الارتباط المظهري (Phenotypical Correlation) وطريقة حسابه

– **مقدمة:** من المعروف أنَّ مربي الحيوانات يعلم أنَّ كثيراً من العلاقات الواضحة والمتكررة لا يمكن الاعتماد عليها أحياناً واعتبارها حقيقة مثبتة. فمثلاً طول الذيل عند العجلات يُنظَر إليه كدليل على الإنتاجية الجيدة، بينما يرى باحثون آخرون أنَّ هذه الصفة تُعبّر عن الانخفاض في الإنتاج. فلو أنَّ كل ما يقاس على الحيوانات ويَجري وزنه وتقييمه حقيقة واقعة يُمكن على أساسها اقتراح حلول معيّنة دون أيّ مخاطرة، لكان عمل المربي أكثر سهولةً ممّا نتصوره.

– **الارتباط المظهري (Phenotypical Correlation):** إنَّ الصفات التي يتم التوصُّل إلى معاملات ارتباط بينها تُعتبر تراكيب مظهريّة مدروسة، وهذه التراكيب تتوافق مع صفات وراثية محدّدة، ولذلك فإنَّ الارتباط بين صفتين مظهريتين يُطلق عليه الارتباط المظهري.

ولكن من المعلوم أنَّ التغير المظهري الكلي (δ^2_p) يتألف من جزأين:

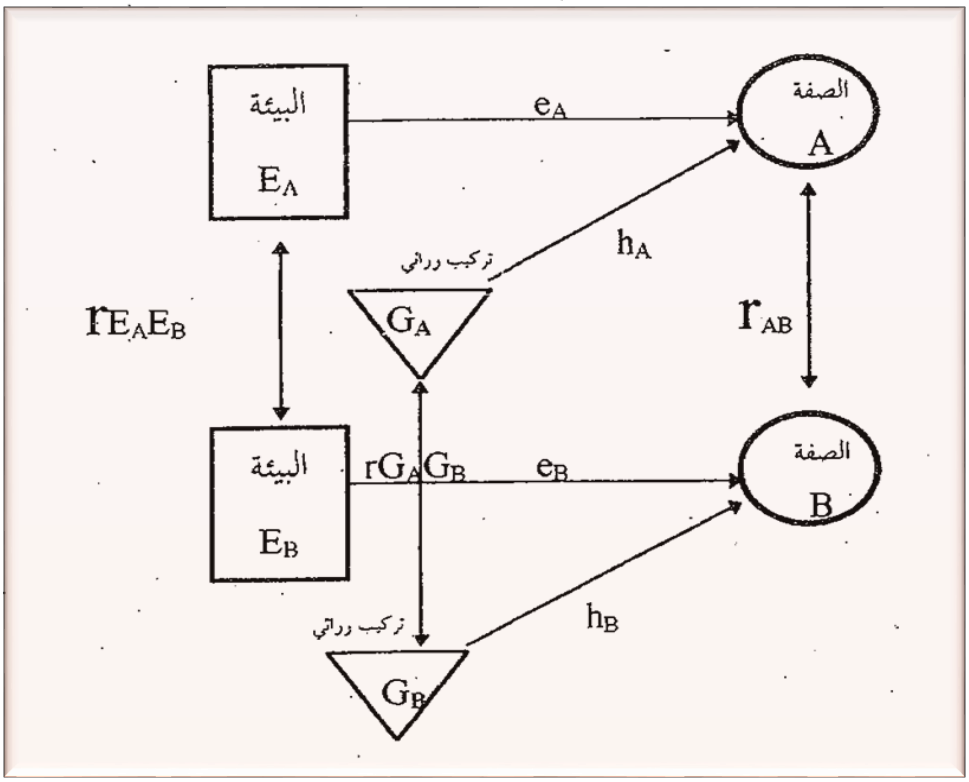
- جزء يعبر عن (يعود إلى) تأثير الوراثة (Genetics): δ^2_G
- وجزء آخر يعبر عن (يعود إلى) تأثير البيئة (Environment): δ^2_E

وبالتالي يكون التباين المظهري الكلي لصفتين ما مساوياً لمجموع التباينين الوراثي والبيئي للصفتين المدروستين :

$$\delta^2_p = \delta^2_G + \delta^2_E$$

أي أنَّ الارتباط في هذه الحالة هو ارتباط يعود لتأثير الوراثة وارتباط آخر يعود لتأثير البيئة، وهذين الارتباطين معاً يكوّنان الارتباط المظهري للصفتين المدروستين.

