Remove Watermark Now

المحاضرة السادسة

تفاعل المورثات (الفعل الجيني) Gene Interaction

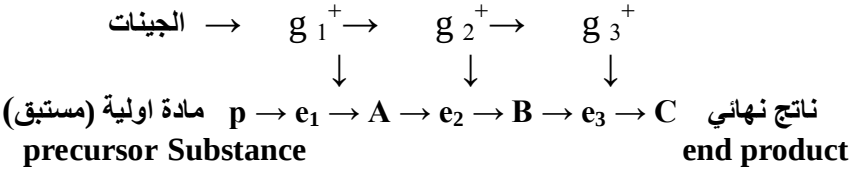
مقدمة :

تعرفنا من خلال دراستنا للوراثة المندلية على السلوك الوراثي لزوج واحد أو زوجين من الجينات فالجين له استقلاليته في الانعزال خلال الانقسام الاختزالي وله القابلية في التعبير عن نفسه من خلال النمط الظاهري الخاص بأشكاله المتعددة (الأليلات) فقد تكون له صفة السيادة (A او B) أو التنحي (a او b) ومن دراستنا للسلوك الوراثي لزوجين من الجينات لاحظنا استقلالية كل جين في انعزاله عن الجين الآخر وفي إعطاء النمط الظاهري الخاص لكل منهما، ونتيجة لتضريب الهجينين (Aa Bb × Aa Bb) نحصل على النسبة الخاصة للأنماط الظاهرية الخاصة بهذا التزاوج والمتمثلة بـ 9 : 3 : 3 : 1 .

وفيما يلي سنتعرف على التداخلات التي يمكن حدوثها بين فعل زوجين من الجينات، وقبل أن نأتي على ذكر الأمثلة المختلفة وأنواع التداخلات الجينية بين زوجين من الجينات يستحسن أن نوضح باختصار كيفية حصول مثل هذه الظاهرة.

من فرضيات مندل التي بنى عليها قانون التوزيع الحر ان كل عامل وراثي ينتقل من جيل لآخر كوحدة مستقلة، في الحقيقة ليس هناك مثل هذه الاستقلالية التامة في تحديد الصفات المظهرية، أي ليس هناك جين معين يكون وحده مسؤولاً عن ظهور صفة معينة، والطراز المظهري لا يمكن تفسيره دائما بموجب الوراثة المندلية، فالطراز المظهري للكائن الحي عبارة عن محصلة نواتج سلوك عدة جينات في ظروف بيئية معينة؛ إذاً يتولد النمط الظاهري نتيجة تعبير النواتج الجينية عن نفسها في محيط معين (Environment) ويشمل المحيط هنا كل العوامل الخارجية External Environment (خارج الخلية) مثل الحرارة و الضوء والرطوبة والتغذية وغيرها من العوامل المحيطة بالكائن الحي، و هناك عوامل بيئية داخلية Internal environment (داخل الخلية) مثل الوظائف الفسلجية للجسم والهرمونات والإنزيمات. اضافة لذلك فهناك تداخلات بين فعل زوجين من الجينات أو أكثر لتخليق او تكوين مادة نهائية معينة End product والجينات تحدد تركيب البروتينات ونوعيتها بموجب فعل الانزيمات وهي بروتينات أيضاً لذلك يجب ان تتوفر كافة الجينات اللازمة لا تمام سلسلة تخليق أو بناء حيوي معين Biosynthetic pathway

إن التفاعلات البايوكيميائية التي تحصل في الخلية تشكل ما يسمى بالأيض الوسطي Intermediary Metabolism. وتحدث هذه التفاعلات البايوكيميائية على أساس التغيير التدريجي Stepwise Conversion من مادة الى مادة أخرى أي تتم هذه التفاعلات في خطوات متتالية، وفي كل خطوة يتم تحويل مادة معينة الى مادة اخرى وكل خطوة تتحقق من التي قبلها بواسطة انزيم معين. وإن مجموع الخطوات التي تحول المادة الأولية (Precursor Substance) الى ناتج نهائي (صحيح) End Product تشكل مسار البناء الحيوي (سلسلة تخليق أو بناء حيوي) Biosynthetic Pathway وإن مثل هذا المسار يحتاج الى النواتج الجينية الإنزيمية والتي تعود لجينات متعددة حيث إن كل ناتج أيضي (Metabolite) (مثل A وB و C) يتكون بواسطة العامل المساعد للإنزيمات (Ex) والداخلة في المسار والتي تعين بواسطة عدد من الجينات البرية المختلفة (Gx). والمخطط التوضيحي التالي يمثل هذه السلسـلة، وهو توضيح للتفاعل بين عدة ازواج من الجينات:



Remove Watermark Now

من المخطط المذكور أعلاه نلاحظ ان كل مادة من المواد الوسطية A, B, C تنتج من عمل الانزيمات e_1, e_2, e_3 وهذه الانزيمات تتحدد بواسطة جينات طبيعية مثل g_1^+, g_2^+, g_3^+ أي مورثات برية الطراز wild type genes .

تداخل الفعل الجيني (تفاعل المورثات) Gene Interaction هو تفاعل أو اشتراك زوجين أو أكثر من الجينات غير الأليلية لإظهار صفة مظهرية معينة. ويستخدم المصطلح تداخل الفعل الجيني ليشير الى عدد من العمليات الوراثية المختلفة ومنها الحالة التي يعتمد فيها جينات على بعضها لإظهار صفة معينة حيث ان احدهما يكمل الآخر او يستخدم في وصف عمل الجينات في تحوير شكل او شدة صفة ما، كما يشمل ايضاً تأثير العوامل المانعة والمثبطة. وهنالك امثلة كثيرة على تداخل فعل زوجين من الجينات وتداخل فعل اكثر من زوجين من الجينات، كما يتضمن تأثير الجينات المميتة والتأثير المتعدد للجينات.

ان التفاعل الجيني (التفاعل الوراثي) genetic interaction يحدث عندما يقرر جينان أو أكثر الأنزيمات الداخلة في مسار البناء الحيوي لمادة معينة. فمثلا، في حالة تكوين بروتين معين يتحكم في مسار بنائه ثلاثة أزواج من الجينات، فإن وجود أحد هذه الأزواج بصورة متنحية سيؤدي إلى توقف عملية البناء. ويسمى مثل هذا الجين جينا متفوقا epistatic gene ، ويعرف بأنه : "جين يمنع ظهور أثر جين آخر غير مقابل له يسمى جينا غير متفوقا.

فإذا كانت المادة C تعتبر مادة أساسية وضرورية لإنتاج نمط ظاهري طبيعي وعادي (Normal phenotype) وكانت الجينات g_1^+ وg_2^+ و g_3^+ هي جينات غير طبيعية جينات طافرة (أي الأليلات الطافرة المتنحية) فإنها تكون غير قادرة على انتاج الانزيمات السليمة اللازمة للتفاعل الكيماوي الصحيح بل تنتج إنزيمات (معيبة، ناقصة Defective)، وعليه فان الشكل المظهري الغير طبيعي أو الغير عادي أي الطافر (النمط الظاهري الطافر) سوف ينتج من التركيب الوراثي النقي المتنحي الأصيل المتماثل الزيجة (Recessive Homozygous Genotype) لأي موقع من المواقع الجينية الثلاثة أعلاه.

فإذا كان الجين المتماثل g_3 هو الجين الطافر، فإن الناتج الجيني e_3 سوف يكون معيباً ولا يؤدي إلى تحول المادة B إلى المادة C أي أن عملية تحويل المادة B الى المادة C ستتوقف لذا سوف تتراكم المادة B وتتجمع تجمعاً تراكمياً، وبكميات زائدة عن الحاجة داخل الخلية.

وإذا كان الجين المتماثل الطافر هو g_2 فإن المادة A سوف تتراكم بكميات زائدة داخل الخلايا. ونتيجة لذلك يقال ان الطفرات Mutants تؤدي إلى إعاقة أيضية (Metabolic block) عبارة عن أعاقة أو سد في طريق التمثيل الحيوي، أي إن هذه المورثات الطافرة تنتج موانع ايضية.

فإذا كان الكائن الحامل للطفرة g_2 تركيبه الوراثي g_2g_2 فإنه يستطيع اظهار الشكل المظهري الطبيعي أي يعطي نمطاً ظاهرياً طبيعياً إذا أعطى أحد المادتين B أو C، أما الكائن الحامل للطفرة g_3 تركيبه الوراثي g_3g_3 فإنه يحتاج المادة C فقط لكي يعطي نمطاً ظاهرياً طبيعياً، وإذا كان التركيب الوراثي للفرد $g_3g_3^+$ اي تركيب هجين (خليط) فإن عملية التمثيل الكيماوي سوف تتم وفق تسلسلها الطبيعي وينتج طراز او شكل مظهري طبيعي.

ومن هذا نستطيع القول إن الجين البري (الطبيعي) g_3^+ يعتمد على الجين البري (الطبيعي) g_2^+ لكي يتمكن من اظهار تأثيره على إنتاج الشكل المظهري (النمط أو الطراز الظاهري) الطبيعي، وفي حالة النمط الوراثي g_2g_2 أي جين طافر متنحي متماثل الزيجة للأليل المتنحي g_2 فإن عملية التخليق وطريق البناء الحيوي سوف تتوقف وتنتهي بعد إنتاج المادة A فقط ، لذلك فليس للجين g_3 ولا الأليل g_3 أي تأثير على النمط الظاهري أعلاه، أي أن النمط أو التركيب الوراثي g_2g_2 سوف يخفي تعبير الشكل المظهري (النمط الظاهري) للأليل في الموقع g_3 ، الذي يمكن ان ينتج من تأثير الأليلات الموجودة في الموقع g_3 سواء كانت سائدة g_3^+ او متنحية g_3 ، ويطلق على هذه الحالة من التفاعل الجيني بالتفوق Epistasis.

يسمى العامل أو الجين المثبط أو المخفي لعمل جين آخر في موقع آخر أو الجين الذي يمنع جيناً اخر في موقع اخر غير اليلي من اظهار تأثيره **بالجين المتفوق Epistatic gene** إذاً يمكننا

Remove Watermark Now

القول ان المورثة او الموقع الذي يكبت او يحجب فعل مورثة او موقع اخر انه متفوق **Epistatic**، أما الجين الآخر أو الموقع المثبط (بفتح الباء) الذي لم يستطع من اظهار تأثيره **فيسمى بالجين المكبوت أو المتفوق عليه Hypostatic gene** .

ومن الجدير ذكره هنا إن ظاهرة **السيادة dominance** والتي أشرنا إليها سابقاً هي عبارة عن حالة تفوق داخل الموقع الجيني الواحد (تفوق ضمني intra-locus epestase)، وبتعبير اخر هي حالة تفوق تحصل بين الأليلين في الموقع الجيني الواحد وهذا النوع من التفاعل الجيني يسمى Intra-allelic interaction، وفيه يمنع او يخفي الاليل السائد تأثير الاليل المتنحي عند وجودهما معا في الفرد الخليط، إذاً هي عبارة عن كبح جيني أليلي ضمني Intra-allelic gene suppression أو إخفاء تأثير أليل عندما يعبر الأليل الآخر عن نمطه الظاهري في نفس الموقع الجيني. فالسيادة التّامة هي منع جين معين ظهور أثر جين مقابل له في الموقع نفسه على الكروموسوم المماثل. وبمعنى آخر، فإن السيادة هي تفاعل الجينات المتقابلة الواقعة في الموقع الكرموسومي نفسه، والمتحكمة بالصفة نفسها مع بعضها بعضا.

أما ظاهرة **التفوق Epistasis** فهي كبت أو اخفاء Suppress تأثير تعبير جين عندما يعبر جين آخر في موقع جيني آخر عن نفسه (تفوق بيني Inter-allelic epistasis) فهي عبارة عن كبح جيني بيني Inter-allelic gene suppression، ويعرف هذا النوع من التفوق الجيني inter allelic interaction**.**

- التفوق الجيني هوعملية منع ظهور أثر جين بجين متفوق غير مقابل له، وقد يكون الجين المتفوق سائدا، وفي هذه الحالة يكفي جين سائد واحد لمنع ظهور أثر جين آخر غير مقابل له.
- التفوق الجيني هو تفاعل جينات غير متقابلة تقع في مواقع مختلفة من الكروموسوم نفسه أو كرموسوم آخر.

