المحاضرة الأولى

بعض المبادئ الوراثية في تربية وتحسين الحيوان

السلالة والعشيرة الحيوانية :

السلالة هي مجموعة من الحيوانات تنتمي إلى نوع واحد وتنشأ في منطقة معينة وترتب على ذلك أن تتماثل فيها صفات اللون والشكل والملامح والحجم والخصب والإنتاج إلى حد كبير يتيح تميزها عن باقي السلالات للنوع نفسه. والعشيرة الحيوانية هي عبارة عن مجموعة من الحيوانات تشترك فيما بينها في صفة متغيرة أو أكثر ويمكن أن تتزاوج فيما بينها لذا فقد تكون قطيعا Herd صغيرا، أو قطيعا كبيرا ، وقد تكون سلالة Breed أو نوعا Species بأكمله .

الجينات (المورثات) :

هي وحدات المادة الوراثية و تحملها الكروموسومات في مواقع Loki متجاورة . وفي الخلايا الجسمية توجد الجينات في أزواج وعادة لا يحتوي أي موقع على أكثر من زوج واحد من الجينات . ومن المعروف أن أحد الأليلات يأتي من أحد الأبوين و الجين الآخر يأتي من الأب الآخر حيث من خلال عملية التناسل ينقل كل أب (ذكر كان أم أنثى) الى كل من أبنائه جينا واحدا من كل زوج من جيناته . و عند اندماج الكميتة الذكرية (الحيمن) مع الكميتة الأنثوية (البويضة) يتحدد أي الجينين من كل زوج الذي ينتقل الى أي من أبنائه . وعليه فأن كل أب يعطي كل فرد من أبنائه نصف الجينات التي يحملها .

أنماط تعبيرات الجين :

توجد أنماط مختلفة من تعبيرات الجين أهمها :

1. التأثير التجمعي Additive Effect

وفي هذا النمط يعطي كل جين تأثيره في مظهر الصفة بغض النظر عن تأثير الجين الآخر الذي يوجد معه في نفس الموقع أو تأثير الجينات الأخرى الموجودة ضمن التركيب الوراثي . فمثلا في جلد أبقار الشورتهورن يتحكم في لون الجلد زوج واحد من الجينات (الأليلات) نفرض أنهما الجين W ويعطي اللون الأحمر ، والجين w يعطي اللون الأبيض . عليه فان الأفراد التي تحمل التركيب الوراثي WW يكون لونها أحمر ، و الأفراد التي تحمل التركيب الوراثي ww يكون لونها أبيض ، بينما الأفراد التي تركيبها الوراثي Ww يكون لونها طوبي وهذا اللون ينشأ عن وجود اللون الأحمر الذي يعطيه الجين W واللون الأبيض الذي يعطيه الجين w .

2. التأثير السيادي Dominance Effect

وفي هذا النمط أن تأثير الجين في مظهر الصفة يتوقف على تأثير أليله الذي يوجد معه في الموقع نفسه في الفرد الخليط . ويعد هذا النمط من تعبيرات الجين ناجما عن التفاعل بين أليلي الموقع الواحد Intra-allelic interaction . في ماشية الأبردين أنجس يتأثر لون الجلد بزوج واحد من الجينات ، فالجين R يعطي اللون الأسود والجين r يعطي اللون الأحمر ، ولكن الجين R يمنع تأثير الجين r ويسود عليه اذا وجدا في نفس الموقع ، لذلك نجد أن الأفراد التي تحمل التركيب الوراثي RR يكون لونها أسود ، وتلك التي تركيبها الوراثي Rr يكون لونها أسود أيضا ، بينما الأفراد التي تركيبها الوراثي rr يكون لونها أحمر .

3. التأثير التفوقي Epistatic Effect في هذا النمط يُلاحظ أن التأثير الجيني لموقع ما في مظهر الصفة يتوقف على تأثير جينات أخرى توجد في موقع أو أكثر من المواقع الأخرى . وفي هذه الحالة فأن تأثير زوج من الأليلات يختلف من فرد لآخر باختلاف التراكيب الوراثية للمواقع الأخرى للأفراد . بمعنى آخر ينشأ هذا التأثير نتيجة التفاعل بين الجينات في المواقع المختلفة Inter-allelic interaction . ومن أمثلة هذا النمط لون الريش في دجاج اللكهورن ، اذ يتحكم في هذه الصفة زوجين من الأليلات (الزوج الأول C وc المسؤول عن وجود صبغة الميلانين ، والزوج الثاني I و i المسؤول عن تثبيط الجين الأول) . لذا فالجين C لا يعطي لونا للريش الاّ بوجود الجينين ii أي أن وجود

الجين I يمنع ترسيب صبغة الميلانين المسؤول عنها الجين C ، أما الجين c فهو لا يعطي لونا للريش وهو متنحي أمام الجين C . وعليه فان التراكيب الوراثية الممكنة ولون الريش التي تحملها تكون كالآتي :

التركيب الوراثي	لون الريش
CCII	غير ملون (ابيض)
CCIi	غير ملون (ابيض)
Ccii	ملون
CcII	غير ملون (ابيض)
CcIi	غير ملون (ابيض)
ccii	غير ملون (ابيض)

يُلاحظ مما سبق أن التعبير السيادي و التجمعي يكون بين الأزواج الأليلية فقط بينما التأثير التفوقي يكون بين الأزواج غير الأليلية .

أنواع و نسب الكميتات التي ينتجها الفرد :

- يعطي الفرد المتماثل الجينات نوعا واحدا من الكميتات وكما في الأمثلة التالية :

التركيب الوراثي للفرد	AA	BB	AACC	ddee	BBff	SSBBII
الكميتات التي ينتجها	A	B	AC	de	Bf	SBI

- بينما يعطي الفرد الخليط في جيناته أنواع مختلفة من الكميتات بعدد 2^n بنسب واحدة حيث أن n هي عبارة عن عدد أزواج الجينات الخليطة في التركيب الوراثي . ومن الأمثلة على ذلك ما يلي :

أ. اذا وجد فرد تركيبه الوراثي BbSs فأنه يعطي الكميتات بالنسب التالية :

النسبة	الكميتة
1	BS
1	Bs
1	bS
1	bs

ب. اذا وجد فرد تركيبه الوراثي SsBbFf فأنه يعطي الكميتات بالنسب التالية :

النسب	الكميتة
1	SBF
1	SBf
1	SbF
1	Sbf
1	sBF
1	sBf
1	sbF
1	sbf

جـ. وبالأسلوب نفسه يمكن التعرف على أنماط الكميتات و نسبها في حالة وجود أي عدد من أزواج الجينات الخليطة في التركيب الوراثي .

الارتباط والعبور :

توجد الجينات على الكروموسوم الواحد بجوار بعضها في نظام طولي مثل حبات السبحة فإذا وجدت جينات متجاورة على الكروموسوم الواحد فيمكن أن ينتقلا مع بعضهما إلى الخلايا التناسلية عند الانقسام الاختزالي (ميوزي) ويقال أنه يوجد بين هذه الجينات ارتباط Linkage يتوقف درجة هذا الارتباط على المسافة بينهما (المسافة العبورية) وهي تتناسب تناسبا عكسيا مع درجة الارتباط فكلما قلت هذه المسافة يزيد الارتباط، وكلما زادت يقل الارتباط إلى درجة معينة وينقطع الكروموسوم وتتبادل الجينات من كروموسوم إلى آخر. ولذلك يمكن تعريف العبور بأنه ظاهرة انتقال الجينات من أحد زوجي الكروموسوم إلى الآخر أثناء الانقسام الاختزالي نتيجة زيادة المسافة العبورية بين الجينات. والكميته الناتجة بعد حدوث العبور تدعى (كميتة عبورية) أما إذا لم يحدث عبور فتسمى (كميتة أبوية) . ويسبب الارتباط بين الجينات على الكروموسومات بصفة عامة ارتباطا وراثيا بين الصفات وقد يكون موجبا أو سالبا. ولتفسير العبور نفرض أن كروموسومات الآباء تنتظم عليهما الجينات كما هو موضح لاحقاً. وأن انتقال مجموعة من الجينات من كروموسوم إلى آخر يحدث على ثلاثة مراحل هي :

F E D C B A

F E D C B A

f e d c b a

f e d c b a

المرحلة الأولى :كميتات أبوية قبل بدء العبور

F E D C B A

F E D C B A

×

f e d c b a

f e d c b a

المرحلة الثانية : يبدأ حدوث كسر على الكروموسوم في المنطقة التي تزداد فيها المسافة بين الجينات المرتبطة

F E D C B A

f e d c B A

F E D C b a

f e d c b a

المرحلة الثالثة : اتمام عملية العبور ويتم تكوين تراكيب جديدة نتيجة حدوث العبور ، وبهذه الكيفية تكون المواقع على طول الكروموسوم خليطة التأثير .

الطفرات :

هي عبارة عن التغير العشوائي في تركيب الجين وهذا التغير قد يكون كيمياويا أو تركيبيا أو موضعيا أو حجميا . هناك عوامل عديدة تسبب حدوث الطفرات مثل الأشعة فوق البنفسجية و درجات الحرارة العالية جدا أو المنخفضة جدا ، المواد الكيمياوية ، أشعة أكس والراديوم وغاز الخردل والأشعاعات ذات الطاقة العالية من أشعة جاما و ألفا و بيتا . هذا وينحصر تأثير الطفرات التي تحدث في الخلايا الجسمية في التأثير على الخلية التي تحدث فيها ولا ينتقل هذا الأثر من الآباء إلى الأبناء . أما الطفرات التي تحدث في الخلايا التناسلية فهناك فرصة لكي تنتقل من الآباء الى الأبناء . وبهذه الكيفية كانت الطفرات هي السبب الرئيس لوجود اختلاف في توارث الصفات .

وتقسم الطفرات على أساس مكان حدوثها الى :

1. طفرة تحدث داخل الجين أو في نقطة معينه منه .
2. تغيرات في كل الجينات الموجودة على الكروموسوم .
3. تغيرات في جزء أو مجموعة معينة من كل الجينات الموجودة على الكروموسوم .

والطفرة دائما نادرة الحدوث ونسبتها بسيطة جدا ولكن هذه النسبة تختلف من أليل إلى آخر .ومعظم الطفرات تأثيرها متنحي ولكن بعضها سائد. ومعظم الطفرات ضارة أو مميتة أو شبه مميتة لأن الحيوانات تكون في حالة توازن بيولوجي وحدوث الطفرة يؤدي الى خلل في التوازن البيولوجي قد يؤدي الى موت الحيوان . لكن هذا لا يعني عدم ظهور طفرات مفيدة على الأطلاق ، فالطفرة التي ينتج عنها عدم وجود القرون في بعض سلالات الأبقار والتي اهتم بها المربون وعملوا على نشرها لأنها سهلت لهم كثيرا من طرق الرعاية . وعامة فأن الطفرة ضارة الآ في حالات خاصة هي :

1. أن يكون الجين الأصلي أقل فائدة تحت الظروف البيئية السائدة .
2. أن يكون أثرها ضئيل .
3. أن يكون لها علاقة بصلاحية النوع .

ومن الأمثلة على الطفرات :

1. تكوين سلالة الأنكون في الأغنام : تتسبب هذه الطفرة في تكوين سلالة أرجلها قصيرة ، وان كانت الأرجل القصيرة ضارة تحت الظروف الطبيعية لأحتياج الأغنام لها في الرعي ولكن تحت الظروف التربية الحديثة والتسمين تصبح هذه الطفرة مفيدة .
2. عدم وجود القرون في الحيوانات البرية : قد تكون طفرة ضارة ولكن في حيوانات التسمين عدم وجود القرون يقلل من شراسة الحيوان ويستفاد من ذلك بزيادة الكفاءة التحويلية للغذاء للحيوان .

عموما للطفرات أهمية كبيرة في التطور لأنها تنتج المادة الخام التي يعمل عليها الانتخاب ، كما تعمل على حفظ كمية مخزونة من الجينات تصلح للأستفادة منها في احداث تغيير جديد اذا تغيرت البيئة وبالتالي تغيير اتجاه الانتخاب .

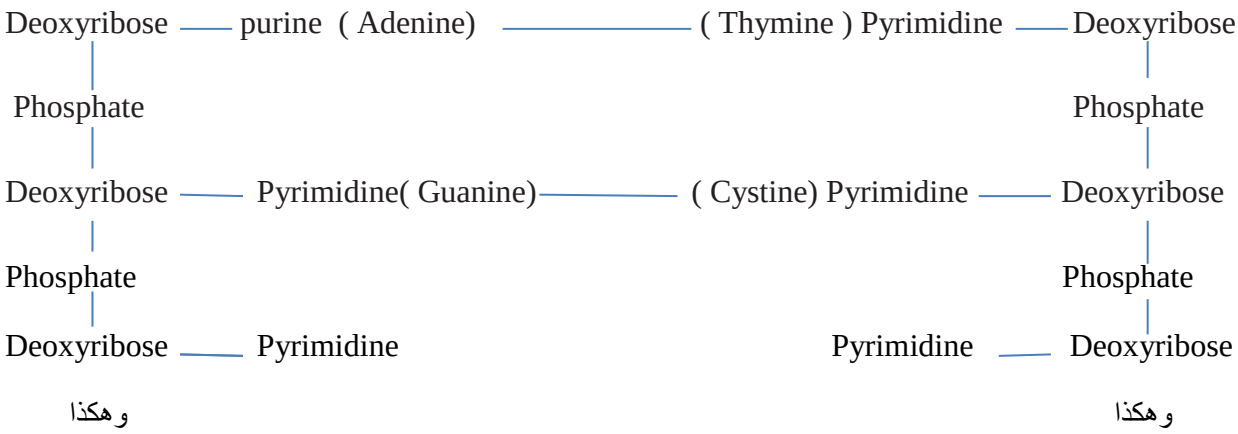
الكروموسومات (الصبغيات) :

هي جسيمات خيطية الشكل تتكون من مادة كروماتينية (بروتينات و أحماض نووية) توجد سابحة في نواة الخلية . في الخلايا الجسمية توجد هذه الكروموسومات في أزواج (في حالة زوجية 2N) وتعرف بأنها كروموسومات الخلايا الجسمية الزوجية Diploid chromosomes . أما في الخلايا التناسلية سواءاً كانت مذكرة أو مؤنثة فتكون الكروموسومات بحالة فردية (N) بسبب أن يطرأ عليها انقسام اختزالي . وقد وجد أن الفحص الميكروسكوبي يتيح تمييز كل زوج من هذه الكروموسومات عن بقية الأزواج الأخرى . وإذا تتبعنا عمليات تكوين الخلايا التناسلية في الغدد الجنسية واندماج الخلايا المذكرة (الحيامن) بالخلايا الأنثوية (البويضات) يُلاحظ أن أحد كروموسومي كل زوج من هذه الكروموسومات الشقيقة يأتي من أحد الأبوين بينما يأتي الكروموسوم الآخر من الأب الآخر . يسمى عدد الكروموسومات الزوجية التي توجد في الخلايا الجسمية بالعدد الكروموسومي وهذا العدد ثابت لكل نوع من أنواع الحيوانات الزراعية فمثلا في الأبقار والماعز 30 زوجا وفي الأغنام 27 زوجا وفي الدجاج 39 زوجا وفي الرومي 40 زوجا و..... الخ . في الخلايا الجسمية لكلا الجنسين يُلاحظ أن كل زوج من أزواج الكروموسومات الشقيقة متماثل تماما في الشكل Homologous فيما عدا زوج كروموسومات الجنس

الذي يكون متماثلا في أحد الجنسين وغير متماثل في الجنس الآخر ويسمى الجنس الذي يتماثل فيه كروموسومات الجنس Homogametic sex ، كما يسمى الجنس الذي لا تتماثل فيه كروموسومات الجنس بالجنس غير متماثل كروموسومات الجنس Hetrogametic esx . في الثدييات تكون كروموسومات الجنس متماثلة في الأناث وغير متماثلة في الذكور ، أما في الطيور فنلاحظ العكس . وعلى هذا الأساس فأن التركيب الكروموسومي لكروموسومات الجنس تكون XX في أنثى الثدييات و XY في ذكورها ، بينما تكون ZY في اناث الطيور و ZZ في ذكورها . والمعروف عادة هو أن الجنس غير المتماثل الكروموسومات الجنسية هو من يحدد جنس الجنين .

الأحماض النووية : Nucleic Acids

اكتشف العلماء أن الخلية تحتوي على نوعين من الأحماض النووية أحدهما يسمى Deoxyribonucleic acid ويرمز له بـ DNA والثاني يسمى Ribonucleic acid ويرمز له بـ RNA . يوجد الحامض النووي DNA في النواة وغالبا ما يوجد الحامض النووي RNA في السايتوبلازم . هذا وقد وجد أن الجزئ DNA يتكون من سلسلتين متوازيتين من النيوكليتايد Nucleotides تلتفان في شكل حلزوني وأن كل نيوكلوتايد يتكون من قاعدة نيتروجينية Purine أو Pyrimidine تتحد مع سكر خماسي Deoxyribose ثم تتحد كل Nucleotide مع Nucleotide الذي تليها في كل من السلسلتين بمجموعة فوسفات و ترتبط كل Nucleotide في احدى السلسلتين بنظيرتها في السلسلة الأخرى برابطة مزدوجة بين القاعدتين النيتروجينيتين (وفي معظم الكائنات الحية نجد أن قاعدة Purines يمثلها الأدنين Adenine والجوانين Guanine ، أما قاعدة Pyrimidine فيمثلها السيستين Cystine و الثايمين Thymine وتكون الرابطة المزدوجة بين الأدنين و الثايمين أو بين السيستين والجوانين. وأدناه شكل يوضح جزئ DNA :



المحاضرة السابعة

بعض المعالم الوراثية للعشيرة وطرق تقديرها

لكل عشيرة من الحيوانات خصائصها التي تميزها عن غيرها من العشائر . ومن بين هذه الخصائص متوسط العشيرة وتباينها الوراثي والبيئي ونسبة هذه التباينات الى بعضها وعلاقة الصفات الإنتاجية المختلفة ببعضها. ولتحسين أي عشيرة يجب أولا دراسة معالمها وصفاتها حتى يمكن وضع خطة محددة على أسس علمية للتقدم بهذه العشيرة نحو الهدف المطلوب . لذا سنولي اهتمامنا في هذا الفصل بتقدير المعالم الوراثية الثلاثة الآتية : المكافئ الوراثي و المعامل التكراري و الارتباط الوراثي بين الصفات .

