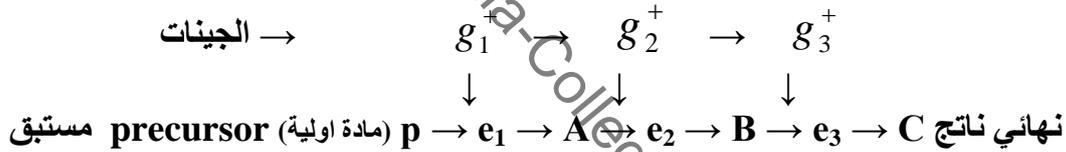


التفاعل بين الجينات Genes Interaction

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، والطرز المظهري لا يمكن تفسيره دائما بموجب الوراثة المندلية فالطرز المظهري للكائن الحي عبارة عن محصلة نواتج سلوك عدة جينات في الظروف بيئية معينة .

والظروف البيئية تشمل عوامل خارجية External environment كالحرارة والرطوبة والضوء والتغذية والكثافة السكانية وغيرها من العوامل المحيطة بالكائن الحي . وهناك عوامل بيئية داخلية Internal environment مثل الوظائف الفسلجية للجسم والهرمونات والانزيمات وغيرها . اضافة لذلك فهناك تداخلات بين فعل زوجين من الجينات او اكثر لتخليق او تكوين مادة نهائية معينة End product . والجينات تحدد تركيب البروتينات ونوعيتها بموجب فعل الانزيمات وهي بروتينات ايضا لذلك يجب ان تتوفر كافة الجينات اللازمة لاتمام سلسلة تخليق او بناء حيوي معين Biosynthetic pathway . ان التفاعلات الكيماوية التي تحدث داخل الخلية تتم في خطوات متتالية ، وفي كل خطوة يتم تحويل مادة معينة الى مادة اخرى وكل خطوة تتحقق من التي قبلها بواسطة انزيم معين . والخطوات اللازمة لتحويل مادة اولية معينة (مستبق) Precursor substance الى ناتج نهائي end product هي عبارة عن سلسلة تخليق حيوي Biosynthetic pathway ، والمخطط التوضيحي التالي يمثل هذه السلسلة، وهو توضيح للتفاعل بين عدة ازواج من الجينات:



من المخطط المذكور اعلاه نلاحظ ان كل مادة من المواد الوسيطة (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 بريا الطراز. ان التفاعل الجيني genetic interaction يحدث عندما يقوم جينان او اكثر لتعيين الانزيمات اللازمة لاتمام سلسلة خط تخليق حيوي معين فادا كانت المادة C ضرورية لظهور شكل مظهري طبيعي Normal phenotype وكانت الجينات (g_1, g_2, g_3) هي جينات غير طبيعية (أي جينات طافرة) فانها تكون غير قادرة على انتاج الانزيمات السليمة اللازمة للتفاعل الكيماوي الصحيح، وعليه فان الشكل المظهري (الغير طبيعي) أي الطافر سوف ينتج من التركيب الوراثي النقي Homozygous المنتحي لاي موقع من المواقع الجينية الثلاثة فاذا كان الجين المتماثل (g_3) هو الجين الطافر فان عملية تحويل المادة B الى المادة C ستتوقف لذا سوف تتراكم المادة B بكميات زائدة عن الحاجة داخل الخلية، وأذا كان الجين المتماثل الطافر هو g_2 فان المادة A سوف تتراكم بكميات زائدة داخل الخلايا، ومن هنا يتضح أن الطفرات Mutants عبارة عن أعاقاة او سد في طريق التمثيل الحيوي (أعاقات أظلية) . فاذا كان الفرد تركيبه الوراثي g_2g_2 فاته يستطيع اظهار الشكل المظهري الطبيعي اذا أعطي إحدى المادتين B أو C ، أما إذا كان تركيبه الوراثي g_3g_3 فانه يحتاج فقط الى المادة C لاظهار الشكل أو الطراز المظهري الطبيعي، وإذا كان التركيب الوراثي للفرد هو $g_3g_3^+$ اي تركيب هجين (خليط) فان عملية التمثيل الكيماوي سوف تتم وفق تسلسلها الطبيعي وينتج طراز او شكل مظهري طبيعي .

