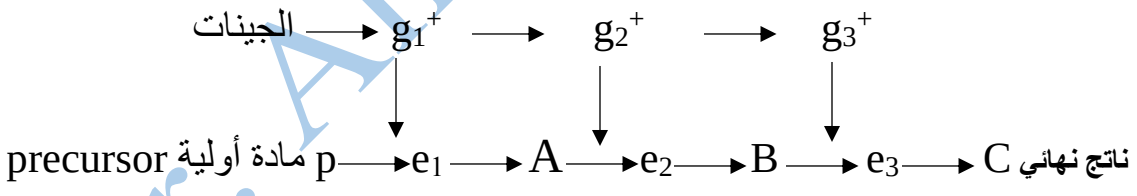
Epistasis and Gene Interaction:التفوق والتداخل الجيني

ان فرضيات مندل التي بني عليها قانون التوزيع الحر أن كل عامل وراثي ينتقل من جيل لاخر 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 الظروف بيئية معينة.

والظروف البيئية تشمل عوامل خارجية External enviro moment 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 ايضاً لذلك يجب أن 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 إلى مادة اخرى وكل خطوة تتحقق من التي قبلها بواسطة انزيم معين. والخطوات اللازمة لتحويل مادة أولية معينة (مستبق) substance Precursor 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 أن 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 برية الطراز. ان التفاعل الجيني genetic interaction يحدث عندما يقوم جينان او اكثر لتعيين الانزيمات الازمة لاتمام سلسلة خط تخليق حيوي معين فاذا 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

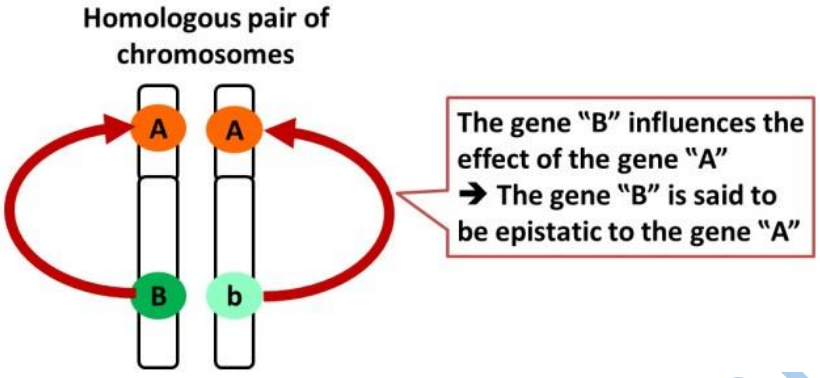
Dr. Ahmed Shehab

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) فأن المادة A سوف تتراكم بكميات زائدة داخل الخلايا، ومن هنا يتضح أن الطفرات Mutants عبارة عن أعاقة أو سد في طريق التمثيل الحيوي (أعاقات أيضية). فاذا كان الفرد تركيبة الوراثي g_2g_2 فأنه يستطيع اظهار الشكل المظهري الطبيعي أذا أعطي أحدى المادتين B أوC، أماذا كان تركيبة الوراثي g_3g_3 فأنه يحتاج فقط الى المادة C لاظهار الشكل أو الطراز المظهري الطبيعي، واذا كان التركيب الوراثي للفرد هو$g_3g_3^+$ اي تركيب هجين (خليط) فان عملية التمثيل الكيمياوي 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، اما اذا كان التركيب الوراثي على شكل (g_2g_2) أي جين طافر متنحي فان عملية التخليق الحيوي سوف تتوقف بعد انتاج المادة A وبذلك لا يظهر أي تاثير للجين g_3^+ او g_3 على الشكل المظهري أي أن التركيب الوراثي g_2g_2 يخفي الشكل المظهري الذي يمكن أن ينتج من تاثير 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 الجين الذي يمنع جينا اخر في موقع اخر (غير اليلي) من اظهار تأثيره بالجين المتفوق Epistatic gene والجين الاخر الذي لم يستطع من اظهار تاثيره بالجين المكبوت او المتفوق عليه Hypostatic gene.