ويوضّح الشكل التالي (6) هذه العلاقة بيانياً:



شكل رقم (6) مفطط لتحديد وقياس الارتباط المظهري بين صفتين

فالتركيب المظهري للصفة A يعود إلى تأثير البيئة (E_A) ولتأثير التركيب الوراثي لهذه الصفة (G_A) . وينطبق القول نفسه على التركيب المظهري للصفة B (G_B ، E_B) . هذا ويمكن تقسيم العلاقة المظهرية بين كلتا الصفتين (r_{AB}) إلى ارتباطين جزئيين أي :

- ♦ الارتباط الذي يعود إلى الوراثة ($r_{G_AG_B}$)
- ♦ والارتباط الذي يعود إلى البيئة ($r_{E_AE_B}$)

وغالباً ما يلاحظ ارتباط مظهري قوي بين الصفتين . ولكن الارتباط الذي يعود للوراثة منخفض نسبياً بالمقارنة مع الارتباط البيئي . وعند تطبيق برنامج الانتخاب فهذا يعني أن توجيه الانتخاب على صفة واحدة لن يؤدي إلى تغير قيمة الصفة الأخرى تغيراً كبيراً. وقد يلاحظ في حالات أخرى أن الارتباط المظهري يكون ضعيفاً ، بينما الارتباط الوراثي قوياً . وفي هذه الحالة فإن توجيه الانتخاب نحو إحدى الصفات سيؤدي إلى تغيير في الصفة الأخرى.

وهكذا فإنه يمكن تمييز الارتباط الوراثي من الارتباط البيئـي حسـب مستوى العلاقـة المتبادلة بينهما وكذلك حسب الصفة المدروسة . وأمـا الاختلافـات في الصفـات مـا بـين كلا نوعي الارتباط فتعني أن مصادر التغير تعود إلى الوراثة والبيئة وتؤثر في الصفـات مـن خلال اختلافات فيزيولوجية .

طريقة حساب الارتباط المظهري:

يعتبر تحليل التباين أحد الطرق المناسبة باعتباره يسمح بحساب التباين أو التغاير المرافق **Covariance.**

هذا ويعبر عن الارتباط المظهري بين الصفتين x و y بالعلاقة :

$$r_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x . \sigma_y}$$

أما الارتباط الوراثي الجزئي فيساوي :

$$r_{GxGy} = \frac{\sigma_{Gx.Gy}}{\sigma_{Gx} . \sigma_{Gy}}$$

حيث : Gx و Gy التراكيب الوراثية للصفتين المدروستين أما الارتباط البيئي الجزئـي فيحسب بالمعادلة التالية :

$$r_{ExEy} = \frac{\sigma_{ExEy}}{\sigma_{Ex} . \sigma_{Ey}}$$

حيث : Ex و Ey العوامل البيئية .

وبالتالي فإن :

$$\sigma_x^2 = \sigma_{Gx}^2 + \sigma_{Ex}^2$$

أي أن

$$\sigma_{x.y} = \sigma_{GxGy} + \sigma_{ExEy}$$

ولحساب معامل الارتباط المظهري يجب أخذ بعض القيم الأساسية وبشكل خاص مربعات قيم X، Y وجداءاتها X.Y (لبعض الأبقار فقط).

