أرناب ريكس " الصفة المتنحية " ويطلق الباحثون على هذه الظاهرة أيضاً اسم " الجينات المتنحية المكررة " .

4- تكامل أثر المورثات السائدة (1 : 6 : 9) :

أوضح sinnott أن مصدر الطرز المظهرية الجديدة هو التفاعل الوراثي بين زوجين من المورثات والسبب في ذلك وجود مورثين منفصلين عن بعضهما وكل واحد منهما سائد ويكون فعل أو تأثير كل منهما متماثلاً أو متشابهاً على النمط الظاهري Phenotype . ولجتمع هذين المورثين مع بعضهما يؤدي إلى ظهور صفة جديدة في نفس الفرد .

ومثالنا على هذا النوع من التكامل الوراثي : في الخنازير يعد اللون الأحمر سائد سيادة تامة على اللون الأجرى ، أي إن أفراد الجيل الأول F_1 تكون حمراء اللون ، ويتزاوج فرد من الجيل الأول مع الأحمر من النمط الوراثي نفسه تكون النسبة الناتجة في الجيل الثاني 3 : حمراء ، 1 : أجرى . وهذه النسبة تبرهن على وجود زوج واحد من المورثات يتحكم في ~~الزوج~~ الصفات وقد وجد تركيب وراثي آخر للشكل الأجرى $A-bb$ والتركيب الثاني $aaB-$.

آجري × أحمر			الآباء :		
$AABB \times aaBB$			$AABB \times AAbb$		
أحمر $AaBB \times AaBB$			الجيل الأول : أحمر $AABb \times AABb$		
1 $AABB$	2 $AaBB$	1 $aaBB$	1 $AABB$	2 $AABb$	1 $AAbb$
أحمر	أحمر	آجري	أحمر	أحمر	آجري

أما عند التزاوج بين فردين كل منهما آجري اللون فكانت أفراد الجيل الأول كلها حمراء اللون و بالخلط الداخلي لهذه الأفراد فقد نتوقع أن نحصل على النسبة الناتجة السابقة في الجيل الثاني وعند الحصول على أفراد الجيل الثاني تبين أن أفراده تتوزع في ثلاث فئات مظهرية وبالنسب التالية : 9: حمراء 6: آجري 1: أبيض .
وتدل هذه النسب على وجود زوجين من العوامل الوراثية ، من ذلك يستنتج أن اللون الأحمر ذا النسبة 16/9 يحتوي على مورثن سائدين واللون الآجري يحتوي على مورث سائد واحد من التركيب الوراثي 16/6 أما اللون الأبيض ذو النسبة 16/1 يحتوي على مورثن متنحيين وفي حالة متماثلة . والحل الوراثي التالي يبين ذلك :

الأباء : آجري × آجري P : النمط المظهري

التركيب الوراثي : aaBB × AAbb

الأعراس aB Ab

F₁ : التركيب الوراثي AaBb الجيل الأول :

النمط الظاهري أحمر

F₁ × F₁ AaBb × AaBb

GF₁ : AB , Ab , aB , ab , × AB , Ab , aB , ab

نضع الأعراس في شبكة بانيت يتضح التالي :

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB أحمر	AABb أحمر	AaBB أحمر	AaBb أحمر
Ab	AABb أحمر	AAbb آجري	AaBb أحمر	Aabb آجري
aB	AaBB أحمر	AaBb أحمر	aaBB آجري	aaBb آجري
ab	AaBb أحمر	Aabb آجري	aaBb آجري	aabb أبيض

وبذلك يكون الجيل الثاني :

aabb	A-bb	aaB-	A-B-
أبيض	آجري	آجري	أحمر
16\1	16\3	16\3	16\9

16\6

يستنتج من الجدول أن اللون الآجري ذا التركيب الوراثي B- سائد على اللون الأبيض bb ، وكذلك اللون الآجري ذو التركيب الوراثي A- سائد على اللون الأبيض ذي التركيب لورثي aa لتمثل لما وجود لمورثين B,A معاً في تركيب وراثي ولحد فينتج اللون الأحمر.