تعبير وتداخل فعل الجينات The expression & interaction of genes

بعد ادراك قوانين التوارث لمندل لوحظ ان الصفات اما ان تسلك في توارثها قوانين مندل عندئذ يطلق عليها صفات مندلية Mendelian characters او تشذ عن تلك القواعد فتسمى صفات لا مندلية Non-Mendelian characters مما يدل ان استعمال قانوني مندل للوراثة سوف لن يكون عاماً في التطبيق في توارث الصفات لجميع الكائنات الحية. وحالياً يمكن تفسير معظم الاستثناءات الظاهرة، اذا فرضنا ان كثير من الصفات تتأثر بزوجين او اكثر من الجينات التي تتداخل تأثيراتها المظهرية، على الرغم من بقاء القوانين الاساسية لمندل تطبق على كيفية انعزال جيناتها، غير ان النسب المظهرية لتلك الصفات تتحور بطرق مختلفة نتيجة للتفاعل بين الجينات وذلك تبعا لنوع التداخل (هنا تشذ النسب المظهرية لقانون مندل الثاني وهي (1:3:3:9) والتي تعبر عن السيادة التامة والتي تظهر في الجيل الثاني F_2 من الهجونة الثنائية والناتجة من دراسة زوجين من الصفات، أي أن هذه النسبة سوف تتحور الى نسب اخرى، أي تتغير هذه النسبة لتعطي تراكيب مظهرية جديدة تحت تأثير التفاعلات الوراثية (نتيجة ظاهرة التداخل بين فعل الجينات gene interaction).

تفاعل المورثات genetic interaction:

توضحت مع بداية القرن العشرين ظاهرة تفاعل المورثات؛ التي أظهرت عمل عدة مورثات لإظهار صفة من صفات الكائن الحي ولوحظ خلال التفاعل المذكور تحورات عن النسب المندلية وذلك لأن التفاعل يتم بين مورثات غير قرينة Non - allelic (A مع B) تمييزاً له عن تأثير السيادة، والتي تعتبر تفاعلاً بين مورثات قرينة Allelic (R مع r و Y مع y).

ومن نماذج تفاعل المورثات وصيغ الانفصال بالطابع الظاهري في الجيل الثاني F_2 :

1- التفاعل المتمم للمورثات: (1:3:3:9 // 4:3:9 // 1:6:9 // 7:9)

2- التفوق:

أ- السائد: (1:3:12 // 3:13)

ب- المتنحي: (4:3:9).

3- الوراثة الكمية (تعدد المورثات):
أ- الأثر التراكمي للمورثات (1:4:6:4:1)
ب- الأثر غير التراكمي للمورثات (1:15)

1- التفاعل المتمم للمورثات complementary genes:

هو تهجين بين كائنين يعطي في الجيل الأول F_1 صفة غير موجودة عند الأبوين وفي الجيل الثاني F_2 تكون النسب { 1:3:3:9 // 4:3:9 // 1:6:9 // 7:9 }. وتجتمع دائماً في أفراد الجيل الاول F_1 و 9 أفراد من الجيل الثاني F_2 المورثتان السائدتان (مثلاً A + B) لتعطيا (صفة 1) في حين يؤدي عمل كل مورثة سائدة لوحدها (A-bb و aa-B) لإعطاء الصفات الأبوية الدالة في التهجين (صفة 2 وصفة 3) وأما اجتماع المورثات المتنحية (aa bb) فيعطي صفة أحد الأبوين (صفة 2 أوصفة 3) أو صفة جديدة (صفة 4). وتجدر الاشارة أننا سنحصل على النتائج السابقة نفسها، عندما نهجن بين الأفراد النقية السائدة والمتنحية (أي AABB × aabb)، لكن أفراد F_1 تكون من صفتي أحد الأبوين لاجتماع المورثات السائدة في الجيل الأول AaBb والمتشابهة ظاهرياً مع الأب AABB، أي نحصل على إحدى النسب السابقة من التهجين (aaBB × AAbb) أو (aabb × AABB)، لكن يعطي النموذج الأول في F_1 صفة غير موجودة عند الأبوين، ويعطي النموذج الثاني في F_1 صفة موجودة عند أحد الأبوين، إذ يكون في كلتا الحالتين الطابع الوراثي AaBb .

أ- النسبة (1:3:3:9) تفاعل متمم للمورثات :

أبسط صور التداخل لفعل الجينات تظهر عندما يؤثر زوجان من الجينات على نفس الصفة، ومن أشهر الامثلة على التفاعل بين الجينات وراثة صفة شكل العرف Comb في الدجاج، في هذه الحالة لا تتحور النسبة غير اننا نلاحظ تغيير في مظهر أفراد الجيل الأول مقارنة بمظهر شكل العرف في الآباء بمعنى آخر يؤدي التداخل بين فعل الجينات إلى ظهور أشكال مظهرية جديدة في النسل الناتج لم تكن موجودة في الآباء.

من دراسة شكل العرف الناتج من تهجين سلالات مختلفة من الدجاج في أوائل القرن العشرين اكتشفت أول حالة من حالات التفاعل بين الجينات (تفاعل المورثات genetic interaction) كالآتي:

1- سلالات الوايندوت Wyandotte لها عرف يسمى بالعرف الوردي rose comb .
2- سلالات البراهما Brahma ولها عرف بازلائي Pea comb .
3- سلالات الليجهورون Leghorn ولها عرف مفرد single comb
4- سلالات أخرى ذات عرف جوزي Combed – Wallnut

بإجراء التلقيحات بين السلالات: وباستعمال الرموز: R للعرف الوردي؛ P للعرف البازلائي

أولاً: وفي تهجين بين طيور

مفردة العرف × وردية العرف $\xleftarrow{F1}$ كله وردي $\xleftarrow{F2}$ 3 وردي : 1 مفرد

هذه النتيجة تدل على ان صفة شكل العرف الوردي سائدة سيادة تامة على صفة العرف المفرد، ويتحكم بها زوج واحد من الاليلات أي موقع جيني واحد، ويحدث عادة الانعزال في الجيل الثاني ليعطي 3 وردي : 1 مفرد

P_1 Single × Rose
rr × RR
F_1 وردي Rr %100
F1×F1 Rr × Rr
1rr : 2Rr :1RR
Single 1 : Rose 3
3 وردي : 1 مفرد

Remove Watermark Now

ثانياً: وفي تهجين بين طيور

مفردة العرف × بازلائية العرف $\xleftarrow{F1}$ كله بازلائي العرف $\xleftarrow{F2}$ 3 بازلائي: 1 مفرد

هذه النتيجة تدل على ان صفة العرف البازلائي وصفة العرف المفرد عبارة عن زوج من الصفات المتضادة وان صفة العرف البازلائي سائدة سيادة تامة على صفة العرف المفرد وان هناك زوج واحد من الاليلات أي موقع جيني واحد يتحكم في وراثة هاتين الصفتين، كذلك ظهرت نتيجة الجيل الثاني 3:1.

	مفردالعرف		بازلائي العرف
P_1	Single comb	×	Pea comb
	pp	×	PP
F_1	Pp		بازلائي
$F_1 \times F_1$	Pp	×	Pp
	1pp: 2Pp:1PP		
	1 مفرد : 3 بازلائي		

ثالثاً: وردي × بازلائي $\xleftarrow{F1}$ كله جوزي $\xleftarrow{F2}$ (9 جوزي : 3 وردي : 3 بازلائي: 1مفرد)

وحسب قانون مندل الثاني فان ظهور هذه النسبة يدل على وجود زوجين من العوامل الوراثية وليس زوجاً واحداً أي ان الاباء في هذا التلقيح وهم ورديو الاعراف وبازلائيو الأعراف لابد انهم يختلفون عن بعضهم بزوجين من الجينات وان افراد الجيل الاول F_1 ذوي الاعراف الجوزية لابد ان يكونوا خليطين لزوجين من العوامل الوراثية Dihybrid.

عند اجراء تضريب دواجن ذات عرف بازلائي مع دواجن ذات عرف وردي يكون الناتج عرف جوزي الشكل Walnut comb

	(Wyandottes (rose comb)	×	(Brahmas (pea comb)
	دجاج وردي العرف	↓	دجاج بازلائي العرف
P_1	RR pp	×	rr PP
		↓	
G_1	(Rp)		(rP)
		↓	
F_1	RrPp walnut comb %100		
	دجاج جوزي العرف		
$P_2 = F_1 \times F_1$	Rr Pp	×	Rr Pp تلقيح ذاتي
		↓	
G_2	RP , Rp , rP , rp	×	RP , Rp , rP , rp

F_2	9/16 R- P- ,	3/16 R- pp ,	3/16 rr P- ,	1/16 rr pp
	Walnut comb	rose comb	pea comb	single comb
	جوزي العرف	وردي العرف	بازلائي العرف	مفرد العرف

إن عدد أفراد F_2 يدل على أن صفة شكل العرف يتحكم فيها شفعان من المورثات غير القرينة، وتنطبق نتيجة التهجين مع التعريف العام للتفاعل المتمم للمورثات، ففي الجيل الأول كانت الصفة جديدة، وفي F_2 توزعت الأفراد على أربعة طوابع ظاهرية (9 عرف جوزي : 3 عرف بازلائي : 3 عرف وردي : 1 عرف مفرد)

Remove Watermark Now

لقد اظهر تلقيح الوردي مع البازلائي طراز جديد من العرف يعرف بالجوزي وهذا يتوقف على وجود تفاعل interaction للجينين السائدين PR حيث ان الجينين المسؤولين يظهران تغيراً مهماً في نفس العضو من الكائن. إذاً إن اجتماع الجينين P , R ادى الى ظهور صفة جديدة غير موجودة اصلا في الاباء (العرف الجوزي Walnut comb) وفي حالة غيابهما ووجود اليلاتهما المتنحية فقد ادى الى ظهور صفة اخرى ايضاً غير موجودة في الاباء (العرف المفرد single comb) وبقيت النسبة 9 : 3 : 3 : 1 .

ويتضح من هذا المثال بان هناك فروق اساسية تميز هذه الحالة عن حالة الهجونة الثنائية المندلية السابقة (ملساء صفراء × مجعدة خضراء ← ملساء صفراء ← (9 ملساء صفراء: 3 ملساء خضراء: 3 مجعدة صفراء: 1 مجعدة خضراء) بالآتي:

1- لايشبه افراد الجيل الاول F_1 أي من الابوين.

2- ظهور صفة جديدة في الجيل الأول F_1 بدلاً من ظهور صفتين سائدتين في الوراثة المندلية.

3- يتحقق الانفصال بصفة واحدة في جميع أفراد نسل الجيل الثاني F_2 وليس بصفتين كما هو الحال في الوراثة المندلية.

4- ظهور صفة جديدة ثانية في الجيل الثاني F_2 غير موجودة في الآباء الاصلية.

5- الصفة تتحدد بشفعين من المورثات وفي الوراثة المندلية كل صفة تتحدد بشفع واحد (الملساء RR الصفراء YY).

.....

بناءاً على ماسبق تكون الاستنتاجات كمايلي:

1- الأفراد الذين ظهروا في F_2 بنسبة $^1/_{16}$ يجب ان يكونوا متماثلي العوامل الوراثية لذا يكون التركيب الوراثي للأفراد المفردة العرف في الجيل الثاني هو rrpp

2- الأفراد الذين ظهروا في F_2 بنسبة $^9/_{16}$ يجب ان يحملوا الصفتين السائدتين لذا فتركيبهم الوراثي لابد ان يحتوي على أليل واحد سائد على الأقل من كل زوج من زوجي الأليلات، فالأفراد الجوزيو الأعراف في F_2 يكون تركيبهم الوراثي (R– P–).

3- الأفراد ذوو الأعراف الوردية الذين ظهروا بنسبة $^3/_{16}$ في F_2 لابد انهم يحتوون على زوج متنحي من الأليلات، وزوج اخر سائد من الأليلات، وحيث أن صفة العرف الوردي سائدة على صفة العرف المفرد سيادة تامة فلا بد أن يكون التركيب الوراثي لهؤلاء الأفراد (R- pp).

4- الأفراد ذوو الأعراف البازلائية الذين كانت نسبتهم بين أفراد F_2 $^3/_{16}$ لابد أنهم يحتوون على زوج متنحي من الأليلات، وزوج آخر سائد من الأليلات، وبما ان صفة العرف البازلائي سائدة سيادة تامة على صفة العرف المفرد فلابد ان يكون تركيبهم الوراثي (rr P-).

*إن ظهور صفة العرف المفرد يتوقف على فعل زوجين مختلفين من الجينات كل زوج منهما له علاقة بصفة شكل العرف، لذا فصفة العرف المفرد لا تظهر الا اذا كانت الجينات المسؤولة عن صفة العرف الوردي وتلك المسؤولة عن صفة العرف البازلائي موجودة بصورة متنحية ونقية معاً، وإذا كان هناك اليل واحد على الاقل من الجينات المسؤولة عن صفة العرف الوردي في حالة سائدة (R–) و الأليلات المسؤولة عن العرف البازلائي بصورة متنحية فيكون العرف الناتج عرفا ورديا. بينما وجود اليل واحد على الاقل من الجينات المسؤولة عن صفة العرف البازلائي في حالة سائدة (P–) مع الأليلات المسؤولة عن صفة العرف الوردي بصورة متنحية ينتج أفراد بعرف بازلائي. وفي حالة وجود اليل واحد من الأليلات المسؤولة عن العرف الوردي على الاقل في حالة سائدة (R–) مع أليل واحد على الاقل من الجينات المسؤولة عن العرف البازلائي في حالة سائدة (P–) فيكون الناتج عرفاً جوزياً.

