- **المعامل التكراري (Repeatability) r_w :**

وهو معامل الارتباط الناتج عن دراسة مؤشرات الصّفة (إنتاج الحليب) في مراحل مختلفة من تطوّر الحيوان. أي أنَّهُ مقياس وراثي يُعبّر عن العلاقة بين السجلات المتتالية لنفس الحيوان، أو هو معامل الارتباط بين سجلين أو قياسين مختلفين لنفس الحيوان (وبالتالي يمكن حساب معامل الارتباط لعدد من السجلات لنفس الحيوان).

وبمعنى آخر يمكن تعريفه بأنّه: مؤشر وراثي عن مقدرة الحيوان على تكرار نفس الأداء للصّفة من موسم لآخر ويُعبَّر عنه بالنسبة المئوية (%) من التفوّق الذي يُحافظ عليه على عدة مواسم، فمثلاً إذا كان المعامل التكراري لصفة إنتاج الحليب (r_w =0.45) فهذا يعني أنَّ الحيوان لديه القدرة بنسبة 45% اختلاف في انتاج الحليب عن متوسط القطيع في المواسم القادمة.

يُستخدم المعامل التكراري من أجل تقدير نسبة مساهمة كلّ من التركيب الوراثي والبيئة في تغيُّر الصفة من خلال عملية نمو وتطور حيوانات العشيرة. وبمضمونه يُقدّر المعامل التكراري دور المكونات الوراثية والبيئية في تغير الصفة المدروسة ولذلك يجب أن تزيد قيمته عن قيمة معامل القيمة التوريثية (المكافئ الوراثي h^2) لنفس الصفة المدروسة. لذلك يُستخدم للانتخاب بشكل أدق من المكافئ الوراثي.

ويُستخدم حديثاً في علم تربية مواشي الحليب كمقياس لتقدير القيمة التربوية للحيوانات الزراعية (مثل h^2).

ويختلف المعامل التكراري عن معامل القيمة التوريثية بالمفهوم الواسع بأنَّ: علاوةً عن الجزء الوراثي فهو يحتوي على جزء من التباين الكلّي الذي يرجع إلى التباين البيئي الدائم ($\boldsymbol{\delta^2_{(EP)}}$) وهذا الجزء لا ينتقل من جيل إلى آخر ولكنّه ينتقل ويختلف من سجل لآخر لنفس الحيوان، ولهذا يُعبَّر عن المعامل التكراري بالمعادلة التالية:

$$r_w = \frac{\delta^2_{(G)}+\delta^2_{(EP)}}{\delta^2_{(G)}+\delta^2_{(EP)}+\delta^2_{(ET)}} = \frac{\{\delta^2_{(A)}+\delta^2_{(D)}+\delta^2_{(I)}\}+\delta^2_{(EP)}}{\{\delta^2_{(A)}+\delta^2_{(D)}+\delta^2_{(I)}\}+\delta^2_{(EP)}+\delta^2_{(ET)}}$$

حيث أنَّ:

$\boldsymbol{\delta^2_{(A)}}$ = التباين التّراكمي (Additive Variance): (تباين القيمة التربوية) وهو الأهم في التحسين الوراثي.

$\boldsymbol{\delta^2_{(D)}}$ = تّباين السّيادة (Dominance Variance): وتظهر أهميته عندما يكون تكرار المورث المتنحي قليلاً.

$\boldsymbol{\delta^2_{(I)}}$ = التباين التفوّقي (Epistemic Variance): وهو الأكثر تعقيداً لأنَّه يشير للعلاقة المتبادلة للمورثات.

$\boldsymbol{\delta^2_{(EP)}}$ = تباين الأثر البيئي الدائم (Environmental Permanent): يلازم الحيوان مدى حياته.

$\boldsymbol{\delta^2_{(ET)}}$ = تباين الأثر البيئي المؤقَّت (Environmental Temporary): يختلف من سجل لآخر.

- **الاستجابة للانتخاب R (Response to Selection) أو (كفاءة الانتخاب) أو فعاليّة الانتخاب Δ_G:**

يُمكن تعريفها بأنَّها: مقدار الفرق في متوسط القيمة المظهرية للصفة بين نسل الآباء المُنتخبة وبين القطيع الذي انتُخبت منه الآباء. وهي مقدار الاستجابة للتحسين الوراثي أو التحسين الوراثي المتوقع من الانتخاب على أساس صفة معينة لسجل واحد أو عدّة سجلات (n) للحيوان وتعطى بالمعادلة التالية:

$$\Delta_G = S_D \times h^2$$

حيث أنّ: S_D هو الفارق الانتخابي، **R** أو Δ_G: الاستجابة للانتخاب (كفاءة الانتخاب)

- **الفارق الانتخابي S_D(Selection Differential):**

وهو الفرق بين متوسط الآباء المُنتَخبة (M_P) ومتوسط العشيرة الأساسية أو القطيع (M_C) الذي انتُخِبَت منه الآباء للصفة المدروسة، وتتعلّق قيمته بتعداد العشيرة التي يجري فيها الانتخاب وبمتوسط التغيُّر المظهري للمؤشر الانتخابي، وهو يتناسب عكساً مع تعداد أفراد العشيرة المخصصة للتربية فكلّما زاد تعداد أفراد العشيرة والأفراد المنتخبة كلما قل الفارق الانتخابي. وكلّما زادت قيمة الفارق الانتخابي كلما كان مستوى التحسين الناتج عن الانتخاب أكبر.

