الباب الثالث

دراسة وراثة ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية

Trihybrids Inheritance

قام مندل بعد دراسته لسلوك الوراثى فى حالة الاختلاف فى زوجين من العوامل الوراثية بدراسة السلوك الوراثى فى حالة الاختلاف فى ثلاثة أزواج من العوامل تتحكم فى اظهار ثلاث صفات وراثية .

كما سبق القول فى دراسة زوج واحد فقط من العوامل الوراثية حصلنا فى الجيل الثانى على النسبة ٣ : ١ أى مجموعتى شكل ظاهرى وفى حالة زوجين من العوامل حصلنا على النسبة ٩ : ٣ : ٣ : ١ أى أربع مجاميع شكل ظاهرى وعلى ذلك فمن المتوقع فى حالة دراسة ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية معا الحصول على عدد أكبر من مجاميع الشكلى الظاهرى وبالتالى الحصول على عدد أكبر من ذلك العدد بالنسبة لمجاميع التراكيب الوراثية فى الجيل الثانى .

فلو أخذنا على سبيل المثال الاختلاف فى ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية أو الاختلاف فى الثلاثة الصفات التالية :

١ ــ لون البذرة صفراء أو خضراء .
٢ ــ شكل البذرة مستديرة أو مجعده
٣ ــ طول الساق طويل أو قصير

بالتهجين بين نبات أب أصفر البذرة ومستدير وذو ساق طويل مع نبات أم خضراء مجعدة وقصيرة الساق وجد أن الجيل الأول يحمل الثلاث صفات السائدة وفى الجيل الثانى حصل على جاميع الشكل الظاهرى التالية : ويمكن تمثيل ذلك كالآتى :

أخضر مجعد قصير الساق أصفر مستدير طويل الساق

WWGGSS x wwggss

F_1WwGgSs طويل الساق أصفر البذرة مستدير

أنواع الجاميطات المحتملة الناتجة من كل من الاب المذكر أو الاب المؤنث لنباتات الجيل الأول

1 __ WGS
2 __ WGs
3 __ WgS
4 __ wgS
5 __ wgS
6 __ WGs
7 __ wGs
8 __ wgs

وعلى ذلك هناك ٨ أنواع من الجاميطات المختلفة تنتج عن طريق الأب المذكر أو عن طريق الأب المؤنث وهذه تعطى ٦٤ احتمالا للتراكيب الوراثية الناتجة عن عملية اخصاب الجاميطات المذكرة للجاميطات المؤنثة أمكن تقسيمها نهريا إلى الآتى :

٢٧ مجموعة شكل مظهرى تحمل الثلاث صفات بحالة سائدة .

٩ » » » » ٢ سائدة وصفة متنحية
٩ » » » » ٢ سائدة وصفة متنحية
٩ » » » » ٢ سائدة وصفة متنحية

احتمال الصفتان السائدتان لهذه المجاميع هى أما أن تكون الصفة الأولى مع الثانية — أو تكون الأولى مع الثالثة أو تكون الثانية مع الثالثة والصفة الأخرى الباقية هى صفة متنحية

٣ مجموعة شكل مظهرى تحمل ١ سائدة و ٢ متنحية
٣ » » » » ١ سائدة و ٢ متنحية
٣ » » » » ١ سائدة و ٢ متنحية

احتمال الصفة السائدة لهذه المجاميع هى أما أن تكون الصفة الأولى أو الصفة الثانية أو الصفة الثالثة والاثنتان الاخريتان فى جميع الأحوال هما صفتان متنحيتان

١ » » » » » ٣ متنحية

ويمكن التعبير عنها تركيبيا كالآتى :

27	W _ G _ S _	أصفر	مستدير طويل
9	W _ G _ ss	أصفر	مستدير قصير
9	ww _ G _ S _	أخضر	مستدير طويل
9	W _ gg S _	أصفر	مجعد طويل
3	WW gg S _	أخضر	مجعد طويل
3	WW C _ ss	أخضر	مستدير قصير
3	W _ gg ss	أصفر	مجعد قصير
1	ww gg ss	أخضر	مجعد قصير

64

وإذا أخذنا كل صفة من الصفات على حدة تجد أنها تتفق مع قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر للعوامل فنجد أن وراثة كل صفة على حدة تعطى النسبة ٣ : ١ فى الجيل الثانى .

