Remove Watermark Now

المحاضرة الثامنة

الوراثة الكمية Quantitative Genetics

كانت الصفات المندلية الكلاسيكية صفات نوعية Qualitative trails سهلة التصنيف الى مجاميع متميزة من الأنماط الظاهرية ونتجت هذه الصفات من تأثير جين أو جينين، حيث لوحظ من دراستنا السابقة للصفات المتوارثة وقوع الفئات المظهرية ضمن حدود يمكن تمييزها بسهولة، بحيثٌ يمكن وصف كل فئة بصفة معينة لذلك يطٌلق على مثل هذه الصفات اسم الصفات النوعيةٌ.

غير أنه لا تظهر جميع الصفات الوراثية بهذا الشكل الواضح المحدد، فمثلا صفة طول القامة في الانسان وهي صفة وراثية، لكن عندما نحاول تصنيف هذه الصفة لمجموعة من الطلبة فسوف نرى تبايناً في الاطوال من القصير مرورا بتدريجات بسيطة الى ان نصل الى طويل القامة، وعادة ما تخضع هذه الصفات الى التوزيع الطبيعي المستمر Continuous Variation. ولا يمكن تصنيفها الى مجاميع متميزة . ولكن يمكن قياسها والتعبير عنها بوحدات قياس المسافة أو الوزن أو الحجم وبذا تشكل اختلافات مستمرة. وتكون هذه الصفات كمية Quantitative trails 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 واقتصادياً في الكثير من النباتات والحيوانات : مثل كمية الحاصل في النبات (إنتاج الحبوب)، وارتفاع النبات وحجم النبات والحيوان وإنتاج الحليب والبيض. ولذا فإن معظم التجارب في المحطات الزراعية التجريبية في سورية وفي بقية أنحاء العالم تدور حول دراسة هذه الصفات وتحسينها. ان هذه الصفات تسمى بالصفات الكميةٌ او الصفات المتريةٌ (المقاسة) لأنها عادة تقاس بوحدات القياس (الطول والحجم والوزن)... اي انها تهتم بدرجة الصفة، اما الصفات النوعيةٌ فإنها تهتم بنوع او شكل الصفة وفيمايلي خواص كل منها:

الصفات الوراثية

يتحدد النمط الجيني (الوراثي) genotype للفرد عند الإخصاب باندماج المادة الوراثية (الحمض الريبي النووي منقوص الأكسجين deoxyribonucleic acid، ويرمز له اختصاراً الـ DNA)، الموجودة في الأعراس الذكرية والأنثوية. وما لم تحدث طفرات وراثية mutations، يظل النمط الجيني ثابتاً طوال حياة الفرد، ويحدِّد جميع صفاته، مسبباً النمط الظاهري phenotype لكل من صفاته.

صفات الكائنات الحية

أولا- صفات وراثية: هي الصفات القابلة للتوارث والانتقال بين الأجيال وتُصنّف الصفات الوراثية للكائن الحي في مجموعتين:

1- الصفات النوعية أو الوصفية: Qualitative traits وهي الصفات الوراثية البسيطة، ويمكن التحكم بها عن طريق عدد قليل من المورثات، ويسهل تتبع الصفات المورثة، ووضعها وتصنيفها في مجموعات، بحيث يتشارك أفراد المجموعة الواحدة في النمط الوراثي الذي يقابل صفات معينة، ويكون الاختلاف والتباين في الصفات بشكل متقطع، وتتأثر الصفات النوعية بالعوامل البيئية، ولكن بشكل أقل بالمقارنة بالصفات الكمية.

2- الصفات الكمية: Quantitative traits وهي الصفات الوراثية التي تعتمد على الكميات، فيعبر عن الصفة الوراثية بكمية، وتقاس بوحدات القياس المعروفة؛ وهي: الغرام والسنتيمتر،

Remove Watermark Now

ويتحكم بالصفات الكمية عدد أكبر من الجينات (المورثات)، وتتأثر بالعوامل البيئية بنسب مختلفة يمكن أن تكون مؤقتة أو دائمة، ولا يمكن تحديد الصفات الكمية بطريقة سهلة، ولا يمكن وضع الأفراد في مجموعات مختلفة

ثانيا- صفات مكتسبة: هي الصفات غير القابلة للتوارث يكتسبها الفرد من البيئة مثل تصفيفة الشعر.

وقد تم وضع مجموعة من القوانين لدراسة الوراثة منها قوانين مندل وتكرار الجين والجينات المميتة والارتباط الوراثي والطفرات وغيرها.

خواص الصفات النوعية (الوصفية)

1- هي صفات متقطعة التوزيع مثلا اللون، ابيض او احمر او وجود وعدم وجود القرون في الماشية او وجود وعدم وجود السفا في سنابل الشعير. اي انها لا تقاس بوحدات القياس لكنها توصف وصفاً.

2- يتحكم بها عدد قليل نسبياً من الجينات، زوج او زوجين او ثلاثة ازواج.

3- درجة تأثير الجين على الصفة كبير جداً، اي ان درجة تعبير الجين عن نفسه قد تصل الى 100% فالزهرة الحمراء تبقى حمراء اي ان الجين المسؤول عن هذه الصفة طالما هو موجود فان لون الزهرة يجب أن يكون احمر.

4- لا تتأثر كثيراً بالظروف البيئية

5- يسهل تتبع عملية الانعزال segregation فيها، ووضع كل مجموعة من الأفراد في النمط الوراثي الذي يقابل الصفات المعنية بحسب القوانين الوراثية، ويكون التباين (الاختلاف) variation في هذه الصفات متقطعاً.

6- ومن أمثلة ذلك: - عند النبات: ألوان الأزهار، ألوان الثمار، شكل الأوراق، تجعد البذور، امتلاء البذور، طول الساق، موضع الزهرة، و شكل القرون في النباتات البقولية لون القرون شكل البذور لون البذور. وعند الحيوان: ألوان جلده، لون فراء الارانب وألوان ريش الطيور، ووجود القرون أو غيابها، ولون المخطم، ووجود الريش أو عدمه على أرجل الدجاج، والتقزم، وشكل العرف في الدواجن. وعند الإنسان: الصلع، والزمر الدموية، وعامل ريزوس Rh، وغيرها.