وكذلك حساب الإنتاجية الكلية من الحليب والدهن لكل مجموعة حسب الآباء (الثيران) وللأبقار جميعاً، وترتب النتائج كما في جدول تحليل التباين التالي:

مصادر الاختلاف	عدد درجات الحرية	مجموع المربعات				المجموع الكلي	
		S_x	$M\ S_x$	S_y	$M\ S_y$	P_{xy}	$M\ P_{xy}$
الثيران	p-1	S_{Gx}	MS_{Gx}	S_{Gy}	MS_{Gy}	P_{Gxy}	MP_{Gxy}
الخطأ المتبقي	n-p	S_{Ex}	$M\ S_{Ex}$	S_{Ey}	$M\ S_{Ey}$	P_{Exy}	MP_{Exy}
المجموع	**n-1**	$\mathbf{S_{TOTx}}$	-	$\mathbf{S_{TOTy}}$	-	$\mathbf{P_{TOTxy}}$	-

حيث أنَّ:

S: تعني Square مربع.

M: تعني Mean متوسط.

P: تعني Product جداء.

P: عدد الثيران التربوية.

n: عدد بنات جميع الثيران التربوية.

Ms: وتعني متوسط المربعات والذي يعبّر عن الاختلافات بين الثيران من حيث إنتاجية الحليب لبناتها مقدّراً بـ كغ (الصفة X).

- يُقسم التَّغير (الاختلاف) الكلي إلى قسمين:
  - الاختلاف بين مجموعات البنات ويعود هذا التغير للعوامل الوراثية (G).
  - الاختلاف ضمن مجموعات البنات ويعود هذا التغير للعوامل البيئية (E).

ومن المعلوم أنَّ:

$$\delta^2_{Ex} = M\ S_{Ex}$$

$$\delta^2_{Gx} = \frac{M\ S_{Gx} - M\ S_{Ex}}{n_0}$$

$$M\ S_{Gx} = \delta^2_{Ex} + n_0 \times \delta^2_{Gx}$$

حيث أنَّ (n_0) يساوي تقريباً متوسط معامل الوزن لعدد البنات في المجموعة الواحدة.

وينطبق القول نفسه على تحليل مجموع الجداءات الكُلّية حيث:

$$MP_E = \delta_{Ex.Ey}$$

$$MP_A = \delta_{Ex.Ey} + n_0 . \delta_{Gx.Gy}$$

فيكون التغير المظهري المرافق مساوياً لـ: $\delta_{x.y} = \delta_{Gx.Gy} + \delta_{Ex.Ey}$

أمّا المعادلة العامة لمعامل الارتباط: $r_{x,y} = \frac{Cov\,(x,y)}{S_{(x)}.S_{(y)}} = \frac{\delta x.y}{\sqrt{\delta^2 x.\delta^2 y}}$

ولحساب القيم ($\delta x.y$، δ^2_x، δ^2_y) يجب استكمال جدول تحليل التباين والتغاير المرافق Cov.
ويتم حساب عدد درجات الحرية (p-1)، (n-p)، (n-1).
ويتم حساب القيم في الأعمدة S حسب المعادلات التالية:

$$S_{Gx} = \frac{\sum xi^2}{ni} - \frac{X^2}{n}$$

$$S_{Ex} = \sum x^2 ij - \frac{\sum xi^2}{ni}$$

$$S_{TOTx} = S_{Gx} + S_{Ex}$$

حيث أنَّ X هي لمجموع الكلي لجميع القراءات $\sum x$، وبنفس الطريقة تُستكمَل مُعطيات الصّفة Y.
وبعد ذلك يُحسب جداء كلا الصفتين (x.y):

$$MS_A = \frac{\text{مجموع المربعات}}{\text{درجات الحرية}}$$

وكذلك الأمر بالنسبة للقيم (MS_E، MP_A، MP_E):

$$MP_E = \delta_{Ex.Ey} \qquad MS_E = \delta^2_{Ex}$$

ويُحسب الارتباط البيئي الجزئي والارتباط الوراثي الجزئي من المعادلتين:

$$r_E = \frac{\delta_{Ex.Ey}}{\delta_{Ex}.\delta_{Ey}} \qquad r_G = \frac{\delta_{Gx.Gy}}{\delta_{Gx}.\delta_{Gy}}$$

