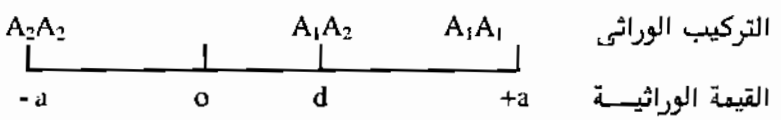
تطبيق القانون فى التقدير الكمى لتاثير الجين على الفرد والعشيرة

متوسط العشيرة والقيمة الوراثية

يعتبر متوسط العشيرة population mean من أهم القيم الإحصائية التى تستخدم فى الوصف الكمى للعشيرة، وهو يمثل متوسط التراكيب الوراثية التى تتكون منها العشيرة. ونوجز - فيما يلى - كيفية التوصل إلى المعادلة التى تستخدم فى حساب متوسط العشيرة (عن Falconer ١٩٨١، و Fehr ١٩٨٧)

نفترض أن صفة ما يتحكم فيها جين واحد، له أليلان، هما A_1، و A_2 ونفترض - أيضًا - أن القيمة الوراثية genotypic value للتركيب الوراثى الأصيل A_1A_1 هى (+a)، وللتركيب الوراثى الأصيل الآخر A_2A_2 هى (-a)، وللتركيب الوراثى الخليط A_1A_2 هى (d)، فإذا كان الأليل A_1 هو الذى يزيد من الصفة وكانت النقطة (0) تمثل القيمة الوسيطة بين التركيبيين الوراثيين الأصيلين، كما هو مبين فى الشكل التالى



فإن قيمة التركيب الوراثى الخليط (أى d) تعتمد على درجة السيادة، ففى غياب السيادة تمامًا تكون (d) مساوية للصفر، بينما تكون (d) موجبة إذا كان الأليل A_1 سائدا على A_2 وتكون سالبة إذا كان الأليل A_2 سائدًا على A_1

وعندما تكون السيادة تامة تكون (d) مساوية لـ (+a) أو لـ (-a)، بينما تكون قيمة d أكبر من (+a)، أو أقل من (-a) فى حالة السيادة الفائقة over dominance

ويعبر عن درجة السيادة بالقيمة d/a

هذا إلا أن القيمة الوراثية للتراكيب الوراثية الموجودة فى العشيرة لا تتأثر بالتراكيب الوراثية فقط، وإنما بنسبها إلى بعضها البعض أيضًا، ويطلق على القيمة التى تنتج من ذلك اسم متوسط العشيرة، وهى التى تحسب كالآتى:

التركيب الوراثي	النسبة	القيمة	النسبة × القيمة
A_1A_1	p^2	+a	p^2a
A_1A_2	2pq	d	2pqd
A_2A_2	q^2	-a	$-q^2a$

المجموع: $M = a(p-q) + 2\,dpq$

وبذا . فإن متوسط أداء العشيرة فى جين واحد بآليلين يتحـدد بمعادلـة "المجمـوع" السابقة، أى إن.

$$M = a\,(p-q) + 2\,dpq$$

علمًا بأن:

M = متوسط العشيرة population mean.

a = قيمة التركيب الوراثى الأصيل (، و a- للتركيب الوراثى الأصيل الآخر).

p = نسبة أحد الآليلين.

q = نسبة الآليل الآخر.

d = قيمة التركيب الوراثى الخليط.

p^2، و q^2، و 2 pq. نسب مختلف التراكيب الوراثية.