أولا : المكافئ الوراثي : Heritability

هو مقياس احصائي لأهمية الوراثة و البيئة في الصفات المختلفة . يُلاحظ في الحيوانات الزراعية أن الصفات الوصفية تتحكم فيها الجينات بنسبة كبيرة ولا دخل للبيئة فيها ، ولكن فيما يتعلق بالصفات الإنتاجية فأننا نجد أن أداء الحيوان يتأثر بكل من التركيب الوراثي Genotype والبيئة Environment ولكن بدرجات متقاربة . وكما تم شرحه سابقا فأن مظهر الصفة الإنتاجية Phenotype على أي حيوان عبارة عن محصلة لأثر التركيب الوراثي لهذا الحيوان و أثر البيئة التي يتعرض لها بالإضافة لأثر التداخل بين التركيب الوراثي والبيئة ، وعبرنا عن ذلك بما يلي:

$$P = G + E + GE$$

وحيث أننا قسمنا الأثر الوراثي بدوره الى تجمعي وسيادي وتفوقي ، لذا أصبح التعبير عن المظهر الخارجي :

$$P = A + D + I + E + GE$$

وعلى هذا الأساس أمكن تقسيم التباين المظهري أو التباين الكلي الى :

$$\sigma^2_P = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I + \sigma^2_E + \sigma^2_{GE}$$
$$= \sigma^2_G + \sigma^2_E + \sigma^2_{GE}$$

و للتبسيط فأنه يمكن التغاضي عن التباين الذي يرجع للتداخل بين التركيب الوراثي و البيئة وبالتالي توضع المعادلة في الصورة التالية :

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_E$$

ويعرف المكافئ الوراثي بالمفهوم العريض broad heritability (h^2_b) بأنه نسبة التباين الوراثي الى التباين الكلي ويرمز له h^2_b والذي تتراوح قيمته نظريا بين الصفر والواحد الصحيح .

$$h^2_b = \frac{\partial^2 G}{\partial^2 P}$$

ويعبر عن المكافئ الوراثي بالمعنى الضيق narrow heritability (h^2_n) بأنه نسبة التباين التجمعي الى التباين المظهري الكلي لأن التباين التجمعي هو الوحيد الذي يحدد القيمة التربوية للفرد ومنه يمكن حساب القيمة المتوقعة لنسل هذا الفرد وذلك بالنسبة للعشائر التي تتزاوج عشوائيا .

$$h^2_n = \frac{\partial^2 A}{\partial^2 P}$$

وهذا الكسر يكون دائما أصغر من المكافئ الوراثي بالمعنى العريض الا في حالة انعدام التباين السيادي والتفوقي للجينات فهما يتساويان . وكلما قرب المكافئ الوراثي من الواحد الصحيح كلما دل على أهمية الوراثة في تحديد هذه الصفة . يدخل المكافئ الوراثي في الحسبان عند عمل أي خطة لتحسين القطيع على أساس علمي . فمثلا اذا كانت هناك صفة مكافئها الوراثي منخفض جدا فمعنى ذلك أنه بتغيير البيئة تغييرا مناسبا يمكن تحسين هذه الصفة بسرعة وبشكل ملموس دون الحاجة الى الانتخاب أو التحسين الوراثي ونحتفظ بالانتخاب للصفات ذات المكافئ الوراثي المرتفع .

طرق تقدير المكافئ الوراثي :

هنالك طرق كثيرة لتقدير هذا المكافئ وكلها تعتمد على قياس درجة التشابه بين الأقارب ومقارنتها بالتشابه بين أفراد أقل قرابة لبعضها . اذ كلما زاد التشابه بين الأقارب عنه بين الأفراد الأقل قرابة (غير الأقارب) كان المكافئ الوراثي لهذه الصفة كبيرا . واتباع طريقة للتقدير دون غيرها يعتمد على عدة عوامل أهمها :

1. توافر البيانات اللازمة أو سهولة الحصول عليها .
2. نوع الصفة المراد تقدير مكافئها الوراثي .
3. مدى أهمية كل مكون من مكونات التباين الوراثي . يُلاحظ أن جميع الطرق تعطي تقديرات تتراوح قيمتها بين المكافئ الوراثي بالمفهوم الضيق والمفهوم العريض ، وأهم هذه الطرق ما يلي :

1. تجارب الانتخاب .

المكافئ الوراثي المحسوب بهذه الطريقة يمثل المكافئ الوراثي بالمعنى الضيق لأنه محسوب من واقع حدث فعلا بعملية الأنتخاب ولذا يسمى أحيانا بالمكافئ الوراثي المحقق Realized heritability . يمكن حساب المكافئ الوراثي من تجارب الأنتخاب التي تستمر لجيل واحد أو عدة أجيال وذلك بمقارنة متوسط الأبناء بمتوسط الآباء ويمكن الأستدلال على قيمة المكافئ الوراثي اذا استعنا بالعلاقة الآتية :

الأستجابة للأنتخاب بعد جيل واحد = الفارق الأنتخابي X المكافئ الوراثي

وعليه اذا حسبنا العائد أو الأستجابة الكلية لفعل الأنتخاب (R) على مدى الأجيال وكذلك الفارق الأنتخابي (S) لكل جيل (وهو عبارة عن الفرق بين متوسط القطيع و متوسط الآباء المنتخبة) يمكن حساب المكافئ الوراثي (h^2) كما يلي :

$$h^2 = \frac{R}{S}$$

مثال : في قطيع من عجول الأبقار كان متوسط الوزن فيه عند عمر 6 أشهر 133.5 كغم وأجريت تجربة انتخاب لمدة خمسة أجيال و كانت الفوارق الانتخابية لهذه الأجيال الخمسة على التوالي = 12.5-15-14-14.5-14 كغم ووصل متوسط وزن العجول في القطيع عند نفس العمر الى 149 كغم ، احسب h^2 لهذه الصفة ؟

الحل : نحسب أولا قيمة العائد الكلي أو الاستجابة الفعلية للانتخاب كما يلي :

$R = 149 - 133.5 = 15.5$ kg

$S = 12.5 + 15 + 14 + 14.5 + 14 = 70$ kg مجموع الفوارق الأنتخابية

اذا المكافئ الوراثي $h^2 = \frac{15.5}{70} = 0.22$

تصنيف الصفات حسب قيم المكافئ الوراثي :

1. صفات منخفضة المكافئ الوراثي : وهذه الصفات لا يزيد h^2 فيها عن 0.15 مثل معدلات الخصوبة والتناسل أو عدد التوائم ..... وغيرها .
2. صفات متوسطة المكافئ الوراثي : وفيها h^2 تتراوح قيمته بين 0.2-0.4 مثل معظم الصفات الأنتاجية (محصول الحليب ، محصول الدهن ، معدلات النمو ، وزن الجسم ، وزن الجزة ....)
3. صفات مرتفعة المكافئ الوراثي : وفيها يكون h^2 أكثر من 0.4 مثل صفات الهيكل العظمي والعضلي وأبعاد الجسم .

2. العلاقة بين الآباء والأبناء :

اذا كانت القرابة بين الأب وابنه في العشائر التي تتزاوج عشوائيا هي ½ فإننا نتوقع أن يتشابه الأثنان بسبب هذه العلاقة في نصف وراثتهما فقط . والمقصود بالأب هنا أحد الأبوين بينما الأبن يقصد به أحد أفراد النسل الناتج . ويكون المكافئ الوراثي في هذه الحالة ضعف معامل الارتباط بين الآباء والأبناء أو ضعف معامل اعتماد الأبناء على الآباء . يُلاحظ في هذه الطريقة وجوب ظهور الصفة على كل من الأب والأبن فمثلا صفة ادرار الحليب تُؤخذ البقرة مع أمها ، بينما صفة وزن الجسم يمكن أخذها على الحيوان وأي من أبويه .

مثال : البيانات التالية تمثل بيانات لصفة ما تم جمعها من خمسة آباء (X) مع أبنائها (y) من عشيرة حيوانية احسب المكافئ الوراثي لهذه الصفة ؟

الحل:

أداء الأب (x)	أداء الأبن (y)	xy	X^2	Y^2
194	172	33368	37636	29584
164	175	28700	26896	30625
147	142	20874	21609	20164
165	159	26235	27225	25281
181	148	26788	32761	21904
$\Sigma x_i = 851$	$\Sigma y_i = 796$	$\Sigma_{xy} = 135965$	$\Sigma x^2 = 146127$	$\Sigma y^2 = 127558$

تقدير قيمة المكافئ الوراثي باستخدام تحليل الأرتباط وكما يلي :

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} * \sqrt{\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}}} = \frac{\sum 135965 - \frac{(851)(796)}{5}}{\sqrt{\sum 146127 - \frac{724201}{5}} * \sqrt{127558 - \frac{633616}{5}}}$$

$r_{xy} = 0.47$

$\therefore h^2 = 2\, r_{xy} = 2\,(0.47) = 0.94$

كذلك يمكن تقدير قيمة المكافئ الوراثي باستخدام تحليل الأنحدار وضربه x 2 وكما يلي :

$$byx = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}} = \frac{135965 - \frac{(851)(796)}{5}}{146127 - \frac{724201}{5}} = 0.4$$

$\therefore h^2 = 2b_{yx} = 2(0.4) = 0.8$

3. العلاقة بين الأخوة الأشقاء :

يكون المكافئ الوراثي ضعف معامل الأرتباط بين الأخوة أو الأخوات الأشقة بالنسبة لصفة من الصفات ، ومثل هذه البيانات يمكن توفرها بسهولة في الدواجن و الخنازير حيث يمكن للدجاجة أن تنجب أكثر من كتكوت من نفس الديك وكذلك الأرانب والخنازير اذ تكون الأفراد داخل البطن الواحدة أشقاء ولكن قليل ما تتوفر مثل هذه البيانات في الأغنام او الماشية . وبهذا يكون المكافئ الوراثي المقدر بطريقة الأخوة يحتوي على كل التباين

التجمعي ونصف التباين السيادي و جزء من التباين التفوقي وضعف التباين الأمي لذا فهو عادة أكبر من معظم التقديرات الأخرى .
اذن المكافئ الوراثي المحسوب من التغاير الوراثي بين أخوة أو أخوات أشقة (h^2_{FS}) يكون :

$$h^2_{FS} = 2r_{FS} = 2\ (COV_{Full\text{-}sibs}) = 2\ (\ COV_{FS}\ )$$

حيث أن r_{FS} = معامل الأرتباط بين أخوة أو أخوات أشقة لصفة ما ، COV_{FS} = التغاير الوراثي بين الأخوة أو الأخوات الأشقة .

4. <u>العلاقة بين الأخوة أنصاف الأشقة</u> :

يكون المكافئ الوراثي في هذه الحالة أربعة أضعاف معامل الأرتباط بين أنصاف الأخوة لصفة من الصفات . وهذه أكثر الطرق شيوعا لتوفر البيانات اللازمة لها في معظم القطعان . ومن ثم فانها تستخدم في معظم الحيوانات الزراعية وخاصة الماشية والجاموس والأبل والأغنام . وغالبا ما تكون البيانات المستخدمة لأنصاف أشقاء أبوية Paternal half-sibs مشتركة في الأب نفسه كأن يكون هناك عدة طلائق لكل منها عدة أبناء متمثلة في مجموعة من أنصاف الأشقاء . وبما أن احتمال التغاير الوراثي بين أنصاف الأشقاء هو 25 % ومن ثم الأخوة الأشقاء تتشابه في ربع تركيبها الوراثي فقط فأن قيمة المكافئ الوراثي تعادل أربعة أمثال التغاير الوراثي (أي معامل الأرتباط) بين أنصاف الأشقاء . وبالتالي فأن المكافئ الوراثي المحسوب من أخوة أنصاف أشقاء أبوية (h^2_{pHs}) يكون :

$$h^2_{pHs} = 4\ r_{pHs} = 4\ (\ cov_{pHs})$$

حيث r_{pHs} = معامل الأرتباط بين أنصاف الأشقاء الأبوية ، cov_{pHs} = التغاير الوراثي بينها .
و كذلك الحال في المكافئ الوراثي المحسوب من أنصاف الأشقاء الأمية (h^2_{MHS}) يطابق في تقديره أنصاف الأشقاء الأبوية . أي أن :

$$h^2_{MHS} = 4\ r_{\ MHS} = 4\ (\ cov_{\ MHS}\ )$$

5. <u>من تحليل التباين لتصميم متزن (أخوة أنصاف أشقة)</u>:

في هذا التصميم يكون عدد النسل لكل أب متساويا ، ويفيد هذا التصميم في الحيوانات التي تنجب نسلا واحدا في كل ولادة كما يحدث في الماشية والأبل والجاموس على سبيل المثال . فالتصميم مبني على أساس أن كل أب ذكر بالعشيرة يلقح عددا من الأناث وتنتج كل انثى مولودا أو نسلا واحدا . و تؤخذ القياسات و البيانات على النسل الناتج لكل من الذكور والأناث كافة . و طبقا للنموذج الأبوي فأن جدول تحليل التباين سيكون كالآتي :

مصادر التباين s.o.v	درجات الحرية df	مجموع المربعات Sum squares (SS)	متوسط المربعات Mean squares (MS)	متوسط المربعات المتوقعة Expected mean squares (EMS)
بين الذكور Between sires	S -1	SS_S	MS_S	$\sigma^2_e + k\sigma^2_S$
بين النسل داخل الذكور Progeny within sires	$n_{\cdot}$ - s	SS_e	MS_e	σ^2_e

حيث أن : S = عدد الطلائق (الذكور) ، $n_{\cdot}$ = العدد الكلي للنسل ، K = عدد النسل لكل أب . وأن :

$$\sigma^2_e = MS_e$$

$$\sigma^2_s = \frac{(MS_S - MS_e)}{k} \qquad \text{و أن} \qquad h^2_s = \frac{4\partial^2_s}{(\partial^2_s + \partial^2_e)}$$

مثال : في قطيع من ماشية اللحم غير مربى داخليا مكون من 40 طلوقة ، كل طلوقة تزاوجت مع 8 من الأناث فأعطى كل تزاوج عجلا واحدا ، تم اختيار خمسة عوائل عشوائيا منها وسجلت أوزان الجسم عند النضج الجنسي للعجول الذكور ، وتم تحليلها احصائيا فكانت البيانات مسجلة في جدول تحليل التباين التالي والمطلوب حساب المكافئ الوراثي بعد اكمال الجدول ؟

الحل :

مصدر التباين	d.f	SS مجموع المربعات	MS متوسط المربعات	EMS
B/S بين الطلائق	5-1 =4	17197	4299	$\partial^2{}_e + K\partial^2{}_s$
P/S بين النسل	40-5 = 35	81679	2334	$\partial^2{}_e$

نحسب أولا درجات الحرية وكما يلي :

عدد الذكور – 1 = s-1= 5-1 = 4

عدد النسل الكلي – عدد الذكور = n. – s = 40 – 5 = 35

ثم نحسب متوسط المربعات وكما يلي :

متوسط المربعات = مجموع المربعات / درجات الحرية $MS_s = \frac{SS_s}{df} = \frac{17197}{4} = 4299$

$$MS_e = \frac{SS_w}{df} = \frac{81679}{35} = 2334$$

ثم نقوم بتقدير مكونات التباين وكما يلي

$$\partial^2{}_e = MS_e = 2334$$

$$\partial^2{}_s = \frac{MS_s - MS_e}{K} = \frac{4299-2334}{8} = 245.6$$

ثم نحسب المكافئ الوراثي :

$$h^2{}_s = \frac{4\partial^2{}_s}{\partial^2{}_s + \partial^2{}_e} = \frac{4(245.6)}{245.6 + 2334} = 0.38$$

6. من تحليل التباين لتصميم متزن (أخوة أشقة):

يتم في هذا التصميم تزاوج الأب مع عدة أمهات وينتج عن كل تزاوج عدة أفراد من النسل كما في الدواجن والأرانب . وطبقا لهذا التصميم فأن جدول تحليل التباين سيكون كما يلي :

مصادر التباين	df	SS	MS	EMS
B/S	S – 1	SS_S	MS_S	$\partial^2{}_e + K_2\partial^2{}_D + K_3\partial^2{}_S$
B/D/S	D – S	SS_D	MS_D	$\partial^2{}_e + K_1\partial^2{}_D$
B/Pr/D/S	n.. – D	SS_e	MS_e	$\partial^2{}_e$

حيث أن S = عدد الذكور و D = عدد الأمهات و n.. = عدد النسل الكلي

مثال : في قطيع غير مربى داخليا من الأرانب جرى اختيار مجموعة من الذكور بصورة عشوائية وكل ذكر لقح ثلاث أمهات وكل أم أنتجت ثلاثة من النسل . تم تسجيل وزن الجسم لهذا النسل عند عمر ثمانية اسابيع اذ تم اختيار خمسة تزاوجات أبوية عشوائيا وجرى تحليل البيانات احصائيا . احسب المكافئ الوراثي من مصادره الثلاثة بعد اكمال جدول تحليل التباين التالي :

الحل : نحسب درجات الحرية أولا لمصادر التباين الثلاثة وكما يلي :

S – 1= 5 – 1 = 4

D – S = 15 – 5 = 10

n.. – D = 45 – 15 = 30

ثم نحسب متوسط المربعات MS وكما يلي :

متوسط المربعات = مجموع المربعات / درجات الحرية

متوسط مربعات الذكور = $MS_S = \frac{SS_S}{df} = \frac{63209}{4} = 15802$

متوسط مربعات الأمهات = $MS_D = \frac{SS_D}{df} = \frac{8811}{10} = 8811$

متوسط مربعات النسل = $MS_{pr} = \frac{SS_W}{df} = \frac{165732}{30} = 5524$

مصادر التباين	df	SS	MS	EMS
B/S	4	63209	15802	$\partial^2{}_e + K_2\partial^2{}_D + K_3\partial^2{}_S$
B/D/S	10	88113	8811	$\partial^2{}_e + K_1\partial^2{}_D$
B/Pr/D/S	30	165732	5524	$\partial^2{}_e$

نحسب مكونات التباين :

$\partial^2{}_e = MS_e = 5524$

$\partial^2{}_S = \frac{MS_S - MS_e}{K3} = \frac{15802-8811}{9} = 776$

$\partial^2{}_D = \frac{MS_D - MS_W}{K_1} = \frac{8811-5524}{3} = 1095$

حيث هنا $K_1 = K_2$.