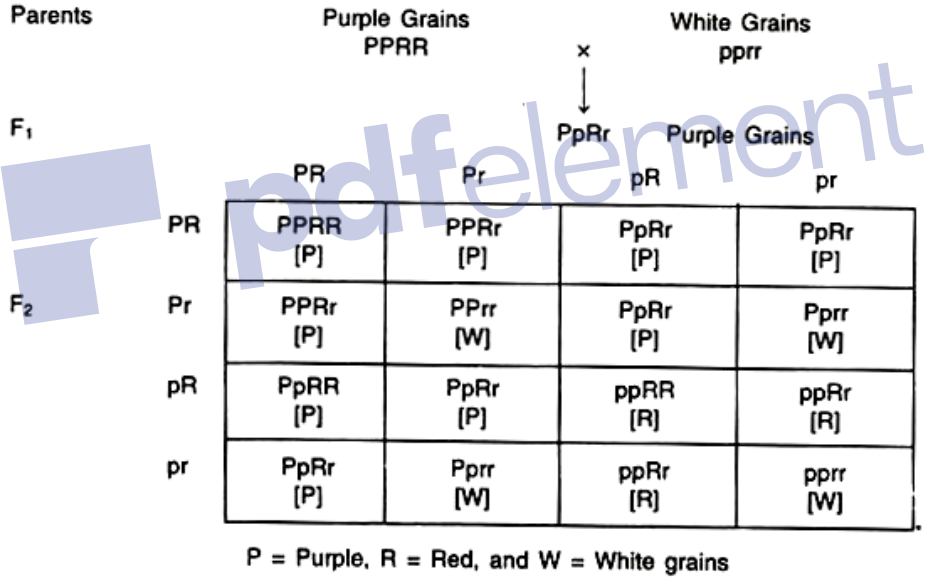
ونلاحظ النسبة السابقة نفسها عند التهجين بين طيور الببغاء Molepsittacus undulates السماوية والصفراوية، إذ تكون أفراد F_1 خضراء اللون، وفي F_2 كان الانفصال بنسبة (9 أخضر: 3 سماوي: 3 أصفر: 1 أبيض)

Remove Watermark Now

الخلاصة: إن الفعل الجيني يعني العمليات الوراثية المشتركة بين الجينات مثل:
1- اعتماد جينين على بعضهما لإظهار صفة معينة أي هناك تداخل تكميلي بين الجينين.
2- التداخل في عمل جينين أو أكثر لتحوير شكل معين مثل شكل العرف في الدجاج كما في المثال السابق.

ب- النسبة (9 : 3 : 4) تفاعل متمم للمورثات + التفوق المتنحي (الارتداد) Recessive Epistasis :

عندما الأليلات المتنحية في موقع واحد تخفي تعبير الأليلات على حد سواء (السائدة والمتنحية) في موقع آخر، هذا يعرف بالتفوق المتنحي. كما ان هذا النوع من التداخل الجيني أيضا معروف بالتفوق التكميلي.
1- وهناك مثال جيد على هذا التداخل الجيني: **لون الحبوب في الذرة الصفراء**. اللون الأرجواني يتطور بوجود اثنين من الجينات السائدة (R و P)، اللون الأحمر في وجود الجين السائد R، والأبيض في حالة متنحية متماثل (pprr).
التضريب بين الأرجواني (PPRR) والأبيض (pprr) للون الحبوب لسلالات من الذرة الصفراء (maize) تنتج نباتات ذات اللون الأرجواني في F_1 . التضريب بين نباتات الجيل الأولF_1 تنتج ذرية ذات حبوب أرجواني وأحمر وأبيض في F_2 بنسبة 9 : 3 : 4.



P = Purple, R = Red, and W = White grains

Fig. 8.2. Recessive epistasis for grain colour in maize. The normal dihybrid segregation ratio of 9 : 3 : 3 : 1 is modified to 9 : 3 : 4 in F_2.

Ratio = 9 purple : 3 Red : 4 White

يوجد في **الذرة** عدد من الاصناف للبعض منها بذور غير ملونة (بيضاء) والبعض الاخر قرمزي Purple بسبب وجود صبغة الانثوسيانين Anthocyanin ولكي يظهر اللون القرمزي يلزم وجود اليلات سائدة لعدة جينات معينة وليس لجين واحد بينما البيضاء لاتحتوي هذه الجينات ويعزى تكون لون الانثوسيانين القرمزي الى تداخل فعل الجينات السائدة لعدة جينات وعملها مكمل Complementary أي ان كل اليل يحكم خطوة اساسية في تكوين الصبغة وغياب أي منها يسبب اختلافا في كل الجهاز المسؤول عن تكوين الانثوسيانين في النبات ويشل عمله.

** هناك حالات معينة يمنع فيها النمط الوراثي المتنحي المتماثل الزيجة Homozygous تعبير او نفاذ الاليلات الاخرى في الموقع الاخر، ولذلك يطلق عليه بالتفوق المتنحي، ولا تستطيع الاليلات الاخرى ان تعبر عن نفسها الا عندما يكون الاليل الاول من النوع السائد.
مثال: يمنع النمط الوراثي المتنحي المتماثل الزيجة (aa) التعبير المظهري للأليلات في الموقع B . لذلك نقول ان الموقع A يظهر تفوقاً متنحياً على الموقع B . تستطيع الأليلات في الموقع B التعبير عن نفسها عندما يكون الأليل السائد حاضراً في الموقع A . لهذا السبب نجد إن كل من النمطين الوراثيين aa bb و aa B- سوف تنتج نمطاً مظهرياً متشابهاً إضافة الى الأنماط الظاهرية الخاصة لكل من A- B- و A- bb لذلك نحصل على نسبة الأنماط الظاهرية 9 : 3 : 4 بدلاً من النسبة 9 : 3 : 3 : 1 .

مثال2: لون الفئران mice coat color

White × colored
aaBB AAbb
↓
F_1 AaBb (agouti ملون بالتناوب) (مغبر- رمادي)

$F_1 \times F_1$ AaBb × AaBb
↓
F_2 9/16 A- B- , 3/16 A – bb , (3/16 aaB- + 1/16 aabb)
Agouti colored white

يمنع النمط الوراثي المتنحي المتماثل الزيجة (aa) التعبير المظهري للأليلات في الموقع B حيث ان الاليل a تفوق على الاليل B وأدى الى ظهور صفة اللون الأبيض كما هو الحال في الطراز الوراثي aabb بحيث انه لا يستطيع B التعبير عن نفسه الا بوجود A لإعطاء اللون الارجواني . تحورت النسبة بدلا من 9 : 3 : 3 : 1 الى 4 : 3 : 9

مثال3: تظهر النسبة السابقة أيضاً في نبات البصل Allum cepa :

أثناء التهجين بين بصل ذي قشرة بيضاء وآخر ذي قشرة صفراء ينتج في الجيل الاول بصل أحمر القشرة ويكون الانفصال في الجيل الثاني وفق النسب التالية 16/9حمراء اللون: 16/3صفراء اللون: 16/4 بيضاء اللون

أصفر × أبيض $\xleftarrow{F1}$ كله أحمر $\xleftarrow{F2}$ (9 أحمر: 3 أصفر :4 أبيض)
ccrr × CCRR $\xleftarrow{F1}$ CcRr $\xleftarrow{F2}$ 9C- R- : 3C-rr : 1cc rr + 3cc R-

تفسير النتائج كما يلي:
الجين C يسبب الصبغة ، وأليله المتنحي c لايسبب الصبغة، والجين R يحدد لون الصبغة الحمراء وأليله المتنحي r يحدد اللون الاصفر،ولذلك التراكيب الوراثية للسلالة الحمراء هي CCRR وللسلالة البيضاء هي ccrr, التركيب الوراثي للجيل الاول هو CcRr ،اما افراد الجيل الثاني فتكون:

9 حمراء C–R –
3 صفراء C–rr
3 بيضاء cc R–
1 ابيض ccrr

والنتيجة نحصل على ثلاثة أشكال مظهرية 9 أحمر و 3 أصفر و 4 أبيض
ومن هنا نلاحظ ان كل من الجينين R,r لا يستطيعان تكوين اللون الا في حالة وجود الجين C الخاص بتكوين الصبغة، اما في حالة وجود الجين المتنحي c فيصبح تأثير الجين المكون للون منعدماً كما في التراكيب الوراثية ccrr و ccR –

مثال4 : وراثة لون الفئران :

إن الأسس البايوكيميائية لوراثة الأنماط الظاهرية للون الفئران لا زالت غير معروفة ولكن يظهر إن هناك طريقاً ما للتخليق الحيوي يؤدي الى الألوان الملاحظة في الفئران . ويسيطر على وراثة لون الفئران زوجين من الجينات التي تنعزل عن بعضها بصورة حرة وهما (c) و(a) .

إن الفئران المتماثلة الزيجة للجين المتنحي (c) لا تستطيع صنع الصبغة في أي مكان من جسم الفأر ولذلك تملك شعراً أمهقاً (Albino) في حين إن الفئران المتماثلة الزيجة للجين (a) تنتج شعراً أسوداً، وعند تزاوج فأر اسود اللون مع فأر أمهق اللون يكون ناتج الجيل الأول عبارة عن فئران رمادية اللون والمعروفة بالأجوتية (Agouti) ويمثل التزاوج :

P_1 (مهقاء) AA cc × (سوداء) aa CC

G_1 A c ↓ a C

F_1 (فئران أجوتية) Aa Cc

$F_1 \times F_1$ AaCc × AaCc

↓

F_2 9/16 A- C- , 3/16 A – cc , (3/16 aaC- + 1/16 aacc)

9 أجوتية 3 سوداء 4 مهقاء

تحورت النسبة بدلا من 1 : 3 : 3 : 9 الى 4 : 3 : 9

أن الشعرة الأجوتية تكون سوداء اللون مع حزمة (Band) صفراء قرب قمة الشعرة (Tip) ، وعند تزاوج فئران الجيل الأول مع بعضها فإن الأنماط الظاهرية في الجيل الثاني (F_2) تكون 9 أجوتية و3 سوداء و4 مهقاء وأفضل تفسير لهذه النتائج الافتراض القائل بأن الموقع (c) يمثل الجين التركيبي (Structural gene) للـ (Tyrosine oxidase) وهو الإنزيم الذي يعمل مبكراً في مسار البناء الحيوي للميلانين وبالنسبة للجين (a) فنفترض اشتراكه بوضع صبغة الميلانين في الشعرة، فعند تواجد الجين (a) لوحده فإن صبغة الميلانين سوف تنتشر في كل الشعرة، وعند تواجد الأليل البري لهذا الجين فإنه سوف ينظم انتشار الصبغة (الأصباغ) منتجاً التصبيغ (التلوين) الخاص بالشعرة الأجوتية.

في وراثة لون الجسم في الفئران، هناك سلالات اخرى بيضاء لكن اللون في الطبيعة يكون رمادي و الفئران التي يكون فيها الشعر اسود فإنها تحوي حلقة صفراء في الاعلى تضفي اللون الرمادي، وهي حالة اخرى من تداخل وتفاعل الجينات لإظهار الصفات الوراثية. تظهر مثل هذه الحالة عند دراسة اللون في القوارض كالفئران وغيرها. اللون الطبيعي لهذه الحيوانات هو اللون البري الرمادي Agawti ويلاحظ ان الفئتين الاخيرتين اتحدتا في المظهر وكونتا فئة واحدة هي الاليبنو Albino

مثال5 : تظهر النسبة السابقة أيضاً عند وراثة لون الارانب :

الآباء: أرانب سماوية اللون AAbb × aaBB أرانب بيضاء اللون

↓

F_1 AaBb أرانب سوداء اللون

أرانب سوداء اللون × أرانب سوداء اللون

$F_1 \times F_1$ AaBb × AaBb

↓

F_2 9/16 A- B- , 3/16 A – bb , (3/16 3aaB- + 1/16 aabb)

9/16سوداء اللون : 3/16 سماوية اللون : 4/16 بيضاء اللون

وقد تبين أن المورثة A- تركب أنزيم الـ Tyrosinase الذي ينظم تركيب الميلانين، والمورثة aa تؤدي إلى غياب الميلانين بسبب انتاجها الانزيم السابق بحالة غير فعالة، أما المورثة B-

فتعطي اللون الاسود، والمورثة bb تعطي اللون السماوي، والمورثة aa متفوقة على المورثة B- والمورثة bb لذا يظهر اللون الأبيض.