ان السيادة dominance والتي اشير اليها سابقاً هي عبارة عن حالة تفوق داخل الموقع الجيني الواحد (تفوق ضمني) intra -locus epistasis، وبتعبيراخر هي حالة تفوق بين الاليلين في الموقع الجيني الواحد وهذا النوع من التفاعل الجيني يسمى Intra -allelic interaction وفيه يمنع او يخفي الاليل السائد تاثير الاليل التنحي عند وجودهما معا في الفرد الخليط. اما التفوق Epistasis فهو كبت او اخفاء (Suppress) تعبير جيني عندما يعبر جين اخر في موقع جيني اخر عن نفسه (تفوق بيني)inter -allelic epistasis (ويعرف هذا النوع من التفوق الجيني inter allelic interaction. ونتيجة للتفاعل بين الجينات فان النسبة المندلية التي تظهر في الجيل الثاني F_2 والناتجة من دراسة زوجين من الصفات وهي 1: 3 : 3 : 9 سوف تتحور الى نسب اخرى أي تتغير هذه النسبة نتيجة ظاهرة التداخل بين فعل الجينات gene interaction ويؤدي التداخل بين فعل الجينات كذلك الى ظهوراشكال مظهرية جديدة في النسل الناتج لم تكن موجودة في الاباء.

Dr. Ahmed Shehab



صورة توضح التفوق Epistasis حيث ان الجين B تفوق على الجين A

ان التداخل الجيني ينقسم الى ستة أقسام وهي:

1- الجينات المكملة للجينات الاخرى: Complementary Genes

في حالات الجينات المكملة من التفوق فان النسب المظهرية Phenotype Ratio تتحول الى 9:7. هنا الجينات تنتج تأثير يختلف من حيث النوع من تأثير اي جين منها بمفردة. انه تأثير مكمل لجينين متشابهين لإنتاج تأثير واحد. لتوضيح تأثير الجينات المكملة نأخذ **المثال الاول:** صفة مقاومة مرض الصدأ Smut في الشوفان Oat والمسؤول عنها الجينات (A-B-). أي أن الجين A مكمل للجين B. اما اذا وجدت التراكيب الوراثية A-bb, aaB- , aabbفان نباتات الشوفان تكون غير مقاومة لمرض الصدأ Non Resistant وذلك لعدم تواجد الجينات A-B- سوياً. ان النسب المظهرية لقانون مندل الثاني Phenotype والتي هي 9:3:3:1 تتحول الى 9:7 والتي تمثل التفوق التكميلي Complementary Epistasis. **المثال الثاني**: يوضح الامر اكثر حيث جرى تضريب بين نباتات طويلة حمراء TTRR مع قصيرة بيضاء ttrr وكان الجيل الاول TtRr F1 وتم بعدها اجراء تلقيح ذاتي له والنتيجة المفروض أن تكون وفق قانون مندل الثاني 9:3:3:1 اي قصير ابيض: قصير احمر: طويل ابيض : طويل احمر الا أن الذي حصل فعلاً وواقعاً مختلف وهو الاتي:-

Parent (P.) TTRR Tall-Red × ttrr Short- White

Gamete (G.) P1 P2

First Filial (F1) TtRr Tall-Red

تم بعد ذالك تضريب Crossing افراد الجيل الأول مع بعضها Self - Pollination وكما يلي:

Parent (P.) TtRr × TtRr

Dr. Ahmed Shehab

Gamete (G.) TR, Tr, tR, tr TR, Tr, tR, tr

ونعمل الجدول الاتي للحصول على نباتات الجيل الثاني F2

	TR	Tr	tR	tr
TR	TTRR	TTRr	TtRR	TtRr
Tr	TTRr	TTrr	TtRr	Ttrr
tR	TtRR	TtRr	ttRR	ttRr
tr	TtRr	Ttrr	ttRr	ttrr

Phenotype: - ٩ : ٣ : ٣ : 1

9 افراد TTRR طويل احمر و 7 افراد قصير ابيض وهي TTrr عدد ثلاثة أفراد و ttRR عدد ثلاثة افراد و ttrr فرد واحد وبذالك تكون النسبة المظهرية 9:7 قصير ابيض: طويل احمر. ان هذا يعني ان الافراد الثلاثة TTrr الطويل الأبيض تحول الى قصير ابيض و الافراد الثلاثة ttRR القصير الأحمر تحول الى قصير ابيض كذالك. **المثال الثالث:** عن الجينات المكملة هي الصفة المحكومة من قبل جينين وتظهر هذه الصفة في حالة التركيب الوراثي الذي يشمل على الاقل اليلاً سائدا واحدا لكل من الجينين -B و-A التراكيب الوراثية aabb , aaBb , Aabb , AAbb لاتظهر الصفة وتكون التراكيب الوراثية الناتجة كالاتي:

AABB 1

AABb 2

AaBB 2

AaBb 4

وان عدد الأفراد هو تسعة وهي تظهر الصفة قيد الدراسة. التراكيب الوراثية السبعة والتي لا تظهر الصفة قيد الدراسة هي:-

AAbb 1

Aabb 2

aaBB 1

aaBb 2

aabb 1

Dr. Ahmed Shehab

2- الجينات المحورة: Modifying Genes

ان هذا يعني بتواجد جينات معينة محورة يتم من خلالها تحوير التأثير والحصول على صفة جديدة. نأخذ مثال عن الذرة الصفراء Corn حيث وجد:-

الجين السائد R يعطي لون احمر Red

الجين المتنحي r يعطي لون ابيض White

لكن يوجد جين اخر يرمز له Pr واذا ما وجد مع الجين السائد R الذي يعطي لون احمر فسوف يغيرة الى اللون البنفسجي Pr +R يعطي لون بنفسجي.

