الأنحرافات عن قانون مندل الأول

1. السيادة غير الكاملة Incomplete dominance

بعد اكتشاف ابحاث مندل حصل العلماء في حالات كثيرة على انماط ظاهرية لا يمكن تفسيرها بموجب السيادة الكاملة، ففي نبات حلق السبع عند تضريب نبات ذي ازهار حمراء مع نبات آخر ذي ازهار بيضاء، نتج جيلاً هجيناً ذا ازهاراً حمراء وردية Pink ونتج في الجيل الثاني نباتات ذات ازهاراً حمراء بنسبة 1 ونباتات ذات ازهاراً حمراء وردية بنسبة 2 ونباتات ذات ازهاراً بيضاء بنسبة 1، وبذلك تكون النسبة 1 : 2 : 1 التي تكون محورة عن النسبة المندلية 3 : 1 بسبب السيادة غير الكاملة.

P1 RR (احمر الأزهار) X rr (ابيض الأزهار)

G1 R r

F1 100% Rr (وردي الأزهار)

P2 Rr (وردي الأزهار) X Rr (وردي الأزهار)

G2 R , r R , r

F2 1 RR (احمر الأزهار) : 2 Rr (وردي الأزهار) : 1 rr (ابيض الأزهار)

2. السيادة الفوقية (Overdominance)

يكون النمط الظاهري الهجين في السيادة الفوقية عند قياسه كمياً اكثر من الأبوين الذين يحملون النمط الظاهري النقي، فمثلاً ذبابة الفاكهة يكون متباين الزيجة (الهجين) للون العين (W^+W) زيادة في كمية الصبغات التألقية عن كل من متماثل الزيجة (النقي) للطراز البري الحمراء العيون (W^+W^+) ولون العين الأبيض (WW)، كذلك تظهر السيادة الفوقية في الحالات المتعلقة بالصلاحية الحيوية مثل الحجم، الأنتاجية والحيوية. وبسبب السيادة الفوقية فأن نسبة افراد الجيل الثاني تكون محورة عن النسبة المندلية 3 : 1.

P1 W^+W^+ (حمراء العيون) X WW (بيضاء العيون)

G1 W^+ W

F1 100% W^+W (حمراء العيون غامقة)

P2 W^+W (حمراء العيون غامقة) X W^+W (حمراء العيون غامقة)

G2 W^+ , W W^+ , W

F2 1 W^+W^+ : 2 W^+W : 1 WW

(حمراء العيون) (حمراء العيون غامقة) (بيضاء العيون)

3. السيادة المشتركة Codominance

تكون السيادة مشتركة عندما يعبر كلا الأليلين بصورة كاملة عن تأثيرهما في متباين الزيجة (الهجين)، فمثلاً في الإنسان يكون الأليل I^A لصنف الدم A سائداً مشتركاً مع الأليل I^B لصنف الدم B وعليه يعبر متباين الزيجة I^AI^B عن صفتي كل من الصنف A والصنف B، وبما ان الأليلين يسيطران على نواتج بروتينية مختلفة في كريات الدم الحمراء فأن التزاوج بين فرد متماثل الزيجة (النقي) I^AI^A مع آخر متماثل الزيجة I^BI^B ينتج ابناء متباينة الزيجة I^AI^B. وينتج التزاوج بين افراد متباينة الزيجة (I^AI^B x I^AI^B) ابناء بنسبة 1 مجموعة A ونسبة 2 لصنف الدم AB ونسبة 1 لصنف الدم B. وبسبب السيادة المشتركة فأن نسبة افراد الجيل الثاني التي تكون محورة عن النسبة المندلية 3 : 1.