والتباين المظهري الكلي ($\sigma^2{}_p$) على أساس فردي يكون :

$\sigma^2{}_p = \sigma^2{}_S + \sigma^2{}_D + \sigma^2{}_e = 776 + 1095 + 5524 = 7395$

اذن المكافئ الوراثي عن طريق الآباء سيكون :

$h^2{}_S = \frac{4\partial^2{}_S}{\partial^2{}_S + \partial^2{}_D + \partial^2{}_e} = \frac{4(776)}{7395} = 0.42$

المكافئ الوراثي عن طريق الأمهات سيكون :

$h^2{}_D = \frac{4\partial^2{}_D}{\partial^2{}_S + \partial^2{}_D + \partial^2{}_e} = \frac{4(1095)}{7395} = 0.59$

المكافئ الوراثي عن طريق الآباء والأمهات معا سيكون :

$h^2{}_{S+D} = \frac{2(\partial^2{}_S + \partial^2{}_D)}{\partial^2{}_S + \partial^2{}_D + \partial^2{}_e} = \frac{2(776+1095)}{7395} = 0.51$

تكرار الجين

يُعد مظهر الصفة Phenotype (P) في أي كائن حي محصلة لتفاعل ما يحمله من جينات هذه الصفة Genotype (G) بالإضافة الى البيئة التي يعيش فيها Environment (E) . ومن ثم فان P = G + E بمفهوم بسيط . فمثلا إذا كان حيوان ما يحمل جينا يساعده على إنتاج اللبن ووجد هذا الحيوان في بيئة يتوافر فيها الغذاء فإنه يعطي لبنا بدرجة غزيرة أكثر من حيوان آخر لا يحمل مثل هذا الجين . وعلى ذلك ففي مجموعة من الحيوانات كلما كبر تكرار الجين المساعد على إنتاج اللبن كان ذلك مرغوبا في كثير من الأحوال. فإذا وجد عدد (N) من الحيوانات فيكون عدد المواقع Loci بالنسبة لكل جين في المجموعة هو (2N) لأن كل حيوان يحمل أليلين من كل جين. وتكرار الجين هو نسبة عدد وحدات جين ما المحمولة على موقع معين من الكر وموسوم إلى مجموع وحدات الجينات الأخرى المحمولة على هذا الموقع نفسه من الكروموسوم نفسه. وبمعنى أبسط فإن تكرار الجين هو نسبة عدد المواقع المشغولة بأليل ما إلى كل مواقع هذا الجين. وعليه يمكن استخدام المعادلة الآتية لحساب تكرار الجين :

أولا . في حالة زوج واحد من الجينات الجسمية ذات الأثر التجمعي :

$$\text{تكرار الجين} = \frac{2(\text{عدد الأفراد الأصيلة الحاملة لهذا الأليل}) + \text{عدد الأفراد الخليطة الحاملة لهذا الأليل}}{2(\text{عدد الأفراد كلها})}$$

$$\text{أو تكرار الجين} = \frac{\text{عدد الأفراد الأصيلة الحاملة لهذا الأليل} + \text{نصف عدد الأفراد الخليطة الحاملة لهذا الأليل}}{\text{عدد الأفراد كلها}}$$

وعلى هذا فأذا فرضنا أن هناك قطيعا مكونا من 50 حيوان تركيبها الوراثي كما يلي :

AA 23 ، Aa 15 ، aa 12 فيكون هناك 100 موقع لهذا الجين و عدد المشغول منها :

بالأليل A = 2 * 23 + 15 = 61 بينما عدد المواقع المشغولة

بالأليل a = 2 * 12 + 15 = 39

لذا فأن تكرار الأليل A = 100/61 = 0.61

وتكرار الأليل a = 100/39 = 0.39

ويمكن التعبير عن علاقة تكرار الجينات و التراكيب الوراثية في صورة أوضح كما يلي :

	الجينات		التراكيب الوراثية		
	A	a	AA	Aa	aa
التكرار	p	q	P^2	2pq	q2
عدد الأفراد			D	H	R

و يلاحظ أن مجموع تكرارات الأليلات كلها يساوي واحد دائما أي $p + q=1$ لذا (0.61 + 0.39) = 1

عادة يُرمز لتكرار الجين بالرمز q_A و تكرار أليله بالرمز q_a أو (1- q_A) .

مثال : وجد في وراثة لون الجلد في أبقار الشورتهورن أنه يحكمها زوج واحد من الجينات الجسمية ذات الأثر التجمعي وأن أعداد الأبقار حسب لون جلدها كانت كالآتي : 16 أحمر WW ، 48 طوبي Ww ، 36 أبيض ww. فما هو تكرار الجين في هذه المجموعة ؟

$q_A = (16 * 2 + 48) / 200 = 0.4$ أو $16 + 24 / 100 = 0.4$

$q_a = (36*2 + 48) / 200 = 0.6$ أو $36 + 24 / 100 = 0.6$

و يعبر عن تكرار الجين في هذه المجموعة من الحيوانات كما يلي : (W 0.4 + w 0.6) واذا ربَعنا ما بداخل القوسين نحصل على نسب التراكيب الوراثية وهي النسب ذاتها التي بدأنا بها المثال :

$$(W\ 0.4 + w\ 0.6)^2 = (WW\ 0.16 + Ww\ 0.48 + ww\ 0.36)$$

وعملية التربيع هذه تمثل التلقيح عشوائيا بين عشيرتين أو مجموعتين تكرار الجين في كل منها هو (W 0.4 + w 0.6) و هذا ما يسمى بالتوزيع الكميتي ، بينما يطلق على نسب التراكيب الوراثية الناتجة (WW 0.16 + Ww 0.48 + ww 0.36) توزيع التراكيب الوراثية أو التوزيع الزايكوتي .

ثانيا : كيفية حساب تكرار الجين بالعشيرة في حالة وجود زوج من الجينات ذات الأثر السيادي .

مثال : ظاهرة الريش الحريري في الدجاج ترجع الى جين متنحي جسمي يرمز له h في حين الجين السائد H مسؤول عن ظهور الريش الطبيعي . لنفرض أن قطيع من الدجاج مكون من 500 طائر ظهرت فيه خمسة طيور ذات ريش حريري . احسب تكرار الجين في هذا القطيع ؟

من المعلوم أن الطيور ذات الريش الحريري تحمل الجين المتنحي بحالة زوجية hh لذا سيكون تكرارها :

$q2 = 5/500 = 0.01$

اذاً تكرار الجين h يكون : $q_h = \sqrt{q^2} = \sqrt{0.01} = 0.1$ وبالتالي فتكرارات التراكيب الوراثية تكون :

التراكيب الوراثية	HH ريش طبيعي	Hh ريش طبيعي	hh ريش حريري	Total
عدد الأفراد	495		5	500
تكرار التراكيب الوراثية	0.99		0.01	
	P^2	2pq	q^2	1.0

وبما أن مجموع تكرارات الجينات = الواحد الصحيح فيمكن حساب تكرار الجين H كما يلي :

$p_H = 1-q = 1 - 0.1 = 0.9$

مثال : احسب تكرار الجين في العشيرة التالية مع ايجاد التوزيعات الكميتية و الوراثية ؟ علما أن عدد الأفراد التي تركيبها الوراثي aa = 20 والأفراد AA = 15 من أصل N = 35 ؟

الحل : بما أن عدد التركيب الوراثي aa = 20 والتركيب الوراثي AA= 15

اذاً نسبة التركيب الوراثي aa = 0.20 والتركيب الوراثي AA= 0.15

G.f / A = $\frac{2x15+0}{2x35} = 0.428$ Or $p = \sqrt{p^2} = \sqrt{0.15} = 0.387$

G.f / a = $\frac{2\ x\ 20+0}{2\ x\ 35} = 0.571$ Or $q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0.20} = 0.447$

التوزيع الكميتي (0.571 a + 0.428 A)

التوزيع الزيكوتي (AA 0.183 + Aa 0.489 + aa 0.326)

التزاوج العشوائي : Random Mating

يُقصد به أن أي فرد في المجموعة أو العشيرة لديه الفرصة نفسها لتلقيح أي فرد من

الجنس الآخر . أي أنه لا يوجد تحيز في اختيار ذكر دون آخر لتلقيح أنثى أو أخرى. وطريقة حساب التوزيع الزيكوتي أو تكرار التراكيب الوراثية سابقة الذكر تصلح فقط عندما يكون التلقيح عشوائيا . وعندما يتزاوج أفراد العشيرة عشوائيا فيكون اتحاد كميتات هذه الأفراد عشوائيا أيضا ، كما يكون تكرارالكميتات مساويا لتكرار الجينات التي تحملها هذه الكميتات . وعليه عندما تتزاوج الأفراد عشوائيا يكون تكرار النسل الناتج من التزاوج العشوائي كما يلي :

تكرار التراكيب الوراثية = (التوزيع أو التكرار الكميتي)^2

كميتات الذكر	كميتات الأنثى	
	A (p)	a (q)
A (p)	AA (p^2)	Aa (pq)
a (q)	Aa (pq)	Aa (q^2)

حيث أن p = تكرار الكميتة A ، q = تكرار الكميتة a .

وبالتالي فان بيانات النسل الناتج تكون كالآتي :

التراكيب الوراثية	AA	Aa	aa	Total
تكرار التراكيب الوراثية	P^2	2pq	q^2	1

ويكون مربع مجموع تكرار الجينات = مجموع تكرار التراكيب الوراثية = الواحد الصحيح

$\therefore (p + q)^2 = p^2 + 2pq + q_2 = 1$

قاعدة هاردي واينبرج :

ينص هذا القانون على أنه في العشائر كبيرة العدد والتي تتزاوج عشوائيا وفي غياب القوى التي تغير من تكرار الجين فأن تكرار الجين (التوزيع الكميتي) وتكرار التراكيب الوراثية (التوزيع الزيجوتي) يظلان ثابتين من جيل الى آخر . ويطلق على حالة الأتزان هذه بأتزان هاردي واينبرج .

فمثلا العشيرة المكونة كما يلي : AA 30 ، Aa 50 ، aa 30 نجد أنها تعطي توزيعا كميتيا كالآتي (a 0.5+ A 0.5) واذا حدث تزاوج عشوائي بين أفراد هذه العشيرة نحصل على التوزيع الزيجوتي الآتي :

(aa 0.25 + Aa 0.50 + AA 0.25) وهو مختلف عن التوزيع الذي بدأنا به . بينما اذا حسبنا التوزيع الكميتي للعشيرة الناتجة من التلقيح العشوائي نجده (a 0.5 + A 0.5) والذي ينتج بدوره توزيعا زيجوتيا كالآتي :

(aa 0.25 + Aa 0.50 + AA 0.25) أي نفس التوزيع الزيكوتي السابق ، وعلى ذلك يمكن القول أن التوزيع الزيكوتي الثاني وصل الى حالة اتزان هاردي واينبرج وسيظل هكذا طالما ان التلقيح عشوائي وتكرار الجين لم يتغير .

وللتعرف عما اذا كانت العشيرة في حالة اتزان هاردي واينبرج أم لا يُقارن نسبة التركيب الوراثي الخليط بالقيمة 2pq ، فاذا كانت نسبة الخليط مساوية لها فأن العشيرة تكون في حالة اتزان .

مثال : وجدت النسب الآتية في عشيرة ما (WW 16 + Ww 48 + ww 36) فهل العشيرة متزنة ؟

الحل : نوجد أولا تكرار الجين W كما يلي :

$P_W = \frac{2\,x\,16+48}{2\,x\,100} = 0.4$ $\therefore q_w = 1- 0.4 = 0.6$ $\therefore 2pq = 2 \times 0.4 \times 0.6 = 0.48$

و حيث أن هذه القيمة مساوية لنسبة الأفراد الخليطة ، اذن العشيرة متزنة .

مثال : هل العشيرة التالية (AA 30 + Aa 20 + aa 50) متزنة ؟

الحل : نوجد أولا تكرار الجين A كما يلي :

$P_A = \frac{2\,x\,30+20}{2\,x\,100} = 0.4$ $\therefore q_a = 1- 0.4 = 0.6$ $\therefore 2pq = 2 \times 0.4 \times 0.6 = 0.48$

و حيث أ ن نسبة الأفراد الخليطة في العشيرة = 20 عليه فالعشيرة ليست في حالة اتزان .

ويمكن تمثيل قانون هاردي واينبرج هندسيا كما يلي :

كميتات الأنثى	كميتات الذكر	
	A= 0.4	a = 0.6
A = 0.4	$AA=q^2 = 0.16$	Aa = pq = 0.24
a = 0.6	Aa = pq = 0.24	$aa = p^2 = 0.36$

الانتخاب Selection

هو الوسيلة الثانية بجانب طرق التربية المعروفة سابقا (مثل التربية الطرزية و خلط السلالات) التي يستخدمها مربي الحيوان في التحسين الوراثي لحيواناته . وهو من أكثر الأساليب فعالية في هذا السبيل سواءاً كان الأنتخاب طبيعيا (حيث البقاء للأصلح) أو صناعيا يقوم به الأنسان . ولقد كان الأنتخاب مقرونا بالتربية الداخلية أو خلط السلالات أو بهما معا هو السبيل لتكوين سلالات عديدة من الماشية والأغنام والأرانب والدواجن المتخصصة في أنواع الأنتاج المختلفة .

يُعرَّف الأنتخاب في أوسع معانيه بأنه اختيار لبعض الأفراد في قطيعٍ ما لتعطي نسلاً أكثر من أفراد أخرى في نفس القطيع . فأذا رغب أحد المربين اختيار كبشين و مائة من النعاج لتكون آباء للجيل التالي فأن الكباش و النعاج في هذه الحالة تسمى بالآباء المنتخبة Selected Parents أما بقية أفراد القطيع فأنها تُستبعد وتسمى بالحيوانات المستبعدة Culled animals . و اذا استُخدم هذان الكبشان لتلقيح أعداد متساوية من النعاج ، بالتالي ستكون هناك فرصة أن يعطيا أعدادا متساوية من المواليد و عليه فأن الأنتخاب يكون موجهاً في هذه الحالة لهذين الكبشين بدرجة واحدة . أما استخدام الكبش الأول لتلقيح 60% من النعاج و استخدام الكبش الثاني لتلقيح النعاج المتبقية فأنه سيترتب على ذلك أن يعطي الكبش الأول نسلاً أكثر من الكبش الثاني وهذا يعني أن الأنتخاب موجه للكبش الأول بدرجة أشد مما هو موجه للكبش الثاني .

الحيوان هو أصغر وحدة للأنتخاب بكل ما فيه من صفات وجينات اذ لا يمكن أختيار جين دون آخر بل أن يكون القرار بالنسبة للحيوان كله ، وقد تكون وحدة الأنتخاب أكبر من حيوان كأن تكون عائلة أو عترة أو حتى سلالة بأكملها . و مما يزيد الأمر صعوبة أن يتم الأنتخاب لأكثر من صفة في آن واحد .

الأثر الوراثي للانتخاب :

1. الأنتخاب لا يخلق جينات جديدة و لكنه يؤدي الى تغيير في تكرار الجين ، وهذا التغير يكون دائمي حتى اذا توقف الأنتخاب الا أذا حدث انتخاب في الأتجاه المضاد .
2. التحسين الناتج عن الأنتخاب للتأثير التفوقي والسيادي يكون مؤقتا ، بينما التحسين الناتج عن الأنتخاب للتأثير التجمعي يكون دائميا حتى بعد توقف الأنتخاب .
3. الأنتخاب للصفات المرتبطة بالجنس يكون أكثر فاعلية في الجنس غير المتماثل الكميتات عنه في الجنس المتماثل الكميتات و لذلك يفضل انتخاب الذكور عن انتخاب الأناث .

العوامل المؤثرة في كفاءة الأنتخاب :

يمكن التعبير عن كفاءة الأنتخاب بأنها كمية التحسين التي يصل اليها المربي بعد أداء الأنتخاب خلال فترة زمنية معينة وبالتالي فأنه كلما زاد هذا التحسين كلما زادت كفاءة الأنتخاب والعكس صحيح .

التحسين بعد جيل من الأنتخاب (العائد) = الفارق الأنتخابي X المكافئ الوراثي

لذا فأن كل العوامل التي تؤثر في الفارق الأنتخابي أو المكافئ الوراثي أو طول فترة الجيل سوف تؤثر بدورها في كفاءة عملية الأنتخاب .

العوامل المؤثرة في الفارق الانتخابي :

هو الفرق بين متوسط الآباء المنتخبة ومتوسط القطيع المنتخب منه الآباء بالنسبة لصفة معينة . وبديهي كلما زاد الفارق الأنتخابي كلما دل ذلك على تفوق الآباء وبالتالي ارتفاع انتاج أبنائها . لذلك فأن المربي يسعى جاهدا وبشتى الطرق أن يحصل على فارق انتخابي كبير . ومن العوامل التي تؤثر في الفارق الأنتخابي :

1. نسبة الأفراد المنتخبة :

تتناسب نسبة الأفراد المنتخبة تناسبا عكسيا مع قيمة الفارق الأنتخابي فكلما قلت نسبة الأفراد المنتخبة زادت شدة الأنتخاب وزاد الفارق الأنتخابي . والذي يحدد نسبة الأفراد المنتخبة عاملين هما :

أ. عدد الحيوانات اللازم انتخابهم ليكونوا آباء للجيل التالي ، ومن الملاحظ أن هذا العدد يزيد في القطعان المتزايدة الحجم عام بعد عام عن القطعان الثابتة الحجم . وعموما تقل نسبة الأفراد المنتخبة كلما قل هذا العدد .