ج- النسبة (9: 6 : 1) تفاعل متمم للمورثات + التفوق المتماثل التأثير غير الكامل كما يطلق عليها جينات مكررة ذات تأثير تجمعي او تسمى أيضاً الجينات المتضاعفة (المتماثلة) ذات التأثير التراكمي Duplicate Genes with Cumulative Effect

تتحور النسبة الكلاسيكية للأنماط المظهرية (9 : 3 : 3 : 1) في F_2 وتصبح 9: 6 : 1 وتتم بصورتين:

(أ) - إذا كان أياً من الموقعين A (في النمط الوراثي A-bb) أو B (في الحالة - aa B) وفي حالتهما السائدة يعطيان نفس النمط الظاهري.

مثال : اشكال الثمار في نبات القرع الصيفي :

يتعين شكل ثمرة القرع الصيفي بواسطة زوجين من الجينات وتتقرر صفة (الشكل الكروي) السائدة على الشكل المتطاول بواسطة أليل عائد لأي من الجينين A أو B ، وعندما تتواجد أليلات الشكل الكروي لكلا الجينين معاً نحصل على نمط ظاهري جديد لشكل الثمرة وهو القرصي (Disc Shape) لذلك فإن التضريب التالي AA bb × aa BB يعطي ثماراً قرصية الشكل في الجيل البنوي الثاني :9/16 قرصية و6/16 كروية و 1/16 متطاولة.

اذا كان الجنينين السائدين B,A ينتجان نفس النمط المظهري (كروية)

في حين تراكم تأثير كل من الجنينين السائدين يعطي نمط جيني مغاير (قرصية)

اما عندما لا يوجد أي جين سائد فنحصل على نمط مغاير (متطاولة)

كروية الثمار AABB × aabb متطاولة الثمار

↓

AaBb قرصية الثمار 100%

AaBb × AaBb

↓

9/16 A-B- , 6/16 (3/16 A-bb +3/16 aaB-) , 1/16 aabb

9 قرصية الثمار 6 كروية 1 بيضوي،طويلة

.....

نبات قرع كروي الثمار AAbb × aaBB نبات آخر من القرع كروي الثمار

F_1: AaBb نبات قرع قرصي الثمار

F1 × F1 AaBb × AaBb

9/16 A-B- , 6/16 (3/16 A-bb +3/16 aaB-) , 1/16 aabb

9/16 قرصية الثمار 6/16 كروية الثمار 1/16 بيضوية (متطاولة الثمار)

(ب)- إذا كان وجود A و B معاً في النمط الوراثي (A- B-) يعطي تأثيراً تراكمياً للمواد الجينية الناتجة .

المثال في الخنازير :

رملي × رملي $\xleftarrow{F1}$ كله احمر $\xleftarrow{F2}$ 9احمر: 6 رملي: 1ابيض

RRss × rrSS $\xleftarrow{F1}$ RrSs $\xleftarrow{F2}$ R– S–: (rrS– + R–ss) : rrss

عندما تتحور النسبة الى 9:6:1 فإن التراكيب - A-bb , aaB تضيف وحدة حجم واحدة للطراز او الصيغة aabb. أما - A-B تضيف 2 وحدة للتأثير التجمعي للأليلين B+A ولذلك يكون الحجم أكبر .

تسمى النسبة (9: 6: 1) أيضاً بالعوامل المضافة (فعل الجين المتعدد).

في هذه الحالة هناك جينان يسيطران على الصفة تنتج نفس الشكل الظاهري عندما تكون وحدها أي مع حالته المتنحية للجين الأخر. ولكن عندما يكون كل من الجينيين موجودين معا، تأثيرهما على الشكل الظاهري يزداد كما لو كان تأثير الجينيين تراكمية أو إضافية. وتجدر الإشارة إلى أنه في هذه الحالة كل من الجينيين تظهران سيادة تامة.

مثال: في الشعير اثنين من الجينات ذات السيادة التامة (A و B) تؤثر على طول السفا (awns)، سفا امتداد لجينات القنابة A و B وحده (على سبيل المثال Aabb و aaBB يعطي ارتفاع للسفا متوسط الطول، وتأثير A هو نفسه الذي لـ B . ولكن عندما يكون كلا الجينيين (A و B) متواجدين معا ينتجان سفا طويلة إشارة إلى تأثير الجينيين (A و B) في طول السفا هما يضيفان معا، الأفراد المتنحية النقية لكل من هذه الجينات هي أقل طول سفا.

P. AABB × aabb
سفا طويل سفا قصير

F_1 AaBb
سفا طويل

F_2

♂ / ♀	**AB**	**Ab**	**aB**	**a b**
AB	**AABB** سفا طويل	**AA Bb** سفا طويل	**AaBB** سفا طويل	**AaBb** سفا طويل
Ab	**AABb** سفا طويل	**AAbb** سفا متوسط الطول	**AaBb** سفا طويل	**Aabb** سفا متوسط الطول
aB	**AaBB** سفا طويل	**AaBb** سفا طويل	**aaBB** سفا متوسط الطول	**Aa Bb** سفا متوسط الطول
ab	**AaBb** سفا طويل	**Aabb** سفا متوسط الطول	**aaBb** سفا متوسط الطول	**Aabb** سفا قصير

1سفا قصير: 6 سفا متوسط الطول: 9 سفا طويل

د- النسبة (9 : 7) تفاعل متمم للمورثات + التفوق المتنحي متماثل التأثير :
وتسمى أيضاً الجينات المزدوجة المتنحية Duplicate Recessive Genes
كما يطلق عليها (العوامل أو الجينات المكملة)

وهي عندما يعطي كل من التركيبين الوراثيين المتنحيين aa وbb للموقعين الجينيين أنماطاً ظاهرية متشابهة فإن النسبة في F_2 تصبح 9 : 7 حيث أن الأنماط الظاهرية للأنماط الوراثية aaB- و A- bb و aabb تنتج نمطاً ظاهرياً واحداً متشابه، وعندما يتواجد الأليلان السائدان معاً A- B- سوف يكمل أحدهما الآخر ويعطيان نمطاً مظهرياً مختلفاً.

مثال: وراثة لون الأزهار في *Lathyrus odoratus* (نبات البسلة او ما يسمى بالبزاليا الحلوة أو نبات الجلبان العطري):

Remove Watermark Now

Parents Purple Flower AABB × White Flower aabb

F_1 AaBb Purple Flower

F_2	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB [P]	AABb [P]	AaBb [P]	AaBb [P]
Ab	AABb [P]	AAbb [W]	AaBb [P]	Aabb [W]
aB	AaBb [P]	AaBb [P]	aaBB [W]	aaBb [W]
ab	AaBb [P]	Aabb [W]	aaBb [W]	aabb [W]

P = Purple Flower, W = White Flower

Fig. 8.5. Duplicate recessive epistasis for flower colour in sweet pea. The normal dihybrid segregation ratio 9 : 3 : 3 : 1 is changed to 9 : 7 in F_2.

الجينات المكملة في نبات بازلاء الزهور Complementary genes in sweet peas 7:9

وهي جينات تشترك معا وتكمل فعل بعضها البعض لإظهار صفة معينة عند تلقيح سلالتين بيضاء التويج لنباتات بازلاء الزهور. السلالتان متشابهتان في مظهرهما ومختلفتان في تركيبهما الوراثي وظهور اللون البنفسجي يتوقف على اجتماع جينين مختلفين في التركيب الوراثي للفرد وان غياب اللون الابيض نشأ نتيجة غياب احدهما او كلاهما ولكن عند اجتماعهما يظهر اللون البنفسجي (القرمزي) حيث يكمل كل منهما عمل الاخر.

يتقرر لون أزهار هذا النبات بجينيين وهما A و B حيث يشتركان معاً في إنتاج الأنثوسيانين (Anthocyanin) والنواتج الجينية لهذين الجينين مكملة لبعضهما وهذا يعني إن اللون الأرجواني (القرمزي) للأزهار سوف ينتج عند وجود النواتج الجينية لكل من A و B معا وعند غياب أحدهما أو كلاهما (عند تواجد الأليلات المتنحية لأي منهما أو لكليهما) ينتج اللون الأبيض، وعند تضريب نباتين بيض الأزهار (AA bb × aa BB) فإن أزهار الجيل الأول F_1 تكون ارجواني اللون (Aa Bb) وفي ذرية الجيل الثاني F_2 تتوزع الأزهار على اللونين الأرجواني والأبيض بنسبة 9 : 7 .

أبيض × أبيض $\xleftarrow{F1}$ قرمزي $\xleftarrow{F2}$ 9 قرمزي : 7 ابيض

aa BB × AA bb $\xleftarrow{F1}$ Aa Bb $\xleftarrow{F2}$ 9A – B – : (3 A-bb + 3 aaB- + 1 aabb)

بازلاء ذات ازهار بيضاء × بازلاء ذات ازهار بيضاء

AAbb × aaBB

↓

F_1 AaBb ارجوانية purple

$F_1 \times F_1$ AaBb × AaBb

↓

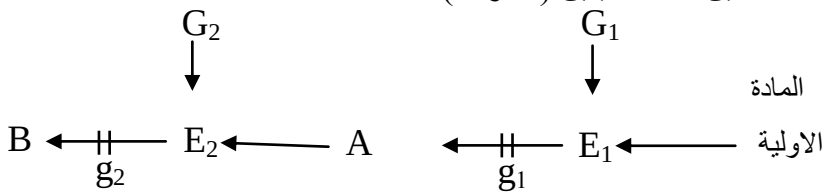
F_2 9 A-B- (3 A-bb + 3 aaB- + 1 aabb)

9purple 7 white

Remove Watermark Now

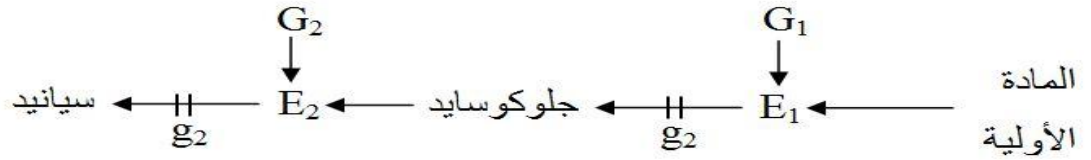
ان جمع اليلين متشابهين متنحيين aa او bb يؤدي الى عدم ظهور اللون الارجواني وتتحور النسبة من 9:3:3:1 الى 9:7 حيث ان شرط ظهور اللون الارجواني هو وجود اليلين مختلفين وتسمى الجينات المكملة complementary genes
وقد فسر هذا التفاعل الجيني على اساس كيمياوي يفرض ان الجين قد ينتج صبغات غير ملونة ولكنها اساسية لتكوين اللون وهذه تتحول الى اللون القرمزي بواسطة الانزيم الذي ينتجه الجين P حديثاً تبين مختبرياً بأن مستخلص الأزهار الأبوية من نباتين بيضاء لكل من CC pp و cc PP يكون عديم اللون ولكن ينتج اللون القرمزي Purple إذا ما خلط هذين المستخلصين .

إذاً إن النسبة الكلاسيكية للأنماط الظاهرية (9 : 3 : 3 : 1) الحاصلة في النسل الناتج لتزاوج ثنائي الهجين (AaBb × AaBb) لا تظهر بهذه الصورة وتصبح محورة عند حصول ظاهرة التداخل بين فعل الجينين (A و B) .



مثال: التداخل الجيني في البرسيم الأبيض white clover :

يلاحظ التداخل الجيني في البرسيم الأبيض بصورة جلية، فبعض سلالات هذا النبات تكون ذات محتوى عالي للسيانيد وأخرى تحتوي على كميات قليلة من هذه المادة، إن النسل الناتج من تضريب سلالتين ذات محتوى قليل للسيانيد يكون ذا محتوى عالي للسيانيد في الأوراق، والنسل الناتج من F_1 يعطي النسبة التالية: 9 عالية السيانيد : 7 قليلة السيانيد وينتج السيانيد من المادة الأولية الجلوكوساید مولد السيانيد Cyanogenic glucoside وذلك بواسطة تفاعل إنزيمي وتمتلك إحدى سلالات البرسيم الأبيض هذا الإنزيم Linamarase ولكن لا تحتوي على المادة الأولية، وأما السلالة الأخرى فتنتج المادة الأولية ولكن لا تستطيع أن تحوله إلى سيانيد . ويبين المخطط التالي طريق البناء الحيوي للسيانيد :



لقد تبين من خلال التحليل الوراثي أن السيانيد يتشكل من مادة Glucoside Linamarine تحت تأثير أنزيم Linamarase . فالطابع الوراثي L-hh يركب المادة (أي أن المورثة L هي التي تشكلها)، أما الطابع الوراثي ll-H فيركب الإنزيم المذكور(أي أن المورثة H هي التي تشكله)، وبالتالي فاجتماع المورثتين L-H يؤدي إلى الحصول على نباتات غنية بالسيانيد، وبالتالي جميع الطوابع الوراثية الأخرى تكون فقيرة بالسيانيد.