فمثلا بالنسبة لصفة لون البذرة الصفراء والخضراء سبق القول أن صفة البذرة الصفراء سائدة سيادة تامة على صفة البذرة الخضراء والجيل الأول يظهر كله أصفر وتظهر النسبة ٣ : ١ (أصفر : أخضر) فى الجيل الثانى .

إذا نظرنا إلى المجاميع السابقة لدراسة هذه الصفة على حدة بغض النظر عن الصفتين الاخريين، تجد أن :

الأفراد الصفراء = ١٧ + ٩ + ٩ + ٣ = ٤٨ احتمالا

الأفراد الخضراء = ٩ + ٣ + ٣ + ١ = ١٦ احتمالا

أى ٤٨ : ١٦ أو ٣ : ١

وكذلك بالنسبة لصفة شكل البذور المستديرة أو المجعدة إذا درست بمفردها بغض النظر عن الصفتين الاخريتين نجد أن :

البذرة المستديرة = ٢٧ + ٩ + ٩ + ٣ = ٤٨ احتمالا

البذرة المجعـــدة = ٩ + ٣ + ٣ + ١ = ١٦ احتمالا

أى ٣ : ١

كذلك بالنسبة لصفة طول الساق (طويل أو قصير) إذا درست بمفردها بغض النظر عن الصفتين الاخريتين نجد أن :

طويل الساق = ٢٧ + ٩ + ٩ + ٣ = ٤٨

قصير الساق = ٩ + ٣ + ٣ + ١ = ١٦

أى ٣ : ١

هذه النسب المتحصل عليها ٢٧ : ٩ : ٩ : ٩ : ٣ : ٣ : ٣ : ١ هى مجاميع الشكل الظاهرى الممكن الحصول عليها فى الجيل الثانى فى حالة الاختلاف فى ثلاثة أزواج من العوامل ولكن فى الواقع تحت كل مجموعة من هذه المجاميع المظهرية يوجد عدد من التراكيب الوراثية المختلفة والتى جميعها يكون لها شكلا مظهريا واحد أى تعطى نفس الشكل فمثلا ذات الشكل المظهرى السائد فى الثلاث صفات والتى تظهر بنسبة ٢٧ / ٦٤ من الاحتمالات السابقة ممكن أن تقسم إلى مجاميع التراكيب الوراثية الآتية .

WWGGSS	1
Ww GG SS	2
WW Gg SS	2
WW GG Ss	2
WW Gg Ss	4
Ww Gg SS	4
Ww GG Ss	4
Ww Gg Ss	8
	27

ويمكن الحصول على التقاسيم المختلفة للـ ٢٧ بالطريقة الآتية : يكتب أولا الأفراد السائدة الأصيلة فى الثلاثة أزواج من العوامل الوراثية وهذه نسبتها ١ .

ثم تؤخذ المجاميع التى تكون سائدة أصيلة فى زوجين وسائدة خليطه فى الزوج الثالث وهذه نسبتها ضعف المجموعة الأولى أى يوجد منها ثلاثة مجاميع حيث يوجد ثلاثة صفات أو ثلاثة عوامل وراثية .

تؤخذ المجاميع التى تكون سائدة أصيلة فى زوج واحد وخليطه فى زوجين وهذه نسبتها ضعف السابقة أى ٤ ويوجد منها أيضا ثلاثة مجاميع لوجود ثلاثة أزواج من العوامل .