ب. عدد الحيوانات المتاحة للأنتخاب : الأفراد المنتخبة تتناسب عكسيا مع قيمة هذا العدد ومعنى ذلك أن كل ما يُتيح الى زيادة هذا العدد مثل ارتفاع معدلات الخصوبة و التناسل و زيادة عدد المواليد و قلة معدل النفوق من شأنه أنه يعمل على زيادة الفارق الأنتخابي .

2. الجنس :

من المعروف في جميع الحيوانات الزراعية بأستثناء الحمام أن نسبة الأفراد اللازم انتخابهم كآباء من الذكور تكون أقل من الأناث لأننا دائما نحتاج الى عدد أقل من الذكور وعلى هذا الأساس نجد أن الفارق الأنتخابي للذكور يكون دائما أكبر منه في الأناث .

3. متوسط أداء القطيع :

ارتفاع مستوى أداء القطيع يقلل من فرصة وجود أفراد تتفوق أساسا عن هذا المتوسط وهذا يقلل من قيمة الفارق الأنتخابي والعكس يكون صحيحا عندما يكون هناك انخفاض في مستوى القطيع .

4. الأنحراف المعياري :

يزداد الفارق الأنتخابي بزيادة الأنحراف المعياري للصفة المراد الأنتخاب لها . وقد وُجد أن اتباع التربية الداخلية يقلل من الأختلاف (التباين) بين الحيوانات ومن ثم تقلل من الأنحراف المعياري و بالتالي يقل الفارق الأنتخابي للصفة المنتخب لها . في حين وجد أن اتباع التربية الخارجية يزيد من هذا الأختلاف وبالتالي يزداد الأنحراف المعياري للصفة ثم يزداد الفارق الأنتخابي لها .

5. عدد الصفات التي يُنتخب لها في آن واحد :

كلما زادت عدد الصفات المراد انتخابها في نفس الوقت كلما قل الفارق الأنتخابي لكل صفة على حدا . وأن معدل النقص في الفارق الأنتخابي (Δ_S) لكل صفة يمكن حسابه كالآتي :

$$\Delta_S = \sqrt{\frac{1}{n}}$$

حيث n = عدد الصفات المراد انتخابها

شدة الأنتخاب Intensity of Selection

تُعرف شدة الأنتخاب والتي يُرمز لها بالرمز i بأنها عبارة عن متوسط تفوق الآباء المنتخبة عن متوسط القطيع مقدرا بوحدات انحراف معياري :

شدة الأنتخاب = (متوسط الآباء المنتخبة – متوسط القطيع) ÷ الأنحراف المعياري

والفارق الأنتخابي عندما يُعبر عنه بوحدات قياسية من الأنحراف المعياري يسمى بشدة الأنتخاب. وعليه فأن شدة الأنتخاب لصفة ما = الفارق الأنتخابي ÷ الأنحراف المعياري لهذه الصفة

$$i = \frac{SD}{\partial}$$

ومن مكونات المعادلة أعلاه يمكن استخلاص الحقائق التالية :

1. تزداد شدة الأنتخاب كلما قلت نسبة الأعداد المنتخبة كآباء الى العدد الكلي المتاح للأنتخاب بالقطيع . وعادة يتحكم في نسبة الأعداد المنتخبة كما قلنا سابقا عدد الحيوانات الموجودة في القطيع و عدد الحيوانات المراد استخدامها كآباء للجيل التالي (معدل الأحلال) للمحافظة على بقاء حجم القطيع ثابتا . ولذلك نجد أنه كلما قل النفوق في القطيع ازداد عدد أفراده وبالتالي تزداد شدة الأنتخاب .
2. تزداد شدة الأنتخاب كلما قل معدل الإحلال بالقطيع . لذلك فأن شدة الأنتخاب في ذكور الحيوانات الزراعية يكون أكبر ممه هو في الأناث . وتبلغ شدة الأنتخاب للذكور معدلا كبيرا عند استخدام التلقيح الصناعي .

العلاقة بين الفارق الأنتخابي و شدة الأنتخاب :

أشار Lush 1958 للعلاقة بين نسبة الحيوانات المنتخبة كآباء و شدة الأنتخاب ، أي علاقة الجزء المنتخب بالفارق الأنتخابي معبرا عنه بوحدات انحراف معياري للصفة المنتخب لها (الجدول أدناه) يمكننا تقدير الفارق الأنتخابي باستخدام المعادلة التالية :

$S = (i)(\sigma)$

حيث أن i = شدة الأنتخاب والتي تعرف بمعرفة نسبة الحيوانات المنتخبة كآباء للجيل التالي .

σ = الأنحراف المعياري للصفة المنتخب لها .

الجزء المنتخب	شدة الأنتخاب i	الجزء المنتخب	شدة الأنتخاب i	الجزء المنتخب	شدة الأنتخاب i	الجزء المنتخب	شدة الأنتخاب i
1 %	2.6652	6	1.9854	11	1.7094	20	1.3998
2	2.4209	7	1.9181	12	1.6670	22	1.3458
3	2.2681	8	1.8583	14	1.5898	24	1.2953
4	2.1543	9	1.8043	16	1.5207	26	1.2476
5	2.0627	10	1.7550	18	1.4578	28	1.2022

من الجدول أعلاه نلاحظ أنه كلما زادت نسبة الحيوانات المنتخبة كآباء للجيل التالي (الحيوانات المستبقية) كلما قلت شدة الأنتخاب والعكس صحيح .

مثال : في قطيع من الماعز البلدي كان متوسط انتاج الحليب السنوي فيه 400 kg و الأنحراف المعياري (القياسي) لمحصول الحليب 8 kg فاحسب الفارق الأنتخابي ومتوسط أداء الأفراد المنتخبة كآباء في الحالات التالية : عند انتخاب (استبقاء) 20 و 10 و 5 % من الآباء : الحل :

1. عند انتخاب (استبقاء) % 20 من الآباء :
من الجدول أعلاه نلاحظ أن شدة الأنتخاب = 1.3998 أي تقريبا 1.4
الفارق الأنتخابي = 1.4 X 8 = 11.2 كغم
متوسط أداء الآباء المنتخبة = 400 + 11.2 = 411.2 كغم
2. عند انتخاب % 10 من الآباء :
من الجدول نجد أن شدة الأنتخاب = 1.7550 أي تقريبا 1.8
الفارق الأنتخابي = 1.8 X 8 = 14.4 كغم
متوسط أداء الآباء المنتخبة = 400 + 14.4 = 414.4 كغم
3. عند انتخاب % 5 من الآباء :
من الجدول نجد أن شدة الأنتخاب = 2.0627 أي تقريبا 2.1
الفارق الأنتخابي = 2.1 X 8 = 16.8 كغم
متوسط أداء الآباء المنتخبة = 400 + 16.8 = 416.8 كغم

من النتائج نلاحظ أنه كلما قلت نسبة الحيوانات المنتخبة زادت شدة الأنتخاب و زاد الفارق الأنتخابي وبالتالي زاد متوسط أداء الآباء المنتخبة .

العوامل المؤثرة في المكافئ الوراثي :

تتمثل معادلة حساب المكافئ الوراثي بالمعنى الضيق (h^2) أو المحدد في المعادلة التالية :

$$h^2 = \frac{\partial^2 A}{\partial^2 A + \partial^2 D + \partial^2 I + \partial^2 E + \partial^2 GE}$$

لذا كلما نقص البسط أو زاد المقام أدى ذلك الى انخفاض في المكافئ الوراثي ومن ثم تنخفض كفاءة الأنتخاب و يقل العائد من الأنتخاب حسب ما تم توضيحه سابقا في المعادلة التالية :

التحسين بعد جيل من الأنتخاب (العائد) = الفارق الأنتخابي X المكافئ الوراثي

فترة الجيل : هي الفترة التي تنقضي بين حدوث مرحلتين متناظرتين بين الفرد و نسله . و هذه الفترة تختلف من جنس لآخر وغالبا تحسب على أساس أنها الفترة بين البلوغ الجنسي للفرد والبلوغ الجنسي لنسله . و طول فترة الجيل مهمة في الأنتخاب لأن عائد الأنتخاب يكون دائما لجيل كامل ، لذلك كلما قصرت فترة الجيل كلما

كثرت عمليات الأنتخاب و بالتالي زاد الفارق الأنتخابي و زاد العائد أي زاد التحسين الوراثي عن كل جيل من الأنتخاب .

طرق الأنتخاب لأكثر من صفة :

1. الأنتخاب المتسلسل :

حيث يُنتخب لصفة من الصفات الى أن نصل بها الى مستوى معين ثم ننتقل الى صفة أخرى ونعمل انتخاب من بين الأفراد المنتخبة للصفة الأولى و هكذا . ومن عيوب هذه الطريقة هو طول الوقت اللازم لتحسين عدة صفات وكذلك قد تتدهور الصفة الأولى عند البدء بالأنتخاب للصفة الثانية اذا كان هنالك معامل ارتباط سالب بين الصفتين .

2. الأستبعاد حسب المستويات المستقلة :

تبعا لهذه الطريقة يقوم المربي بتحديد مستوى معين (كحد قياسي أدنى) لكل صفة من الصفات المرغوب تحسينها ثم استبعاد الأفراد التي لا تحقق تلك المستويات القياسية . ولكن من عيوب هذه الطريقة أنه نحتاج لأعداد كبيرة من الحيوانات كما أنه قد نستبعد حيوانات (تراكيب وراثية) متميزة في صفة معينة بسبب عدم تلبية متطلبات صفة أخرى .

3. دليل الأنتخاب :

الدليل هو رقم يدل على تقييم حيوان معين بناءاً على المعلومات المتوفرة منه لأكثر من صفة واحدة وكما موضح في المعادلة التالية :

$$I = b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_nx_n$$

حيث أن :

I = الدليل الأنتخابي

b = عامل محدد يُستخرج من حاصل ضرب القيمة الأقتصادية للصفة X المكافئ الوراثي للصفة

X = الأداء المظهري للصفة على الفرد .

n = عدد الصفات الداخلة في الدليل .

والدليل الأنتخابي أكفأ طرق الانتخاب و ذلك لكون الانتخاب يعتمد على معظم الصفات المرغوبة في الحيوان ولكونها تأخذ بنظر الأعتبار ما يأتي :

1. تعمل على تحسين عدة صفات في آن واحد .
2. تأخذ بنظر الاعتبار الارتباط الوراثي بين الصفات ومكافئها الوراثي .
3. تأخذ بنظر الاعتبار القيمة الاقتصادية لكل صفة .
4. تسمح للصفة الجيدة أن تعوض عن الصفة الرديئة في حيوان واحد .

ولكن من عيوب الدليل الأنتخابي هو أنه كلما زاد عدد الصفات التي تدخل في الانتخاب يقل مدى التحسين الوراثي لكل صفة ، اذ عندما يوجه الانتخاب لتحسين عدد n من الصفات التي تحمل نفس الأهمية والمستقلة عن بعضها تقل شدة الانتخاب بمقدار $\sqrt{\frac{1}{n}}$ مما لو تم الانتخاب لصفة واحدة .

مثال : البيانات التالية تمثل معدل انتاج البيض خلال 6 أشهر بعد النضج الجنسي ومعدل وزن البيضة لمجموعة مكونة من 10 اناث والمطلوب اختيار أحسن ثلاث اناث للاحتفاظ بها لغرض التربية . علما أن القيمة الأقتصادية لانتاج البيض = 0.45 و لوزن البيضة = 0.30 وأن المكافئ الوراثي لانتاج البيض = 0.3 و لمعدل وزن البيضة = 0.4 .

الحل : نحسب المعامل b لكل صفة وكما يلي :

b_1 لأنتاج البيض = القيمة الأقتصادية x المكافئ الوراثي

$$0.45 = 0.3 \text{ x } 0.135 =$$

b_2 لمعدل وزن البيضة = $0.30 \text{ x } 0.4 = 0.120$

رقم الدجاجة	معدل الانتاج	معدل وزن البيضة	الدليل
1	120	52.6	22.51
2	127	54.4	23.67
3	137	50.2	24.52
4	93	57.4	19.44
5	123	62.2	20.07
6	113	54.0	21.74
7	117	59.8	22.97
8	120	47.8	21.94
9	103	53.8	20.36
10	147	56.2	26.59
المعدل العام	120	54.8	22.78

تم تقدير الدليل الانتخابي لكل دجاجة بعد حساب قيمة b_1 للصفة الأولى و b_2 للصفة الثانية كما سبق فكان الدليل لأول دجاجة كما يلي :

$$I_1 = 0.135 \text{ x } 120 + 0.120 \text{ x } 52.6 = 22.51$$

$$I_2 = 0.135 \text{ x } 127 + 0.120 \text{ x } 54.4 = 23.67$$

$$I_{10} = 0.135 \text{ x } 147 + 0.120 \text{ x } 56.2 = 26.59$$

وهكذا حُسِبَ الدليل لكل دجاجة كما موضح في الجدول أعلاه فكانت أفضل ثلاث اناث هن الدجاجة رقم 10 يليها الدجاجة رقم 3 ثم الدجاجة رقم 2 .

طرق التربية المختلفة

تنحصر السبل التي في متناول المربي والتي يستطيع بها تغيير وراثة حيواناته في عمليتين هامتين هما : انتخاب حيوانات التربية (اختيار آباء الجيل التالي) و كيفية تزاوج هذه الحيوانات مع بعضها . أي هل سيكون التزاوج بين الأقارب أو العكس أو بين الحيوانات المتشابهة مظهريا أو العكس أو ستترك لتتزاوج عشوائيا فيما بينها . ان اتباع احدى طرق التربية دون غيرها يتوقف على عدة عوامل أهمها :

1. نوع الحيوان . فمثلا بعض الطرق سهلة الأتباع في الدواجن والأرانب بينما يصعب تطبيقها في الحيوانات الكبيرة كالأبقار والجاموس والأبل .
2. عدد الحيوانات المتيسرة للتربية .
3. نوع الصفة المراد تحسينها وراثيا .
4. متوسط الصفة في القطيع بالنسبة لمتوسطها في قطعان أخرى .

و عادة ما تقسم هذه الطرق بوجه عام الى قسمين كبيرين :

1. التربية على أساس التشابه الوراثي أو النَسَب وفيه يتم التزاوج بين أفراد القطيع على أساس درجة القرابة أو صلة النَسَب بينهما ، فأذا حدث التزاوج بين أفراد معامل القرابة بينها أكبر من متوسط القرابة في القطيع سميت التربية المتبعة بالتربية الداخلية (تربية الأقارب) . أما اذا حدث التزاوج بين أفراد معامل القرابة بينها أقل من متوسط القرابة في القطيع سميت التربية المتبعة بالتربية الخارجية (تربية الأباعد) .
2. التربية على أساس التشابه المظهري وهو ذلك النوع من التربية الذي يحدث على أساس التشابه في مظهر أداء الحيوانات المتزاوجة ، فأذا كان التزاوج يحدث بين أفراد تتماثل في مظهر أدائها سميت بالتربية المظهرية الموجبة ، أما اذا تزاوجت حيوانات متضادة في مظهر أدائها سميت بالتربية المظهرية السالبة .

والفرق بين التزاوج الوراثي والتزاوج المظهري هو أن الأول أساسه التشابه في التركيب الوراثي .

التربية الداخلية (تربية الأقارب) :

هي التزاوج الذي يحدث بين أفراد يكون معامل القرابة بينها أعلى من متوسط القرابة في القطيع أو العشيرة الذي توجد فيه . أو بعبارة أخرى هي تلقيح الأفراد التي بينها صلة نَسَب ببعضها . و صلة النسب هذه ممكن أن تمتد لتصل الى الجدود أو آباء الجدود أو تقترب لتشمل الأخوة الأشقاء و أنصاف الأشقاء . تعمل التربية الداخلية على زيادة المجاميع المتماثلة التركيب الوراثي مثلا AA أو aa والتقليل من التراكيب الوراثية الخليطة Aa . اذن سيكون تأثير التربية الداخلية على التماثل بين الأفراد تراكميا وبهذا نكون قد حققنا تعريف معامل التربية الداخلية (F) بأنه هو نسبة النقص في الأفراد الخليطة أو الزيادة في الأفراد الأصيلة بسبب تزاوج أفراد تربطها ببعضها صلة قرابة أي نَسَب . في النهاية ستقسم العشيرة الى مجاميع أو تحت عشائر أكثر تجانسا فيما بينها من العشيرة الأصلية أي سيقل التباين داخل هذه المجاميع كلما زاد المعامل (F) .

حالات استعمال التربية الداخلية :

تعتبر التربية الداخلية سلاحا ذو حدين ولذلك يجب أن يكون استخدامها لأسباب صحيحة أهمها ما يلي :

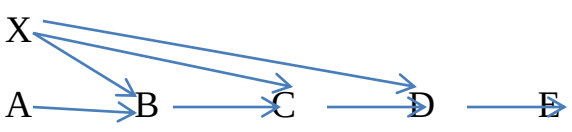
1. عندما يتأكد المربي من وجود حيوان ممتاز في قطيعه . وذلك للحصول على أفراد تشبه هذا الحيوان بقدر الأمكان حتى لا تتبعثر هذه التركيبة الجديدة من الجينات بين نسله .
2. عندما يصل المربي بأنتاج قطيعه الى مستوى أعلى من متوسط السلالة يبدأ بأستخدام طلائق من داخل القطيع وهذا يؤدي الى التربية الداخلية بدلا من استخدام طلائق من خارج القطيع والتي قد تخفض من أنتاج قطيعه .
3. تتبع التربية الداخلية من أجل فصل العشيرة الى طرز متماثلة ومرباة داخليا وبأعادة خلط هذه الطرز ثانية مع بعضها يرتفع الأنتاج نتيجة لقوة الهجين .
4. تفيد التربية الداخلية في كشف الجينات غير المرغوبة أو الضارة للتخلص منها .
5. يلجأ المربي الى التربية الداخلية لزيادة التباين بين العائلات والمجاميع وبالتالي تزداد فاعلية الأنتخاب .