ولحساب القيم ($\delta_{Gx.Gy}$)، (δ^2_{Gx})، (δ^2_{Gy}) من خلال تطبيق المعادلات التالية:

- التباين الوراثي للصفة (X) يساوي:

$$\delta^2_{Gx} = \frac{MS_A - MS_E}{n_0}$$

- التباين الوراثي للصفة (Y) يساوي:

$$\delta^2_{Gy} = \frac{MS_y - MS_E}{n_0}$$

وبعد ذلك يمكن حساب الارتباط الوراثي الجزئي (r_G)، ثم بعدها حساب الارتباط المظهري (r_p):

$$r_p = \frac{\delta_{X.y}}{\delta_X . \delta_y}$$

مع العلم أنَّ: $\delta^2_x = \delta^2_{Gx} + \delta^2_{Ex}$ و $\delta^2_y = \delta^2_{Gy} + \delta^2_{Ey}$

<u>ويُمكن تفسير النتائج بما يلي:</u>

إنَّ الارتباط المظهري القوي بين صفتي كمية الحليب وكمية الدهن مثلاً والمفسرة من وجهة النظر البيولوجية، يُعطي مؤشرات عن الارتباطين الجزئيين البيئي والوراثي أيضاً، وهذان الارتباطان يدلان على أنَّ الارتباط المظهري العالي (القوي) لكلتا الصفتين المدروستين يُشارك في إحداثِه وبشكلٍ متساوٍ كلٌّ من الظروف البيئية E والتراكيب الوراثية G، ولكن يلاحظ أحياناً أنَّ الارتباط المظهري القوي قد لا يتوافق مع ارتباط وراثي بذات القوة.

وفي حالات أُخرى قد يُلاحظ ارتباط وراثي بين الصفتين ولكن يجب على المربي ألّا يهتم بتحسين هاتين الصفتين معاً عند إجراء التحسين الوراثي. <u>مثال على ذلك:</u> العلاقة بين الدهن والبروتين في الحليب، فعلى مدار العديد من السنوات والأجيال أدّى ارتفاع نسبة البروتين في الحليب بنسبة (1%) إلى زيادة نسبة الدهن بمقدار (1.96%) ويعود ذلك إلى الارتباط الوراثي بين الصفتين.

وتجدُر الإشارة إلى أنَّه في حالة إجراء الانتخاب على صفة واحدة فإنَّ الارتباط المظهري القوي قد يؤدّي إلى تحسين غير ملحوظ لصفة أُخرى.

ويُلاحظ أنَّ حساب الارتباط مهم جدّاً في مجال تربية الحيوان لأنّه لا يمكن تحديد الانتخاب لصفة واحدة فقط. وفي مجال تربية الحيوان لا يمكن تحقيق ذلك مطلقاً لأنَّ هذا العمل يتطلب التّعامل مع مجموعات كبيرة من الأفراد، لأنَّ الفرد يمتلك عشرات الصفات الوراثية التي يجب أخذها بعين الاعتبار أثناء الانتخاب، ولو لم يكن هناك ارتباط بين هذه الصفات لكان العمل أسهل كثيراً ولأمكن إجراء الانتخاب بشكل مستقل لكل صفة على حده.

وراثة الصفات الكمية وتقدير بعض المؤشرات الوراثية للعشيرة
Inheritance Quantitative Characters & Estimation of Heritability & Repeatability

أولاً. وراثة الصفات الكمية:

مقدمة :

تتميز الصفات النوعية Qualitative characters بعضها عن بعض بوضوح ، كما أن إنعزالها لا يحدث أية صعوبة في تقسيم الحيوانات إلى مجموعات تبعاً للصفات التي تميز مجموعة عن أخرى بالشكل المظهري.