صنف فقير بالسيانيد صنف فقير بالسيانيد

P: llHH × LLhh

↓

F_1: LlHh نباتات غنية بالسيانيد

$F_1 \times F_1$: LlHh × LlHh

↓

F_1: 7/16 فقيرة بالسيانيد 9/16 غنية بالسيانيد

(llhh1/16 + llH- 3/16 + L-hh 3/16) L-H

** وتلاحظ نتائج الانفصال نفسها عند التهجين بين سلالتين من **دودة الحرير** شرانقها بيضاء اللون، إذ تكون شرانق الجيل الأول F_1 صفراء اللون (صفة غير موجودة عند الأبوين)، وفي الجيل الثاني F_2 نحصل على 9/16 صفراء اللون: 7/16 بيضاء اللون.

أمثلة أخرى عن نسب الأنماط الظاهرية الناتجة عن طريق التداخلات بين أفعال زوجين من الجينات : في حالة حدوث التداخلات بين أفعال موقعين جينين فإن عدد الأنماط الظاهرية التي سوف تنتج في النسل الآتي من تضريب ثنائي الهجين تكون أقل من أربعة وفيما يلي نورد عدداً من هذه النسب :

ثانياً: التفوق Epistasis وهو ان جين يخفي تأثير جين آخر غير أليله، إن هذه الظاهرة تسمى التفوق، ويظهر تأثير التفوق بتحوير النسب المندلية للمظاهر الخارجية المتحصل عليها في الجيل الثاني تبعاً لكون التفوق سائداً أو متنحياً وتبعا للعلاقة التفاعلية بين الجينات غير الاليلية إذا كانت متبادلة أو غير متبادلة.

يشبه التفوق تماماً حالة السيادة التامة، غير أن التفوق يكون بين جينات غير أليلية ويظهر التفوق تأثيرها بتحوير النسب المندلية للأشكال المظهرية المتحصل عليها في الجيل الثاني أي تغيير النسب المظهرية عن النسب المندلية 9 : 3 : 3 : 1

إذا تواجدت علاقة تفوق بين موقعين وراثيين فان عدد الطوابع الظاهرية التي تظهر في النسل الناتج من أبوين كلاهما ثنائي الهجين يكون أقل من أربعة.

أنواع التفوق Typ of Epistasis :

1- التفوق السائد Dominant Epistasis:

أ- النسبة (12 : 3 : 1)

تحدث هذه الظاهرة عندما يعطي الأليل السائد لجين معين A نمطه الظاهري الخاص، مخفياً بذلك النمط الظاهري للجين الآخر B و بأية حالة أليلية يوجد فيها الـ B (بحالاته الأليلية المختلفة)، لذلك نقول إن الجين A يملك تفوقاً على الجين B ، ولا تستطيع الأليلات التحت تفوقية Hypostatic من التعبير عن نفسها إلا عندما يكون الموقع المتفوق A محتلاً من قبل الأليل المتنحي المتماثل الزيجة aa، أي لا يمكن للجين B أن يعبر عن نفسه الا بوجود الاليلين aa بصورة متنحية Homozygous وهكذا فإن النمطين الوراثيين A-B- و A-bb تنتج نفس الأنماط الظاهرية، بينما الأنماط الوراثية aa B- و aabb تنتج نمطين ظاهريين مختلفين نتيجة لذلك فإن النسبة الكلاسيكية 9 : 3 : 3 : 1 تتحور وتصبح 12 : 3 : 1 .

ومن الأمثلة على التداخل الجيني، تداخل أثر الجينات المسؤولة عن لون ثمار نبات القرع الصيفي Summer Squash: الظاهرة التي تحدد العلاقة بين الجينات غير الاليلية ان الجين الذي يحجب تأثير جين اخر يسمى الجين المتفوق ان هذه الحالة معروفة في لون الثمرة في القرع الصيفي حيث يوجد في القرع الصيفي ثلاثة أصناف من الثمار من حيث اللون هي ثمار بيضاء (عديمة اللون) وصفراء وخضراء وقد وجد من التلقيحات بين نباتات بيضاء الثمار وأخرى صفراء وبين بيضاء وأخرى خضراء أن صفة الثمار البيضاء دائماً هي الصفة السائدة.

وكذلك وجد من التلقيحات بين نباتات صفراء الثمار وأخرى خضراء أن صفة الثمار الصفراء هي الصفة السائدة، فنجد من ذلك أن الثمار الصفراء متنحية أمام البيضاء وسائدة على اللون الأخضر. وقد دلت التحليلات الوراثية على وجود جين سائد W متفوق على اللونين الأصفر والأخضر، وطالما أن هذا الجين موجود في التركيب الوراثي للفرد فإنه يمنع تكوين أي لون في الثمرة، وذلك لان الاليل W يتفوق على Y حيث ان الاليل Y مسؤول عن اللون الاصفر اي ان الاليل W قد حجب تأثير Y ومنع ظهور اللون، اما اذا كان متنحياً أي (ww) يظهر اللون الأصفر في وجود الجين السائد Y ، ويظهر اللون الأخضر في وجود أليله المتنحي y في حالة متماثلة، وتبعاً لذلك يكون التركيب الجيني للثمار الصفراء هو (wwY-) وللثمار الخضراء هو (ww yy) . بينما التركيب الجيني للثمار البيضاء هو إما (W-Y-) أو (W-yy)

بيضاء × خضراء ← F1 كله أبيض ← F2 (12 بيضاء: 3 صفراء :1 خضراء)
wwyy × WWYY ← F1 WwYy ← F2 W - - - : wwY- : wwyy
فعندما أجري تلقيح بين ثمار خضراء (ww yy) وأخرى بيضاء (WW YY) وجد أن ثمار الجيل الأول كانت بيضاء اللون (Ww Yy) ووجد في الجيل الثاني ثلاث مجاميع مظهرية :
12 W-Y- ، W – yy بيضاء .(الجين العامل W يعطي اللون الأبيض)
3 ww Y- صفراء . (الجين العامل Y يعطي اللون الاصفر بشرط وجود ww)
1 ww yy خضراء. (الجين العامل ww yy يعطي اللون الاخضر)
أي تكون النتائج المتحصل عليها هي نسبة 12 بيضاء : 3 صفراء : 1 أخضر .
لثمرة القرع الصيفي ثلاثة ألوان (ابيض- اصفر- اخضر) الابيض يسود على الاصفر و الاصفر يسود على الاخضر. أبيض > الأصفر > الأخضر .

P_1 أبيض WW YY × أخضر ww yy
F_1 Ww Yy (بيضاء هجينة white %100)
$P_2 = F_1 \times F_1$ Ww Yy × Ww Yy تلقيح ذاتي

♂ / ♀	W Y	W y	w Y	w y
WY	WW YY أبيض	WW Yy أبيض	Ww YY أبيض	Ww Yy أبيض
Wy	WwYy أبيض	WWyy أبيض	WwYy أبيض	Ww yy أبيض
wY	WwYY أبيض	Ww Yy أبيض	ww YY أصفر	ww Yy أصفر
wy	Ww Yy أبيض	Ww YY أبيض	ww Yy أصفر	ww yy أخضر

F_2 (9/16 W-Y- + 3/16 W-yy) , 3/16 wwY- , 1/16 wwyy
12white 3 yellow 1 green
نسبة الطرز الشكلية للأفراد الناتجة: 12 نبات أبيض الثمار : 3 نباتات صفراء الثمار : نبات واحد أخضر الثمار. تحورت النسبة بدلا من 1 : 3 : 3 : 9 الى 1 : 3 : 12

ب- النسبة (13 : 3) التفوق السائد المتنحي (تداخل الفعل السائد والمتنحي)
Dominant And Recessive Interaction

في هذا النوع من التفوق، الأليل السائد على موقع واحد يمكن أن يخفي تعبير كل من كلا من الأليليين (السائد والمتنحي) على الموقع الثاني. وهذا يعرف أيضا بالتداخل الجيني المثبط. وقد تم العثور على مثال لهذا النوع من التداخل الجيني لصبغة الأنثوسيانين (anthocyanin pigmentation) في **الأرز**. اللون الأخضر للنباتات محكوم بواسطة الجين I الذي هو سائد على اللون الأرجواني. اللون الأرجواني مسيطر عليه من قبل الجين السائد P. يتم التحكم في اللون الأرجواني من الجين السائد P. عندما يتم التضريب بين نبات ذات لون أخضر (IIpp) وآخر أرجواني (iiPP) ، كان F_1 أخضر. ويمكن تفسير ذلك على النحو التالي.

Remove Watermark Now

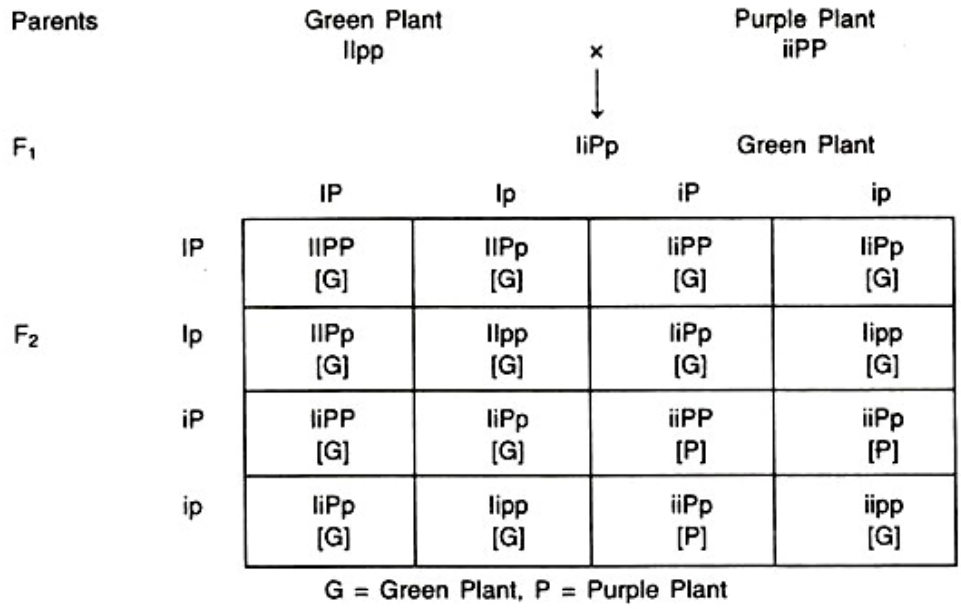


Fig. 8.4. Inhibitory epistasis for anthocyanin pigmentation in rice. The normal dihybrid ratio is modified to 13 : 3 ratio in F_2 generation.

Ratio = 13 Green : 3 Purple

** عندما يعطي النمط الوراثي السائد في أحد الموقعين مثل A- والنمط الوراثي المتنحي للموقع الآخر bb نفس النمط الظاهري، فإننا نحصل على النسبة 13 : 3 بدلاً من النسبة الكلاسيكية 9 : 3 : 3 : 1 . وهكذا نلاحظ إن A- B- و A- bb و aa bb تنتج نمطاً ظاهرياً مختلفاً .

مثال2 : لون الريش في بعض سلالات الدجاج chickens color

في الدجاج لا يتكون اللون في الريش في حالة الأليل السائد للجين A أو عند وجود الأليل المتنحي في حالة متماثل الزيجة للجين B لذلك فإن التضريب التالي Aa Bb × Aa Bb سوف يعطي في النسل الناتج 3 دجاج ملون (aa B-) والدجاج غير الملون سوف يحتوي على A ونسبته 12 أو bb ونسبته 1 .

دجاج اللكهورن ابيض اللون × دجاج البليموث روك ابيض اللون ← F_1 ← كله ابيض ← F_2 ← 13ابيض : 3 ملون

wwcc × WWCC ← F_1 WwCc ← F_2 (1wwcc : 3W-cc :9W-C-) : 3/16 wwC-

13/16 أبيض اللون 3/16ملون

دجاج الليكهورن ابيض اللون × دجاج البليموث روك ابيض اللون

WWCC × wwcc

↓

F_1 WwCc 100% دجاج ابيض اللون

$F_1 \times F_1$ WwCc × WwCc

↓

F_2 (9/16 W-C- : 3/16 W-cc : 1/16 wwcc) : 3/16 wwC-

9White 3White 1White 3colored

13/16 أبيض اللون 3/16 ملونة

تدل هذه النتيجة على أن دجاج الليكهورن وعلى الرغم من امتلاكه مورثة التلون؛ فإنه يكون أبيض اللون لوجود المورثة المتفوقة W- والتي تمنع التلون، فإذا اعتبرنا المورثة C- مسببة للتلون و cc تعطي عدم التلون والمورثة المتفوقة المانعة للتلون بـ W- و ww لا تأثير لها، نصل إلى النتائج الموجودة في مخطط التهجين.