الجين المتنحي r والذي يعطي لون ابيض ولكن اذا ما وجد الجين المحور Pr فسوف يحول اللون الأبيض الى اللون الأرجواني.

Pr + r اللون الأرجواني. ان هذا يدل دلالة واضحة على أن الجين Pr هو جين محور.

3- الجينات المانعة: Inhabiting Genes

أن بعض الجينات لها القدرة على منع تأثير جينات اخرى وتسمى مثل هذه الجينات بالمانعة. المثال التالي يوضح الامر. الجين R يعطي اللون الاحمر. يوجد جين سائد اخر هو I وله اليل متنحي هو i. الجين R يعطي لون احمر فقط عند انعدام الجين السائد الاخر (I) والذي هو جين مانع وكما يلي:-

red	Ri
white	RI, rl, ri

وبذالك فان الجين I يمنع تأثير الجين السائد R. يمكن أن نأخذ المثال الاتي لتوضيح الامر اكثر وكما يلي:

ان وجود الاليل السائد B يمنع ظهور صفة الاليل السائد A في اي تركيب وراثي ولذا فان الاليل السائد A يعبر عن ذاته ويظهر صفته في الفرد النبات الذي يحمل التركيبين الوراثيين Aabb , AAbb فقط وكما يلي:-

1	AABB
2	AABb
2	AaBB
4	AaBb
1	aaBB
2	aaBb
1	aabb

Dr. Ahmed Shehab

أن مجموع افراد النباتات هو 13 وهي لا تظهر صفة الجين A وذالك لوجود الجين المانع B . تبقى ثلاثة أفراد وهي:-

1 AAbb

2 Aabb

وتقوم بإظهار الصفة للجين A لعدم وجود الجين المانع B

4- الجينات المغطية لجين اخر: Masking Genes

الجين المغطي هو الجين الذي يخفي او يغطي تأثير جين اخر عندما يكونان كلاهما موجودان معا. مثال لتوضيح ذألك حول لون غلاف بذرة الشوفان حيث:-

الجين B يعطي اللون الاسود Black لغلاف البذرة.

الجين Y يعطي اللون الاصفر Yellow لغلاف البذرة.

ان الجين Y ليس له تأثير واضح بوجود الجين B لأن غلاف البذرة الأسود المحكوم بالجين B يخفي او يغطي تأثير الجين Y والذي يعطي من الناحية الطبيعية اللون الاصفر.

BY, By	black color
Yb	yellow color
yb	white color

5- الجينات المتكررة: Duplicate Genes

وهذه هي جينات مختلفة ولكن لها تأثير متشابه (أي تنتج معا نفس التأثير). ان هذا يعني ان الجينات تحت الدراسة لها تأثير مضاعف او متكرر. **مثال:** نبات كيس الراعي الاعتيادي ثماره ذات شكل مثلث Triangle Shape وينتج هذا الشكل بسبب الجين السائد C او الجين السائد D او كليهما. اما اذا وجدت الجينات المتنحية cd فيكون شكل الثمرة بيضوياً Oval Shape وكالتالي:-

CD, Cd, cD	Triangle Shape
cd	Oval Shape

مثال اخر: عن الجينات المضاعفة هو أن التراكيب الوراثية AAbb , aaBB , Aabb , aaBb تعطي نفس التركيب المظهري Phenotype. اما التركيب الوراثي Genotype الذي يحمل اليلات كلا الجينين بشكلها المتنحي الكامل aabb فلا يكون له أي تأثير. انظر الى التراكيب الوراثية التالية:

1 AABB

Dr. Ahmed Shehab

AABb 2

AaBB 2

AaBb 4

AAbb 1

Aabb 2

aaBB 1

aaBb 2

وهذه الافراد الخمسة عشر تحوي الجينات المضاعفة، اما التركيب الأخير (اي رقم ستة عشرة) فهو يحمل aabb ولا يحمل الجينات المضاعفة وبذا نسبة الجينات المضاعفة 1:15