أن الجين الطبيعي (g_3^+) يعتمد على وجود الجين الطبيعي (g_2^+) لكي يتمكن من إظهار تأثيره على إنتاج الشكل المظهري الطبيعي، أما إذا كان التركيب الوراثي على شكل (g_2g_2) أي جين طافر متنحي فإن عملية التخليق الحيوي سوف تتوقف بعد إنتاج المادة A وبذلك لا يظهر أي تأثير للجين g_3^+ أو g_3 على الشكل المظهري أي أن التركيب الوراثي g_2g_2 يخفي الشكل المظهري الذي يمكن أن ينتج من تأثير الاليلات الموجودة في الموقع g_3 سواء كانت سائدة g_3^+ أو متنحية g_3 ويطلق على هذه الحالة من التفاعل الجيني بالتفوق . Epistasis

يسمى الجين الذي يمنع جينا آخر في موقع آخر (غير اليلي) من إظهار تأثيره بالجين المتفوق Epistatic gene والجين الآخر الذي لم يستطع من إظهار تأثيره بالجين المكبوت أو المتفوق عليه Hypostatic gene.

إن السيادة dominance والتي أشير إليها سابقا هي عبارة عن حالة تفوق داخل الموقع الجيني الواحد (تفوق ضمنى) (intra-locus epistasis) ، ويتعبّر آخر هي حالة تفوق بين الاليلين في الموقع الجيني الواحد وهذا النوع من التفاعل الجيني يسمى Intra-allelic interaction وفيه يمنع أو يخفي الاليل السائد تأثير الاليل المتنحي عند وجودهما معا في الفرد الخليط.

أما التفوق Epistasis فهو كبت أو إخفاء (Suppress) تعبير جيني عندما يعبر جين آخر في موقع جيني آخر عن نفسه (تفوق بيني inter-allelic epistasis) ويعرف هذا النوع من التفوق الجيني inter-allelic interaction. ونتيجة للتفاعل بين الجينات فإن النسبة المندلية التي تظهر في الجيل الثاني F_2 والناتجة من دراسة زوجين من الصفات وهي 9:3:3:1 سوف تتحول إلى نسب أخرى أي تتغير هذه النسبة نتيجة ظاهرة التداخل بين فعل الجينات gene interaction ويؤدي التداخل بين فعل الجينات كذلك إلى ظهور أشكال مظهرية جديدة في النسل الناتج لم تكن موجودة في الأباء . ومن أشهر الأمثلة على التفاعل بين الجينات وراثية صفة شكل العرف في الدجاج .

من دراسة شكل العرف الناتج من تهجين سلالات مختلفة من الدجاج في أوائل القرن العشرين اكتشفت أول حالة من حالات التفاعل بين الجينات وكالاتي :

- 1- سلالة الوايندوت Wyandottes لها عرف يسمى بالعرف الوردي .
- 2- سلالة البراهما Brahmas ولها عرف بازلائي .
- 3- سلالة الكهورن Leghorns ولها عرف مفرد single comb كما في الشكل التالي :

إجراء التلقيحات بين السلالات :

أولاً:

مفرد × وردي $\xrightarrow{F1}$ (كله وردي) $\xleftarrow{F2}$ (3 وردي : 1 مفرد)
هذه النتيجة تدل على أن صفة العرف الوردي سائدة سيادة تامة على صفة العرف المفرد ويتحكم بها زوج واحد من الاليلات أي موقع جيني واحد.

ثانياً:

مفرد × بازلائي $\xrightarrow{F1}$ (كله بازلائي) $\xleftarrow{F2}$ (3 بازلائي : 1 مفرد)

هذه النتيجة تدل على أن صفة العرف البازلاني وصفة العرف المفرد عبارة عن زوج من الصفات التضادة وأن صفة العرف البازلاني سائدة سيادة تامة على صفة العرف المفرد وأن هناك زوج واحد من الاليلات أي موقع جيني واحد يتحكم في توريث هاتين الصفتين.

ثالثاً:

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

وحسب قانون مندل الثاني فان ظهور هذه النسبة تدل على وجود زوجين من العوامل الوراثية وليس زوجا واحدا أي ان الاباء في هذا التلقيح وهم وريديو الاعراف وبازلانيو الاعراف 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

وباستعمال الرموز R للعرف الوردي
P للعرف البازلاني

تكون الاستنتاجات كمايلي :