خواص الصفات الكميةٌ:

1- هي صفات مستمرة التوزيع، تتميز باستمرار في الشكل المظهري، وتدرج في الصفات من مستوىً إلى آخر، دون وجود فواصل محددة بين المستويات المختلفة، كما في صفات الطول، والمحصول، وقوة النمو، وموعد النضج.

2- التباين في الصفات النوعية متصل continuous عادة، وتسلك تلك الصفات مسلكاً يتفق وقوانين الوراثة، ويمكن معالجتها بطرائق رياضية وإحصائية خاصة.

3- هي الصفات الوراثية التي يمكن التعبير عنها كمياً، فتقاس مظاهرها بوحدات القياس المعروفة للطول أو الوزن أو الحجم وهي (السنتيمتر، الغرام ...)، وبذا تشكل اختلافات مستمرة وتدعى بالصفات المترية metrical traits أو بالصفات المقاسة.

4- هي صفات يتحكم بغالبيتها عدد كبير من العوامل الوراثية (المورثات، الجينات) Multiple factors . وتتأثر بعدد أكبر من الجينات، بالمقارنة مع الصفات النوعية.

pdfelement

Remove Watermark Now

5- لا يمكن تحديد اثر الجين بدقة لاشتراكه مع عدد كبير من الجينات لإظهار الصفات. وهناك جينات ذات اثر كبير وتسمى Major genes وأخرى ذات تأثير بسيط على الصفة و تسمى Minor genes

6- في الصفات الكمية تؤثر عوامل كثيرة على توريث هذه الصفات مثل التفاعل الجيني والتفوق والوراثة السايتوبلازمية والظروف البيئية.

تتأثر الصفات الكمية بكل من

ـ العوامل الوراثية: بالأشكال المختلفة للأنماط الوراثية لمورثة أو أكثر.

ـ العوامل البيئية: بشروطها الجيدة أو الرديئة إذ تؤثر في تطور الصفة وظهورها.

في حالة بعض الصفات الكمية قد تنتج الفروق في بعض المظاهر من فروق في الأنماط الوراثية في حين تؤدي البيئة دوراً ثانوياً. وفي حالات أخرى قد تكون هذه الفروق المظهرية عائدة إلى تباينات بيئية أساساً. ولكن معظم الصفات الكمية تقع بين هاتين النهايتين، ولابد من أن يؤخذ في الحسبان كل من الوراثة والبيئة في أثناء عمليات التحليل.

7- المجتمعات الحاوية على هذه الصفات تحتوي على مخزون كبير من التصنيفات الوراثية، أي أنها غير متجانسة وراثياً.

8- تميل هذه الجينات المسؤولة عن هذا النوع من الصفات لان توجد في نظم متوازنة بحيث تعمل كمجموعة ارتباطية واحدة.

9- بعض الصفات الكمية لا يمكن تحديده بسهولة، ولا يمكن تصنيف الأفراد الذين يمتلكونها في مجموعات مختلفة، كل حسب شكله الظاهري، ولكنها تأخذ قيماً قياسية معينة، لأن الاقتصار على ذكر الأوصاف مثل: طويل أو قصير، خفيف أو ثقيل، أحمر أو أسود، لا يعد وصفاً دقيقاً في هذا المجال.

10- إن معظم الصفات المهمة في تربية النبات والحيوان هي صفات كمية. أمثلة على الصفات الكمية... من أهمها في الزراعة * عند النبات: الناتج الزراعي في وحدة المساحة، مثلاً صفة غلة محصول الذرة أو البطاطا أو العنب من وحدة المساحة، وزن الثمار وزن البذور حجم الثمار والبذور، التركيب الكيمياوي في أجزاء النبات المختلفة. * وعند الحيوان: كمية الحليب الناتج من البقرة وصنفه وتركيبه، أو عدد البيض من الدجاج وأحجامه، أو إنتاج اللحم من العجول وصنفه، أوزان الجسم عند الحيوانات وأحجامها، سرعة النمو، الكفاءة الغذائية، كمية الصوف ونوعيته، مواصفات الذبيحة، معدل المواليد. * أما عند الإنسان يمكن الإشارة إلى معدلات نمو الأطفال ووزن الإنسان البالغ وطوله، وضغط الدم ومستوى الكوليسترول في الدم وطول العمر، معدل الذكاء، الكفاءة الغذائية، وغيرها.

خصائص وراثة الصفات الكميةٌ:

1- يتحكم فيها عدة عوامل وراثية (جينات) ذات تأثير كبير وواضح يطلق عليها اسم المورثات الرئيسة Major genes و عوامل وراثية أخرى ذات تأثير بسيط على الصفة يطلق عليها اسم المورثات الثانوية Minor genes

ومن جهة أخرى فإن التأثيرات المتعددة للمورثة pleiotropism تشير إلى تحكم مورثة ما بعدة صفات في آن واحد، وقد يكون للمورثة تأثير رئيس وتأثيرات ثانوية. ومن أمثلة ذلك أنيميا كريات الدم الحمراء المنجلية sickle cell anemia التي تسببها مورثة متنحية تأثيرها الأساسي في تكوين خضاب دم hemoglobin شاذ، ولها تأثيرات أخرى.

2- تعد المورثات الثانوية أكثر تأثراً بالعوامل البيئية من المورثات الرئيسة ولا يمكن قياس تأثير البيئة في كل عامل منها على حدة.