أما الصفات الكمية Quantitative characters فلا يمكن التعبير عنها بوصف نوعي دقيق . وهناك تداخلات طفيفة ومتدرجة بين الأفراد من حيث هذه الصفات . وبعبارة أخرى فإن تغير هذه الصفات يكون مستمراً ، فإنتاج الحليب عند الأبقار مثلاً يتذبذب خلال موسم الحلابة من 3000 إلى 10000 كغ أو اكثر . ويمكن تقسيم القطعان الكبيرة إلى مجموعات حسب الشكل المظهري بحيث يعادل الفرق في إنتاج الحليب بين مجموعة واخرى 10 كغ حليب. وتضم كل مجموعة عدة حيوانات . وهذا يعني أنه يمكن تقسيم الأبقار إلى اكثر من 100 مجموعة لكل منها تركيب مظهري محدد، إلا أن أياً من هذه المجموعات لن يعبر عن الانعزال الوراثي.

ويعود التباين المستمر Continuous Variation في الصفات الكمية للعشيرة إلى تأثير المورثات المتضاعفة Polygenes التي يحدث كل مورث منها تأثيراً طفيفاً في تغير الصفة الكمية ، كما انها تتأثر بالظروف البيئية . وتشمل الصفات الكمية عدداً كبيراً من

الصفات الاقتصادية الهامة منها : إنتاج الحليب واللحم والبيض والصوف والوزن الحي ومقاييس الجسم وخصائص المقدرة التناسلية وغيرها.

5-1. طبيعة توريث الصفات الكمية:

يعتمد الانتخاب اعتماداً أساسياً على تقييم الحيوانات حسب الصفات الكمية الهامة اقتصادياً. لذلك فإن لدراسة طبيعة توريث هذه الصفات أهمية كبيرة للغاية عند تقدير القيمة التربوية للحيوانات . ومن أجل وصف عشائر الحيوانات الزراعية وتصنيفها حسب الصفات الكمية فلا يمكن استخدام المقاييس الوراثية مثل تكرار المورثات وتوزع التراكيب الوراثية . وتعتمد المرحلة الأولى لتحليل الصفات الكمية على حساب المقاييس الاحصائية الخاصة بالشكل المظهري مثل المتوسط الحسابي ومتوسط مربعات الانحرافات والتباين الكلي.

ويمكن بمساعدة هذه المقاييس الاحصائية وبدقة محددة وصف الآباء ونسلها الناتج من التهجين المباشر أو من التهجين الرجعي . كما أن استخدام تلك المقاييس عند إنتقاء الحيوانات بهدف التهجين ساعد في التوصل إلى القواعد العامة لتوريث الصفات الكمية.

يلاحظ عند تهجين الحيوانات المختلفة فيما بينها إختلافاً واضحاً في الصفة الكمية أن الجيل الأول لايظهر سيادة الصفة الموروثة من أحد الأبوين ، كما أن طبيعة الانعزال في الجيل الثاني لاتسمح بتوزيع الأفراد إلى عدد محدد من الصفوف المختلفة بالشكل المظهري.

- **وبشكل عام فإنَّ طبيعة توريث الصّفات الكمية يمكن أن تؤدي إلى المبادئ التالية:**

- إنَّ الإنتاج يكون وسطاً عند حيوانات الجيل الأول، ما بين قيم المتوسط الحسابي لنفس الصفة عند الآباء. أي تظهر الوراثة الوسطية (Intermediate Inheritance) أمّا الاختلافات التي تظهر أحياناً في متوسطات القيم للصفة بين الآباء وأنسالها فهي ليست بذات دلالة إحصائية. ويقع منحنى تغيّر الصفة لحيوانات الجيل الأول بين منحنيات توزّع الآباء.
- إنَّ الاختلافات في متوسطات قيم الصفة بين حيوانات الجل الأول والثاني ليست معنوية. إلّا أنَّ تغيُّر الشكل المظهري لحيوانات الجيل الثاني، والذي يظهر من قيم متوسطات مربعات الانحرافات يكون أكبر بالمقارنة مع حيوانات الجيل الأول، وهذا ما يدلّ على انعزال التراكيب الوراثية في الجيل الثاني.
- إنَّ منحنيات التغيُّر للحيوانات الناتجة من التهجينات الرجعية، تنزاح باتجاه منحنيات توزّع الآباء التي استخدمت في التهجين.