مضار التربية الداخلية :

1. تؤدي الى انخفاض مستوى الأنتاجية بصفة عامة وعلى الأخص الصفات التي ترتبط بالكفاءة الفسيولوجية والتناسلية مثل صفات الخصوبة والتناسل .
2. تؤدي التربية الداخلية الى تثبيت الجينات بحالة أصيلة عشوائيا سواءاً كانت ذات تأثيرات مرغوب فيها أو غير مرغوب فيها ، لذلك اذا اتبعت التربية الداخلية بمعدل كبير فأن تثبيت الجينات ذات الأثر المرغوب فيه وغير المرغوب فيه بعضها مع بعض في كثير من أفراد القطيع سيكون سريعا وهذا الموقف يستلزم استبعاد أعداد كبيرة من الحيوانات التي تحمل مثل هذه الجينات وهذا قد يؤدي الى خسائر مادية كثيرة لمالك القطيع، لذا لا يُنصح باتباع التربية الداخلية في القطعان الصغيرة .

التربية الطرزية

تعد التربية الطرزية نمطا مخففا من التربية الداخلية يمكن بفضلها الاحتفاظ بدرجة معينة من معامل القرابة بين فرد ممتاز في صفاته الأنتاجية وبين باقي أفراد القطيع مع عدم السماح لمعامل التربية الداخلية لهذه الأفراد بالأرتفاع كثيرا . بمعنى آخر هي تربية داخلية نحو أب معين . وغالبا ما تتبع التربية الطرزية بتلقيح الطلوقة (الأب) الممتازة ببناته ثم حفيداته ..... وهكذا . والرسم التخطيطي التالي يوضح نموذجا من نماذج التربية الطرزية التي تتبع في قطعان الحيوانات الزراعية .



تربية طرزية مباشرة نحو الفرد X

استعمالات التربية الطرزية :

لما كانت التربية الطرزية أحد أنماط التربية الداخلية لذلك ينطبق عليها الأحتياطات السابق ذكرها بالنسبة للتربية الداخلية . وتستخدم التربية الطرزية عامة في الحالات الآتية :

1. تستعمل عادة في القطعان التي يزيد متوسط انتاجها عن متوسط انتاج السلالة .
2. لا تتبع في القطعان الصغيرة العدد لأن المربي لابد أن يكون على استعداد تام لأستبعاد أي حيوان ردئ أو منخفض الأنتاج .
3. بعض الجينات التي تتحكم فيها جينات ذات أثر تفوقي يكون الأنتخاب فيها غير مجدي عندما تصل الصفة الى مستوى معين ، وفي هذه الحالة تتبع التربية الطرزية كعلاج للموقف على أن يستمر في الأنتخاب بين الأفراد المرباة تربية طرزية حتى لا يتدهور الموقف بسرعة .
4. يفضل أن يكون عدد الأبناء كثير للفرد الذي سنوجه اليه التربية الطرزية .

التربية الخارجية (تربية الأباعد) :

وهي تزاوج أفراد درجة القرابة بينها أقل من متوسط القرابة في القطيع ، وبعبارة أخرى هي تزاوج بين آباء ليست بينهم قرابة أو بين أفراد غير أسلاف .

نتائج اتباع التربية الخارجية : الآثار المترتبة عليها عكس التربية الداخلية ومنها ما يلي :

1. تعمل التربية الخارجية على زيادة نسبة الأفراد الخليطة و تقلل من نسبة التراكيب الوراثية المتماثلة
2. تقلل التربية الخارجية من نسبة التشابه في الأداء المظهري بين أفراد القطيع اذا اتبعت جيلا بعد آخر ويكون ذلك واضحا في الجيل الأول أو الجيلين الأول والثاني ، ومن هذا يتضح أن أثر التربية الخارجية ليس تراكميا كما هو الحال في التربية الداخلية .
3. تعطي التربية الخارجية الفرصة لجينات متنحية غير مرغوب فيها بأن تختبئ تحت أليلاتها السائدة المرغوب فيها .
4. حالات السيادة وفوق السيادة التي تنتج من اتباع التربية الخارجية ترفع من مستوى انتاج الأفراد الناتجة مقارنة بمستوى انتاج آبائها وهذا ما يسمى بظاهرة قوة الهجين Heterosis ويكون ذلك واضحا في الصفات التي يتحكم فيها جينات تعمل أليلاتها السائدة على تحسين مظهر أدائها مثل الصفات التناسلية ذات المكافئ الوراثي المنخفض والتي يمكن تحسينها بالخلط .

قوة الهجين : Hybrid vigor Or Heterosis

هي التحسين في أداء الحيوان وإنتاجه عن مستوى متوسط أبويه عندما يكونا متباعدين وراثيا . أي أن يكون كل منهما من عشيرة لا تتزاوج مع عشيرة الأب الآخر . ولتفسير ظاهرة قوة الهجين هنالك تفسيران هما :

1. قوة الهجين الناتجة عن حالات فوق السيادة ، وهذا التفسير أشار اليه Lush,1958 الذي يعتمد على أن كل جين له تأثيرات مختلفة صغيرة وأن معظم هذه التأثيرات المرغوب فيها سائدة وبجمع هذه التأثيرات وتحديد محصلة هذا الجين نلاحظ أن هناك حالة فوق سيادة في هذا الموقع أي أن الفرد

الخليط Aa مثلا يكون مرغوبا فيه أكثر من كل من AA و aa وعليه فأن التزاوج بين فردين أحدهما جيناته سائدة أصيلة والآخر جيناته متنحية أصيلة تنتج أفرادا خليطة تفوق أي من الأبوين في مظهر صفاتها كما موضح في الشكل أدناه :

الآباء Parents :

$$\frac{ABCDE}{ABCDE} \quad X \quad \frac{abcde}{abcde}$$

النسل F_1 :

$$\frac{ABCDE}{abcde}$$

2. قوة الهجين الناتجة عن حالات السيادة التامة ، وهذا التفسير أشار اليه Jones,1917 ويعتمد على أن الجينات المسئولة عن المظهر المرغوب للصفات هي جينات سائدة سيادة تامة على أليلاتها وأنه عندما يحدث التزاوج فأن الجينات السائدة المرغوب فيها في كل من الفردين تسود على الجينات المتنحية غير المرغوب فيها وينتج عن ذلك فرد يحمل جيناً مرغوبا فيه على الأقل في معظم مواقع جيناته . كما موضح في الشكل أدناه :

الآباء :

$$\frac{AbCDeF}{AbCDeF} \quad X \quad \frac{aBcdEf}{aBcdEf}$$

النسل :

$$\frac{aBcdEf}{AbCDeF}$$

ولكي نعبر عن قوة الهجين رياضيا نستخدم القانون التالي :

$$\text{قوة الهجين} = \frac{\text{وزن الخليط الفعلي} - \text{الوزن المتوقع}}{\text{الوزن المتوقع}} \times 100$$

مثال : نفرض أن سلالة (A) من الأغنام متوسط وزن الحملان فيها 20 كغم خلطت مع أخرى (B) متوسط وزن حملانها 26 كغم فكان ناتج الخليط (AB) بمتوسط وزن 25 كغم ، احسب قوة الهجين ؟

الحل : قوة الهجين $= \frac{\text{وزن الخليط الفعلي} - \text{الوزن المتوقع}}{\text{الوزن المتوقع}} \times 100$

$$= \frac{25 - \left[\frac{1}{2}(20) + \frac{1}{2}(26)\right]}{\frac{1}{2}(20) + \frac{1}{2}(26)} x100 = \frac{25-23}{23} x100 = 8.7\ \%$$

و للاستفادة من قوة الهجين تتبع طرق الخلط والتربية الآتية :

خلط السلالات Crossbreeding System

في خلط السلالات يتم التزاوج بين أفراد من سلالات مختلفة أي تلقيح أنثى من سلالةٍ ما بذكر من سلالة أخرى ، ولقد استغل مربو الحيوان هذه الطريقة استغلالا كبيرا وخاصة في ماشية اللحم والأغنام والدواجن . و أهم هذه الطرق ما يلي :

1. الخلط البسيط :

تكون فيه الآباء نقية والأبناء خليطة حيث تقسم الإناث الى قسمين ، أحدهما يتزاوج مع طلوقة من سلالة أخرى ، والقسم الآخر يتزاوج مع طلوقة من نفس السلالة لأنتاج الإناث والذكور اللازمة لأستبدال الحيوانات النقية التي تستبعد من القطيع .

2. الخلط الدوري :

وفيه يكون أحد الأبوين نقيا وغالبا ما تكون الذكور أما الإناث فتكون خليطة للأستفادة من ظاهرة قوة الهجين في صفات الأمومة (البيئة التي توفرها الأم لأبنائها خلال فترة الحمل وكمية الحليب التي تعطيها الأم خلال فترة الرضاعة) . وقد يمارس الخلط الدوري بين سلالتين فقط ويسمى في هذه الحالة بالخلط الدوري المتناوب Criss-crossing كما موضح أدناه :

Parents	A x B
F_1	½ A ½ B x A male
F_2	¾ A ¼ B x B male
F_3	3/8 A 5/8 B x A male

و هكذا في الجيل الرابع ..... الخ . وبعد اجيال قليلة من الخلط المتناوب بين سلالتين تصل نسبة احدى السلالتين الى الأخرى في الخليط الناتج الى 3/1 : 3/2 ثم تتحول الى 3/2 : 3/1 في الجيل التالي له وهكذا. وهناك نوع من الخلط المتناوب يكون فيه أحد الآباء أو كلاهما خليط .

3. الخلط الرجعي :

وفيه تُلقح اناث الجيل الأول الخليطة بذكور أحد السلالتين المستخدمة كآباء وفي هذه الحالة يُستفاد من قوة الخلط الموجودة في الأمهات لتنشئة نتاجها . كما موضح بالشكل أدناه :

Parents	A x B
	↓
F_1	½ A ½ B x A males
	↓
F_2	¾ A ¼ B x A males
	↓
F_3	7/8 A 1/8 B x A males …… etc at F_4

4. التدريج :

هو ادخال جينات جديدة في مجموعة من الحيوانات مع زيادة نسبة هذه الجينات جيلا بعد آخر . يستخدم هذا النوع من الخلط في حالة الرغبة في تحسين السلالات المحلية من الحيوانات الزراعية . والتدريج الشائع هو تدريج السلالات المحلية بطلائق أصيلة من سلالات مستوردة متميزة . ويلاحظ في كثير من تجارب التدريج أن أكبر نسبة من التحسين تكون في الجيل الأول بينما يقل معدل التحسين بعد ذلك تدريجيا ويعزى هذا الى انخفاض قوة الخلط من جيل الى آخر . والشكل التالي يوضح تدريج اناث السلالات المحلية بطلائق سلالة أجنبية متميزة للأستفادة من قوة الخلط الأمية وادخال الجينات المرغوب فيها من السلالة الأجنبية في الحيوانات المحلية المدرجة :

الآباء طلائق من السلالة الأجنبية F X اناث من السلالة المحلية L

↓

الجيل الأول طلائق من السلالة الأجنبية F X اناث خليطة ½ F ½ L

↓

الجيل الثاني طلائق من السلالة الأجنبية F X ¾ F ¼ L

↓

الجيل الثالث طلائق من السلالة الأجنبية F X 7/8 F 1/8 L

↓

الجيل الرابع طلائق من السلالة الأجنبية F X 15/16 F 1/16 L

↓

الجيل الخامس طلائق من السلالة الأجنبية F X 31/32 F 1/32 L

↓

وهكذا في الجيل السادس

الخلط الخارجي Outcrossing

هو عبارة عن تربية خارجية داخل السلالة الواحدة وعند ممارسته يتم تلقيح حيوان من قطيع بحيوان من قطيع آخر . أي تزاوج حيوانات لا تمت لبعضها بصلة قرابة ولكنها من نفس السلالة . ومن أهم أغراض وأهداف الخلط الخارجي ما يلي :

1. الأستفادة من ظاهرة قوة الهجين .
2. ادخال جينات جديدة بهدف زيادة التباين الوراثي في القطيع ومن ثم زيادة فاعلية الأنتخاب .
3. ادخال صفة أو عدة صفات يتميز بها قطيع ما ومن ثم رفع مستوى الصفات الأنتاجية في القطيع .
4. تجنب الآثار السيئة للتربية الداخلية التي يترتب عليها تدهور الصفات الوراثية في الحيوانات .

الخلط القمي Top crossing

في هذا النمط من التربية الخارجية يكون الأبوان من نفس السلالة ولكن الطلوقة من طراز ممتاز ويتميز بصفات معينة مرغوب فيها . وفي مثل هذه الأحوال يكون هذا الأب مربى تربية داخلية شديدة .

الخلط القاعدي Bottom crossing

ويتم فيه تزاوج بين فردين من نفس السلالة ولكن الأم تكون من طرز أو عائلة أو قطيع مميز وتكون الأم مرباة تربية داخلية .

ثانيا : المعامل التكراري Repeatability

هو معامل الأرتباط بين سجلين أو قياسين مختلفين أو أكثر على نفس الحيوان . فكثير من الصفات الأقتصادية تتكرر على مدار حياة الحيوان مثل محصول الحليب موسميا أو محصول الصوف في الأغنام سنة بعد أخرى أو عدد الأولاد أو وزنها في البطن تتكرر من ولادة لأخرى في الأرانب والخنازير والماعز والفئران .

يُفيد المعامل التكراري في التنبؤ بسلوك الحيوان أو أداءه مستقبلا اذا عُرف أحد سجلاته في مطلع حياته الأنتاجية . وبديهي أن المعامل التكراري لا يوجد ألا للصفات التي تتكرر على الأقل مرتين في حياة الحيوان وهو غير موجود فيما يتعلق بالوزن عند عمر معين كصفة من صفات الفرد نفسه أو نسبة التصافي أو خواص الذبيحة .

<u>الأساس الوراثي للمعامل التكراري</u> :

سبق أن علمنا أن المظهر الخارجي للفرد هو محصلة للأثر الوراثي (تجمعي أو سيادي أو تفوقي) والأثر البيئي (دائمي أو مؤقت) والتداخل بينهما وكما موضح في المعادلة التالية :

$$P = G + E + GE = A + D + I + E_P + E_t$$

حيث أن E_P = البيئة الدائمة التي تلازم الحيوان Permanent environment مثلا مرض حمى الضرع اذا مرضت به البقرة وترك ذلك أثرا يؤثر في الأنتاج .

وأن E_t = البيئة المؤقتة التي يتعرض لها الحيوان Temporary environment وهو لا يلازم الحيوان مدى حياته وغالبا ما يتغير من سجل لآخر مثل التغيرات الجوية أو مستوى التغذية .

لهذا فأن التباين المظهري لأي صفة اقتصادية للحيوان سيكون :

$$\sigma^2_P = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I + \sigma^2_{Ep} + \sigma^2_{Et}$$

يختلف المعامل التكراري عن المكافئ الوراثي بالمفهوم العريض بأنه علاوة على الجزء الوراثي فهو يحتوي على الجزء من التباين الكلي وهو الذي يرجع الى التباين البيئي الدائم ، وهذا الجزء لا ينتقل من جيل الى آخر ولكنه ينتقل من سجل الى آخر . وعلى هذا يمكن التعبير عن المعامل التكراري كما يلي :

$$R = \frac{\partial^2_G + \partial^2_{EP}}{\partial^2_P}$$

وعلى هذا الأساس فأن التأثيرات البيئية الدائمة(E_P) والتركيب الوراثي (G) هما المحددان لكفاءة أداء الحيوان خلال فترة حياته كلها .

<u>طرق تقدير المعامل التكراري</u> :

اذا أردنا حساب المعامل التكراري بين سجلين فقط لصفةٍ ما (على سبيل المثال موسم ادرار الحليب الأول و موسم الإدرار الثاني) فيُحسب عن طريق :

1. معامل الأرتباط بينهما على أساس أن أحد السجلين هو المتغير X_1 والسجل الآخر هو المتغير X_2 :

$$r_{x1x2} = \frac{\sum x1x2 - \left[\frac{(\sum x_1)(\sum x_2)}{n}\right]}{\sqrt{\left(\sum {x_1}^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n}\right)\left(\sum {x_2}^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n}\right)}}$$

و القيمة المستخرجة هنا هي معامل الارتباط بين السجلين والتي تمثل المعامل التكراري .

مثال : القيم التالية تمثل انتاج الحليب لفترةٍ ما خلال الموسم الأول والثاني لمجموعة من النعاج في قطيع أغنام

رقم النعجة	X_1	X_2
1	34.8	41.7
2	34.6	45.1
3	37.5	45.6
4	29.8	38.2
5	31.7	36.7
6	34.9	45.5
7	32.2	39.1
8	31.8	42.6
9	45.8	52.9
10	38.8	45.5
11	36.5	43.5
	Σ_{X1} =388.2	Σ_{X2} =476.4
	Σ_{X1X2} = 16990	
	$\Sigma_{X1}{}^2$ = 20833	$\Sigma_{X2}{}^2$ = 19890.5

$$R_{x1x2} = \frac{16990 - \left[\frac{(388.2)(476.4)}{5}\right]}{\sqrt{\left(20833 - \frac{(388.2)^2}{5}\right)\left(19890.5 - \frac{(476.4)^2}{5}\right)}} = 0.91$$

عليه فأن المعامل التكراري لصفة انتاج الحليب يكون 0.91 بالتالي يمكن التنبؤ بأداء الحيوان مستقبلا .