وتحدد قيمة a لأى تركيـب وراثـى أصيـل بطـرح متوسـط أداء الـتركيبيين الور ثيين الأصيلين من أداء التركيب الوراثى الأصيل، فمثلاً:

$$+a \text{ for } A_1A_1 = A_1A_1 - [(A_1A_1 + A_2A_2)/2]$$

$$-a \text{ for } A_2A_2 = A_2A_2 - [(A_1A_1 + A_2A_2)/2]$$

أما قيمة d فهى متوسط درجة السيادة بين الآليلين، وتقدر بطرح متوسـط الـتركيبيين الأصيلين من قيمة التركيب الوراثى الخليط، أى إن:

$$d = A_1A_2 - [(A_1A_1 + A_2A_2)/2]$$

وكما أسلفنا بيانه .. فإن قيمة d تكون أكبر من الصفر، ولكـن أقـل مـن a فـى حالـة

السيادة الجزئية، وتتساوى مع a فى حالة السيادة التامة، بينما تزيد قيمة d عن قيمة a فى حالة السيادة الفائقة.

وتتراوح نسبة أى آليل فى العشيرة بين صفر، و ١، ولكن مجموع نسب الآليلات عند أى موقع جينى يساوى واحد صحيح.

وتحدث التغيرات فى متوسط العشيرة نتيجة لتغير نسب الآليلات فى الموقع الجينى الواحد بين أفراد العشيرة، لأن قيمتا a، و d فى العشيرة لا تتغيران بالنسبة لأى موقع جينى (ولكنهما قد يتباينان – بطبيعة الحال – بين المواقع الجينية)

وتتغير قيمة M فى الحالات المختلفة كما يلى:

١ – فى حالة غياب السيادة تكون (d) مساوية للصفر، وتصبح المعادلة كما يلى

$$M = a (1 - 2q)$$

٢ – فى حالة السيادة التامة تكون (d) مساوية لـ (a)، وتصبح المعادلة كما يلى

$$M = a (1 - 2q^2)$$

٣ – فى حالة تأثر الصفة بعديد من العوامل الوراثية – كما هى الحال فى الصفات الكمية – تصبح المعادلة كما يلى

$$M = \Sigma a(p - q) + 2 \Sigma dpq$$

وتفترض تلك المعادلة عدم وجود تفاعل بين الجينات يمكن أن يؤثر على متوسط العشيرة

وعلى الرغم من عدم توفر وسيلة لتقدير قيمة a، و d، و p، و q لكل موقع جينى على حدة لصفة كمية، فإن فهم دورها فى تحديد قيمة متوسط العشيرة يساعد فى تقييم دور الانتخاب فى أداء العشيرة

متوسط تأثير الجين

لكى يتسنى فهم العوامل المؤثرة على متوسط العشيرة . فإنه تلزم دراسة متوسط تأثير كل جين على حدة average effect of single genes، وهو الذى يمثل بمتوسط انحراف

قيم الأفراد التى تحتوى على هذا الجين عن متوسط العشيرة. فلو أن هـذا الجـين يوجـد منه آليلان هما A_1، و A_2 بنسبة p، و q على التوالى .. فإنه يمكن تقديـر متوسـط تأثـير الآليل A_1 (أو α_1)، والآليل A_2 (أو α_2) كما يلى:

الجاميطات	قيم ونسب التراكيب الوراثية المتكونة			متوسـط قيم التراكيب الوراثية المتكونة	متوسط العشيرة	متوسط تأثير الجين
	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2			
	a	d	-a			
A_1	p	q		pa + qd	-[a (p-q) + 2dpq]	q [a+d (p-q)]
A_2		p	q	-qa + pd	-[a(p-q) + 2 dpq]	- p [a+d (q-p)]

وبفرض أن الجاميطات التى تحمل الآليل A_1 تتحد عشوائيًا مع الجاميطات الأخرى فى العشيرة .. فإن نسبة التراكيب الوراثية المنتجة تكون P من A_1A_1، و q مـن A_1A_2، وتكون القيمة الوراثيـة للـتركيب A_1A_1 هـى (a+)، وللـتركيب A_1A_2 هـى (d)، ويكـون المتوسط هو pa + qd، ويكون الفرق بين هذه القيمة ومتوسـط العشـيرة هـو متوسـط تأثـير الآليل A_1. وبحساب قيمة متوسط العشيرة من المعادلة الخاصة بها .. نجد أن

$$\alpha_1 = pa + qd - [a(p - q) + 2dpq]$$
$$= q[a + d(p - q)]$$
$$\alpha_2 = -p[a + d(p - q)]$$