5- التفوق: Epistasis

لعل ظهور طرز مظهرية جديدة ماهو إلا أحد نماذج التفاعل بين الأزواج المختلفة من المورثات وفي أشكال أخرى من التفاعلات الوراثية يمكن أن تلاحظ حالات تخفي فيها بعض الطرز المظهرية أو قد لا تظهر فيها الطرز المظهرية الجديدة إذ يقوم زوج من المورثات بإخفاء تأثير زوج آخر من المورثات حيث يحول نون إظهاره لثمطه لمظهري الذي يتحكم به ويطلق على هذا التفاعل اسم التفوق Epistasis .

فالمورث الذي منع المورث الآخر من إظهار تأثيره يسمى المورث المتفوق Epistatic بينما يسمى المورث الذي يتمكن من إظهار تأثيره المورث المتفوق عليه Hypostatic ويلاحظ في تفاعلات التفوق أن عدد الأنماط الظاهرية التي تظهر في النسل الناتج من أبوين كلاهما ثنائي الهجين تكون أقل من أربعة .

ثالثاً - التفوق السائد والمنتحي والنسبة (3:13) Doninant inhibitor

إن تأثير التفوق بين زوجين من المورثات يمكن أن يكون أيضاً جامعاً لشكلين من أشكال التفوق بمعنى أنه يمكن لتأثير التفوق أن يظهر عندما يكون أحد المواقع سائداً أو عندما يكون زوج المورثات الآخر متماثلاً المورثات منتحي .

وقد بينت الأبحاث أن سلالة دجاج الليجهورن البيضاء تحمل المورث (C) وأيضاً إلى جانب ذلك تحمل مورث آخر يرمز له (I) وهو متفوق على المورث السائد (C) ويمنعه من إظهار تأثيره أي تكوين اللون في الريش . فمن الوجهة الوراثية تعد سلالة الليجهورن ملونة ولكنها بيضاء نتيجة وجود المورث المتفوق (I) . أي إن التركيب الوراثي (iiCC) و (iiCc) يعطي أفراداً ملونة .

أما سلالة الويندوت والبلايموث روك البيضاء ، فغير ملونتين لأنهما لا تضمان في تركيبهما الوراثي المورث (C) المسؤول عن تشكيل اللون إنتاج اللون (C) ويكون تركيبهما الوراثي (ccii) .

فإذا جرى تزاوج بين سلالة ليجهورن بيضاء مع سلالة واندوت بيضاء فإن أفراد الجيل الأول لن تكون بيضاء نقية ذلك لأن المورث (I) يتفوق على المورث (C) أما عند التزاوج بين أفراد الجيل الأول فنلاحظ ما يلي :

الآباء	ليجهورن أبيض × واندوت أبيض	
P : النمط الظاهري		
	ccii × CCII	
: التركيب الوراثي		
	CcIi	الجيل الأول
: التركيب الوراثي		
: النمط الظاهري	أفراد بيضاء في الغالب	
	9 : I - C ريش أبيض	الجيل الثاني :
13	3 : I - cc ريش أبيض	
	1 : ii - cc ريش أبيض	
3	3 : ii - C ريش ملون	

وبذلك لا يقتصر التفاعل بين المورثات على التفاعل بين زوجين اثنين فقط من أزواج المورثات في موقع وراثي واحد وهذه هي العلاقة بين السيادة والتتحي ، أما في حالة التفوق يحدث التفاعل بين عدد كبير جداً من المورثات (لزوجين أو أكثر من المورثات الأليلية) الموجودة في مواقع وراثية مختلفة.

رابعاً - ظاهرة الارتداد Atavism :

يمكن للتفاعل الوراثي أن يحدث أيضاً بدون تفوق إذا أسهمت كل من النواتج النهائية لسلاسل تفاعل مختلفة في نفس الصفة . ومثالنا على ذلك ظاهرة الرقاد على البيض عند الدجاج : فقد أمكن التغلب عن هذه الظاهرة بإستخدام التفريخ الآلي ، إلا أنه عند التلقيح بين سلالتين مختلفتين فإن غريزة الرقاد على البيض تظهر واضحة عند أفراد الجيل وهذا ما يشير إلى ظهور هذه الغريزة على ما يبدو ناتجاً عن تأثير زوجين من المورثات المكملة وعدم تفوق أي زوج من المورثات على الآخر .