2. حساب المعامل التكراري من جدول تحليل التباين :

هذا ويمكن تقدير المعامل التكراري عن طريق جدول تحليل التباين حيث سبق لنا أن ذكرنا أن المعامل التكراري هو معامل الأرتباط بين سجلين لنفس الحيوان وحيث أن معامل الأرتباط داخل المجاميع يعبر عن الأرتباط بين الأفراد التي تقع في نفس المجموعة فيمكن الأستعانة به في حساب المعامل التكراري ذلك أن التباين بين مجموعتين يمثل التغاير بين أفراد كل مجموعة وهو نفس المبدأ الذي على أساسه حُسب المكافئ

الوراثي من جدول تحليل التباين السابق شرحه . فأذا كان هناك مجموعة من الحيوانات عددها (n) ولكل حيوان (k) من السجلات والمراد معرفة معامل الأرتباط بين سجلات كل حيوان فيمكن وضع جدول تحليل التباين كما يلي :

Source of variance	d.f.	M.S.	E.M.S.
Between animals	n-1		$\sigma^2_e + k\,\sigma^2_a$
Bet. records within animals	n(k-1)		σ^2_e

ومن هذا الجدول يمكن حساب المعامل التكراري كما يلي :

$$R = \frac{\partial^2{}_a}{\partial^2{}_e + \partial^2{}_a}$$

مثال : أخذت عينة عشوائية لستة كباش من قطيعٍ ما وأخذت عشر قياسات لصفةٍ ما من الدم من كل كبش والمطلوب اكمال جدول تحليل التباين وتقدير المعامل التكراري لهذه الصفة :

S.O.V	d.f.	SS	MS	EMS
بين الكباش	n-1=5	2.6	0.52	$\sigma^2_e + 10\,\sigma^2_a$
بين القياسات داخل الحيوانات	n(k-1)=54	4.47	0.082	σ^2_e

$MS_s = SS_s / d.f = 2.6/5 = 0.52$

$MS_e = SS_e / d.f = 4.47 / 54 = 0.082$

$\sigma^2_e = MS_e = 0.082$ but $\partial^2{}_a = \frac{MS_a - MS_e}{K} = \frac{0.52-0.082}{10} = 0.0438$

وعليه يكون المعامل التكراري R :

$$R = \frac{\partial^2{}_a}{\partial^2{}_e + \partial^2{}_a} = \frac{0.0438}{0.082 + 0.0438} = 0.348$$

ثالثا : الارتباط الوراثي Genetic Correlation

تتأثر القيمة الاقتصادية لحيوانٍ ما بعدد من الصفات ذات الأهمية الاقتصادية لهذا الحيوان . وعليه فأن الانتخاب يكون مهما أو ضروريا ليس بتأثيره في الصفة التي يُوجه اليها الانتخاب فحسب وإنما في الصفات الأخرى أيضا ، فعلى سبيل المثال عند الأنتخاب لصفة انتاج الحليب يجب أن نعرف ما هو التغير المصاحب في محتوى الدهن ، وعادة يتم قياس مدى واتجاه الاستجابة الأنتخابية باستخدام الارتباط الوراثي بين الصفات المعينة . ان الأرتباط الوراثي بين اثنين من الصفات هو التلازم بين تأثيرات الجينات التي تؤثر فيهما معاً ، أو هو ميل هاتين الصفتين الى الأنتقال عبر الأجيال أما مع بعضهما أو في أتجاهين متضادين بحيث أن

الزيادة في صفة يصحبها نقص في الأخرى فتسمى الحالة الأولى بالأرتباط الوراثي الموجب والحالة الثانية بالأرتبط الوراثي السالب . ويمكن أن يُعبَر عنها بأنها الأرتباط بين القيمة التربوية لكل من الصفتين . و ينشأ الأرتباط الوراثي أساساً لسببين هما :

1. ينشأ الارتباط الوراثي نتيجة تعدد تأثيرات الجين Pleiotropic effects وهي الجينات التي تؤثر في أكثر من صفة في وقت واحد والتي تسمى بالجينات المتعددة Peliotropic genes هذا ويُعَدُ الأرتباط الوراثي الناتج عن تعدد تأثيرات الجين بأنه ارتباط دائم و حقيقي .
2. ينشأ الارتباط الوراثي نتيجة أن تكون المسافة العبورية للجينات الموجودة على نفس الكروموسوم والتي تؤثر في الصفتين أقل من 50 % حيث أنه كلما قلت المسافة العبورية زاد الأرتباط بين الجينات وبالتالي انتقالها من جيل لآخر مع بعضها . و لكن هذا النوع من الأرتباط مؤقت اذ لو تُركت الحيوانات تتزاوج عشوائيا فأن قيمة الأرتباط تتناقص بمقدار قيمة العبور في كل جيل الى أن يتلاشى هذا الأرتباط .

<u>طرق تقدير الأرتباط الوراثي</u> :

1. اذا قُدِر معامل الأرتباط بين صفتين على نفس الحيوان فهذا يسمى أرتباط مظهري ، وهو محصلة الأرتباط الوراثي بجانب الأرتباط البيئي . ولذلك عند تقدير معامل الأرتباط الوراثي تُقَدر العلاقة بين صفة على فردٍ ما والصفة الأخرى على فرد آخر يمتُّ للأول بقرابة . فأذا فرضنا أن X_1 هي الصفة الأولى على الفرد الأول ، و X_2 هي نفس الصفة على قريب له (أم مثلا) بينما Y_1 هي الصفة الثانية على الفرد الأول و Y_2 هي الصفة الثانية على الأم فأن معامل الأرتباط الوراثي بين X و Y هو :

$$r_{G1G2} = \frac{\sqrt{(\sum X1Y2)(\sum X2Y1)}}{\sqrt{(\sum X1X2)(\sum Y1Y2)}}$$

<u>مثال</u>: البيانات التالية تمثل انتاج الحليب السنوي لعينة من الأبقار (الأمهات) X_1 و بناتها X_2 والدهن السنوي Y_1 و Y_2 . أحسب معامل الأرتباط الوراثي بين الصفتين :

X_1	Y_1	X_2	Y_2	X_1Y_2	X_2Y_1	X_1X_2	Y_1Y_2
3600	85	3400	75	270000	289000	12240000	6370
3800	80	3200	72	273600	256000	12160000	5760
3560	75	3620	65	237250	271500	12887200	4875
4280	80	3800	75	321000	310400	16264000	6000
5100	82	4800	76	387600	393600	24480000	6232
Σ=20340	Σ= 402	Σ=18820	Σ=363	Σ=1489450	Σ=1249000	Σ=78031200	Σ=29242

نقوم أولا بحساب مجاميع الصفات وحاصل ضربها مع بعض وكما موضحة باللون الأحمر .

$$r_{G1G2} = \frac{\sqrt{(\sum X1Y2)(\sum X2Y1)}}{\sqrt{(\sum X1X2)(\sum Y1Y2)}} = \frac{\sqrt{(1489450)(1249000)}}{\sqrt{(78031200)(29242)}} = 0.903$$

وبالأسلوب نفسه يمكن تقدير معامل الأرتباط الوراثي من التغايرات الوراثية بين الأقارب المختلفة والمتمثلة بالتغاير بين الأخوة الأشقاء و التغاير بين الأخوة أنصاف الأشقاء .

2. تقدير معامل الأرتباط من جدول تحليل التباين :

اذا فرضنا وجود عدد من الطلائق (S) Sires وكل طلوقة ممثلة بمجموعة (n) من نسله أو نتاجه وكل فرد في هذه المجموعة له صفتان هما X و Y والمراد معرفة معامل الأرتباط الوراثي بين هاتين الصفتين . لذلك يُعمَل تحليل تباين للصفة الأولى و آخر للصفة الثانية كما سبق شرحه ثم يُعمل تحليل للتغاير Covariance بين الصفتين ويقسم لنفس مصادر التباين وكما موضح أدناه :

S.O.V	d.f.	EMS		MCP	EMCP
		X	Y		
B./ S	S-1	$\sigma^2_{e(x)}+k\,\sigma^2_{s(x)}$	$\sigma^2_{e(y)}+\sigma^2_{s(y)}$	MCP_s	$cov_e+k\,cov_s$
W./ S	n. - S	$\sigma^2_{e(x)}$	$\sigma^2_{e(y)}$	MCP_e	cov_e

ومن ثم نقدر مكونات التغاير (cov_s و cov_e) كما يلي :

$$Cov_e = MCP_e \quad \text{and} \quad cov_s = \frac{(MCP_s - MCP_e)}{K}$$

وعليه سيكون معامل الأرتباط الوراثي كما يلي :

$$r_G = \frac{cov_s}{\sqrt{\left(\partial^2 s_{(x)}\right)\left(\partial^2 s_{(y)}\right)}}$$

مثال : أوجد معامل الأرتباط الوراثي بين صفتي الوزن عند الميلاد (X) و الوزن عند الفطام (Y) في الأغنام بعد اكمال جدول تحليل التباين التالي :

S.O.V	d.f.	SS			M.S		
		X	Y	XY	X	Y	MCP_{xy}
B. / S	3	0.639	14.65	3	0.213	4.883	1
W. /S	36	2.061	62.04	10.14	0.0572	1.723	0.282

نقوم أولا بحساب متوسط المربعات MS للصفتين وحاصل ضربهما MCP (بالخط الأحمر) من خلال قسمة مجموع المربعات SS لكل مصدر على درجات الحرية التي تقابلها ثم نحسب مكونات التباين لكل صفة وكما يلي :

$\sigma^2_{e(x)} = 0.0572$ and $\sigma^2_{e(y)} = 1.723$ and $cov_e = 0.282$

$$\sigma^2_{s(x)} = \frac{MSs_x - MSe_x}{K} = \frac{0.213 - 0.0572}{10} = 0.016$$

$$\sigma^2_{s(y)} = \frac{MSs_y - MSe_y}{K} = \frac{4.883 - 1.723}{10} = 0.32$$

$$cov_s = \frac{(MCP_s - MCP_e)}{K} = \frac{1 - 0.282}{10} = 0.071$$

وعليه فأن معامل الارتباط الوراثي بين الصفتين سيكون :

$$r_G = \frac{cov_s}{\sqrt{\left(\partial^2{}_{s_{(x)}}\right)\left(\partial^2{}_{s_{(y)}}\right)}} = \frac{0.071}{\sqrt{(0.016)(0.32)}} = 0.98$$

حل اسئلة عن الارتباط الوراثي والمظهري

س1: ماهو الارتباط الوراثي وماهي انواعه؟

الحل/ الارتباط الوراثي : هو مقياس لدرجة الترابط او الالتزام بين متغيرين مستقلين (صفتين) ويرمز له بالرمز r اي وقوع الجينات المؤثرة على هذه الصفات على نفس الكروموسوم وبذلك تنتقل كوحدة واحدة عند تكوين الكميتات تسمى الارتباط.

هنالك نوعين من الارتباط

1. **الارتباط الموجب: يكون الارتباط بين الصفات بتجاه واحد اي ان الزيادة في الصفة الاولى يصاحبها زيادة في الصفة الثانية مثل وزن الجسم يصاحبه زيادة في وزن البيضة معامل الارتباط الموجب بين الصفتين 0,25 الى 0,50.**
2. **الارتباط السالب: يكون الارتباط بين الصفات بتجاهين مختلفتين او متضادين عندما يتسبب الانتخاب لزيادة الصفة الاولى انخفاض في الصفة الثانية مثل انتخاب لزيادة عدد البيض المنتج يصاحبه انخفاض في وزن البيضة ويقدر معامل الارتباط السالب بين الصفتين -0,25 الى -0,50**

ملاحظة: يجب ان تكون قيمة معامل الارتباط محصورة بين 1 و-1.

س2: لدينا قطيع من الدجاج تم حساب وزن الجسم الحي(غم) يرمز له x وطول عظم القص (سم) ويرمز له y في خمس عوائل منسبة حسب الاباء (عوائل انصاف اشقة) ونسبة التزاوج الذكور الى الاناث 7 وكانت البيانات كالاتي:

s.o.v	d.f	Scp			Mcp			E.M. cp
		x	y	Xy	x	Y	Xy	
between sires	4	609714.24	4.616	1254.86	152428.56	1.154	313.714	$\hat{\sigma}w^2 + k\hat{\sigma}s^2$
Progen /sires	30	1637142.9	8.011	1252.86	54571.43	0.267	41.762	$\hat{\sigma}w^2$

الحل/ درجة الحرية للاباء **df.s =s-1 = 5-1= 4**

درجة الحرية النسل لكل اب **df.p/s = n-s= 35-5= 30**

نضعها في الجدول

لحساب Mcps

$$\text{Mcps(x)} = \frac{Scpx}{df} = \frac{609714.24}{4} = 152428.56$$

Mcps(y)

لحساب Mcpw

$$\text{Mcpw(x)} = \frac{Scpwx}{df} = \frac{1637142.9}{30} = 54571.43$$

$$\text{Mcpw(y)} = \frac{Scpwy}{df} = \frac{8.011}{30} = 0.267$$

$$\text{Mcpw(xy)} = \frac{Scpwxy}{df} = \frac{1252.86}{30} = 41.762$$

ولحساب مكونات التباين

$$\hat{\sigma}s^2\text{(x)} = \frac{MCPs - MCPw}{k} = \frac{152428.56 - 54571.43}{7} = 13979.59$$

$$\hat{\sigma}s^2\text{(y)} = \frac{MCPs - MCPw}{k} = \frac{1.154 - 0.267}{7} = 0.127$$

$$\text{COVs} = \frac{MCPs(xy) - MCPw(xy)}{k} = \frac{313.714 - 41.762}{7} = 38.850$$

التباين المظهري Phenotypic Variance

وراثة الصفات الكمية :

الصفات الوراثية اما بسيطة مثل لون الجلد أو عدم وجود القرون .... أي يمكن توزيع أفراد المجموعة تبعا لها في أقسام محددة وتسمى مثل هذه الصفات بالصفات النوعية (الوصفية) qualitative traits . و أما صفات كمية quantitative traits ويتبعها معظم الصفات الإنتاجية مثل محصول الحليب و وزن الجسم و كمية الصوف. فهي لا تقع في قسم واحد ولكنها تأخذ قيما معينة . والصفات الكمية لا تختلف عن الوصفية الا في طريقة التعبير فكلاهما يتأثر بالعوامل الوراثية و العوامل البيئية ولكن عادة ما نجد أن الصفات النوعية تتأثر بعدد قليل نسبيا من الجينات ويمكن تتبع عملية الانعزال فيها ووضع كل مجموعة من الأفراد في التركيب الوراثي الذي يقابلها ، ولكن في الصفات الكمية نجد أنها تتأثر بعدد أكبر من الجينات والتغير فيها مستمر وتدريجي مما يجعل من الصعب وضعها في أقسام أو مجموعات محددة ، وهذا يعني أن الصفات النوعية تتأثر بالوراثة أكثر من تأثرها بالبيئة فمثلا وجود أو عدم وجود القرون لا يتأثر بالعامل البيئي (درجات الحرارة و الرطوبة و التهوية والأضاءة والكثافة وغيرها) لهذا اذا أردنا تحسين الصفة النوعية نلجأ الى الأنتخاب أو الهجرة ، بينما الصفات الكمية تتأثر بالبيئة أكثر من تأثرها بالعامل الوراثي ، لهذا اذا أردنا تحسين الصفة الكمية علينا أن نوفر الظروف البيئية المثالية للحيوان حتى يستطيع أن يعطي التعبير الكامل للتركيب الوراثي الذي يحمله .

التركيب الوراثي و البيئة Genotype and Environment

التركيب الوراثي لفرد ما هو تعبير يشير الى ما يحمله هذا الفرد من عوامل وراثية أو جينات . ومعروف أن كل صفة عبارة عن محصلة ما يحمله الفرد من جينات (تؤثر في هذه الصفة) و البيئة التي يعيش فيها الحيوان . فكثيرا ما نجد تركيبا وراثيا معينا يعطي تعبيرا معينا في بيئة ما ، بينما يعطي نفس الحيوان تعبيرا آخر في بيئة أخرى . فأذا أعطت أبقار الفريزيان 6000 كغم من الحليب سنويا في هولندا حيث موطنها الأصلي و أعطت 4000 كغم من الحليب فقط تحت ظروف المناخ الحار كان ذلك راجعا الى اختلاف البيئة فقط . فأذا ما كان العامل الوراثي جيد و توفرت له الظروف البيئية الجيدة من غذاء و حرارة و ادارة و مراعات صحية و مرعى و غير ذلك فحتما سوف يتحسن انتاج ذلك الحيوان والعكس صحيح .

القيمة المظهرية للفرد : Phenotypic Value

التعبير المظهري phenotype لفرد ما .. هو تعبير يشير الى ما يظهر على هذا الفرد من صفات يمكن رؤيتها أو قياسها أو وصفها . و يمكن أيضا تعريف مظهر الصفة للفرد بأنه التعبير لمظهر أداء الصفة نتيجة ما يحمله هذا الفرد من جينات . ومن المعروف أنه كثيرا ما يتشابه فردان في مظهرهما بينما يختلفان في تركيبهما الوراثي بالنسبة لهذه الصفة . فمثلا صفة لون الجلد في أبقار الأبردين انجس يُلاحظ أن الأفراد التي تحمل التركيب الوراثي RR وتلك التي تحمل التركيب الوراثي Rr يكون لونها أسود . وبما أن ان مظهر (قياس) أي صفة ما هو الا محصلة تفاعل الجينات التي يملكها الفرد و الظروف البيئية المحيطة به ، ولذلك يمكن تقسيم الصفة المظهرية الى جزء ناشئ عن تأثير التركيب الوراثي و آخر ناشئ عن البيئة . فأذا رمزنا

للمظهر الخارجي phenotype بالرمز P وللتركيب الوراثي Genotype بالرمز G وللبيئة E يمكننا أن نعبر عن مظهر اداء الصفة كما يلي :

$$P = G + E$$

وكثيرا ما تتفاعل (تتداخل) البيئة مع الوراثة لتنتج أثرا آخر يدخل في تحديد مظهر الصفة وكما يلي :

$$P = G + E + GE$$

وفي حالة التزاوج العشوائي فأن قيمة GE تصبح صفرا . هذا ويمكن تقسيم الأثر الوراثي حسب التعبيرات الجينية المختلفة وهي : التجمعي Additive (A) والسيادي Dominance (D) و التفوقي Ipistasis (I) وكما يلي :

$$G = A + D + I$$

وبذلك تصبح المعادلة كالآتي :

$$P = A + D + I + E + GE$$

وللتعبير عن المعادلة أعلاه بشكل تباين نلاحظ التالي :

$$\sigma^2_P = (\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I) + \sigma^2_E + \sigma^2_{GE}$$

حيث أن : σ^2_P = التباين الكلي ، σ^2_A = التباين التجمعي ، σ^2_D = التباين السيادي ، σ^2_I = التباين التفوقي ، σ^2_E = التباين البيئي و σ^2_{GE} = التباين الوراثي البيئي .