ويكون متوسط تأثير الجين (أو α) كما يلى:

$$\alpha = a + d(p - q)$$

وتكون العلاقة بين α ، و α_1، و α_2 كما يلى:

$$\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$$
$$\alpha_1 = q\,\alpha$$
$$\alpha_2 = -p\,\alpha$$

قيمة التربية

إن قيمة التربية breeding value لفرد ما هى الجزء مـن قيمتـه الوراثيـة genotypic value الذى يحدد متوسط أداء نسله. وتتحدد قيمة التربيـة للفـرد بجمـع متوسـط تأثـير جيناته المتحكمة فى الصفة، وهى تعرف كذلك بالتأثير الإضافى للجينات.

وتتحدد العلاقة بين متوسط تأثير إحلال الجين average effect of a gene substitution مع درجة السيادة عند الموقع الجينى بالمعادلة التالية:

$$\alpha = a + d(q - p)$$

حيث إن.

α = متوسط تأثير إحلال الجين

a = الفرق بين التركيب الوراثى الأصيل ومتوسط التركيبيين الوراثيين الأصيلين (+a أو -a)

d = الفرق بين التركيب الوراثى الخليط ومتوسط التركيبيين الوراثيين الأصيلين

p، و q = نسب الآليلين فى العشيرة.

وفى غياب التفاعل فإن مجموع متوسط تأثير جينات الفرد المتحكمة فى الصفة الكمية يساوى قيمة التربية التى يُتحصل عليها بتزاوج الفرد مع عشيرة ما، مع حساب انحراف أداء النسل عن متوسط العشيرة.

وتحسب قيمة التربية breeding value لكل تركيب وراثى، كما يلى:

التركيب الوراثى	قيمة التربية
A_1A_1	$2\alpha 1 = 2q\,\alpha$
A_1A_2	$\alpha_1 + \alpha_2 = (p - q)\,\alpha$
A_2A_2	$2\alpha_2 = -2p\alpha$

وتحسب قيمة التربية فى حالة وجود أكثر من آليلين على أساس أنها تمثل مجموع تأثير أى آليلين يوجدان فى التركيب الوراثى للفرد، وهى تمثل جزءًا من القيمة الوراثية للفرد، وهو الذى يحدد قيمة النسل أو سلوكه.

ويمكن توصيف العشيرة بمقدار التباين الوراثى الذى تحتويه وأنواعه ويعتمد التحسين الوراثى لأى صفة كمية على الانتخاب الفعال بين الأفراد التى تختلف فى قيمتها الوراثية genotypic value. وتمثل الاختلافات فى القيم الوراثية التباين الوراثى للعشيرة

ويمكن تحديد القيمة الوراثية إما على أساس الجين الواحد، وإما كدالة على جميع الجينات التى تتحكم فى الصفة الكمية فى الفرد الواحد.

ففى حالة القيمة الوراثية للموقع الجينى الواحد تكون:

$$G = A + D$$

حيث إن:

G = القيمة الوراثية genotypic value.

A = قيمة التربية breeding value (أو التأثير الإضافى للجين).

D = الانحراف الذى يرجع إلى السيادة dominance deviation.

ويقدر الانحراف الذى يرجع إلى السيادة من المعادلة السابقة؛ إذ إنه يمثل الفرق بين القيمة الوراثية وقيمة التربية.

وتكون القيمة الوراثية لجميع الجينات معًا، كما يلى:

$$G = A + D + I$$

حيث إن:

A = مجموع قيم التربية للجينات المختلفة.

D = مجموع الانحرافات العائدة إلى السيادة.

I = مجموع الانحرافات العائدة إلى التفاعل بين الجينات غيرالآليلية epistatic deviation.