3- لا يظهر أثر المورثات الثانوية، إلا بعد تجمع عدد كبير منها في التركيب الوراثي.
4- تنعزل المورثات الثانوية بكثرة، وتتوزع على أعداد كبيرة من التراكيب الوراثية، ويساوي عدد تلك التراكيب الوراثية 3^n ، حيث تمثل n عدد أزواج المورثات التي يختلف فيها الأبوان
5- لا يتأثر الشكل المظهري كثيراً بإحلال مورثة محل أخرى؛ لذا فإن تراكيباً وراثيةً كثيرة يمكن أن تعطي الشكل المظهري نفسه.
6- تمتلك بعض المورثات الثانوية تأثيراً متعدداً على الشكل المظهري، وقد يكون لها فعل محور لفعل المورثات الأخرى، أو مثبط لها.
7- قد يظهر في الجيل الانعزالي الأول F_2 لبعض التلقيحات، مايعرف بالانعزال الفائق الحدود Transgressive segregation، حيث تزداد قيمة بعض الأفراد عن الأب الأعلى، أو تقل عن الأب الأدنى في الصفة المدروسة، ويحدث ذلك عندما يختلف الأبوان في المورثات المسؤولة عن الصفة، أو في بعضها؛ مما يؤدي إلى انعزال أفراد في الجيل الثاني، تحتوي على قرائن تزيد من الصفة بالمقارنة مع الأب الأعلى أو تتركز فيها القرائن التي تخفض من الصفة.

التفاعل بين الوراثة والبيئة

يتفاعل كثير من المورثات مع عوامل بيئية لإظهار صفات معينة. مثال ذلك مرض فقر الدم (الأنيميا) anemia الذي يتمثل بضعف عام ويُتسبب من نقص في عدد كريات الدم الحمراء، أو من نقص في كمية الدم. وهنالك نماذج مختلفة من هذا المرض، بعضها سببه وراثي، مثل أنيميا كريات الدم الحمراء المنجلية، وبعض آخر سببه نقص مزمن لعنصر الحديد في الغذاء ومن ثم في الجسم، أو من الإصابة بالملاريا. وهنالك أشكال أخرى سببها تآثر (تفاعل) عوامل بيئية معاً. فمثلاً: الناس المصابون بطفرة في إنزيم يدعى غلوكوز -6- فوسفات ديهدروجينيز glucose-6-phosphate dehydrogenase - وهو إنزيم مهم في المحافظة على سلامة الغلاف الخلوي لكريات الدم الحمراء - يصابون بفقر دم (أنيميا) شديد حين أكلهم الفول الأخضر بسبب وجود مادة في الفول تسبب تهديم الكريات الدموية الحمراء لديهم، والاسم الشائع لهذا المرض هو نقص الإنزيم G6DP. ويمكن أن يتسبب تهدم الكريات الدموية الحمراء في بعض الناس بفعل عدد من الكيمياويات مثل النفثالين naphthalene الذي يستخدم لمكافحة العُث moth، وبفعل صادات (مضادات حيوية) antibiotics معينة وعقاقير أخرى. يصيب هذا المرض الرجال غالباً وهو منتشر في المناطق الساحلية من البحر المتوسط.

مثال آخر على تضافر شروط عدة لإظهار صفة معقدة هو مرض القلب. فمن المعروف أن العوامل الموروثة في مرض القلب مرتبطة باستقلاب الدهون والكوليسترول. وقد أمكن تحديد أشكال شديدة من المرض ذات منشأ وراثي، كما أن هنالك مكونات بيئية ترتبط به مثل التدخين والغذاء الغني بالدسم المشبعة والكوليسترول والسمنة ونقص الرياضة وغيرها.

تدخل دراسة الصفات الكمية ضمن مجال علم الوراثة الكمية: هو دراسة الصفات التي تقاس بشكل مستمر (مثل الارتفاع أو الوزن)، وآلياتها. وهو علم يمكن أن يكون امتداداً للنظرية المندلية البسيطة التي تقول بأن التأثير المشترك لجين أو أكثر من الجينات والبيئات التي يتم تعبيرها فيها تؤدي إلى توزيعات مستمرة من الأنماط الظاهرية (Phenotype).

المبدأ الأساسي:

قيمة النمط الظاهري (P) (Phenotype) للفرد هو الأثر المشترك لقيمة النمط الجيني (G) (Genotype) والانحراف البيئي (E) (Environment): $P = G + E$

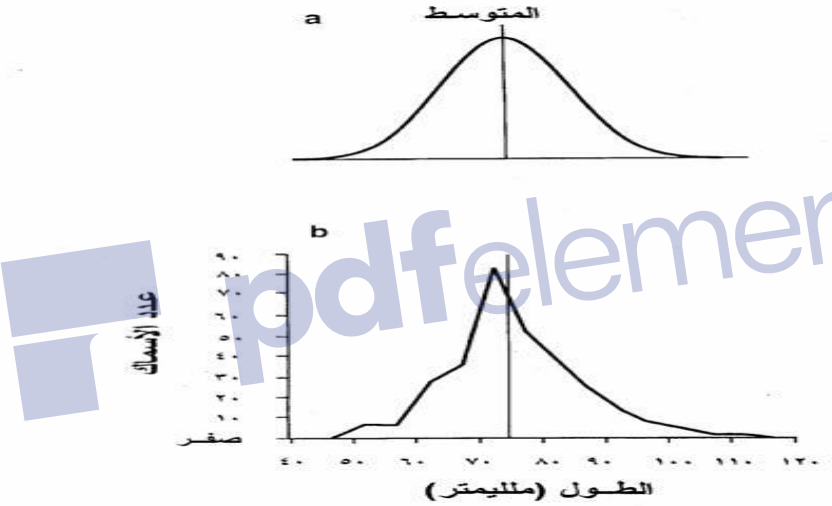
Remove Watermark Now

قيمة النمط الجيني هو الأثر الناتج عن جميع الآثار الوراثية مشتركة، بما في ذلك الجينات النووية وجينات الميتوكوندريا والتفاعلات بين الجينات.