- 1- الافراد الذين ظهوروا 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- الافراد الذين ظهوروا بنسبة $9/16$ في F_2 يجب ان يحملوا الصفتين السائدتين لذا فتركيبهم الوراثي لابد ان يحتوي على اليل واحد ساند على الاقل من كل زوج من زوجي الاليلات، فالافراد الجوزيو الاعراف في F_2 يكون تركيبهم الوراثي (R-P-).
 - 3- الافراد ذوو الاعراف الوردية الذين ظهوروا بنسبة $3/16$ في F_2 لابد انهم يحتون على زوج متنحي من الاليلات وزوج اخر ساند من الاليلات، وحيث ان صفة العرف الوردي سائدة على صفة العرف الفرد سيادة تامة فلا بد ان التركيب الوراثي لهؤلاء الافراد ان يكون (R- pp) .
 - 4- الافراد ذوو الاعراف البازلانية الذين كانت نسبتهم بين افراد F_2 $3/16$ لابد ان يحتون على زوج متنحي وزوج اخر ساند من الاليلات، وبما ان صفة العرف البازلاني سائدة سيادة تامة على صفة العرف الفرد فلا بد ان يكون تركيبهم الوراثي (rr P-).
- ان 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 المسؤلة عن صفة العرف الوردي وتلك المسؤلة عن صفة العرف البازلاني موجودة بصورة متنحية ونقية معا، واذا كان هناك اليل واحد على الاقل من الجينات المسؤلة عن صفة العرف الوردي في حالة سائدة (R-) والاليلات المسؤلة عن العرف البازلاني بصورة متنحية فيكون العرف الناتج عرفا ورديا . بينما وجود اليل واحد على الاقل من الجينات المسؤلة عن العرف البازلاني في حالة سائدة (P-) مع الاليلات المسؤلة عن العرف الوردي بصورة متنحية ينتج افراد بعرف بازلاني.
- وفي حالة وجود اليل واحد من الاليلات المسؤلة عن العرف الوردي على الاقل في حالة سائدة (R-) مع اليل واحد على الاقل من الجينات المسؤلة عن العرف البازلاني بحالة سائدة (P-) فيكون الناتج عرفا جوزيا .

وباستعمال الرموز :

عرف بازلاني × عرف وردي
P: rr PP RR pp

G : (rP) ↓ (Rp)

F₁: R r P p تلقيح ذاتي

F₂ : R- P- : R- pp : rr P- : rr pp

9 : 3 : 3 : 1

مفرد بازلاني وردي جوزي

والخلاصة :

- ان الفعل الجيني يعني العمليات الوراثية المشتركة بين الجينات مثلا :-
- 1 - اعتماد جينين على بعضهما لظهور صفة معينة أي هناك تداخل تكميلي بين الجينين.
 - 2- التداخل في عمل جينين او اكثر لتحويل شكل معين (مثل شكل العرف في الدجاج كما في المثال السابق).

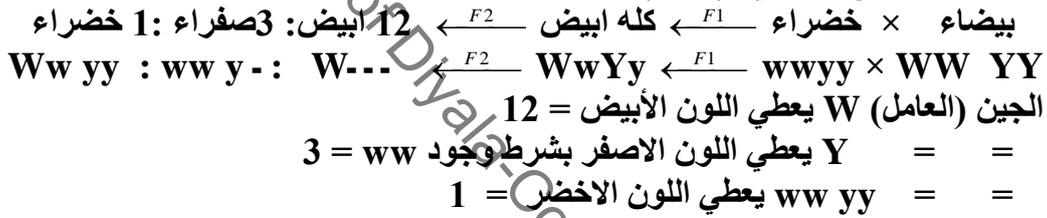
التفوق : Epistasis

وهو ان جين يخفي تأثير جين اخر غير اليه، ان هذه الظاهرة تسمى بالتفوق ويظهر تأثير التفوق بتحويل النسب المندلية للمظاهر الخارجية المتحصل عليها في الجيل الثاني تبعا لكون التفوق سائدا او متنحيا وتبعاً للعلاقة التفاعلية بين الجينات غير الاليلية اذا كانت متبادلة او غير متبادلة .

انواع التفوق : Type of Epistasis

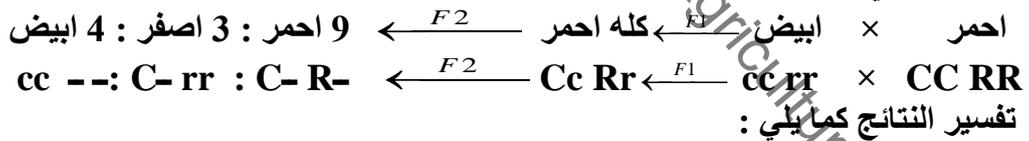
1- التفوق السائد (12 : 3 : 1)

وفيه يعطي الاليل السائد لجين معين (A) نمطا ظاهريا يخفي نمط الجين الاخر (B) وبإية حالة اليلية يوجد فيها الـ (B) . ولهذا يكون (A) متفوق على (B) . ولا يمكن للجين (B) ان يعبر عن نفسه الا بوجود الاليلين (aa) بصورة متنحية (Homozygous) . ولهذا يظهر (A-B-) و (A-bb) بنفس النمط الظاهري و (B-bb) يكون بنمط اخر وكذلك (aa bb) بنمط اخر ايضا .
ومثال ذلك الفرع الصيفي (الثمار):