إذاً W يمنع C المسؤول عن اللون في الدجاج ولا يتكون اللون في الريش في حالة الاليل السائد للجين W او عند وجود الاليل المتنحي في حالة متماثل الزيجة للجين C (يسمى هذا النوع بالجينات المانعة inhibitory genes) وهي جينات تؤثر في عمل جينات اخرى فتمنعها من اظهار صفات معينة مما يؤدي الى حصول تغيير في النسبة المظهرية المتوقعة

2- التفوق المتنحي Recessive Epistasis النسبة (9 : 3 : 4)

في حالات معينة يمنع النمط الوراثي المتنحي المتماثل الزيجة (aa) التعبير المظهري للأليلات في الموقع B . لذلك نقول ان الموقع A يظهر تفوقاً متنحياً على الموقع B . تستطيع الأليلات في الموقع B التعبير عن نفسها عندما يكون الأليل السائد حاضراً في الموقع A . لهذا السبب نجد إن كل من النمطين الوراثيين aa bb و aa B- سوف تنتج نمطاً مظهرياً متشابهاً إضافة الى الأنماط الظاهرية الخاصة لكل من A- B- و A- bb لذلك نحصل على نسبة الأنماط الظاهرية 9 : 3 : 4 بدلاً من النسبة 9 : 3 : 3 : 1 مثل وراثة لون الفئران ، ألوان الشعر في الأرانب. (تم شرحها سابقاً ضمن المحاضرة).

ثالثاً: توريث الصفات الكمية (وراثة الجينات المتعددة Polygenic Inheritance)

أ- الأثر التراكمي للمورثات (1:4:6:4:1)

كانت الصفات المندلية الكلاسيكية صفات نوعية Qualitative traits سهلة التصنيف الى مجاميع متميزة من الأنماط الظاهرية ونتجت هذه الصفات من تأثير جين أو جينين بالأضافة الى الصفات النوعية يوجد الكثير من الصفات المهمة في النباتات والحيوانات والإنسان لا يمكن تصنيفها الى مجاميع متميزة. ولكن يمكن قياسها والتعبير عنها بوحدات قياس المسافة أو الوزن أو الحجم وبذا تشكل إختلافات مستمرة. وتكون هذه الصفات كمية Quantitative traits في طبيعتها وتنتج من فعل وتفاعل عدة جينات تتراوح من 10 – 100 جين أو أكثر من ذلك، وكذلك تتأثر هذه الصفات بعوامل البيئة المختلفة. ومن الأمثلة على الصفات الكمية هي الصفات المهمة زراعياً وأقتصادياً في الكثير من النباتات والحيوانات: كأنتاج الحبوب وإرتفاع النبات إنتاج الحليب والبيض . ولذا فإن معظم التجارب في المحطات الزراعية التجريبية في سورية وفي بقية أنحاء العالم تدور حول دراسة هذه الصفات وتحسينها. ومن الصفات الكمية في الأنسان هي القامة أو صفة الطول ودرجة الذكاء، وزن الجسم و لون القزحية ولون بشرة الجلد:

- إن تدرج لون بشرة الإنسان يخضع لتأثير ثلاث أزواج من الجينات على الأقل فالشخص الأسود يكون تركيبه الجيني AA BB CC أما الشخص الأبيض، فيكون تركيبه الجيني aa bb cc، أما الشخص الذي يكون تركيبه الجيني Aa Bb Cc فتكون درجة اللون وسطا بين الأسود والأبيض، وكلما زاد عدد الجينات ذات الحرف الكبير، زادت درجة قتامة اللون، أي زادت نسبة الميلانين وهذا ما يسمى الوراثة الكمية genetic **Quantitive**. فالصفات الكمية تخضع لوراثة تعدد الجينات.

ومن أمثلة تعدد الجينات في النبات وراثة لون حبة القمح، فالحبوب ذات اللون الأحمر يكون تركيبها الجيني AA BB RR، أما الحبوب ذات اللون الأبيض فيكون تركيبها الجيني aa bb rr.

عند التهجين بين صنف من الحنطة ذي بذور حمراء وآخر ذي بذور بيضاء . كانت بذور الجيل الأول ذات لون متوسط بين الأبوين، حيث كانت أفتح من البذور الحمراء للصنف الأبوي الأول ولكن أغمق من البذور البيضاء للصنف الأبوي الثاني. وعند ترتيب بذور الجيل الثاني حسب كثافة اللون، لوحظ تدرج مستمر من الأحمر الى الأبيض وكانت من بذور الجيل الثاني النسب: بحوالي 1\16 حمراء مثل الأب الأحمر البذور وبحوالي 1\16 بيضاء وبحوالي 14\16 متوسط اللون أي تتزواج بين لوني الأبوين .

Remove Watermark Now

وعندما صنفت بذور الجيل الثاني ذات اللون المتوسط بصورة أدق على أساس كثافة اللون، شوهدت النسب: بحوالي 4\16ذات لون أعمق من لون بذور الجيل الأول وبحوالي 6\16 ذات لون متوسط مثل لون بذور الجيل الأول وبحوالي 4\16 ذات لون أفتح من لون بذور الجيل الأول. تدل هذه النتائج على إنعزال مستقل لزوجين من الجينات أو الجينات المضاعفة Duplicate genes التي تؤثر على نفس الصفة وذات تأثير متجمع.

1\16أبيض + 4\16 أحمر باهت + 6\16 أحمر + 4\16 أحمر داكن + 1\16 أحمر داكن جداً

كذلك أجرى نلسن تضريبات أخرى بين صنفين آخرين من الحنطة: الأول ذو حبوب حمراء والثاني ذو حبوب بيضاء . كانت بذور الجيل الأول ذات لون متوسط .

ولكن بذور الجيل الثاني كانت نسبها حوالي 1\64 ذات بذور حمراء وحوالي 1\64 ذات بذور بيضاء ، وحوالي 62\64 ذات بذور متدرجة في اللون بين لوني الأبوين ، وعندما صنفت هذه البذور بصورة أدق شوهدت النسب حوالي 6\64 ذات لون أحمر أفتح قليلاً من الأب الأحمر البذور ، وحوالي 15\64 ذات لون أفتح من لون بذور الجيل الأول ، وحوالي 20\64 ذات لون متوسط مثل لون بذور الجيل الأول وحوالي 15\64 ذات لون أفتح من لون بذور الجيل الأول وحوالي 6\64 ذات لون أعمق قليلاً من بذور الأب الأبيض .

ونتائج هذا التضريب تشابه نتائج التضريب المندلي الثلاثي الهجين من حيث الأساس، ولذا فرض نلسن وجود ثلاثة أزواج من الجينات المستقلة لتفسير هذه النتائج بدلاً من زوجين في التضريب الأول، ومن الواضح بأن زوج واحد الذي أنعزل في التضريب الثاني كان متماثل الزيجة في كل من الأبوين في التضريب الأول .

4. يلاحظ أن الجينات السائدة R_2, R_1 تزيد من شدة اللون الأحمر كلما زاد عددها من 1إلى

أحمر داكن جداً	4	$R_2R_2\ R_1\ R_1$	أليلات سائدة
أحمر داكن	3	$R_2\ r_2\ R_1\ R_1$	أليلات سائدة
أحمر	2	$r_2\ r_2\ R_1\ R_1$	أليلان سائدان
أحمر باهت	1	$r_1\ r_2\ r_2\ R_1$	أليل سائد
أبيض	0	$r_1\ r_1\ r_2\ r_2$	لايوجد أي أليل سائد

إن الانعزال بنسبة (1:15) يدل على أن هناك زوجين من الجينات يتحكمان في صفة لون الحبة في القمح، في حين أن أصناف أخرى من القمح في تجارب تهجين مشابهة بين صنفين أحمر وأبيض الحبوب كشفت عن نسبة إنعزال في الجيل الثاني (1:3) وهذا يعني أن جين واحد فقط هو المتحكم بهذه الصفة، وفي تهجينات أخرى أعطى الجيل الثاني النسبة (1: 63) وهي تدل على وجود 3 ازواج من الجينات

ب- الأثر غير التراكمي للمورثات النسبة (1:15)

تسمى أيضاً التفوق السائد المتماثل التأثير أو الجينات المتضاعفة السائدة أو الجينات المتكررة السائدة: Domminant duplicate epistasis

في هذه الحالة تتحور النسبة 9 : 3 : 3 : 1 إلى 15 : 1 . وهنا تنتج الأليلات السائدة لكل من الموقعين الجينين A و B نفس الشكل المظهري (النمط الظاهري) Phenotype ودون أن تظهر تأثيراً تراكمياً. تعرف هذه الحالة باسم الجينات المتكررة السائدة Duplicate Dominant Genes بمعنى أنها ذات تأثير متماثل بمعنى أن وجود زوج واحد من زوجي الجينات بحالة سائدة يؤدي إلى تكوين الصفة ويعنى ذلك أن وجود زوجين معاً بحالة متنحية يمنع الصفة من التكوين فقد وجد في بعض النباتات أو الحيوانات أن زوجين أو أكثر من الجينات غير الآليلية متماثلة التأثير، بمعنى أن الجين A سائد على a وكذلك الجين B سائد على b والذي يماثل بدوره في تأثير الجين a ووجود أي من A أو B بحالة سائدة يؤدي إلى تكوين الصفة وعلى ذلك يتوقع الحصول على النسبة 15 : 1 حيث أن هناك حالة واحدة فقط في الجيل الثاني التي لا تحتوي على أي من الجينين بحالة سائدة أي أن تركيبها الوراثي هو aa bb .

pdfelement

Remove Watermark Now

والمثال على تلك الحالة هي صفة شكل محفظة البذرة (الكبسولة، العلبة) Seed Capsule في ثمرة نبات كيس الراعي Capsella Bursa-pastoris

يوجد في النبات البري جينان يقرران شكل محفظة البذرة حيث توجد سلالتان تختلفان في نوع الكبسولة فهناك سلالة ذات كبسولة مثلثية الشكل (مثلث الثمرة) والأخرى بيضاوية الشكل (بيضاوي الثمرة). والأليلات المسببة للشكل المثلثي Triangular تكون سائدة على الأليلات التي تقرر النمط الظاهري البيضاوي Ovoid،

**عند اجراء تلقيح بين سلالة مثلثية الشكل وأخرى بيضاوية الشكل. ظهرت أفراد الجيل الأول كلها مثلثية الكبسولة اما نسب الأنماط الظاهرية لـ (F_2) الناتجة من تضريب ثنائي الهجين للمثلثي (Triangular) (Aa Bb × Aa Bb) سوف تتوزع إلى 15 مثلثي و 1 بيضاوي مما يدل على وجود زوجين من العوامل يتحكم في توارث هذه الصفة .

♂ / ♀	AB	Ab	aB	a b
AB	AABB	AA Bb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	Aa Bb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

ويمكن كتابة الرموز بصيغة أخرى:

مثلث الثمرة × بيضاوي الثمرة ← مثلث الثمرة ← (15 مثلث الثمرة: 1 بيضاوي الثمرة)

$t_1t_1t_2t_2$: -- T_2- : T_1 --- ← $T_1t_1T_2t_2$ ← $t_1t_1t_2t_2 \times T_1T_1T_2T_2$

امثلة: **مثال1-** في تزاوج بين حيوانات سوداء وبيضاء كان الجيل الاول كلهم سوداء اللون وعند اجراء التزاوج بين افراد الجيل الاول كان النسل 436 اسود : 17 ابيض . وضح هذه الحالة من التفوق؟

453 = 17 + 436

28.31 = 16/453

15 = 28.31/436 الاسود

0.6 = 28.31/17 ؟1 الابيض

15 اسود : 1 ابيض

تنطبق هذه الحالة مع حالة التفوق (تفوق سائد متضاعف التأثير) (1:15)

** **مثال2:** وجود اكثر من جين واحد يؤثر على نفس الصفة علما بان هذا التأثير يكون بدرجات متساوية مثل وراثة وجود الريش على الارجل في الدجاج

عارية الأرجل من الأرياش aabb × AABB مغطاة الأرجل بالأرياش

↓

F_1: Aa Bb مغطاة الأرجل بالأرياش

F_1 x F_1: AaBb × AaBb

F_1: 1aabb : (3 aaB- : 3A-B- : 9A- bb)

15مغطاة 1عارية

يسبب او ينتج وجود احد الجينيين السائدين او كلاهما بحالة خليطة او اصلية نفس الطراز المظهري بدون تأثير تجميعي (الأثر غير تراكمي).