يجدر بنا أن نلاحظ أن الرياضيات ترتبط بعلم الوراثة: وعليه فإن الموجز التالي قد يكون مفيداً. في الكائنات الحية ذات الصبغيات (chromosomes) المتضاعفة يتم تمثيل الجينات النووية مرتين في النمط الجيني، مرة من قبل كل من الوالدين خلال التكاثر الجنسي. ويقع كلا الجينات في مكان معين (locus) في الصبغيات المتماثلة (homologous)، واحد من كل من الوالدين. وتسمى الأشكال المؤثرة بالأليلات. إذا كان كل من الأليلات في الجينات لها نفس التأثير المظهري فسيكون الجين متماثلا (heterozygous).

التوزيع الطبيعي للصفات الكمية Normal Distribution of Quantitative Trails

تظهر دراسة صفة كمية في عشيرة كبيرة أو مجتمع بأعداد كبيرة بأن عدد قليل من الأفراد يحملون الأنماط الظاهرية القصوى (المتطرفة) أي أعلى أو أقل، بينما أكثر الأفراد يكونون بالقرب من قيمة المعدل (المتوسط) لتلك العشيرة. أن هذا النمط من التوزيع المتناظر يتصف بشكل الجرس ويطلق على هذا التوزيع **بالتوزيع الطبيعي Normal distribution** .



الشكل يوضح توزيعاً لصفة كمية (الطول) في عشيرة ينتج عنه منحني ناقوسي Bell-shaped ومتوسط يقسم المنحني إلى نصفين عند قمته.

** لاحظ علماء الوراثة بين عام 1900-1910م بأن الاختلافات المستمرة تعكس آلية وراثية تختلف عن تلك الاختلافات غير المستمرة، ووضعت **فرضية الجينات المتعددة Multiple-genes Hypothesis** لتفسير الاختلافات المستمرة إن نظرية الجينات المتعددة تنص على أن الصفة الكمية تتأثر بفعل عدد من الجينات ذات التأثير الصغير والتي تحتل مواقع كروموسومية متعددة، وهذه الجينات متشابهة ولها تأثير تراكمي Cumulative effect أي أن تأثيرات الجينات المفردة تضاف لبعضها. وجاء البرهان لهذه الفرضية من الأبحاث الكلاسيكية لنلسن أيلي Nilsson-Ehle في السويد و ايست East في الولايات المتحدة للفترة بين 1910م الى 1913م .

وتتأثر الصفات الكمية بالبيئة إلى حد كبير ومن المؤكد أنها نتيجة تفاعل بين التركيب الوراثي للكائن والظروف البيئية التي تحيط به. ويمكن أن تعزى الاختلافات في الصفات الكمية أيضاً إلى عدد كبير من الجينات التي يطلق عليها البوليجينات Polygenes إذ أن تأثير الجين الواحد على هذه الصفة بسيط

Remove Watermark Now

يعرف **التعدد الجيني polygene** بأنه الجين الذي له وبمفرده تأثير طفيف على الشكل الظاهري ولكن بالاشتراك مع عدد قليل او كبير من الجينات الاخرى يستطيع التحكم في الصفة الكمية مثل حاصل النبات.

تجربة جوهانسن: أجرى جوهانسن تجاربه على الفاصولياء وهو نبات ذاتي التلقيح، حيث تمتاز النباتات ذاتية التلقيح بتركيب وراثي متماثل (التلقيح الذاتي المستمر يزيد من سرعة التماثل للعوامل الوراثية). وقد أخذ بذور غير نقية ذات أحجام مختلفة وزرعها منفردة، فلاحظ أن البذور الكبيرة أعطت نسلاً بذوره صغيرة الحجم. فعزل 19 سلالة من النسل الناتج من زراعة 19 بذرة مختلفة الحجم من عينة البذور الأصلية، ودرس السلالات ونسلها وتوصل للتالي

1- لكل سلالة متوسط خاص بها لوزن البذرة، فمثلا السلالة رقم 1 لها متوسط حجم 64 سنتيجرام، أما السلالة 19 فمتوسطها يساوي 35 سنتيجرام.

2- توجد اختلافات في أحجام البذور داخل نسل كل سلالة، وعزى ذلك لتباين الظروف البيئية.

بعدها قام جوهانسن بتقسيم بذور كل سلالة إلى مجموعات ومجال كل قسم هو 10 سنتيجرام، ثم زرع بذور كل قسم لوحدها، فوجد أن الأقسام المختلفة لأحجام البذور داخل كل سلالة قد أعطت نسلا متساوياً في متوسط الوزن، وهذا يدل على أن الانتخاب داخل السلالة النقية غير مجدي.

السلالة النقية:

1- تتكون السلالة نقية من عدة نباتات (تؤخذ من نباتات ذاتية التلقيح)

2- نباتات السلالة النقية متماثلة وراثياً ومظهرياً والاختلاف البيئي محدود.

3- تبقى السلالة نقية ما دام لم يحدث أي خلط ميكانيكي او طفرات.

ومن الامثلة الواضحة للوراثة الكمية (التأثير المتعدد للجين) هو

لون حبة القمح Seed Color of Wheat

وإحدى الدراسات التي أجراها نلسن تضمنت تضريبات بين صنف من الحنطة ذي بذور حمراء وآخر ذي بذور بيضاء. فكانت 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 . أما عند ترتيب بذور الجيل الثاني حسب كثافة اللون، فقد لوحظ تدرج مستمر من الأحمر الى الأبيض وكانت النسب لبذور الجيل الثاني: هي 1\16 حمراء مثل الأب الأحمر البذور و 1\16 بيضاء بينما وجد نسبة 14\16 من الحبوب كانت متوسطة اللون أي تتراوح بين لوني الأبوين (متدرجة في اللون من الأبيض إلى الأحمر). وعندما صنفت بذور الجيل الثاني ذات اللون المتوسط بصورة أدق على أساس كثافة اللون، شوهدت النسب : بحوالي 4\16 ذات لون أغمق 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. وتدل هذه النتائج على انعزال مستقل لزوجين من الجينات أو الاليلات أو الجينات المضاعفة Duplicate genes وقد شرحت على أساس وجود موقعين وراثيين مختلفين يعملان ويؤثران على نفس الصفة وينتجان تأثيراً متجمعاً وتراكمياً للجين . * 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

Remove Watermark Now

البذور، وحوالي 64\15 ذات لون أفتح من لون بذور الجيل الأول، وحوالي 64\20 ذات لون متوسط مثل لون بذور الجيل الأول وحوالي 64\15 ذات لون أفتح من لون بذور الجيل الأول وحوالي 64\6 ذات لون أغمق 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 والذي أنعزل في التضريب الثاني كان متماثل الزيجة في كل من الأبوين في التضريب الأول .