وراثة الصّفة، طريقة ظهورها وتحديدها

(معامل القيمة التوريثية Heritability)

ترتبط الصفات الكمية بمشاكل الانتخاب وبالارتباطات الوراثية فيما بينها، ولذلك يُستعمل تحليل التباين كأحد الطرق الفعالة في تحديد وراثة الصفة بمساعدة معامل القيمة التوريثية (h^2).

وتعتمد طرق تحديد معامل القيمة التوريثية (heritability) للصفات الكمّية كلها على أنَّ التّماثل في الطراز المظهري بين الأقارب أكبر منه بين غير الأقارب.

ومن هذه الصّفات المظهرية الكمية صفة إنتاج الحليب، حيث يمكن من خلال طريقة تحليل التباين حساب ما يسمى بالارتباط ضمن الصفوف ($\hat{r}$) ومن ثم حساب قيمة (h^2) للصفة المدروسة.

ولقد تم تحديد معاملات الارتباط المظهري والوراثي والبيئي لكمية الحليب و كمية الدهن للأبقار الناتجة كبنات لأب واحد وتمتلك مستوى قرابة واحد وهو مايعرف بالأخوات نصف الشقيقات التي يبلغ معامل القرابة لها = 0.25 وفي هذه الحالة فإن معامل الارتباط ضمن الصفوف للصفة (X) يساوي:

$$\hat{r}_{(x)} = \frac{MSG_X - MSE_X}{MSG_X + (\bar{n}_0 - 1)MSE_X}$$

حيث $\bar{n}_0$: متوسط عدد النسل للثور الواحد

أو

$$\hat{r}_{(X)} = \frac{\sigma^2_{G_X}}{\sigma^2_X}$$

وبمساعدة القيم الموجودة في الجدول الأخير لتحليل التباين رقم(8)والتي استخدمت فيه معلومات لـ 483 موسم حلابة لبنات 29 ثوراً ، يمكن حساب معامل الارتباط ضمن الصفوف أي:

$$\hat{r}_{(X)} = \frac{377.67}{3646.78} \approx 0.1035$$

ومن المعروف أن معامل القيمة التوريثية يعبر عنه بالعلاقة :

$$h^2 = \frac{\text{التباين الوراثي}}{\text{التباين المظهري}}$$

وبما ان قيمة معامل القرابة بين الأخوة نصف الأشقاء والأخوات نصف الشقيقات يساوي 0.25 لذلك فإنه للحصول على قيمة معامل القيمة التوريثية يجب ضرب قيمة معامل الارتباط ضمن الصفوف بـ 4 أي:

$$h^2_x = 4.\hat{r}_{(x)}$$

$$h^2_x = \frac{4.377.67}{3646.78} \approx 0.414$$

وبطريقة مماثلة يمكن حساب معامل القيمة التوريثية للصفة y.

$$h^2_x = 4.\hat{r}_{(y)} = \frac{4.7510.18}{62885.71} \approx 0.477 \approx 48\%$$

ومن المفيد التذكير بأن قيمة معامل القيمة التوريثية نسبية إذ تتراوح ما بين ∴-1 .

اما متوسط الخطأ لمعامل القيمة التوريثية فيحسب من خلال المعادلة التقريبية التالية :

$$S_{h^2} \approx \left(h^2 + \frac{4}{n}\right)\sqrt{\frac{2}{p}}$$

حيث h^2 : معامل القيمة التوريثية .

n عدد البنات .

p عدد الثيران .

وبتعويض القيم بهذه المعادلة نحصل على :