P1	$I^A I^A$	X	$I^B I^B$
G1	I^A		I^B
F1		I^AI^B	

P2	I^AI^B		X	I^AI^B	
G2	I^A	, I^B		I^A	, I^B
F2	1 $I^A I^A$	:	2 I^AI^B	:	1 $I^B I^B$

1. الجينات المميتة Lethal genes

هناك عدد من الفرضيات التي وضعها مندل، فالأولى انه ينتج الفرد الهجين اعداداً متساوية من الكميتات لزوج او زوجين من الصفات والثانية ان جميع هذه الكميتات التي يكونها الفرد الهجين يجب ان تكون متساوية في حيويتها وخصوبتها، والفرضية الثالثة فأن عملية التلقيح بين الكميتات تتم بالصدفة، اما الفرضية الرابعة فأن البيوض المخصبة الناتجة من هذه الكميتات او من اتحاد هذه الكميتات تكون متماثلة او متساوية الحيوية. ان اي خلل في الفرضيات تؤثر على النتائج او الصفات التي يورثها الفرد، وأن الجينات المميتة إذا ما وجدت في الفرد بصورة نقية (اما سائدة نقية او متنحية نقية) تؤدي إلى موت الكائن الحي الذي يحملها في مرحلة من مراحل النمو، وهناك نوعان من الجينات المميتة:

1. جينات مميتة متنحية التأثير وذات تأثير مظهري سائد Recessive lethal genes with dominant phenotype effect

اشار Cuenot في مطلع هذا القرن إلى ان وراثة اللون الأصفر للفئران لا يتبع النسب المندلية المعروفة، وأن تضريب فأر أصفر مع فأر اصفر آخر فأن النسل الناتج يتكون من 3/2

فئران صفراء و 3/1 فئران رمادية بدلاً من النسبة المندلية التي هي 4/3 فئران صفراء و 4/1 فئران رمادية. وعند تضريب النسل الأصفر مع الفئران الرمادية فلم يلاحظ وجود فئران متماثلة الزيجة في الأفراد الناتجة، إذ كانت كلها متباينة الزيجة. لقد بينت ابحاث العلماء ان 25% من الأجنة تكون ميتة من التزاوج اعلاه وهذه الأجنة تكون متماثلة الزيجة للون الأصفر YY الذي يكون سائداً على اللون الرمادي.

هناك مثال آخر على الجينات المميتة، كما في الدجاج الزاحف مظهرياً والذي يملك ارجلاً قصيرة او ملتوية والذي عندما يسير يظهر وكأنه يزحف. وعند تضريب دجاج زاحف مع دجاج زاحف آخر، فأن أفراد النسل الناتج يكون بنسبة 2 دجاجاً زاحفاً و نسبة 1 دجاجاً طبيعياً، اما عند تضريب دجاجاً زاحفاً مع دجاجاً طبيعياً فأن النسل الناتج يكون بنسبة 50% دجاجاً زاحفاً و 50% دجاجاً طبيعياً، ففي هذه الأمثلة فأن الدجاج الذي يمتلك تراكيب وراثية نقية سائدة تموت في مرحلة من مراحل النمو.