أبيض الحبوب aa bb × AA BB أحمر الحبوب F_1

↓

تلقيح ذاتي AaBb حبوب متوسطة اللون F_2

وتكون النتائج كما في الجدول التالي:

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB احمر	AABb اكثر من الوسط	AaBB اكثر من الوسط	AaBb احمر وسط
Ab	AABb أحمر اكثر من الوسط	AAbb أحمر وسط	AaBb أحمر وسط	Aabb أقل من الوسط
aB	AaBB أحمر اكثر من الوسط	AaBb أحمر وسط	aaBB أحمر وسط	aaBb أقل من الوسط
ab	AaBb أحمر وسط	Aabb أقل من الوسط	aaBb أقل من الوسط	Aabb أبيض

من الجدول السابق نلاحظ وجود خمسة اشكال مظهرية وهي (ابيض، احمر اقل من الوسط، احمر وسط، احمر اكثر من الوسط، احمر) وتكون بالنسب التالية وحسب الترتيب (1,4,6,4,1) أي ان من كل 16 فرد ناتج في F_2 يكون فرد 1 ابيض و 4 افراد احمر اكثر من الوسط و 6 افراد احمر وسط و 4 افراد احمر اقل من الوسط و 1 فرد احمر). وتفترض هذه النتائج ان كل أليل من الأليلات السائدة سواء A او B يضيف جرعة تزيد من عمق اللون فإذا كانت اربع أليلات سائدة يكون اللون احمر اما اذا كانت الاربع أليلات متنحية (اي لا يوجد أليل سائد مطلقاً) فأن لون الحبوب يكون ابيض وإذا كانت السيادة لأليل واحد فقط سواء كان منA او B سوف يكون لون الحبوب احمر اقل من الوسط وإذا كان الأليلان سائدان سواء احداهما من A و الاخر من B او كلاهما من احد النوعين فأن اللون سيكُون احمر وسط ، اما اذا كان ثلاثة أليلات سائدة بغض النظر عن اي منهما سيتكرر مرتان والآخر مرة واحدة فأن اللون سيكون احمر اكثر من الوسط.

pdfelement

Remove Watermark Now

و يمكن توضيح ذلك حسب الجدول التالي:

التركيب الوراثي	عدد جينات اللون الاحمر	المظهر الخارجي	النسب في F_2
AABB	4	احمر	
AaBB و AABb	3	احمر اكثر من الوسط	
aaBB و AAbb و AaBb	2	احمر وسط	
Aabb و aaBb	1	احمر أقل من الوسط	
aabb	صفر	أبيض	

وتدعى الجينّات التي يرمز لها بالحروف الكبيرة بالأليلات الفعالة او المظهرة للون اما الجينّات بالحروف الصغيرّة فتدعى بالجينّات غيرّ الفعالة او غيرّ المظهرة للجينّ.

**** طول الكوز (العرنوس) في الذرة الصفراء Ear Length in Maize**

درس ايست East عام 1913م وراثة طول كوز الذرة الصفراء بتضريب الصنف توم ثمب Tom Thumb قصير الكوز ذا مدى 5- 8 سم ومعدل 6.6سم بالصنف بلاك مكسيكان Black Mexican طويل الكوز ذا مدى 13-21 سم ومعدل 16.8 سم . كان طول كيزان الجيل الأول (F_1) متوسط بين الأبوين وذا مدى 9-15 سم ومعدل 12.1سم .

أما طول كيزان الجيل الثاني (F_2) فإنها بلغت مدى واسع (7-21سم) ، وكان عدد قليل منها بقدر طول كيزان الصنف القصير الكوز، وعدد قليل آخر منها بقدر طول كيزان الصنف الطويل الكوز، وعدد كبير منها متوسطة الطول بقدر طول كيزان الجيل الأول بمعدل 12.9سم . إن هذه النتائج من حيث الأساس مشابهة الى نتائج لون حبة القمح، لكن في هذه الحالة لا يمكن تصنيف الكيزان الى مجاميع متميزة من حيث الطول. الا إن الزيادة في الاختلاف في الجيل الثاني مقارنة بالجيل الأول يمكن تفسيرها على أساس انعزال عدد من الجينات وهي التي تؤثر على طول الكوز بصورة تجميعية (تراكمية). وبذا يكون سبب الاختلاف بين كيزان كل من الأبوين والجيل الأول بيئي، أما سبب الاختلاف بين كيزان الجيل الثاني بيئياً ووراثياً (بسبب انعزال عدد من الجينات التي قدرت بأربعة أزواج وكل زوج ينتج تأثير متساوي بمقدار 2.55 سم الى الطول الأساسي من الكوز) .

وتوجد أمثلة أخرى شائعة كلون البشرة في الإنسان وطول أوراق التويج في التبغ وحجم الأرنب التي توضح فرضية الجينات المتعددة .

ويعتبر الآن مفهوم الجينات المتعددة للصفات الكمية أحد الأساسيات المهمة في علم الوراثة، حيث يدعم هذا المفهوم باستعمال الطرق الإحصائية التي صممت من قبل فيشر Fisher في إنكلترا ورايت Wright في الولايات المتحدة وغيرهم من علماء الوراثة.