6- الجينات المتضاعفة او المضافة: Additive Genes

في حالة الجينات المضافة Additive Genes فان هناك جينين ينتجان تأثير معين ولكن التأثير يكون اغزر واكثر وضوحاً اذا وجد كلا الجينين في آن واحد (اليلين سائدين من جينين) **وكمثال على ذلك:** طول السفا في سنبلة الشعير:-

سفا متوسط الطول Medium في الشعير	AA
سفا متوسط الطول Medium في الشعير	BB
سفا متوسط الطول Medium	Ab , aB
سفا قصير Short	ab
سفا طويل Tall	AB

مثال اخر حول هذا الموضوع: حيث أن وجود الأليلات السائدة لكلا الجينين في نفس التركيب الوراثي يقوي ظهور الصفة قيد الدرس مقارنتاً لوجود اليل سائد واحد وتكون النسبة 9:6:1. التراكيب الوراثية التالية توضح الأمر:-

AABB 1

AABb 2

AaBB 2

AaBb 4 والمجموع هو تسعة أفراد.

AAbb 1

Aabb 2

Dr. Ahmed Shehab

1 aaBB

2 aaBb والمجموع هو ستة أفراد.

1 aabb وهو فرد واحد فقط وبذلك تكون النسبة هي: 9:6:1

تداخل الجينات باختصار: Genes Interaction in Brief

1- التفوق المتغلب

12 : 3 : 1

طويل احمر: قصير احمر: قصير ابيض

اما النسب المندلية فهي:

T- R -	TTrr	ttRR	ttrr
9	3	3	1

طويل احمر: طويل ابيض : قصير احمر : قصير ابيض

ان التركيب الوراثي TTrr والذي هو طويل ابيض يتحول الى طويل احمر في حالة التفوق المتغلب وبذا فان ثلاثة أفراد الطويل الأبيض يتحول الى الطويل الاحمر وتكون النسب هي:

12 : 3 : 1

طويل احمر : قصير احمر : قصير ابيض

2- التفوق المتنحي: نسبة نسبة التفوق المتنحي هي:

9 : 7

طويل احمر: قصير ابيض

اما النسب المندلية فهي:-

T- R -	TTrr	ttRR	ttrr
9	3	3	1

طويل احمر: طويل ابيض : قصير احمر : قصير ابيض

وفي حالة التفوق المتنحي فان ثلاثة أفراد من الطويل الأبيض TTrr وثلاثة أفراد من القصير الاحمر ttRR تتحول الى القصير الأبيض ttrr. ونتيجة لذلك تتغير النسبة الى

9 : 7

طويل احمر : قصير ابيض

Dr. Ahmed Shehab

3 - التفوق المتنحي المضاعف:

أن النسبة لهذا التفوق هو: 9 : 6 : 1

لكن النسبة المندلية كما نعرفها هي:-

T- R -	TTrr	ttRR	ttrr
9 :	3 :	3 :	1

لكن التركيب الوراثي الطويل الأبيض TTrr يتحول الى القصير الأحمر ttRR وبذلك تتغير النسب وتكون النسبة الجديدة كالاتي

9 : 6 : 1

طويل احمر : قصير احمر: قصير ابيض

4- التفوق المتغلب المضاعف: أن النسبة لهذا التضاعف هي:-

15 : 1

بينما النسب المندلية هي:

T- R -	TTrr	ttRR	ttrr
9 :	3 :	3 :	1

ان التفوق المتغلب المضاعف يؤدي الى تحول التراكيب الوراثية التركيب الوراثيttRR, TTrrالى التركيب الوراثي T- R - وبذالك تتغير النسبة الى الاتي:

15 : 1

5- التفوق المثبط: ان النسبة لهذا التفوق هو:

13 : 3

بينما النسب المندلية هي:

T- R -	TTrr	ttRR	ttrr
9 :	3 :	3 :	1

احمر طويل: احمر قصير : ابيض طويل : ابيض قصير

ولكن في التفوق المثبط تتحول التراكيب الوراثية TTrr, ttrr الى صفة التركيب الوراثي T -R- وبذلك تكون النسبة الجديدة هي:

13 : 3

احمر طويل : احمر قصير

Dr. Ahmed Shehab

أن المعلومات تم اختصارها في الجدول التالي:-

النسب المندلية	9	3	3	1
التفوق المتغلب	12		3	1
التفوق المتنحي	9	7		
التفوق المتنحي المضاعف	9	6		1
التفوق المتغلب المضاعف	15			1
التفوق المثبط	13	3		

Dr. Ahmed Shehab

المصادر:

- **علي**، حميد جلوب;. (1988). اسس تربية ووراثة المحاصيل الحقلية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد. مديرية دارالكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- Internet