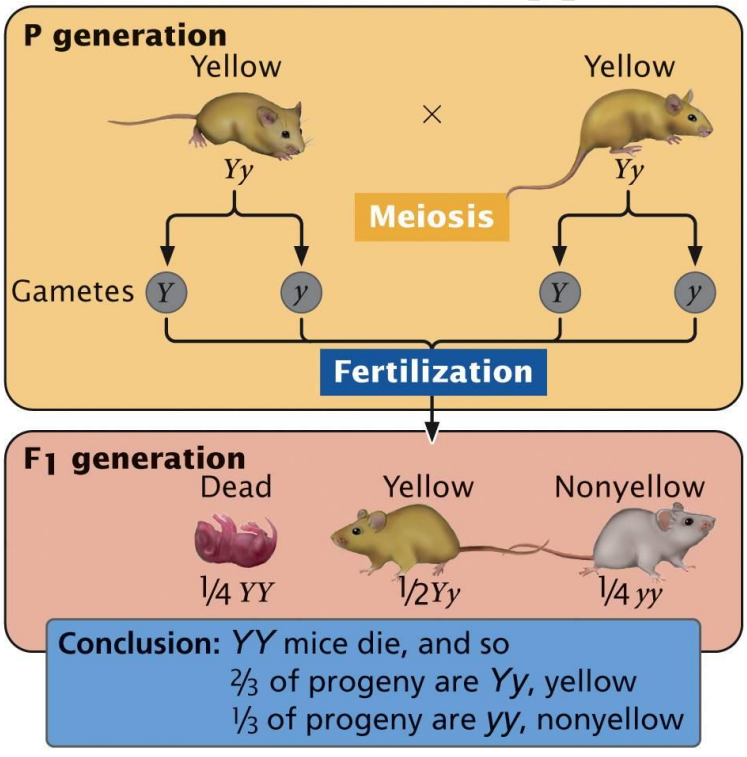


Fig_05-04 *Genetics, Second Edition* © 2005 W.H. Freeman and Company

الجينات المميتة

2. جينات مميتة متنحية التأثير وذات تأثير مظهري متنحي Recessive lethal genes with recessive phenotype effect

في بعض انواع النباتات وبعد انبات البذور تظهر البادرات التي تكون قسم منها خضراء وقسم آخر بيضاء والتي لا تستطيع ان تنمو وتكون نبات كامل. ان البادرات ذات الأوراق الخضراء تكون سائدة على البادرات ذات الأوراق البيضاء، فعند اجراء تضريب بين نباتات ذات بادرات خضراء هجينة مع اخرى تحمل نفس الصفة، فأن النسل الناتج يكون بنسبة 75% من نباتات ذات اوراق خضراء ونسبة 25% من نباتات ذات اوراق بيضاء التي تموت ولا تكون نباتات كاملة. ان البادرات التي تحمل الصفة المتنحية yy تكون بيضاء ميتة في احدى مراحل نموها، اي ان الصفة المظهرية التي تؤثر على الجينات المميتة هي المتنحية وبنسبة 25% فقط من النسل الناتج.

الأساس الخلوي للوراثة المندلية Cytological base of Mendelian genetics

استنتج العلماء بأن الوراثة تنتقل بنوى الخلايا التناسلية (البيضة والحيمن) قبل اكتشاف ابحاث مندل، واستنبط هذا الأستنتاج من الملاحظات عن سلوك النوى والكروموسومات اثناء انقسام الخلية والأخصاب. لقد اوضح مندل على ان المادة الوراثية تتألف من وحدات سميناها جينات التي تنعزل اثناء تكوين الأمشاج. يمكن مشاهدة الكروموسومات وبالأخص تحت المجهر اثناء انقسام الخلية بينما نستدل على وجود الجينات من ملاحظة سلوك الصفات الناتجة من تأثير هذه الجينات في تجارب التهجين. لقد قدم كل من Boveri و Sutton عام 1902م اللذان توصلا بأن الكروموسومات تحتوي على الجينات من دراسة السلوك المتوازي بين الكروموسومات والجينات اثناء الأنقسام الخلوي والأخصاب. تنعزل الجينات بسبب انفصال الكروموسومات التي تحمل هذه الجينات اثناء تكوين الأمشاج، وعرفت هذه الفكرة بنظرية الكروموسومات الوراثية Chromosome theory of heredity وبتطور علم الوراثة وعلم حياة الخلية وظهور الوراثة الخلوية Cytogenetics قدمت الأدلة الكثيرة والدعم إلى هذه النظرية.

مفهوم الجين Gene concept

قام العالم باتسون Bateson بصياغة اسم علم الوراثة عام 1905م وشجع مفهوم مندل حول الجيات المزدوجة Paired gene واستعمل كلمة شكل الأليل Allelomorph والتي تم اختصارها إلى كلمة الأليل Allele لغرض تميز زوج العوامل التي تسيطر على الصفات المتفارقة (AA , Aa , aa). وفي اوائل القرن اوضح العالم الفرنسي لوسين سينوت Lucien

Cuenot بأن لون الفرو في الفئران يسيطر عليه من قبل الجينات، كما ان كاسل Castle اشار إلى ارتباط الجينات بالجنس ولون الفرو في اللبائن، اما العالم الدنماركي يوهانسن Johanson فقد درس تأثير التوريث والبيئة في النبات وبدأ يستعمل كلمة الجين Gene وهي المقطع الأخير لمصطلح دارون Pangene.