وتوجد مقاييس احصائية تستخدم لدراسة الصفات الكمية وهي المتوسط Mean والتباين Variation والانحراف القيأسي Standard derisions وبصورة عامة إن أية صفة توزع توزيعا طبيعياً يكون الانحراف القياسي فيها عن المعدل (المتوسط) كالآتي:

$$\bar{x} \pm 1s = 68\%$$
$$\bar{x} \pm 2s = 95\%$$
$$\bar{x} \pm 3s = 99\%$$

وكلما كان الانحراف القياسي S للصفة الكمية كبيراً كلما كان شكل المنحني الطبيعي منبسطا مما يدل على وجود تغاير كبير في الصفة و بالعكس، اي كلما كان المنحني ضيقاً دل على وجود تغاير قليل في الصفة.

** وترتكز وراثة الصفات الكمية على جينات كثيرة (متعددة) والمنعزلة باستقلال عادةً، ولكنها تؤثر على نفس النمط الظاهري وبطريقة تجميعية، وكل جين ينتج جزء من التأثير الكلي ولا توجد سيادة كاملة بين الأليلات وتؤثر عوامل البيئة على الناتج النهائي للصفات الكمية ويمكن التعبير عن النمط الظاهري للصفة الكمية بالمعادلة التالية :

النمط الظاهري = النمط الجيني + البيئة + (النمط الجيني × البيئة)

ويمكن قياس تأثير كل جزء من المعادلة إحصائياً بواسطة الاختلاف (التباين) Variance وتصبح المعادلة :

الاختلاف بالنمط الظاهري = الاختلاف بالنمط الجيني + الاختلاف بالبيئة + (الاختلاف بالنمط الجيني × البيئة) ، وبتعبير آخر : $\boldsymbol{\sigma^2}_P = \boldsymbol{\sigma^2}_G + \boldsymbol{\sigma^2}_E + \boldsymbol{\sigma^2}_{GE}$

أو باستخدام الرموز التالية: $V_P = V_G + V_E + V_{GE}$

وعند دراسة هذه الصفات يجب فصل التأثير الوراثي عن التأثير البيئي باستعمال طرق إحصائية خاصة .

انواع الفعل الجيني:

حسب الوراثة الكلاسيكية فأن الجين يعمل عن طريق التداخلات بين المواقع الجينية.

وبعبارة اخرى هو عبارة عن اشتراك زوجين او اكثر من الجينات لنفس الموقع (وهي حالة سيادة) اي الأليل A مع الأليل a او لموقعين مختلفين وهي حالة تفوق مثل تفاعل الأليل A مع الأليل B وهما موقعان مختلفان لإظهار صفة معينة للكائن.

وهناك عدة انواع من التفاعلات او التداخلات الجينية وهي:

1- التفاعل الأليلي allilic interaction :

وهي التداخلات الجينية التي تحدث في نفس الموقع الوراثي (الجيني) وهي حالات تفاعل سيادي اي متعلقة بالسيادة بين أليلات الموقع الجيني الواحد يطلق عليها dominance Intera allelic

2- التفاعل غير الاليلي Non allilic interaction :

وهي نوع من انواع التفاعل التفوقي وتكون بين مواقع جينية مختلفة وتسمى Inter allilic interaction كما مر ذكره عن لون قشرة البصل.

3- التفاعل الاضافي للجين: وهي اشتراك اكثر من جين لإظهار الصفة كما في بذور الحنطة.

4- التأثيرات البيئية: وهي تأثيرات الظروف البيئية على سلوك الجينات سواء من الناحية الفيزيائية او الكيميائية وهذا التغيير اذا سبب تغيير في المادة الوراثية عند ذلك فأن هذا التغيير سوف يتوارث اما اذا سبب انحراف ظاهري في الصفة فهذا الانحراف لا يورث من جيل لآخر.

pdfelement

Remove Watermark Now

تقدير عدد الجينات المسؤولة عن الصفات الكمية

Estimating the Number of Genes for Quantitative Traits

تساعد معرفة عدد الجينات التي تعين الصفات الكمية في تطوير طرق جديدة وكفوءة للبحث عنها، وكذلك يمكن الاستفادة من هذه المعلومات مباشرةً في تربية النبات والحيوان. ولكن يصعب تعيين عدد الجينات بالضبط المشمولة في تضريب ما بسبب وجود الاختلافات البيئية والاختلافات الوراثية بنفس القياس. ولبعض الصفات يمكن إجراء تقدير تقريبي بواسطة تعيين تردد حدوث كلاً من الطرفين في الجيل الثاني اللذين يشبهان النمط الظاهري للأبوين. وتعتبر هذه الطريقة طريقة تقريبية لعدد الجينات الفعالة ولكنها مفيدة للتحليل الوراثي الأولي.

استنتج نلسون طريقة حساب عدد الجينات التي تحكم صفة كمية كالتالي:

1- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{4}$ من الجيل الثاني ← وجود زوج واحد من الجينات

2- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{16}$ من الجيل الثاني ← وجود زوجين من الجينات

3- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{64}$ من الجيل الثاني ← وجود ثلاث أزواج من الجينات

4- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{256}$ من الجيل الثاني ← وجود أربع أزواج من الجينات

5- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $\frac{1}{1024}$ من الجيل الثاني ← وجود خمس أزواج من الجينات

* **وتوجد طريقة أخرى لتقدير عدد الجينات للصفة الكمية** بالاستفادة من قيمة الاختلاف الوراثي Genotypic variance وتحت شروط معينة. تتألف عشيرة السلالة أو الخط النقي من أفراد متشابهة بالتركيب الوراثي الا انها تظهر الاختلاف بالنمط الظاهري، وعليه يكون كل هذا الاختلاف في الخط النقي اختلافاً بيئياً Environment variance وينتج من التضريبات بين صنفين نقيين هجين في الجيل الأول متناسق وراثياً وعليه يكون الاختلاف بالنمط الظاهري بين أفراد الجيل الأول اختلافاً بيئياً أيضاً، ويكون الاختلاف بين أفراد الجيل الثاني أكثر من الاختلاف بين أفراد الجيل الأول، بسبب الانعزال وتكون تراكيب جديدة في أفراد الجيل الثاني.