Remove Watermark Now

التداخلات الجينية لثلاثة أو أكثر من العوامل الوراثية

إن هناك أكثر من ناتج جيني يشترك في أي مسار للتخليق الحيوي لذلك فإن التداخلات بين فعل الجينات قد تكون أيضاً بين ثلاثة أو أربعة أو أكثر من الجينات، وعلى الأغلب فإن الجينات تعتمد بدرجات متفاوتة على الجينات الأخرى لتظهر فعلها ، فإذا ما حدث تداخل الفعل الجيني بين ثلاث جينات فإن نسبة الأنماط الظاهرية في النسل الناتج من تزاوج ثلاثي الهجين (Thrihybrid) Aa Bb Cc ×Aa Bb Cc سوف تتحور ولا نحصل على النسبة المندلية الكلاسيكية وإنما نحصل على النسبة 1 : 3 : 3 : 3 : 9 : 9 : 9 : 27

(27ABC, 9ABc, 9AbC, 9aBC , 3Abc, 3aBc, 3abC, 1abc)

AaBbCc / AaBbCc	ABC	ABc	AbC	aBC	Abc	aBc	abC	abc
ABC	AABBCC	AABBCc	AABbCC	AaBBCC	AABbCc	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc
ABc	AABBCc	AABBcc	AABbCc	AaBBCc	AaBbcc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc
AbC	AABbCC	AABbCc	AAbbCC	AaBbCC	AAbbCc	AaBbCc	AabbCC	AabbCc
aBC	AaBBCC	AaBBCc	AaBbCC	aaBBCC	AaBbCc	aaBBCc	aaBbCC	aaBbCc
Abc	AABbCc	AABbcc	AAbbCc	AaBbCc	AAbbcc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc
aBc	AaBBCc	AaBBcc	AaBbCc	aaBBCc	AaBbcc	aaBBcc	aaBbCc	aaBbcc
abC	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	aaBbCC	AabbCc	aaBbCc	aabbCC	aabbCc
abc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	aaBbCc	Aabbcc	aaBbcc	aabbCc	aabbcc

التأثير المتعدد للجين الواحد Pleiotropism

وتسمى تَعَدُد النمط الظاهري أو تَعَدُد الأشكال أو تَعَدُد التأثير الوراثي Pleiotropy هي حالة وراثية غَير اعتيادية تَتضمن وجود اثنتان أو أكثر من العلامات والآثار الشكلية غير المترابطة والتي تنتج عن اضِطرابات الجين الواحد "single gene disorders" .

توضح لدينا فيما سبق إن للجين تأثيراً واضحاً ومحدداً على صفة معينة وقد يكون للجين أكثر من تأثير على صفات الكائن. واكتشفت حالات عديدة توضح التأثير المتعدد للجين ويمكننا أن نقول إن كل الجينات لها مثل هذا التأثير، فنرى في الدروسوفلا إن عدد النتوءات في العين العودية سوف يتغير كثيراً بوجود الجينات التي تؤثر على الأهداب (Bristles) أو الجناح وغيرها ، والشفرة الجينية للعين البيضاء يؤثر على شكل أعضاء خزن الحيامن، ويتوضح التأثير المتعدد للجين أيضاً في الأنسان فالطفرة في الجين المسؤول عن الهيموغلوبين سوف تغير من شكل كريات الدم الحمراء مؤدية بذلك الى سرعة تكسرها وتجمعها مما يؤثر على جريان الدم وبالتالي الضرر بالدماغ والرئة والقلب .....الخ. ومن أمثلة هذه الظاهرة مرض فقر الدم المنجلي، مرض الثلاسيميا، مرض الرقاص العصبي، نقص الأصبغة والانخفاض الشديد لمعامل الذكاء في الأفراد المصابين بحمض الفينيلكيتونيوريا.

مثال: مرض الثلاسيميا Thalassemia :

يتحكم به مورثة متنحية، ويسمى كذلك فقر دم البحر الأبيض المتوسط، وفي الحالة الطبيعية ينتج الجنين نوعاً خاصاً من الهيموجلوبين يدعى الهيموجلوبين الجنيني Fetus Haemoglobin (HbF) وبعد الولادة يتم تكوين هيموجلوبين يدعى هيموجلوبين البالغين Adult Haemoglobin (HbA) خلال الأشهر الأولى من حياة الطفل. في الأطفال المصابين بالثلاسيميا لا يتم إنتاج الهيموجلوبين الطبيعي للبالغين منهم. ويستمر إنتاج الهيموجلوبين الجنيني، لذا تكون خلايا الدم الحمراء هشة سريعة التحطم في أثناء مرورها بالكبد والطحال، وذات كفاءة منخفضة لنقل الأكسجين وتظهر أعراض المرض قبل أن يبلغ الطفل السن الثانية من عمره، إذ يصاب بفقر دم حاد ويبدو شاحباً

Remove Watermark Now

ويقل نموه ويتضخم لديه الطحال، ويتراكم الحديد في أعضاء مختلفة من الجسم مما يؤدي إلى حدوث مشاكل في القلب والكبد والغدد الصماء وضعف في الجهاز المناعي كذلك يحدث تشوه في نمو العظام وتصبح هشة، وفي حالة متوسطي الإصابة تظهر الأعراض السابقة في مراحل عمرية أكبر ولكن بدرجة أقل. ويتم توارث هذا المرض نتيجة وجود الأليل (H^F) المسؤول عن إنتاج الهيموجلوبين الجنيني أما الأليل (H^A) فهو مسؤول عن إنتاج هيموجلوبين البالغين.

التركيب الجنيني	التركيب الظاهري
$H^A H^A$	غير مصاب
$H^A H^F$	إصابة متوسطة
$H^F H^F$	مصاب

pdfelement

النسب المندلية المحورة Modified Mendelian Ratio

عادة لا تعمل الجينات بمعزل عن بعضها البعض، كما انها تتفاعل مع البيئة.

لوحظ في بعض الصفات أنه يشترك زوجان أو أكثر لإنتاج صفة واحدة، مما يسبب تغير (تحور) في النسب المظهرية المتوقعة في النسل حسب قوانين مندل.

أولاً : التحور في النسب المظهرية الناتجة عن زوج واحد من الجينات

I- وجود جينات ذات سيادة غير تامة (Incomplete Dominance Genes):

عرفنا انه، حسب قانون مندل الأول فإن أي صفة يحكمها زوج واحد من الجينات له سيادة تامة، يكون : * الجيل الأول كله ذا نمط مظهري واحد .

* الجيل الثاني ينعزل النسل بنسبة 1:3 .

في بعض الحالات، يكون:

* الجيل الأول ذا نمط مظهري وسط بين الأبوين.

* الجيل الثاني ينعزل النسل بنسبة 1:2:1 .

أمثلة: * تهجين بين نباتين من نوع "حنك السبع"

احمر التويج RR × ابيض التويج rr P

Rr جميعها ذات لون وردي F1

* تزاوج بين رجل (مجعد الشعر) مع أنثى (ناعمة الشعر) نتج عنه أولاد ذوي شعر مموج.

* تزاوج بين ديك أندلسي (اسود الريش) مع دجاجة (بيضاء الريش) نتج عنه افراد ذوي ريش ازرق.

Remove Watermark Now

في الأمثلة السابقة نجد أن:
- النسل له صفة وسطية بين الأبوين. و هذا معناه أن النسل له (نمط مظهري خليط) و غير نقي للصفة وراثياً (نمط جيني متباين) لأن الأليل السائد له سيادة غير تامة.
و بالدراسة وجد أن هناك بعض العوامل (المسببات) التي تؤثر على الجينات التي لها سيادة غير تامة، نوضحها فيمايلي:-
أولاً:- عوامل خارجية (ظروف بيئية):
أ- تأثير درجة الحرارة:
- في نبات حنك السبع، أن بذور التهجين (RR × rr) :
إذا زرعت تحت درجة حرارة منخفضة، كان لأفراد الجيل الأول أزهار حمراء
إذا زرعت تحت درجة حرارة مرتفعـــة، كان لأفراد الجيل الأول أزهار عاجية
ب- تأثير الضوء:
- في نبات الداتورة، أن بذور التهجين (RR × rr)
إذا زرعت تحت درجة إضاءة ضعيفة، كان لأفراد الجيل الأول سيقان خضراء
إذا زرعت تحت درجة إضاءة شديدة، كان لأفراد الجيل الأول سيقان حمراء قرمزية
ثانياً:- عوامل داخلية:
أ- العمر:
- في "خنازير غينيا"، عند تهجين أنثى صغيرة في السن يأتي النسل ذو إصبع زائدة.
عند تهجين نفس الأنثى بعد تقدمها في السن يأتي النسل له العدد الطبيعي من الأصابع.
ب- الجنس:
- رغم أن كل جينات الذكر و الأنثى متماثلة التركيب، إلا ان وجود هرمونات خاصة بكل منهما يؤثر على الصفات، وعلية نجد ان هناك"
1- صفات محددة بالجنس:
لون الجسم في فراشة البرسيم (فرشة أبي دقيق)

	التركيب الوراثي	الشكل الظاهري
إناث	WW	أبيض
ذكور	ww	أصفر
	Ww	

2- صفات متأثرة بالجنس:
صفة الصلع في الإنسان:
يكون الجين (B_2B_2) مسئول عن ظهور الصلع، و الأليل B_2 يسود على الأليل B_1 و لكن:
* في النمط الجيني غير المتماثل (B_1B_2) يظهر الصلع على الذكور فقط و لا يظهر في الإناث رغم انهن يحملن نفس التركيب الجيني و لكن يحملن صفة الصلع لأبنائهن الذكور.
* في النمط الجيني المتماثل السائد (B_2B_2) يظهر الصلع في كلا الجنسين.
** **تأثيرات البيئة على عمل المورثة:**
* **الطفرات التى تؤثر على عمليات الايض:** هى تلك الطفرات التى تحدث خللاً فى عمليات التمثيل الغذائى لبعض المركبات فى الجسم نتيجة لنقص إنزيم معين. وهناك ثلاثة طفرات من هذا النوع، حيث يؤثر كل منها على إنزيم معين فى دورة التمثيل الغذائى للحامض الأمينى فينيل آلانين phenylalanine.
1- مرض البول الفينولى (الفينولكيتونيوريا phenylketonuria (PKU)) حيث يؤدى إلى حدوث طفرة متنحية على الكروموسوم رقم 12 فى الجين المسئول عن إنتاج إنزيم phenylalanine hydroxylase مما يؤدى إلى تعطيل خطوة تحويل حامض الفينيل الالنين إلى تيروسين. و يؤدى ذلك إلى تراكم حامض الفينيل الانين فى البول و الدم.
سبب المرض وجود طابع وراثي متنحي pp وعامل بيئي (الفينيل آلانين)

pdfelement

2- مرض المهاق او الالبينو Albinism أو عدو الشمس نظرا لعدم قدرته على مواجهه ضوء الشمس لغياب صبغة الميلانين فى الجلد و فى الجفون و العيون. تحدث الطفرة تغيير فى الجين المسئول عن إنتاج انزيم Tyrosinase المسئول عن إنتاج صبغة الميلانين.
3- مرض البول الأسود Alcaptonuria طفرة متنحية تؤثر على الجين الخاص بإنتاج انزيم Homogentisic oxidase مما يؤدى الى عدم أكسدة حامض الهوموجينتيسك الى ثانى أكسيد كربون وماء و بالتالى يتراكم الحامض فى الدم و البول و عندما يتعرض البول للهواء يأخذ اللون الاسود نتيجة تأكسد حمض Homogentisic بفعل الهواء.