ان مفهوم الجين حسب رؤية مندل يعبر عن العنصر الطبيعي او العامل Factor الذي يعمل على تطور الصفة. لقد استطاع العلماء هيرتويج Hertwig، ستراسبورجر Strasburger وشنايدر Schneider وفلمنغ Flemming وفان بندن Van Benden وبوفيري Boveri وهنكنك Henking ومنتغمري Montgomery ارساء القواعد الأساسية لعلم الخلية Cytology والذي تم ايجاده في الفترة بين عام 1865م عندما اكمل مندل عمله وعام 1900م عندما تم اكتشاف اعمال مندل.

النظرية الكروموسومية Chromosome theory

افترض العالم ولهلم روكس Wilhelm Roux عام 1883م كون الكروموسومات الواقعة ضمن النواة في الخلية هي الحامل للعوامل الوراثية، واقترح ان للأنوية تراكيب غير مرئية منتظمة بشكل سلاسل وتكرر نفسها عند انقسام الخلية. ان محتويات الخلية التي تلبي هذه الحاجة وتحمل الجينات هي الكروموسومات وقد اعطت تجارب بوفيري Boveri وسوتون Sutton عام 1902م ادلة على كون الجينات جزء من الكروموسومات وقام موركان Morgan ورفاقه بتطوير مفهوم كون الجينات وحدات منفصلة على الكروموسومات من الدراسات التي اجروها على ذبابة الفاكهة. وقد ساعد العالم مولر Muller على دمج علم الخلية Cytology وعلم الوراثة Genetics ليبرز علم وراثة الخلية Cytogenetics الذي اسهم إلى حد كبير في تطوير النظرية الكروموسومية.

النفاذية والتعبيرية Penetrance and expressivity

بعض الأنماط الوراثية للطفرات تعبر دائماً عن صفة مظهرية واضحة، بينما انواع اخرى تنتج صفات مظهرية لا يمكن تميزها عن الصفات الموجودة في الطراز البري. ان درجة التعبيرية لصفة معينة يمكن دراستها كمياً بواسطة تحديد النفاذية والتعبيرية للنمط الوراثي المدروس.

ان اغلب الطرز المظهرية المشاهدة انما تتكون نتيجة لتداخل الفعل بين الطراز الوراثي والبيئة، ومن الممكن تبسيط هذه الناحية على الشكل التالي:

الطراز المظهري = الطراز الوراثي + البيئة

فالكائن الحي بصورة عامة يرث طرازاً وراثياً معيناً لكن هذا الطراز الوراثي خلال تكشفه قد يتعرض إلى مختلف العوامل البيئية التي قد تؤدي به إلى شكل من اشكال التحور، كالعوامل البيئية الخارجية كدرجة الحرارة والضوء والتغذية اما العوامل البيئية الداخلية فهي الجنس والعمر وتوفر المواد الأساس.