وفي الصفة الكمية ذات التوزيع الطبيعي تكون معدلات أفراد الجيل الأول والجيل الثاني متوسط بين معدلي الأبوين. وإذا لم يحدث تبدل في البيئة من جيل لآخر (ويمكن السيطرة على ذلك بالتجربة) فإن اختلاف البيئة بين أفراد الجيل الأول يجب أن يكون مساوياً الى اختلاف البيئة بين أفراد الجيل الثاني. لذا تعزى الزيادة في الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الثاني على الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الأول الى أسباب وراثية .

وعليه فإن الاختلاف الوراثي بين أفراد الجيل الثاني (σ^2_{GF2}) يساوي الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الثاني (σ^2_{PF2}) ناقصاً الاختلاف للنمط الظاهري بين أفراد الجيل الأول (σ^2_{PF1}) ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية

$$\sigma^2_{GF2} = \sigma^2_{PF2} - \sigma^2_{PF1}$$

pdfelement

Remove Watermark Now

ويعبر عن الاختلاف الوراثي بين أفراد الجيل الثاني بالمعادلة التالية :

$$\sigma^2_{GF2} = \frac{a^2 . N}{2}$$

حيث ترمز a الى مقدار مساهمة كل أليل فعال (قرين فعال)
N ترمز الى عدد أزواج الجينات المتعلقة في الصفة الكمية.

ويمكن تقدير قيمة a من الصيغة : $a = \frac{D}{2N}$ حيث ترمز D الى قيمة الفرق بين معدلي (متوسطي) الأبوين لصفة كمية وبالتعويض يكون مقدار N كما يلي :

$$\sigma^2_{PF2} - \sigma^2_{PF1} = \sigma^2_{GF2} = \frac{a^2 D}{2} = \frac{D^2}{8N}$$

$$N = \frac{D^2}{8(\sigma^2_{PF2} - \sigma^2_{PF1})}$$

يرمز σ^2_{PF1} الى الاختلاف بالنمط الظاهري بين أفراد الجيل الأول .

ويرمز σ^2_{PF2} الى الاختلاف بالنمط الظاهري بين أفراد الجيل الثاني .

ويرمز σ^2_{GF2} الى الاختلاف بالنمط الوراثي بين أفراد الجيل الثاني .

وعند استعمال هذه المعادلة $N = \frac{D^2}{8(\sigma^2_{PF2} - \sigma^2_{PF1})}$ يجب توفر الشروط التالية :

تفترض هذه المعادلة مايلي:

1. تكون مساهمة الجينات المتعددة متساوية وبصورة إضافية لإنتاج الصفة الكمية حيث لكل المورثات الدرجة نفسها من الأهمية في التأثير بالصفة.
2. لا يوجد سيادة كاملة بين أليلات الجينات المتعددة ولكل المورثات درجة سيادة واحدة .
3. عدم وجود أي ارتباط أو تفاعل بين الجينات المتعددة المتحكمة بالصفة .
4. يكون أحد الأبوين فقط، مصدراً لجمع القرائن المؤثرة بالصفة في أحد الاتجاهات

كما يمكن حساب عدد المورثات من المعادلة التالية

$$N = \frac{D^2}{8V_A}$$

حيث V_A = التباين التجمعي الذي يحسب من المعادلة التالية

$$^1/_2 V_A = 2V_{F2} - (V_{B1} + V_{B2})$$

حيث يمثل V_{F2} تباينات الجيل الثاني.
V_{B2} و V_{B1} تباينات عشائر التلقيحات الرجعية للأبوين الأول والثاني على التوالي.

Remove Watermark Now

طبيعة الجينات التي تؤثر على الصفات الكمية

The Nature of the Genes Affecting Quantitative Traits

سبق وإن قدمنا فرضية الجينات المتعددة Multiple-gene hypothesis لتفسير وراثة الصفات الكمية والتي تضمنت وجود عدة جينات واقعة على الكروموسومات. إن هذه الجينات مشابهة لبقية الجينات التي درسناها سابقاً في كل النواحي. ما عدا إن تأثيرها الفردي على النمط الظاهري قليل وتتأثر بالبيئة. أطلق ماذر Mather على هذه الجينات " بالجينات المتعددة " Polygenes ، وبذا فإنه ميزها عن الجينات الرئيسية Major genes التي يمكن تشخيصها بوضوح بسبب تأثيراتها الجلية المفردة. ويدل تقديم هذان المصطلحان على وجود التداخل بين المجموعتين الذي يمكن توضيحه بالنقاط التالية :

1. التأثيرات المضاعفة الناتجة من أنظمة الجينات المتعددة والرئيسية :

قد يتضاعف تأثير النمط الظاهري الناتج من الجينات المتعددة بفعل جين رئيسي واحد فمثلاً يرى المدى الطبيعي المستمر لقامة الإنسان بأنها تعتمد على تأثيرات الجينات المتعددة وقد تعزى القامة لشخص قصير جداً إلى تأثيرات الكثير من الجينات المختلفة، ولكن وجود جين رئيسي واحد لقامة القزم قد تؤدي إلى نفس النتيجة.

2. الدور الممكن للجينات الرئيسية في أنظمة الجينات المتعددة :

يوجد أدلة على إن بعض الجينات تؤثر على كل من الصفات النوعية والكمية بنفس الوقت، ففي البرسيم الأبيض مثلاً يتفاعل جينان سائدان ومستقلان لإنتاج التبقع Mottling في نصل الورقة الذي يعتبر صفة نوعية. ولكن جرعة هذين الجينين السائدين لها تأثير واضح على عدد الأوراق الذي يعتبر صفة كمية في البرسيم الأبيض.

3. الارتباط بين الجينات المتعددة والجينات الرئيسية :

من الأمثلة على الارتباط بين الجينات الرئيسية والجينات المتعددة هو ارتباط لون الفاصوليا (البذرة) المعين لجين واحد مع وزن الفاصوليا التي هي صفة كمية. وكذلك يرتبط لون ثمرة البندورة بحجمها. وفي ذبابة الفاكهة تظهر جينات رئيسية في الكروموسومات الأربعة ارتباطاً مع جينات مختلفة لحجم البيضة التي تعتبر صفة كمية. وفي الفأر المنزلي يرتبط جين لون الفرو الأسمر مع عدد من الجينات التي تعين وزن البالغ وطول العظم في الذراع الخلفي .