II- وجود جينات محورة (Modifying Genes):

تتأثر جينات الصفة بجينات أخرى تسبب تغير في الشكل المظهري (تحوير في النمط المظهري):
في "فئران المعامل" ذات النمط الجيني (WW) يكون لون الشعر أبيض و العيون السوداء كصفة سائدة
* الفئران ذات النمط الجيني (Ww) يكون لون الشعر رمادي مبقع باللون الأبيض كصفة مظهرية خليطه.
* الفئران ذات النمط الجيني (ww) يكون لون الشعر رمادي كصفة متنحية
لوحظ أن:
* درجة التبقع في الفئران الخليطة (Ww) تكون متغيرة حسب عدد الجينات المحورة التي كلما زاد عددها كلما زادت درجة التبقع باللون الأبيض.
* في الفئران ذات النمط الجيني المتنحي المتماثل (ww) ينعدم وجود أي من الجينات المحورة فيكون لون شعر الفئران رمادي.
* كلما كانت درجة التبقع كبيرة تنج عنه فئران بيضاء

III- وجود جينات مميتة (الجينات القاتلة Lethal Genes):

- للحصول على النسب المحددة للجيل الثاني، فقد اشترط مندل ان تكون جاميطات الأبوين المتزاوجين على درجة كبيرة من الحيوية، و بالتالي لو حصل نقص في حيوية جاميطات أحد الأبوين فإن التركيب الجيني لابد و ان يتغير مما يغير نسبة الانعزال في الجيل الثاني.
مثال: في حالة صفة يتحكم فيها زوج واحد من الجينات ذو سيادة غير تامة (و ليكن Ss) و كانت الجاميطة s أقل حيوية من الجاميطة S فإنه:
- تتحور النسبة المندلية 1:2:1 المتوقعة في الجيل الثاني إلى 1:3 بسبب ضعف الحيوية في الأفراد ذوي التركيب الجيني المتماثل المتنحي ss ، و لذلك يعتبر الجين s مقلل للحيوية (Sub Vital gene).
- لو تسبب ضعف الحيوية في موت اكثر من نصف الأفراد ذات النمط الجيني ss أعتبر الجين شبه مميت (Semi Lethal Gene) والجينات شبه المميته هي تلك الجينات التي يؤدي وجودها في الكائنات الحية المكونه لعشيرة ما الى موت نسبة من هذه الافراد (وليس كلها)، فهي الجينات التي تتسبب في موت أكثر من 50% من افراد الذرية قبل الوصول الى مرحلة النضج الجنسي.
- لو تسبب ضعف الحيوية في موت جميع الأفراد ذات النمط الجيني ss أعتبر الجين مميتاً (Lethal gene). - و الجينات المميتة هي الجينات التي تتسبب في موت الكائن الحي خلال مرحلة معينة من مراحل تكوينه الجنيني (قبل الولادة) او عند الولادة او بعدها بقليل (قبل وصوله فترة البلوغ الجنسي). ويمكن ان تكون سائدة مميتة وهذه يتعذر دراستها اذ انها تتسبب في موت كل الأفراد الحاملة لها بالتراكيب الوراثية النقية والهجينة او متنحية مميتة وبها تتحور النسبة المندلية من 1:2:1 الى 2:1

مثال للدلالة على وجود الجينات المقللة للحيوية:

في ذبابة "الدروسوفيلا" تعتبر صفة (الجناح الطويل) صفة برية، أما صفة (الجناح المختزل) فتعتبر صفة متنحية. وجد بالتجربة أن التهجين بين فردين من كلا النمطين يعطي:

Remove Watermark Now

1- تحت ظروف بيئية جيدة:

* جيل أول جميع افراده مظهرياً (طويل الجناح) و تركيبها الجيني غير متماثل.
* بالتزاوج بين افراد الجيل الأول يظهر في الجيل الثاني أفراد (طويل الجناح) و أخرى (مختزل الجناح) بنسبة 1:3

2- تحت ظروف بيئية رديئة:

* جيل أول جميع افراده مظهرياً (طويل الجناح) و تركيبها الجيني غير متماثل.
* بالتزاوج بين افراد الجيل الأول يظهر في الجيل الثاني زيادة عدد الأفراد (طويل الجناح) و قلة عدد الأفراد (مختزل الجناح) بسبب ان جين صفة (الجناح المختزل) له تأثير مقلل للحيوية.

مثال للدلالة على وجود الجينات شبه المميتة:

في الإنسان وجد أن ظهور مرض إيبيلويا Epiloia (ظهور نموات غير طبيعية على الجلد مع تخلف عقلي شديد و صرع و أورام خبيثة في القلب و الكلى مما يؤدي إلى موت الفرد في سن مبكرة) و ينتج هذا المرض عن جين شبه مميت.

* تزواج (فرد مصاب له التركيب الجيني Ee) مع فرد (عادى له التركيب الجيني ee) فنتوقع الحصول على أبناء تشابة الآباء بنسبة 1:1.
* وجود تأثير شبه مميت للأليل E في الجين Ee ، يسبب موت بعض الأبناء ذوي التركيب الوراثي Ee فتتعدل النسبة في الأبناء لتصبح 1: أقل من 0.5 .

مثال للدلالة على وجود الجينات المميتة Lethal Genes

1- العوامل المميتة السائدة

* أشار Cuenot في مطلع هذا القرن الى إن وراثة اللون الأصفر للفئران لا يتبع النسب المندلية المعروفة ، فعند إجراء التضريب التالي : عمل تهجين بين فأرين لونهما أصفر فحصل على نسل كان بنسبة 2 أصفر : 1 غير أصفر (رمادى) وقد فسر هذه النتيجة بأن الآباء تكون خليطه للون الأصفر وأن الفئة الحاملة لعامل اللون الأصفر بصورة أصيلة تموت

فاراً أصفر × فاراً أصفر ← فإن النسل الناتج يتكون من 23 صفراء : 13 أجوتي عوضاً عن النسبة المندلية لتضريب ثنائي الهجين وهي 34 أصفر : 14 أجوتي، وعند تضريب النسل الأصفر مع الأجوتي لم يلاحظ وجود فئران صفراء متماثلة الزيجة في الأفراد الناتجة حيث كانت متباينة الزيجة؛ وبينت أبحاث علماء آخرين إن 25٪ من الأجنة تكون ميتة من التزاوج أعلاه وهذه الأجنة تكون متماثلة الزيجة للون الأصفر. حيث شُرِحَت الإناث عقب فترة من تلقيحها فوجد فى رحمها ربع عدد الأجنة متوقف عن النمو فى المرحلة الجنينية المبكرة و باقى الأجنة حية. أحيانا تظهر فى الدجاج حالة تكون الدجاجة ذات أرجل قصيرة ملتوية ولا تستطيع أن تحمل جسمها بعيداً عن الأرض ويطلق عليه الدجاج الزاحف إذ تعاني الأفراد الحاملة للتركيب الوراثي النقي (الأفراد المصابة) من تشوهات شديدة تتسبب في موتها أما الأفراد الهجينة فإنها تكون غير قادرة على المشي لذا فإن الطيور الزاحفة الهجينة تعيش وتتكاثر أما الطيور الزاحفة النقية فإنها تموت في عمر مبكر. ويلاحظ هنا تغيير النسب المندلية إذ تكون 1 :2 بدلاً من 1 :3

وعند عمل تزاوج بين اثنين من هذا الدجاج يفقس عدد من البيض المحضن يبلغ حوالى ثلاثة أرباع العدد الكلى فقط بينما تموت الأجنة فى الربع الباقى وبالفحص اتضح أن موت الأجنة يكون فى مرحلة مبكرة (حوالى اليوم الرابع للتحضين) أما الصيصان الناتجة فيكون عددها حوالى 2 زاحفا والثلث الباقى عادى وتظل هذه الأفراد العادية صادقة التوالد فلا يظهر فى نسلها أى دجاج زاحف كما يتضح من التحليل الاتى:

التلقيح الاختباري للدجاج الزاحف

Cc X cc	**Cc X Cc**
عادى زاحف	**زاحف زاحف**
1Cc : 1cc	**1CC : 2Cc : 1cc**
زاحف عادى	**عادى : زاحف : زاحف نقي يموت**

* وبعد ذلك أكتشفت الجينات المميتة في النباتات، ففي نبات حلق السبع (Antirrhinum majus) يعود النمط الظاهري الأصفر للأوراق لنمط وراثي سائد (أوريا aurea)، ولوحظ عند إجراء التضريب التالي للنبات الأصفر الأوراق (aurea) :

أوريا aurea × أوريا (aurea) ← فإن النسل الناتج يكون مشتملاً على نباتات خضراء والأوريا المتباينة الزيجة وبنسبة 1 : 2 وذلك لأن الأوريا المتماثلة الزيجة ليس لها القابلية على صنع الكلوروفيل ونتيجة لذلك فأنها تموت قبل الأنبات او كبادرات (Seedling) . وتتغاير قوة نفاذية الجينات المميتة فمنها ما يكون تعبيره ونفاذيته جيداً بحيث لا يسمح لبقاء ما بعد المرحلة الجنينية وأخرى تكون شبه مميتة أو مقللة للحيوية حيث تسمح لعدد أكبر من الأفراد الحاملة للأنماط الوراثية المتأثرة بالعيش .

- العوامل المميتة المتنحية

يحدث الالبينو أو فقد المقدرة على تكوين الصبغة فى كل من الإنسان والحيوان والنبات وفى الإنسان لا تكون هذه الطفرة مميتة حيث يكون فى مقدره الأفراد الذين يعانون منها وقاية أنفسهم من التأثير الضار لأشعة الشمس بلبس الملابس مثلا وكذلك فى الحيوان حيث يمكنه المعيشة فى الأماكن المظللة كما أن الفراء يحميه من أشعة الشمس .

أما فى النباتات الخضراء فان طفرة الالبينو تفقدها المقدرة على تكوين صبغة الكلوروفيل الضرورية لحياتها فالبادرات البيضاء تعجز عن القيام بعملية التمثيل الضوئى وتكوين النشا فتموت بمجرد نفاذ الغذاء المخزن فى البذرة، وتكون نسبة البادرات الالبينو فى البذور المزروعة لنباتات الذرة والقمح والشعير والبندورة وغيرها حوالى الربع مما يدل على أن الالبينو صفة متنحية وأن الآباء المنتجة لها تكون خليطة فى زوج من العوامل المتحكمة فى هذه الصفة .

في نبات الذرة، وجد ان الجين GG (مسئول عن إنتاج صبغة الكلوروفيل ليتمكن النبات من عمل التمثيل الضوئي) و له سيادة تامة. النباتات ذات التركيب الجيني Gg تستطيع تكوين صبغة الكلوروفيل. النباتات ذات التركيب الجيني gg لا تستطيع تكوين صبغة الكلوروفيل و تكون اوراقها بيضاء مصفرة. تبعاً لذلك، تتحور نسبة إنعزال النسل في الجيل الثاني من 1:2:1 إلى 2 خضراء نقية : 1 خضراء غير نقية، بسبب موت النباتات ذات التركيب الجيني gg.

- الجينات المتنحية المميتة مثل الجين المسبب لمرض الخلايا المنجلية إذ غالباً ما يموت الفرد النقي الحامل للتركيب الجيني ss وبذلك لا يمكن الحصول على أفراد حية نقية للجين المسبب للمرض.

ثانياً : التحور في النسب المظهرية الناتجة عن زوجين من الجينات

عرفنا أن انعزال زوجين من الجينات في الجيل الثاني يكون بنسبة 1:3:3:9 ، و لكن لو كان بين الجينين ارتباط أو تداخل في الوظائف فسوف تتغير نسبة الانعزال في الجيل الثاني تبعاً لنوع المؤثر كما يلي:

I- وجود جينات ذات سيادة غير تامة (Incomplete dominance genes):

1- جينات متفوقة (Epistasis genes):

* التفوق "هو نوع من التداخل في النشاط بين جينين بحيث يستطيع احدهما إخفاء تأثير الآخر" و هناك نوعان من التفوق هما:

أ- جينات متفوقة سائدة (Epistasis dominance genes):

" تفوق و سيادة أحد الجينين (و ليكن AA) على الجين الآخر (و ليكن BB) و لن يستطيع الجين B التعبير عن نفسه إلا إذا كان أليلا الجين AA متنحيين (أي في الأنماط الجينية aaBB. aaBb)، أما النمط الجيني (aabb) فلن يظهر ضمن نسل الجيل الثاني فتتحور نسبة الانعزال إلى 1:3:12 .

ب- جينات متفوقة متنحية (Epistasis recessive genes):

" تفوق و سيادة أحد الجينين (و ليكن AA) على الجين الآخر (و ليكن BB) و لن يستطيع الجين A التعبير عن نفسة إلا:

* إذا كان احد أليلا الجين BB في حالة سيادة (أي في الأنماط الجينية AABB. AABb . AaBB . AaBb)
* و لن يظهر أي تأثير للجين A في الأنماط الجينية (aaBB . aaBb . aabb) ضمن نسل الجيل الثاني
* فتتحور نسبة الانعزال إلى 4:3:9 ، يسمى هذا النوع من الجينات بـ "جينات الإضافة Additive genes".

II- وجود جينات مميتة (Lethal genes):

لاحظنا سابقاً أن الجينات المميتة تحدث نقصاً في عدد الأنماط المظهرية المتوقعة، و في التهجينات لزوجين من الجينات فإن النسبة تتحور في الجيل الثاني إلى 3:9 بسبب ظهور تأثير الجين المميت.

III- وجود الجينات المكملة (Complementary genes):

يتحكم كلا الجينين في الصفة، و لابد من وجود أليل واحد من كل جين في حالة سيادة. و بالتالي لن تظهر الصفة في الأنماط الجينية (AAbb . Aabb . aaBb . Aabb). و تتحور النسبة في الجيل الثاني إلى 7:9.

IV- وجود الجينات المتطابقة (Duplicate genes):

يتحكم كلا الجينين في الصفة، و لكل منهما نفس القوة مما يجعل نتاج الجيل الثاني ذو نمط مظهري واحد عدا النمط المتماثل المتنحي (aabb)، و تكون نسبة الانعزال 1:15.

V- وجود الجينات الماحقة (Suppressor genes):

يتحكم كلا الجينين في الصفة، و لكن لا يستطيع أي اليل للجين (AA) التعبير عن نفسه حتى لو كان في حالة سيادة تامة حيث يمنعه من ذلك وجود احد اليلي الجين (BB) سائدا. و يظهر أثر الجين AA في الأنماط الجينية التي يكون فيها اليلا الجين BB في حالة متنحية (Aabb . AAbb) و تكون نسبة الانعزال في الجيل الثاني 3:13.

********** انتهت المحاضرة

pdfelement