تؤخذ المجموعة الواحدة التى تكون سائدة خليطه فى الثلاثة أزواج وهذه نسبتها ضعف السابقة أى ٨ فتكون النسب الوراثية ١ : ٢ : ٢ : ٢ : ٤ : ٤ : ٤ : ٨ = ٢٧ وتسمى هذه الطريقة فى التحليل باسم طريقة التقدم Progression method ويلاحظ أن هذه الـ ٦٤ تركيب وراثى ناتجة عن وجود ٨ أنواع من الجاميطات ناتجة عن الجيل الأول ونسبتها ١ : ١ : ١ : ١ : ١ : ١ : ١ : ١ ويمكن الاستدلال على ذلك من اجراء التلقيح الرجعى للثلاثة أزواج Back or test cross لفرد متنحى فى العوامل الوراثية فنجد أننا نحصل على ٨ مجاميع بنسبة واحدة .

وذلك طبعا لأن الفرد المتنحى فى الثلاثة أزواج والذى تركيبه wwggss يعطى

نوع واحد من الجاميطات ذات تركيب wgs .

ويجب أن نلاحظ أنه بالنسبة لكل صفة على حدة لا تزال القاعدة واحدة وهى النسبة ١ : ١ أى السائد : ١ والمتنحى بالنسبة لكل زوج من أزواج الصفات على حدة وهناك جدول بسيط ممكن منه معرفة وتلخيص النتائج السابقة لمندل وهى كالآتى :

عدد أزواج الصفات فى التلقيح	أنواع الجاميطات التى يكونها F_1	احتمالات F_2	عدد مجاميع الشكل المظهرى فى F_2	عدد مجاميع التركيب الوراثى فى F_2
١	٢	٤	٢	٣
٢	$(٢)^{٢} = ٤$	$(٤)^{٢} = ١٦$	$(٢)^{٢} = ٤$	$(٣)^{٢} = ٩$
٣	$(٢)^{٣} = ٨$	$(٤)^{٣} = ٦٤$	$(٢)^{٣} = ٨$	$(٣)^{٣} = ٢٧$
٤	$(٢)^{٤} = ١٦$	$(٤)^{٤} = ٢٥٦$	$(٢)^{٤} = ١٦$	$(٣)^{٤} = ٨١$
ن	$(٢)^{ن}$	$(٤)^{ن}$	$(٢)^{ن}$	$(٣)^{ن}$

ويجب أن يلاحظ عموما من نتائج تجارب مندل الآتى :

١ ــ الشكل المظهرى لأى مجموعة لاتعطى فكرة مؤكدة عن التركيب الوراثى حيث المعروف أن حالة السيادة التامة لاتعطى اختلافات مظهرية بين السائد الأصيل Homozygous Dominant والسائد الخليط Heterozygous Dominant .

٢ ــ الأفراد طبعا ذات التراكيب الوراثية الواحدة لابد أن تتكون من نفس مجموعة شكل ظاهرى واحدة . ولكن الأفراد ذات مجموعة شكل ظاهرى واحدة ليس من المهم أن تقع فى مجموعة تركيب وراثى واحد .

العلاقة بين قوانين مندل والسلوك الكروموسومى

ومن الدراسة السيتولوجية العملية التى قمتم بها بالمعمل اتضح لكم أن الكروموسومات توجد فى الخلايا فى أزواج وأن كروموسومى كل زوج من الكروموسومات متماثلة تمام التماثل ويمكن تمييز كل زوج عن الزوج الآخر من الكروموسومات مظهريا فمثلا فى نبات الذرة يوجد ١٠ أزواج من الكروموسومات أمكن معرفتها جيداً ودراستها مظهريا وترتيبها طوليا من ١ ـــ ١٠ ومعرفة خواص ومميزات كل زوج منها من ناحية طوله وما يحمله كل كروموسوم من عقد أو نويات أو إنقباضات أو توابع .

ومن دراسة الانقسام الميتوزى أيضا أى الانقسام الجسمى الذى يحدث فى جميع خلايا الجسم ماعدا الأجزاء التناسلية نجد أن هذا الانقسام يعطى فى النهاية خليتين كل منها تحتوى على نفس العدد الزوجى من الكروموسومات التى كانت موجودة فى الأباء .