المكافئ الوراثي (معامل التوريثٌ، درجة التوريث) (Heritability H^2 أو h^2

قلنا سابقا ان الشكل المظهري لأية صفة هو عبارة عن التأثير البيئي + التأثير الوراثي + التفاعل بينٌ البيئة والوراثة اي:

$$P = G + E + E \times G$$

وبما ان الوراثة الكمية تستعمل مقاييس التباين في الحسابات الاحصائية فأنه يمكن كتابة المعادلة السابقة بصورة اخرى $\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_E$

σ^2_P التباين المظهري

σ^2_G التباين الوراثي

σ^2_E التباين البيئي

ومن الجدير بالذكر ان نبين بأن التباين الوراثي مكون من عدة اجزاء وذلك حسب انواع التفاعل الجيني، ولذلك فإن التباين الوراثي يشمل:

Remove Watermark Now

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I$$

حيث ان:

σ^2_A التباين الوراثي التجميعي (التراكمي، الإضافي) Additive gene

σ^2_D التباين الوراثي السيادي Dominance gene

σ^2_I التباين الوراثي التفوقي Epistasis gene

ومن هنا يظهر ان التباين المظهري هو ناتج من عدة تفاعلات وراثية + التأثيرات البيئية.

لذلك فإن احد العوامل الهامة جداً في وضع خطة فعالة في برامج التربية سواء للنباتات او الحيوانات هو معرفة المساهمة النسبية لكل من العوامل الوراثية والبيئية المؤثرة على صفة معينة.

وعلى ذلك فإن **المكافئ الوراثي أو درجة التوريث Heritability** ويرمز لها بأحد الرمزين H^2 أو h^2 . - هو عبارة عن المقدار من التباين المظهري الكلي الذي يرجع الى تأثير الجينات

- هو مقدار التطابق بين ظهور الصفة في الأنسال وظهورها في آبائها من النباتات المنتخبة.

- وبتعبير آخر هي المقدرة على توريث صفة ما من نبات منتخب إلى نسله.

- كما أنها درجة سيطرة الوراثة على صفة معينة.

ومعرفة مقدار درجة التوريث لكل صفة كمية ضروري لإتباع طريقة معينة في التربية وتحسين هذه الصفة. ويلاحظ وجود قيمتين لدرجة التوريث، الأولى على النطاق العريض (المعنى الواسع) والثانية على النطاق الضيق (المعنى الضيق)، إضافةً إلى ما يعرف بدرجة التوريث المدركة أو الواقعة.

يمكن قياس التوريث لكل صفة كمية على مستويين :

الأول يكون واسعاً: ويسمى درجة التوريث بالمعنى الواسع (على النطاق العريض) Broad-sense heritability الذي يتضمن كل الاختلاف الوراثي الناتج من التأثير الإضافي (A) Additive للجينات المتعددة وتأثير السيادة (D) Dominance بين أليلات الجينات المتعددة وتأثير التفاعل بين الجينات المتعددة (I) Interaction . وهي تساوي نسبة الاختلاف بالنمط الوراثي V_G إلى الاختلاف بالنمط الظاهري V_P أي إن :

$$h^2_{bs} = \frac{V_G}{V_P} \quad \text{Or} = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P}$$

V_G : التباين الوراثي

V_P: التباين الكلي (تباين الشكل الظاهري)

ويشمل التباين الكلي التباين الوراثي والتباين البيئي $V_P = V_G + V_E$

وترجع أهمية درجة التوريث إلى أن الانتخاب لصفةٍ ما، تقل فاعليته كلما انخفضت درجة التوريث؛ لأن النباتات المنتخبة ربما لا تعكس حقيقة التراكيب الوراثية المرغوب فيها.

والثاني يكون دقيقاً ويسمى درجة التوريث بالمعنى الضيق (على النطاق الضيق) Narrow sense heritability الذي يشمل الاختلاف الوراثي الناتج من التأثير الإضافي (التجميعي، التراكمي) Additive فقط للجينات المتعددة ويعد التباين الإضافي أو التجميعي من أهم مكونات التباين الوراثي المؤثرة في فاعلية عملية الانتخاب. ولذلك فهي تعتبر درجة التوريث الأهم للمربي، لأنها تأخذ في الاعتبار نسبة التباين الإضافي أو التجميعي V_A إلى التباين الكلي أو الظاهري V_P

pdfelement

Remove Watermark Now

$$h^2_{ns} = \frac{V_A}{V_P}$$

وتتراوح قيمة التوريث (المكافئ الوراثي) لصفة ما بين الصفر إلى الواحد الصحيح .

ويمكن حساب قيمة التوريث بالحس الواقع Board sense في الأمثلة التالية :

1. إذا كان كل (الاختلاف أو التباين) في النمط المظهري هو اختلاف بيئي أي تباين ذو طبيعة بيئية أي إن : $\sigma^2_E = \sigma^2_P$ ويكون $\sigma^2_G = 0$ وعليه تكون قيمة التوريث مساوية إلى الصفر .
2. إذا كان كل الاختلاف في النمط المظهري ذو منشأ وراثي، أي أن: $\sigma^2_G = \sigma^2_P$ وبذا تكون قيمة التوريث مساوية الى واحد .
3. إذا كان نصف الاختلاف في النمط المظهري يعود الى تأثير النمط الوراثي (يرجع إلى التباين الوراثي) وهذا يعني أن النصف الآخر من الاختلاف والتباين في النمط المظهري يرجع إلى التباين البيئي أي أن : $\sigma^2_G = {}^1/_2\,\sigma^2_P$ أو $2\,\sigma^2_G = \sigma^2_P$ ، وبذا تكون قيمة التوريث مساوية الى النصف.

********** انتهت المحاضرة

pdfelement