عادة ما يكون أثر التداخل بين البيئة E والوراثة G قليل اذا ما قورن بالتباين الكلي الناجم عن العوامل الوراثية والبيئية لوحدها وفي هذه الحالة يمكن أهماله وعدم حسابه .

<u>أهمية دراسة التباين المظهري (الكلي) والوراثي في الحيوانات الزراعية</u> :

يمكن منها التعرف على أهمية العوامل المختلفة بالنسبة لبعضها وخاصة أهمية العوامل الوراثية بالنسبة للصفات الأنتاجية حيث تُؤخذ النسبة التالية كدليل على ذلك :

$$\frac{\partial^2_G}{\partial^2_P} = \frac{\partial^2_G}{\partial^2_G + \partial^2_E} = \frac{\partial^2_A + \partial^2_D + \partial^2_I}{\partial^2_A + \partial^2_D + \partial^2_I + \partial^2_E}$$

فكلما كبر هذا الكسر زادت أهمية العوامل الوراثية بالنسبة للعوامل البيئية والعكس صحيح . ويطلق على هذه القيمة بالمكافئ الوراثي بالمعنى الواسع أو العريض Heritability in broad sense أي أن :

$$h^2_b = \frac{\partial^2_G}{\partial^2_P}$$

متوسط أثر الجين و متوسط استبدال الجين :

تتكون عشائر الحيوانات التي تتزاوج عشوائيا من أفراد لها تراكيب وراثية بتكرارات مختلفة . فاذا درست عشيرة ذات زوج واحد من الأليلات أي على سبيل المثال A و a فسيكون لدينا ثلاثة تراكيب وراثية لا رابع لها وهي AA و Aa و aa وقد علمنا تكراراتها في العشيرة وقيمة كل من هذه التراكيب يمكن حينئذ حساب المتوسط العام للعشيرة ويمكن أيضا من هذه القيم معرفة تعبير الجين أي أثره . ان لمتوسط أثر الجين و متوسط استبدال الجين اعتبارات مهمة في وراثة العشائر وتربية الحيوان وعلاقتهما الوطيدة بمتوسط العشيرة و تباينها .

يُعرَّف متوسط أثر الجين بأنه : متوسط الزيادة عن المتوسط العام لجميع الأفراد التي تحمل هذا الجين . فاذا كانت لدينا عشيرةٍ ما فيها التزاوج عشوائيا وكان توزيعها الزايكوتي كالآتي :

AA 0.64 + Aa 0.32 + aa 0.04

فيكون متوسط أثر الجين A هو متوسط زيادة الأفراد التي تحمله أي AA و Aaعن المتوسط العام للعشيرة . وحيث أن الأفراد الخليطة Aa تحمل الأليلين A و a فتحسب نصف الأفراد مع AA والنصف الآخر مع Aa . وحيث ان تكرار التراكيب الوراثية الثلاثة في العشائر المتزاوجة عشوائيا هو كما يلي :

التركيب الوراثي	AA	Aa	aa
التكرار	P^2	2pq	q^2

فأن pq ستكون مع التركيب الوراثي AA و pq مع التركيب الوراثي Aa . فأذا علمنا أن التركيب الوراثي AA كانت قيمته المظهرية = 20 وأن التركيب الوراثي Aa قيمته = 18 والتركيب الوراثي aa قيمته = 12 فسيكون متوسط أثر الجين A كما يلي :

$$\text{A verage gene effect A} = \frac{\sum fA*XA}{\sum fA} - overall\ average$$

أي أن متوسط أثر الجين A = (مجموع حاصل ضرب قيم التراكيب الوراثية الحاملة لهذا الأليل x تكراراتها ÷ مجموع تكرارات هذه التراكيب الوراثية) – المتوسط العام للعشيرة

حيث أن f_A هي تكرارات التراكيب الوراثية و X_A هي قيم التراكيب الوراثية . وحسب المثال أعلاه نحسب أولا المتوسط العام للعشيرة overall average وكما يلي :

$$\text{overall average} = \frac{0.64x20+0.32x18+0.04x12}{0.64+0.32+0.04} = 19.04$$

$$\text{A verage gene effect A} = \frac{\sum fA*XA}{\sum fA} - overall\ average$$

A verage gene effect A (α) = $\frac{0.64\ x\ 20+0.16\ x\ 18}{0.64+0.16} - 19.04 = 0.56$

And a verage gene effect a (β) = $\frac{0.04\ x\ 12+0.16\ x\ 18}{0.04+0.16} - 19.04 = -2.24$

أما متوسط استبدال الجين فمعناه اذا كان لدينا عشيرة معينة و أبدلنا فيها جين بجين آخر فماذا سيكون أثر ذلك على المتوسط العام للعشيرة . ولتوضيح ذلك نأخذ نفس العشيرة أعلاه :

Genotype	AA	Aa	aa
Frequency	0.64	0.32	0.04
Value	20	18	12

وأردنا دراسة أثر ابدال الجين a بأليله A فسنجد أن هناك 0.04 من الأفراد تتحول من aa الى Aa فتزداد قيمة هذه الأفراد من 12 الى 18 أي بمقدار 6 . بينما هناك 0.16 من الأفراد ستتحول من Aa الى AA فتزداد قيمتها من 18 الى 20 أي بمقدار 2 .

عليه سيكون متوسط ابدال الجين a بأليله A = $\frac{(2\ x\ 0.16)+(\ 6\ x\ 0.04)}{0.16+0.04}$ = 2.8

أما متوسط ابدال A بأليله a = $\frac{(\ -6\ x\ 0.16)+(\ -2\ x\ 0.64\ )}{0.16+0.64}$ = − 2.8

أي أن متوسط a بأليله A = - متوسط ابدال A بأليله a في نفس العشيرة . ويمكن حساب متوسط الأبدال بطرح متوسطي الأثر من بعضهما ، فمثلا :

متوسط ابدال A محل a =

(α) - (β) = 0.56 – (- 2.24) = 2.8

و متوسط ابدال a محل A =

(β) - (α) = - 2.24 – 0.56 = - 2.8

العوامل المؤثرة في تكرار الجين

بعد معرفة كيفية حساب تكرار الجين ومعرفة أهميته في توصيف العشيرة وراثيا سوف ننتقل هنا الى العوامل أو القوى التي تغير من تكرار الجين حيث أنها تؤثر على تكرار الجين بمقدار غير ثابت يتغير من وقت الى آخر . كما نعلم يبقى تكرار الجين ثابتا في العشيرة الحيوانية في حالة التزاوج العشوائي فقط ، لكن قد يتغير هذا التكرار بجملة عوامل منها لا ارادية أي لا دخل للمربي فيها و منها ارادية يلجأ اليها المربي لتغيير تكرار الجين في قطيعه ، ومن أهم هذه العوامل ما يلي :

أولا .الطفرة Mutation

تعرف الطفرة بأنها تغيير في التركيب الوراثي والذي ينتج عنه تغيرات تورث من جيل إلى آخر . ومن الوجهة الوراثية الدقيقة فإنها تعرف بأنها التغيير الذي يحدث في تكوين الجين نفسه أي أن التعريف الأخير يستبعد كل التغيرات الموروثة الناتجة عن الشذوذ الكروموسومى . والطفرات عامل غاية في الأهمية بالنسبة للتطور على مدى الأجيال المتعددة الا أن قيمتها بسيطة بالنسبة لمربي الحيوان بسبب ندرتها حيث يقدر معدل الطفور mutation rate في الحيوان بحوالي 0.00001 أو أقل أي أن هناك احتمال حدوث طفرة لكل 100000 جين . وان كانت هذه النسبة ضئيلة في نظر المربي فأنها مهمة للتطور وذلك لتراكمها على مدى الأجيال اذ تقدم الطفرات مرجعا لتراكيب وراثية جديدة كثيراً ما تكون للمرة الأولى والتي يمكن للأنتخاب أن يلعب دوراً فيها . ومع ذلك فأن الطفرة غير مهمة عموما لمربي الحيوان وذلك لأن :

1. معظم الطفرات تحدث بمعدل منخفض .
2. الطفرات ذات أثر سيء أو ضار أو ذات أثر ضئيل لأن الحيوان يعتبر في حالة توازن بيولوجي.
3. معظم الطفرات ذات تأثير وراثي متنحي وبالتالي يختفي تأثيرها الضار تحت تأثير الأليل السائد في التراكيب الوراثية الخليطة وبالتالي تقل فرصة زيادة تكرارها .
4. الطفرة عشوائية الحدوث .

على العموم تعتبر الطفرة ضارة الاّ في الحالات التالية :

1. أن يكون الجين الأصلي أقل فائدة من الجين الطافر تحت الظروف البيئية السائدة .
2. أن يكون أثرها ضئيل .
3. أن يكون لها علاقة بصلاحية النوع .

أنواع واتزان الطفرات :

1. طفرة نادرة الحدوث (غير متكررة) : وهي طفرة نادرة جدا أي وحيدة في العشيرة فمثل هذه الحالة ليس للطفرة أهمية في تغيير التكرار الجيني للعشيرة وذلك لضعف احتمال بقائها في العشيرة الا اذا كان لها ميزة انتخابية . والجين الجديد يكون عرضة للفقد بالصدفة .

2. طفرة متكررة : يمكن للطفرة المتكررة أن تُحدث تغيرات في نسبة تكرار الجين وذلك لتكرار حدوثها وضغطها على نسبة الجين في العشيرة لأنها تحدث بانتظام . وفي العشائر الكبيرة العدد ومهما قلَّت نسبة الجين فأنها توجد بوفرة كافية قبل أن تسمح بفقدها .

ويمكن معرفة مقدار التغير في تكرار الجين بسبب حدوث الطفرات المتكررة كما يلي :

اذا فُرض أن الجين A حدثت له طفرة الى a بمعدل طفور مقداره u بعد جيل واحد من حدوث الطفرة و يمكن للجين a أن يطفر عكسيا بمعدل طفور مقداره v وأن التغير في تكرار الجين يرمز له Δq فيكون :

$A \xrightarrow{u} a$

$a \xrightarrow{v} A$

فاذا أخذنا عشيرة تحت ظروف التزاوج العشوائي وتكرار الجين $p = A$ بينما تكرار الجين $q = a$ أو $(1-p)$ فأن :

$$\Delta q = up - vq$$

حيث أن نسبة الجينات الطافرة من A الى a $= up$

وأن نسبة الجينات المرتدة من a الى A $= v(1-p) = vq$

عليه عند حدوث الأتزان بين معدلي الطفرتين فأن :

$up = vq$ or $up = v(1-p)$

$\therefore up = v - vp$ $\therefore up + vp = v$ $\therefore p(u+v) = v$

$$\therefore p = \frac{v}{u+v}$$

مثال : أحسب قيمة p_A في حالة الأتزان الطفري في كل من الحالات الآتية :

1. $1x10^{-5} = u$ ، $1x10^{-6} = v$
2. $4x10^{-6} = u$ ، $7x10^{-6} = v$

الحل :

1. $P_A = \frac{v}{u+v} = \frac{1x10^{-6}}{1x10^{-5}+1x10^{-6}} = \frac{0.000001}{0.00001+0.000001} = 0.091$

$$\therefore q_a = \frac{u}{u+v} = \frac{0.00001}{0.00001+0.000001} = 0.909$$

2. $P_A = \frac{v}{u+v} = \frac{0.000007}{0.000004+0.000007} = 0.63$

ثانيا . الهجرة Migration

المقصود بها ادخال مجموعة من الحيوانات ذات تركيب وراثي معين الى مجموعة أخرى لم تكن تتبعها من قبل ، وبذلك تدخل هذه الأفراد المهاجرة وتتزاوج مع أفراد العشيرة المهاجر اليها . وعلى ذلك فكل عمليات استيراد حيوانات التربية تعتبر هجرة . فاذا لم تختلف المجموعتان عن بعضهما في تكرار الجين وكانت الحيوانات المهاجرة عينة عشوائية فلن يؤثر هذا على أي من المجموعتين . ولكن اذا اختلفت المجموعتان في تكرار الجين وهذا هو الغالب فسيكون للهجرة أثرها . ويعتمد مقدار التغيير في تكرار الجين على :

1. تكرار الجين في العشيرتين ومدى الفرق بينهما .
2. معدل الهجرة أي نسبة الأفراد المهاجرة المسموح لها بالتناسل مع العشيرة الأصلية .

فاذا فرض أن نسبة الأفراد المهاجرة هي (m) فعليه تكون نسبة الأفراد في العشيرة الأصلية (1-m) . وأن تكرار الجين في الأفراد المهاجرة هو (q_m) وتكرار الجين نفسه في العشيرة الأصلية (q_0) ، فيكون التكرار الجيني لهذا الجين في العشيرة الخليطة (المتكونة من الأفراد الأصيلة والمهاجرة) هو (q_1) أي أن قيمة q_1 بعد جيل واحد من الهجرة سيكون :

$$q_1 = mq_m + (1\text{-}m)\, q_0 \quad = mq_m + q_0\, mq_m \quad = \quad m\,(\, q_m - q_0\,) + q_0$$

وحيث أن مقدار التغير في التكرار الجيني يُرمز له Δq بعد جيل واحد من الهجرة هو عبارة عن الفرق بين تكرار الجين بعد وقبل الهجرة أي أنه يساوي :

$$\Delta q = q_1 - q_0 \quad = m(q_m - q_0) + q_0 - q_0$$

$$\therefore \Delta q = m(q_m - q_0)$$

مثال : لدينا عشيرتان A تكرار الجين فيها 0.2 والثانية B تكرار الجين فيها 0.24 ، فأذا نقلت حيوانات من العشيرة A الى العشيرة B بحيث أصبح المجموع النهائي للحيوانات في العشيرة الخليط مكونا من 0.25 A و 0.75 B ، فما هو التغير الحاصل في التكرار الجيني في العشيرة الجديدة (الخليط) ؟

$$\Delta q = m(q_m - q_0)$$

$$= 0.25(\, 0.2 - 0.24) = -\, 0.01$$

تكرار الجين في العشيرة الجديدة (الخليط) $\therefore q_1 = \Delta q + q_0 = -0.01 + 0.24 = 0.23$

مثال : اذا أخذت 10 حيوانات من عشيرة تتزاوج عشوائيا فيها $q_A = 0.8$ وأضيفت الى 90 حيوانا من عشيرة أخرى فيها $q_B = 0.6$ وتم تزاوجهما عشوائيا ، فما هو تكرار الجين الجديد ؟

$\Delta q = q_1 - q_0$ وحيث أن $q_1 = mq_m + (1-m)\, q_0$

$\therefore \Delta q = mq_m + (1-m)\, q_0 - q_0 = (\, 0.10 \times 0.8 + (1 - 0.10)\, 0.6\,) - 0.6 = 0.02$

$\therefore q_1 = \Delta q + q_0 = 0.6 + 0.02 = 0.62$ وممكن بطريقة مختصرة كما يلي

$\Delta q = m\,(\, q_m - q_0\,)$

$= 0.10\,(\, 0.8 - 0.6\,) = 0.10 \times 0.2 = 0.02$

$\therefore q_1 = \Delta q + q_0 = 0.02 + 0.6 = 0.62$

مثال : استوردنا مجموعة من الحيوانات بحيث كانت تمثل 0.25 القطيع الموجود ، ثم تزاوج هذا القطيع عشوائيا ، فأذا علمت بأن تكرار الجين في القطيع قبل الأستيراد كان 0.4 وأصبح بعده 0.5 . فماذا كان تكرار الجين في المجموعة المستوردة ؟

$\Delta q = m\,(\, q_m - q_0\,)$

$0.5 - 0.4 = 0.25\,(\, q_m - 0.4)$

$0.1 = 0.25\, q_m - 0.1$

$0.1 + 0.1 = 0.25\, q_m$

$0.2 = 0.25 q_m$ $\therefore q_m = \frac{0.2}{0.25} = 0.8$ تكرار الجين في العشيرة المستوردة

ثالثا . الصدفة Chance

تسمى الصدفة أحيانا بالجنوح العشوائي Random drift وهو التغير الذي يحصل في تكرار الجين بسبب الصدفة عند تكوين كميتات الجيل التالي . من المعلوم أن الفرد يحمل زوجا من الأليلات لكل جين وفي موقع خاص على الكروموسوم ، عليه فأن هذا الفرد سينقل أحد هذين الأليلين بصورة عشوائية أو بالصدفة الى أحد أبناءه ، فمثلا الحيوان الذي تركيبه الوراثي خليط Aa قد يعطي لأبنه A أو a بمحض الصدفة وعند اتحاد الكميتات لتكوين الجيل الأول فأن التأثير الناتج عن انتقال أحد هذين الأليلين من الآباء الى الأبناء اذا ما انحاز وتكرر بشكل مستمر فسيكون أثره كبيرا في تغيير تكرار الجين . عادة ما يكون تأثير الصدفة ضعيفا في العشائر الكبيرة العدد لأحداث تغيرا في تكرار الجين ، أما في العشائر الصغيرة أو محدودة العدد فأن معدل حدوث الصدفة عند تكوين كميتات الجيل الثاني

يكون ذا تأثير قوي في احداث تغيير ملموس في تكرار الجين . فأذا فرضنا أن حجم العشيرة عند عمر التزاوج أو التلقيح كان N فأنه تبعا لذلك سيكن هناك 2N من الكميتات في الموقع A وهناك نوعان محتملان لهذا الموقع هما A و a وتكرارهما q و 1-q على التوالي . ونتيجة لأخذ العينات عشوائيا فأن : تباين التغير في تكرار الجين سيكون مساويا لـ : $\sigma\Delta q = \frac{q(1-q)}{2N}$

وكلما زادت أعداد الحيوانات N أو عدد الكميتات 2N فأن التباين الناتج عن الصدفة سيكون قليلاً أي كلما قلت الفرصة أمام الصدفة لتلعب دورها .