ومن دراسة الانقسام الميوزى الذى يحدث فى الأجزاء التناسلية والذى يؤدى إلى تكوين الجاميطات المذكرة والجاميطات المؤنثة يحدث به اختزال لعدد الكروموسومات إلى النصف بحيث تحتوى الجاميطة سواء مذكرة أو مؤنثة على $\frac{1}{2}$ عدد الكروموسومات التى كانت موجودة فى الخلية الأصلية ففى النبات مثلا تحتوى حبوب اللقاح والبويضات على $\frac{1}{2}$ عدد الكروموسومات الموجودة فى الخلية الأصلية . وعندما يحدث الاخصاب تتحد جاميطه مذكرة بها $\frac{1}{2}$ عدد الكروموسومات مع جاميطه مؤنثة بها $\frac{1}{2}$ عدد الكروموسومات أيضا أو بمعنى آخر كل كروموسوم من زوجى الكروموسومين المتماثلين ممثل مرة واحدة فى الجاميطات ويصبح الزيجوت بالتالى ثنائى المجموعة الكروموسومية نتيجة للأخصاب أى يرجع العدد الزوجى من الكروموسومات ثانية إلى حالته الأصلية بالخلايا الجسمية . من هذا نجد أيضا أن كروموسومى كل زوج ينعزلان عن بعضهما عند تكوين الجاميطات وأن ازواج الكروموسومات أيضا مستقلة عن بعضها فى سلوكها .

وبالنظر إلى دراسة قوانين مندل وجدنا أن العوامل الوراثية أو الجينات توجد فى الأفراد أو الكائنات الحية فى ازواج وعند تكوين الجاميطات توجد العوامل الوراثية ممثلة مرة واحدة فقط فى الجاميطه أى أن الجاميطة التى سبق القول أن الكروموسومات بها ممثلة مرة واحدة توجد بها أيضا العوامل الوراثية ممثلة مرة واحدة أى أن هناك تطابق تام لسلوك الكروموسومات وسلوك العوامل الوراثية. والذى دعى إلى القول أن الجينات أو العوامل الوراثية مرتبة على الكروموسومات وهذه ما أطلق عليها اسم نظرية الكروموسوم Chromosome theory وهذه النظرية عضدت بأدلة تجريبية سنة ١٩١١ أى بعد وقت قصير من اكتشاف قوانين مندل بواسطة ثلاثة من أشهر علماء الوراثة فى القرن العشرين وهم Morgan, Bridges and Sturtevant .

الولادة حيث وجدت أفرادا ميته وهى فى أدوارها الأولى من الحياة ووجد أن فعلا ١/٤ عدد الأجنة ميتة .

عامل مميت ذو تأثير مظهرى متنحى Recessive Lethal

ومثال على ذلك صفة البادرات الالبينو فى الذرة Albino حيث ظهرت فى بعض السلالات من الذرة بادرات بيضاء بين البادرات الخضراء هذه البادرات تنمو إلى حد معين وهو الحد الذى تفقد فيه تغذيتها على الاندوسبرم الجنينى ثم تموت بعد ذلك نتيجة عدم وجود الكلوروفيل اللازم للقيام بعملية التمثيل الضوئى لتكوين الكربوهيدرات .

وبالقيام بالدراسات الوراثية على هذه الصفة وجد أن هناك جينات تتحكم فى تكوين مادة الكلوروفيل اللازمة وأن هذه الطفرة ظهرت نتيجة وجود أحد هذه الجينات بحالة متنحية . فإذا وجد التركيب المتنحى هذا بحالة أصيلة فهذا يؤدى بالتالى إلى موت الفرد الحامل له فى طور البادرة وعليه فوجود هذه الاليلات فى العشيرة يعتمد أساسا على وجودها فى الافراد الخليطة والتى عند انعزالها تعطى البادرات الالبينو .