2- التفوق المتنحي : [4:3:9] Recessive epistasis

هناك حالات معينة يمنع فيها النمط الوراثي المتنحي (Homozygous) تعبير او نفاذ الاليلات الاخرى في الموقع الاخر ، ولذلك يطلق عليه بالتفوق المتنحي، ولاتستطيع الاليلات الاخرى ان تعبر عن نفسها الا عندما يكون الاليل الاول من النوع السائد .
المثال كما في البصل :



الجين C يسبب الصبغة ، واليله المتنحي (c) لايسبب الصبغة، والجين R يحدد لون الصبغة الحمراء واليله المتنحي (r) يحدد اللون الاصفر، ولذلك التراكيب الوراثية للسلاطة الحمراء هي CCRR والسلاطة البيضاء هي ccrr والتركييب الوراثي للجيل الاول هو CcRr ، اما افراد الجيل الثاني فتكون :

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

والنتيجة نحصل على ثلاثة اشكال مظهرية (9 أحمر و3 أصفر و4 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 منعما كما في التراكيب الوراثية ccrr و Ccrr .

3- التفوق السائد متمائل التأثير (الجينات المكررة السائدة) {15:1} في هذه الحالة تعطي الاليلات السائدة لكلا الموقعين للجينين A و B نفس الشكل المظهري Phenotype دون ان تظهر تأثيرا تراكميا .
المثال:

شكل العلبة في ثمرة نبات كيس الراعي (ثمرة النبات)
مثلث الثمرة × بيضوي $\xleftarrow{F1}$ مثلث الثمرة $\xleftarrow{F2}$ 15 مثلث : 1 بيضوي
 $t_1t_1t_2t_2 : T_1 \dots \xleftarrow{F2} T_1t_1T_2t_2 \xleftarrow{F1} t_1t_1t_2t_2 \times T_1T_1T_2T_2$
-- T₂ -

4-التفوق المتنحي متمائل التأثير (العوامل المكملة) [7:9]
وفيه يعطي التركيبين الوراثيين المتنحيين aa و bb للموقعين الجينيين اشكالا ظاهرية متشابهة، ذلك يكون (aaB -) ، (A - bb) ، (aa bb) لهم نمط ظاهري واحد(متشابه) وعندما يوجد الاليلان السائدان معا سيعطيان نمطا ظاهريا مختلفا .
مثال :

لون الازهار في البزاليا :
ابيض × ابيض $\xleftarrow{F1}$ قرمزي $\xleftarrow{F2}$ 9 قرمزي : 7 ابيض
CCpp × cc PP $\xleftarrow{F1}$ CcPp $\xleftarrow{F2}$ C - P - : 3 ابيض
Cc P - : 3 ابيض
Cc pp : 1 ابيض

المجموع 7 ابيض

4- التفوق المتمائل التأثير غير الكامل : [9 : 6 : 1]
وتتم بصورتين : -
أ: اذا كان كل من الموقع الوراثي A والموقع B بالاشكال الوراثية (A- bb) و (aa B-) يعطيان نفس النمط الظاهري .
ب: اذا كان وجود A و B في الشكل الوراثي (A- B-) يعطي تأثيرا تراكميا للمواد الناتجة المثال في الخنازير:

رملّي × رملّي $\xleftarrow{F1}$ كله احمر $\xleftarrow{F2}$ 9 احمر : 6 رملّي : 1 ابيض
rrSS × RRss $\xleftarrow{F1}$ RrSs $\xleftarrow{F2}$ R - S - : R - ss : rrss
rrS -

6 - التفوق السائد المتنحي (3:13)
وفيه يعطي النمط الوراثي السائد في احد الموقعين مثلا A والنمط الوراثي المتنحي للموقع الاخر bb نفس الشكل المظهري وبذلك تعطي التراكيب الوراثية (A-B -) و (A-bb) و (aa bb) نفس الشكل المظهري ويكون النمط الوراثي (aa B -) فقط مختلف عنهم ، والمثال على ذلك في بعض سلالات الدجاج :

اللكهورن (ابيض) × بليموثروك (ابيض) $\xleftarrow{F1}$ كله ابيض $\xleftarrow{F2}$ 13 ابيض : 3 ملون
CCII × ccii $\xleftarrow{F1}$ CcIi $\xleftarrow{F2}$ C - I- : C - ii : cc Ii
cc ii
ccii

مخطط يوضح حالات التفوق المختلفة:

حالات التفوق (التراكيب الوراثية):	9AB	3Ab	3Ab	1ab
سائد	12	3	1	
متنحي	9	3	4	
متنحي متماثل	9	7		
سائد متماثل	15	1		
سائد ومتنحي	13	12		
متماثل غير كامل	9	6	1	

University of Diyala-College of Agriculture