رابعا . الأنتخاب Selection

هو السماح لبعض أفراد العشيرة المتميزين بكفاءتهم الأنتاجية العالية بأن تتزاوج وتنتج نسلاً أكثر من أفراد أخرى في العشيرة نفسها . والأفراد في مثل هذه الحالة تكون قد استبقيت وانتخبت وراثيا في العشيرة . أما الأفراد الأخرى المحدودة في معدل تزاوجها وتناسلها أي التي لا يسمح لها بالتزاوج والتكاثر لأنتاج نسلا جديدا في الجيل التالي فأن مثل هذه الأفراد تكون قد استبعدت من العشيرة وراثيا. هذا مع الأفتراض سابقا بأن الأفراد في العشيرة تتساوى في خصوبتها و حيويتها ولكن اذا اختلفت في خصوبتها أو حيويتها فأن ذلك يؤدي الى اختلاف في حجم النسل الناتج في الجيل التالي وهذا يؤثر في التكرار الجيني وتكرار التراكيب الوراثية في العشيرة . وتتوقف قوة هذا التأثير على شدة الأنتخاب Selection intensity (S) فأذا فرض على سبيل المثال أن شدة الأنتخاب (S) تساوي 0.2 فمعنى ذلك أن كل 100 بويضة مخصبة ناتجة من التركيب الجيني المرغوب فيه تقابلها 80 بويضة مخصبة من التركيب الوراثي المنتخب ضده أي غير المرغوب فيه . وفي الواقع فأن الأنتخاب لا يخلق جينات جديدة في العشيرة ، بل يسمح للأفراد التي تحمل بعض الجينات المرغوب فيها أن تنتج نسلا في الأجيال التالية أكثر من الأفراد التي لا تحمل مثل هذه الجينات . هذا وأن الأنتخاب لا يجري لصفة واحدة أو لجين واحد بل يجري على فرد بكامله بكل مميزاته و عيوبه أي بكل ما يحمل من جينات . ان تحسين معدل القطيع بواسطة الأنتخاب مستمر ودائمي التأثير حيث أنه يضاف سنة بعد أخرى . والأنتخاب يعتمد في اجرائه على عدة شروط أولها معرفة تأثير الوراثة والبيئة على الصفة (عن طريق حساب المكافئ الوراثي) ، كما أن الأنتخاب له أنواع منها الأنتخاب حسب الشكل المظهري و الأنتخاب العائلي والأنتخاب حسب النسب أو حسب النسل وكل منها له ظروفه ومسبباته . وهناك انتخاب لصفة واحدة أو لعدة صفات في آن واحد . ولمعرفة تأثير الأنتخاب على تكرار الجين في عشيرة ما يفترض وجود زوج واحد من الجينات هما B و b وبتكرار جيني p و q على التوالي مع افتراض أن الجين Aهو المرغوب فيه . فاذا فرضنا أيضا أن الأنتخاب لصالح الأفراد النقية التي تحمل التركيب الوراثي BB سيكون تأثير الأنتخاب في العشيرة التالية كما يلي :

التركيب الوراثي	BB	Bb	bb	Total
الأداء المظهري	2.5	2.5	2 kg	
عدد الأفراد	720	960	320 =	2000

نحسب تكرار الجين وكما يلي : $\therefore q_b = 1 - 0.6 = 0.4$ $q_B = \frac{2x(720)+960}{2x2000} = 0.6$

متوسط القطيع A verage = $\frac{2.5\ x\ 720+2.5\ x\ 960+2\ x\ 320}{2000} = 2.42\ kg$

وحيث أن الأنتخاب لصالح الجين السائد سيادة تامة B ، عليه سوف نستبعد كل الأفراد التي تحمل التركيب الوراثي المتنحي bb أي التي انتاجها 2 كغم وعليه سيكون القطيع بعد الأنتخاب كما يلي :

BB Bb Total

2.5 2.5

720 960 = 1680 $q_B = \frac{2\ x\ 720+960}{2\ x\ 1680} = 0.7$ أي أن الأنتخاب رفع من تكرار الجين

وعليه فعند تزاوج الأفراد المنتخبة فأن التراكيب الوراثية والمواصفات الأنتاجية لأفراد الجيل القادم ستكون كالآتي :

	B 0.7	b 0.3
B 0.7	BB 0.49	Bb 0.21
b 0.3	Bb 0.21	bb 0.09

أي أن أفراد القطيع في الجيل اللاحق ستكون : BB Bb bb

2.5 2.5 2

0.49 0.42 0.09

0.49*1680 0.42*1680 0.09*1680

823 705 151 = عدد الأفراد

Average = $\frac{2.5\ x\ 823+2.5\ x\ 705+2\ x\ 151}{1680} = 2.45\ kg$

وهكذا نجد أن زيادة أو رفع تكرار الجين المرغوب فيه والمنتخب له أدت الى زيادة متوسط القطيع .

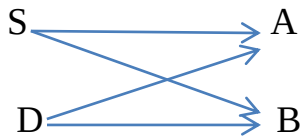
العلاقة بين الأقارب

معلوم من الأزل أن هناك تشابه في الشكل و الملامح بين أفراد العائلة الواحدة ، وكلما زادت القرابة كلما توقعنا أن يكون التشابه أكبر . فمثلا درجة تشابه الأخوة أكبر منها بين أولاد العم أو أن الفرد يشبه أباه أكثر مما يشابه أبن عم أبيه مثلا .... وهكذا .

القرابة: Relationship

هي درجة التشابه أو الارتباط بين وراثة فردين ناتجة عن وجود صلة نَسَب بينهما أو بعبارة أخرى احتمال أن الفردين يحملان الجين نفسه بسبب قرابتهما . فمثلا اذا كان الأب تركيبه الوراثي Aa فان ابنه سيحمل أحد هذين الجينين أي نصف التركيب الوراثي ، ومن ثم يمكن القول ان العلاقة بين التركيب الوراثي للأب والتركيب الوراثي لأبنه = 0.5 وهذا ناتج عن عملية الأنعزال . وعلاقة الأب والأبن هي حجر الأساس في جميع علاقات القرابة لأنها جميعا يمكن ارجاعها الى علاقة أب و أبن كما سيتضح فيما بعد . وعندما نقول لفظ أب فالمقصود أحد الأبوين أي الأب أو الأم وعندما نقول ابن فالمقصود بها النسل أو النتاج Progeny أي ابن son أو بنت Daughter . و للقرابة أنماط منها :

1. القرابة المباشرة (القرابة من الدرجة الأولى) :
وهي التي يكون فيها أحد طرفي العلاقة من نسل الآخر ومن الأمثلة عليها القرابة بين الأب وابنه ، القرابة بين الجد و أحد أحفاده وأحيانا تسمى بصلة الدم .
2. القرابة غير المباشرة (الجانبية) :
وهي القرابة التي تنشأ من أن يكون أحد الفردين الذي يقاس معامل القرابة بينهما هو أحد سليلة لأب أو لجد مشترك . ومن أمثلة ذلك :
أ. العلاقة بين الأخوة الأشقاء : Full-Sibs



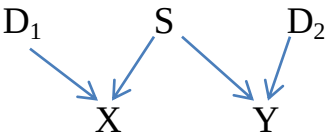
حيث S = الأب الذكر sire ، D = الأم dam أما الفردين A و B هما الأخوة الأشقاء المشتركين في كلا الأبوين . فاحتمال أن الأبن الأول A والأبن الثاني B يحملان نفس الجينات من الأب :

= 0.5 x 0.5 = 0.25 وكذلك احتمال انهما يحملان الجينات نفسها من الأم = 0.25 وعليه فأن احتمال أن الأبنين (الأخوة الأشقاء) يحملان نفس الجينات سواء من الأب أو الأم يكون :

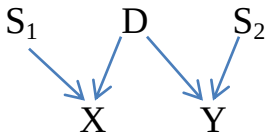
وهذا يتبع قانون جمع الاحتمالات (0.50)(0.50) + (0.50)(0.50) = 0.50

ب. العلاقة بين أنصاف الأشقة : Half-Sibs

أي العلاقة بين الأخوة المشتركين بأب واحد فقط .



أنصاف أشقة أبوية



أنصاف أشقة أمية

فالعلاقة بين الأبن الأول وأبيه = 0.5 وكذلك بين الأبن الثاني و أبيه = 0.5 أي أن احتمال ان الأبن الأول يحمل نفس جينات أبيه = 0.5 وكذا الأبن الثاني . فأذا كان الأحتمالان مستقلين عن بعضهما فأن الأحتمال بأن الأبن الأول والأبن الثاني يحملان نفس الجينات = 0.5 X 0.5 = 0.25 وهذا يتبع قانون ضرب الأحتمالات .

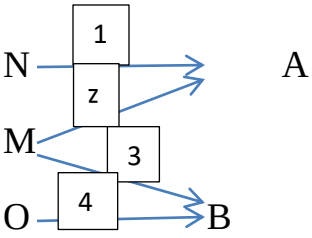
<u>طرق تقدير معامل القرابة في العشائر الحيوانية التي تتزاوج عشوائيا :</u>

لحساب معامل القرابة R_{xy} يجري الآتي :

1. يوضع سجل النسب في صورة بحيث يتجه سهم من كل أب الى الأبن ويمكن حذف الأسهم التي نتأكد أنها لا تساهم في العلاقة .
2. ممكن اعطاء رقم لكل سهم (ممر) حتى يسهل تمييزها فيما بعد .
3. تعيين الآباء أو الأجداد مصدر العلاقة والتي تسمى الآباء المشتركة ويمكن التعرف عليها بأنها الأفراد في النسب التي يمكن الوصول من X الى Y (أي الفردين المراد معرفة درجة القرابة بينهما) وعند الآباء المشتركة هذه ترتد اتجاهات الأسهم .
4. نحسب عدد الأسهم (n) الموصلة من X الى Y عن طريق كل الآباء المشتركة كل على حدا ، ويراعى عدم المرور على سهم أكثر من مرة وعلى نفس القرابة أكثر من مرة في طريق واحد . وأن ينعكس اتجاه السهم بعد المرور على الأب المشترك . كما أنه من الممكن أن نجد أكثر من طريق للوصول من X الى Y عن طريق الأب المشترك وفي هذه الحالة تحسب n لكل طريق مستقل .
5. نحسب احتمال التشابه عن طريق كل أب مشترك بالتعويض في $\sum \left(\frac{1}{2}\right)^{n}$
6. تجمع احتمالات التشابه عن طريق الآباء المشتركة كلها .
7. يُحسب معامل القرابة من المعادلة التالية :

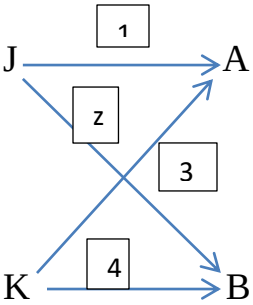
$$R_{xy} = \sum \left(\frac{1}{2}\right)^{n}$$

مثال 1. من سجل النسب التالي ، أحسب العلاقة بين A و B



1. الأب المشترك هو M حيث يمكن عن طريقه الوصول من A الى B أي أنه يمرر جيناته الى كل من A و B .
2. عدد الأسهم من A الى B عن طريق الأب M هي 2 (2 و 3) .
3. لا توجد آباء مشتركة أخرى .
4. معامل القرابة هو $R_{AB} = (\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}$

مثال2. احسب معامل القرابة بين الفردين A و B من سجل النسب التالي :



1. الآباء المشتركة هي J و K حيث أن كليهما يمرران جيناتهما الى A و B .
2. عدد الأسهم من A الى B عن طريق الأب J هي 2 (1 و 2) .
   عدد الأسهم من A الى B عن طريق الأب K هي 2 (3 و4) .
3. احتمال التشابه عن طريق J هو $(\frac{1}{2})^2$.
   و احتمال التشابه عن طريق الأب K هو $(\frac{1}{2})^2$.
4. اذن احتمال التشابه عن طريق الآباء المشتركة

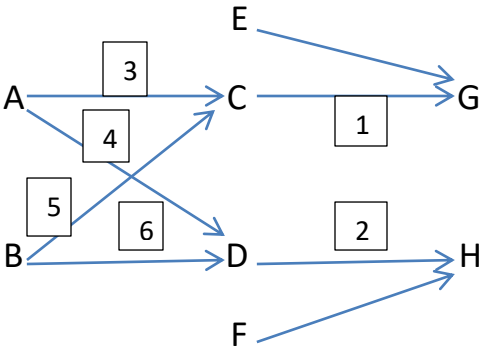
$$= \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

معامل القرابة

مثال3. من سجل النسب التالي احسب :

R_{ED} , R_{GH} , R_{CD}



لحساب R_{CD} نلاحظ أن الآباء المشتركة بينهما هي A و B ، لذا فالتشابه عن طريق الأب A هو (3 و 4) :

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

والتشابه عن طريق الأب B هو (5 و6) :

$$\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

So , $R_{CD} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$

لحساب R_{GH} نلاحظ نلاحظ أن الآباء المشتركة بينهما هي A و B ، لذا فالتشابه عن طريق الأب A هو :

الأسهم (1- 3-4-2) $\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$

و التشابه عن طريق الأب B هو الأسهم (1-5-6-2) $\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$

So , $R_{GH} = \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{1}{8}$

لحساب R_{ED} نلاحظ لا توجد آباء مشتركة بينهما وبذلك فأن R_{ED} = صفر

<u>حساب معامل القرابة في حالة وجود تربية داخلية</u> :

وتسمى أيضا تربية الأقارب وتعرف بأنها تزاوج أفراد معامل القرابة بينها أكبر من متوسطه في القطيع . وتقاس شدة التربية الداخلية بمعامل اسمه معامل التربية الداخلية Inbreeding coefficient . اذا كان هناك فرد مربى تربية داخلية أي أنه يوجد ارتباط بين الجاميطتين اللتين أتحدتا لتكونا هذا الفرد فسيكون هناك ارتباط بين الجاميطتين الناتجتين من هذا الفرد . ففي حالة موقع جيني معين في فرد مربى داخليا سيكون هناك ارتباط بين أليلين داخل هذا الموقع الجيني باحتمال أكبر بأن هذين الأليلين يكونان متماثلين وبذلك يمكن تعريف معامل التربية الداخلية بأنه (نسبة النقص في المواقع الأليلية الخليطة أو الزيادة في المواقع الأليلية

المتماثلة) أي نقص الخليط وزيادة المتماثل نتيجة لتزاوج أفراد بينهما قرابة . فإذا كانت التربية الداخلية تزيد من احتمال تماثل الأليلين في الفرد المربى داخليا فإن هذا الفرد سيعطي لابنائه الجينات نفسها باحتمال أكبر من فرد غير مربى داخليا وبذلك تكون درجة القرابة بينهما أكبر ولذلك يجب أن يدخل في الاعتبار معامل التربية الداخلية للآباء المشتركة عند حساب معامل القرابة بين الأفراد ومن هذا يمكن استنتاج أنه كلما زاد معامل التربية الداخلية للأب زاد معامل القرابة بينه وبين ابنائه من جهة، وبين ابنائه وبعضهما من جهة أخرى . أي أنه كلما كان الفرد مربى داخليا بدرجة أكبر زاد التشابه بينه وبين ابنائه وهذا ما يقصد به الأصطلاح Prepotency أي قدرة الأب على انتاج نسل مشابه له ولبعضهما البعض في نفس الوقت وهو ما يسمى أحيانا بطبع القطيع بطابع معين . وعلى ذلك يكون التصور النهائي لمعامل القرابة في حالة وجود أفراد مرباة تربية داخلية بالصورة التالية :

$$R_{xy} = \frac{\sum\left(\frac{1}{2}\right)^n (1+F_{cp})}{\sqrt{(1+F_x)(1+F_y)}}$$

حيث F_{cp} = معامل التربية الداخلية للأب المشترك common parent .

F_x = معامل التربية الداخلية للفرد x و F_y = معامل التربية الداخلية للفرد y .

<u>في حالة أن يكون الأب المشترك للآباء نفسها غير مربى داخليا</u> :

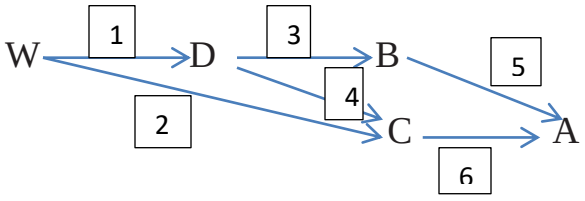
يمكن حساب معامل التربية الداخلية لأي فرد في العشيرة بحيث ان يكون هذا الفرد مربى داخليا عن طريق أب مشترك . وفي حالة أن يكون الأب المشترك غير مربى داخليا فأن معامل التربية الداخلية للفرد x يساوي نصف بسط معامل القرابة بين أبويه :

$$F_x = \frac{1}{2}\sum\left(\frac{1}{2}\right)^n (1 + F_{cp})$$

حيث n عدد الأسهم الداخلة في تكوين المسار الكامل المحتوى على الفرد X بشرط ألا يكون الأب المشترك للآباء نفسها مربى داخليا . وبما أن الأب المشترك غير مربى داخليا فأنه يمكن اختصار المعادلة السابقة لتصبح :

$$F_x = \frac{1}{2}\sum\left(\frac{1}{2}\right)^n$$

مثال . احسب معامل القرابة بين الفرد B والفرد C وكذلك معامل التربية الداخلية للفرد A ؟



الحل : من سجل النسب السابق نجد أن أبوي الفرد A هما B و C ولحساب معامل القرابة بينهما نحدد المسارات التي تربط بين B و c كما يلي :

احتمال التشابه عن طريق الأب المشترك D هما (3 و 4) = $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$

احتمال التشابه عن طريق الأب المشترك W هي (3-1-2) = $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$

وبما أن الآباء المشتركة D و W غير مرباة داخليا فأن معامل التربية الداخلية للفرد C يصبح :

$$F_C = \frac{1}{2} R_{WD} = \frac{1}{2} x \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

ومن ثم فأن R_{BC} تمثل مجموع احتمالات التشابه بين الفردين :

$$R_{BC} = \frac{\sum\left(\frac{1}{2}\right)^n (1+F_{cp})}{\sqrt{(1+F_B)(1+F_C)}} = \frac{\frac{1}{4}+\frac{1}{8}}{\sqrt{(1+0)(1+0.25)}} = \frac{\frac{3}{8}}{1.12} = 0.33$$

وبما أن أحد الأبوين للفرد A وهو C مربى داخليا فأن معامل التربية الداخلية للفرد A = نصف بسط معامل القرابة بين أبويه :

$$F_A = \frac{1}{2}\left(\frac{3}{8}\right) = \frac{3}{16}$$