1. النفاذية Penetrance

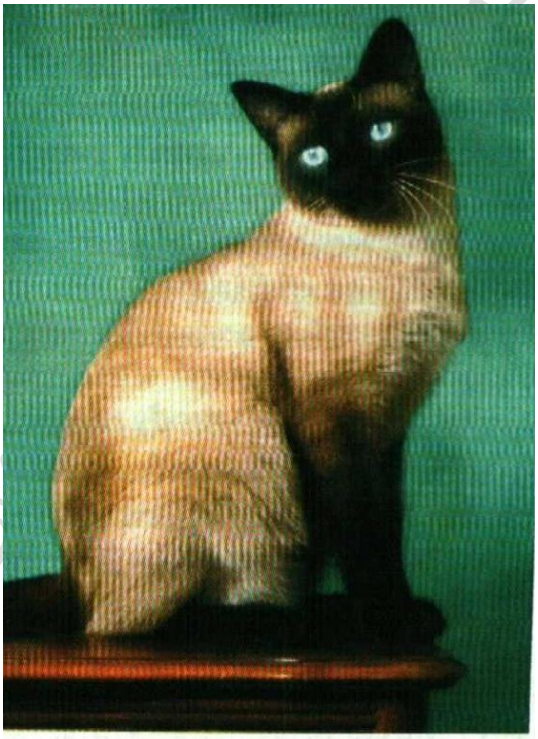
ويقصد بها نسبة افراد نوع معين من الطراز الوراثي التي تبرز الطراز المظهري المتوقع تحت مجموعة من ظروف بيئية معروفة، وإذا كانت جميع الأفراد الحاملة لجين طافر متغلب تؤدي إلى ابراز الطراز المظهري الطافر فعند ذاك يقال عن هذا الجين بأنه كامل النفاذية Complete penetrance. ولكن أحياناً توجد جينات معينة وبسبب بعض الظروف البيئية المعينة نلاحظ تأثيرها في النفاذ متفاوت اي لا تستطيع ان تظهر اثرها في كل فرد بل بنسبة معينة في الأفراد فتكون قوة نفاذ غير تامة Incomplete penetrance، ويعبر عن درجة النفاذية على ان نسبة الأفراد التي تظهر صفة معينة إلى مجموعة الأفراد التي هي تحت الدراسة. ان تعبير الطراز المظهري لعدد من الطفرات الأليلية في حشرة ذبابة الفاكهة يتداخل مع الطراز البري، فاذا كان نسبة 15% من الحشرات الطافرة تظهر مظهر الطراز البري فأن الجين الطافر يقال عنه بأنه يظهر نفاذية بنسبة 85%.

2. التعبيرية Expressivity

ويقصد بها درجة او قوة تعبير جين من الجينات في اظهار طراز مظهري معين بدلالة الأنحراف عن الطراز المظهري الأعتيادي. تختلف الطرز الوراثية بدرجة تعبيرها وتداخلها مع عامل او عوامل بيئية معينة، ففي حشرات ذبابة الفاكهة المتماثلة الزيجة للطفرة الجينية المتنحية الخاصة بصفة انعدام العيون Eyeless تنتج صفات مظهرية تتباين من وجود عيون طبيعية إلى اختزال جزئي في حجم العيون إلى انعدام كلي لعين واحدة او كليهما، ومن هذه الأمثلة هو جين فقدان العيون الذي يعطينا اسس تجريبية لتحديد اسباب الأختلافات المظهرية، فأذا كانت التجارب المختبرية قد اجريت تحت ظروف مسيطر عليها والأختلافات المظهرية مازالت موجودة فأن هناك جينات اخرى تحور او تؤثر في صفة انعدام العيون، ومن جانب آخر فاذا كانت الوراثة غير مسببة للأختلافات المظهرية فأن هناك عوامل بيئية كالحرارة والرطوبة والتغذية قد تكون مشتركة في اظهار هذه الصفة، وفي حالة هذه الصفة (انعدام العيون) فأن التجارب اظهرت بأن كلا الوراثة والعوامل البيئية تؤثر في درجة تعبيرها.

التأثيرات الحرارية Temperature effects

الفعالية الكيمياوية تعتمد على الطاقة النشطة للمواد المتفاعلة والتي بدورها تعتمد على الحرارة المحيطة بها، ولهذا نتوقع بأن الحرارة تؤثر على الصفة المظهرية Phenotype. نبات زهرة الربيع المسائية Evening primrose مثال على ذلك والذي ينتج ازهاراً حمراء عندما ينمو عند درجة حرارة 23 م° وازهاراً بيضاء عندما ينمو عند درجة حرارة 18 م°. هناك امثلة اخرى لافتة للنظر كما في القطط السيامية Siamese cats وارانب الهمالايان Himalayan rabbits والتي تظهر فرو غامق في مناطق معينة من الجسم التي تكون فيها الحرارة ابرد قليلاً، خصوصاً على الأنف، الآذان والكفوف، وفي هذه الحيوانات تكون الأنزيمات المسؤولة عن انتاج الصبغات تعمل في الدرجات الحرارية الواطئة الموجودة في الأطراف، ولكنها تفقد فعاليتها الأيضية عند درجات حرارة اعلى والموجودة في باقي انحاء الجسم.



القط السيامي Siamese cat