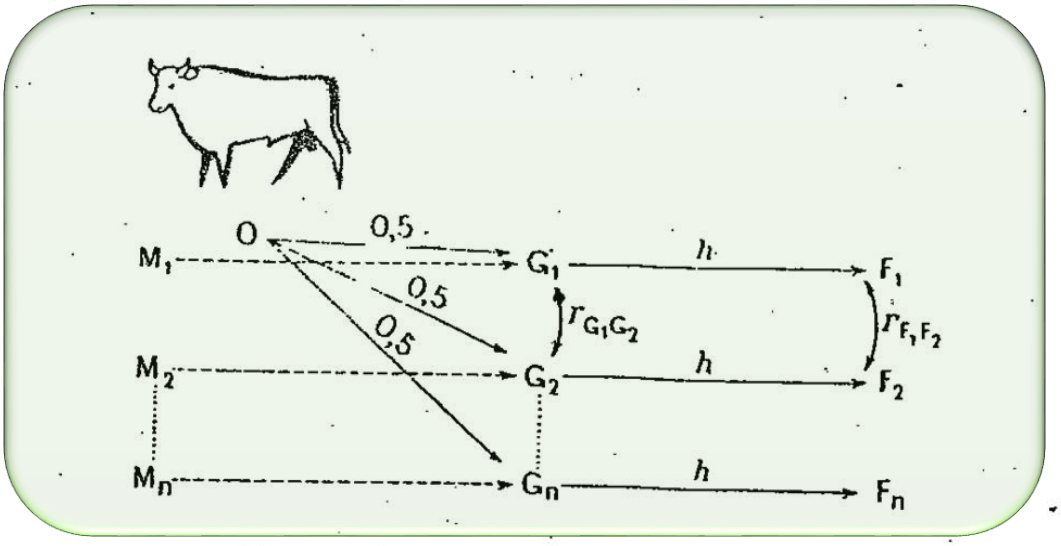
متوسط الخطأ لصفة انتاج الحليب $S_{h^2} = (0.41 + \frac{4}{483})\sqrt{\frac{2}{29}} = 0.17$

أما متوسط الخطأ لصفة كمية الدهن : $S_{h^2} = (0.48 + \frac{4}{483})\sqrt{\frac{2}{29}} = 0.19$

وتعتبر قيم متوسط الخطأ للصفتين كبيرة نوعاً ما حسب رأي كثير من الباحثين.

3. دراسة العلاقة بين معامل القيمة التوريثية والارتباط الوراثي والمظهري :

سنبين فيمايلي الارتباط بين توريث الصفات مع الانتخاب بطريقة مختصرة.



الارتباط الوراثي = $r_{G1G2} = 0.5 \cdot 0.5 = 0.25$

الارتباط المظهري = $r_{F1F2} = h \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot h = r_G \cdot h^2$

الشكل رقم (7) : التشابه الوراثي والمظهري بين الأخوة نصف الأشقاء والأخوات نصف الشقيقات

حيث O = الأب (الثور)

$M_1, M_2, \ldots\ldots M_n$ = أمهات مختلفة (الأبقار) .

$G_1, G_2, \ldots\ldots G_n$ = التركيب الوراثي للنسل 2,1..... n.

$F_1, F_2, \ldots\ldots F_n$ = التركيب المظهري للنسل 2,1..... n.

$r_{G_1G_2}$ الارتباط الوراثي

$r_{F_1F_2}$ الارتباط المظهري.

h 0,5 طرق معاملات الاتجاه.

إن التماثل الوراثي بين الأخوة نصف الأشقاء والأخوات نصف الشقيقات يساوي $r_{G_1} = 0.25$ أما الارتباط المظهري فيمكن حسابه كما هو موضح بالشكل (7) ويساوي:

$$r_{F_1F_2} = h.0.25.0.5h = r_{Gh^2}$$

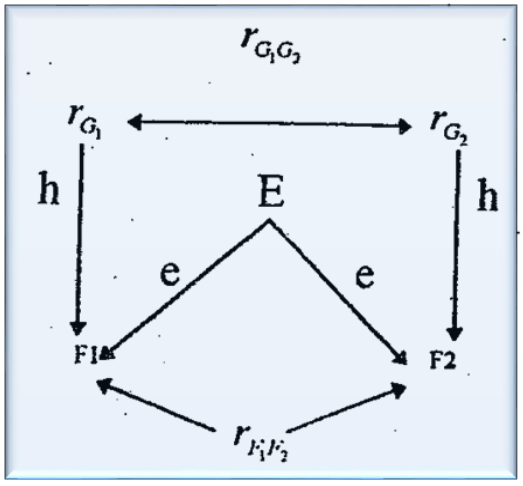
وهكذا فإن الارتباط المظهري يعبر عن المستوى المظهري للصفة عند الحيوانات التي بينها قرابة وتمثل بالمعادلة :