ويُمكن حسابه من خلال المعادلتين التاليتين: $S_D = M_p - M_c$

أو يُحسَب للآباء بالمعادلة: $S_D = \frac{S_{DM} + S_{DS}}{2}$

حيث أنَّ: S_{DS} : الفارق الانتخابي للآباء ، S_{DM}: الفارق الانتخابي للأمهات.

- **شدّة الانتخاب I (Intensity of Selection):**

وهي الفارق الانتخابي مُعَبَّراً عنه بوحدات من الانحراف القياسي ولذلك يمكن تسمية شدّة الانتخاب أيضاً بالفارق الانتخابي القياسي. وتُحسب شدّة الانتخاب من المعادلة التالية:

$$I = \frac{S_D}{\delta p} = \frac{\text{الفارق الانتخابي}}{\text{الانحراف المعياري للصّفة}}$$

وفي المثال (1) وبعد حساب معامل القيمة التوريثية ($h^2 = 17.6\%$ في حالة الأخوة الأشقاء) يُمكن حساب كل من (الفارق الانتخابي S_D، شدّة الانتخاب I، كفاءة الانتخاب أو الاستجابة للانتخاب **R**):

وعلى فرض أنَّ متوسط العشيرة (M_c) من إنتاج الحليب = 2500 كغ، ومتوسط الآباء(M_P) = 3200 كغ:

$$S_D = M_p - M_c = 3200 - 2500 = 700 \text{ kg}$$

$$I = \frac{S_D}{\delta X} = \frac{700}{\sqrt{135436.91}} = \frac{700}{368.01} = 1.90$$

$$\Delta_G = S_D \times h^2 = 700 \times 0.176 = 123.2\ kg$$

- **مثال (2):** إذا كان الفارق الانتخابي بين أفراد قطيع ما من سلالة أبقار الفريزيان 400 كغ ومعامل القيمة التوريثية لهذه الصفة 0.25، فما هي الاستجابة المتوقعة من الانتخاب في النسل؟

الحل:

$$\Delta_G = S_D \times h^2 = 400 \times 0.25 = 100\ Kg$$

- **مثال (3):** إذا كان الفارق الانتخابي في بعض الآباء المنتخبة لصفة وزن الفطام في أبقار اللحم 20 كغ، وكان معامل القيمة التوريثية 0.50، فكم تكون الزيادة المتوقعة في وزن الفطام عند الأبناء عن بقية القطيع إذا كان متوسط القطيع 150 كغ.

الحل:

الكسب الوراثي (الزيادة المتوقعة عند الأبناء) = 20 × 0.50 = 10 كغ.

وبما أنَّ متوسط القطيع 150 كغ فإنَّ: متوسط الآباء المنتخبة = 150 + 20 = 170 كغ.

أمّا متوسط النسل فيكون 150 + 10 = 160 كغ. (لأنَّ$h^2 = 0.50$).

- **مثال (4):** عند استبقاء 30% من الدجاج لاستخدامها كآباء في القطيع يكون الشّد الانتخابي المكافئ لها (1.16)، وكان الانحراف المعياري لإنتاج البيض 40 بيضة، ومعامل القيمة التوريثية للصفة المدروسة 0.20، فكم تكون الزيادة المتوقعة في الأبناء؟

الحل: الكسب الوراثي (الزيادة المتوقعة في الأبناء) = 1.16 × 40 × 0.20 = 9.27 بيضة بالمتوسط.

$I = \frac{S_D}{\delta X}$: $S_D = I \times \delta X = 1.16 \times 40$

- **العوامل المؤثّرة على الفارق الانتخابي (S_D):**

1– نسبة الأفراد المنتخبة.

2– الجنس.

3– الانحراف المعياري للصفة المدروسة (δX).

4– عدد الصفات التي ينتخب لها في آن واحد (n).

5– المكافئ الوراثي (h^2).

6– طول فترة الجيل (L). حيث أنه إذا عُلم طول فترة الجيل يتم حساب الكفاءة الانتخابية بناءً على طول الجيل بالمعادلة التالية: $\Delta_G = \frac{S_D \times h^2}{L}$.