$$r_F = r_G . h^2$$

والتي يمكن كتابتها بالشكل :

$$h^2 = \frac{r_F}{r_G}$$

كلما زادت قيمة r_G زادت قيمة r_F حتّى تقترب من h^2 ، أمّا في حالة التوائم الحقيقية فإنَّ ($r_G = 1$) وبالتالي $h^2 = r_F$



شكل رقم (8) التشابه المظهري بين الأخوة نصف الأشقاء والأخوات نصف الشقيقات مع حساب تأثير البيئة

حيث $G_1, G_2 - 1,2$: التركيب الوراثي للنسل .

$F_1, F_2 - 1,2$: التركيب المظهري للنسل .

E : البيئة .

$r_{G_1G_2}$: الارتباط الوراثي .

$r_{F_1F_2}$: الارتباط المظهري .

h , e : طرق المعاملات .

وبالإضافة إلى العلاقات المتبادلة بين المقاييس الثلاثة هناك عامل آخر هو التأثير البيئي أو تأثير العوامل البيئية المنظمة . عند ذلك يستخدم مصطلح جديد بالإعتماد على الشكل (8) وهو طرق معاملات الاتجاه أي :

$$r_{F_1F_2} = r_G.h^2 + e^2$$

لذلك فإن قيم معامل القيمة التوريثية المحسوبة يجب أن تأخذ بعين الاعتبار عزل تأثير الظروف البيئية المنظمة e^2 . وكلما زادت القرابة بين الأفراد المدروسة يمكن الحكم على قيمة h^2 بدقة $h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2}$.

وهناك طرق أخرى لتقدير معامل القيمة التوريثية باستخدام العلاقة بين الآباء وأنسالها . فمن المعروف أنه يوجد تشابه وراثي بين الآباء وأنسالها يمكن التعبير عنه بمعامل الارتباط الوراثي $r_G = 0.50$. فبين الأمهات وبناتها يمكن كتابة المعادلة:

$$r_{F_DF_M} = r_{Gh^2}$$

حيث $r_G = 0.5$

$r_{G_DG_M}$: الارتباط بين التركيب المظهري للبنات مع أمهاتها.

وهناك طريقة أخرى هي انحدار البنات على الأمهات:

وتستخدم في هذه الحالة انتاجية البنات (y) مع إنتاجية أمهاتها (x) عندها يحسب انحدار البنات على الأمهات أي ($b_{y/x}$) وقد تم حسابها سابقاً (في الجلسة الرابعة) بالعلاقة:

$$b_{y/x} = \frac{S(x,y)}{S^2(x)}$$

وباعتبار أن معامل القرابة بين النسل وأحد أبويه $\frac{1}{2}$ ، فإنه لتقدير معامل القيمة التوريثية يضرب معامل الانحدار $b_{y/x}$ بـ 2 أي

$$h^2 = 2\, b_{y/x} = 2 \times \frac{S(x,y)}{S^2(x)}$$

أمّا متوسط الخطأ لمعامل القيمة التوريثية فيمكن حسابه من المعادلة:

$$S^2_h = \frac{2}{\sqrt{n}}$$

حيث: n :عدد أزواج البنات والأمهات المستخدمة.

وهذه الطريقة من أحد الطرق الأكثر استخداماً في حساب معامل القيمة التوريثية.

إلا أنَّ امكانية الخطأ عند تحديد معامل القيمة التوريثية يتضاعف مرتين لأنَّ ($h^2 = 2b_{y/x}$)،

أمّا عند استخدام معامل الارتباط بين الأنسال فإنَّ الخطأ يتضاعف أربع مرات لأنَّ ($h^2 = 4\hat{r}$).

﴿نهاية الجلسة العملية الخامسة والسادسة﴾

م. علي الجرعتلي