ويقال عند غياب D، و I أن الجينات ذات تأثر إضافى؛ إذ يعنى الفعل الإضافى للجين additive gene action إما غياب السيادة بالنسبة للآليلات فى الموقع الجينى الواحد (الجينات الآليلية)، وإما غياب التفوق بالنسبة للجينات غير الآليلية.

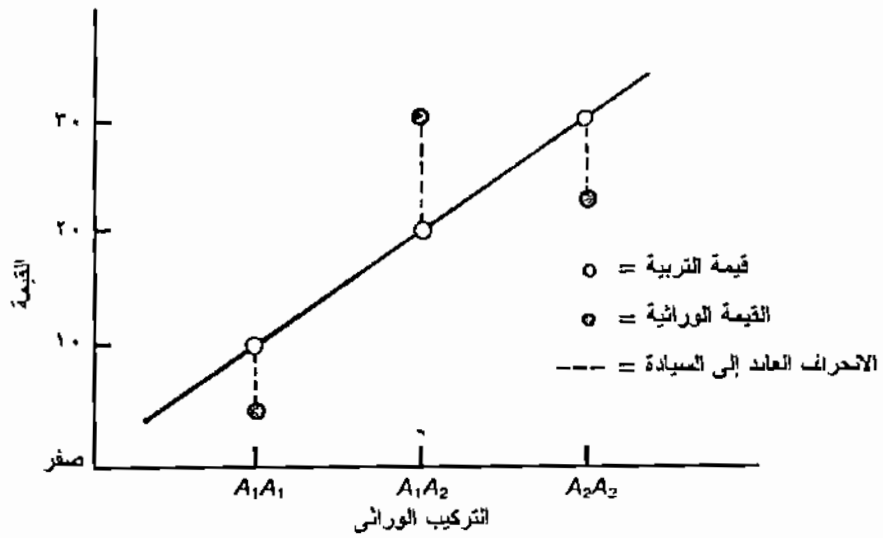
انحراف السيادة

إن الانحراف الذى يرجع إلى السيادة (اختصارًا: انحراف السيادة) dominance deviation عند موقع جينى ما هو الفرق بين القيمة الوراثية (G) وقيمة التربية (A) لهذا الفرد، كما يلى:

$$D = G - A$$

ويمثل انحراف السيادة تفاعل الأليلات عند الموقع الجيني الواحد intralocus interaction

ويوضح شكل (١٢-٢) العلاقة بين كل من قيمة التربية breeding value (أو التأثير الإضافي additive effect)، وانحراف السيادة dominance deviation (أو تأثير السيادة dominance effect)، والقيمة الوراثية genotypic value (عن Fehr ١٩٨٧)



شكل (١٢-٢) العلاقة بين القيمة الوراثية genotypic value، وقيمة التربية breeding value، والانحراف العائد إلى السيادة dominance deviation

ويمكن بيان العلاقة بين القيم التى سبقت دراستها كما يلى

التركيب الوراثى	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
التكرار	p^2	2pq	q^2
القيمة الخاصة بالتركيب الوراثى	a	d	-a
الانحراف عن متوسط العشيرة			
القيمة الوراثية	2q (a - pd)	a(q - p) + d(1 - 2pq)	-2p (a + qd)
	2q (α - qd)	(q - p) α + 2pqd	-2p (α + pd)
قيمة التربية	2 q α	(p - q) α	-2 pα
الانحراف العائد إلى السيادة	- $2q^2d$	2pqd	$-2p^2d$

هذا . مع العلم بأن القيمة الوراثية قد عبر عنها بقيمة (a)، أو بقيمة (α)، وعبر عن الانحراف العائد إلى السيادة فى صورة (d)، علما بأن (d) = صفرًا فى غياب السيادة، حيث تتساوى القيمة الوراثية مع قيمة التربية

تفاعل التفوق

إن القيمة الوراثية لفرد ما فى صفة كمية يمكن أن تتأثر بالتفاعل بين الآليلات فى المواقع المختلفة، وهو ما يعرف باسم تفاعل التفوق epistatic interaction (أو interlocus interaction) وفى غياب التفوق فإن القيمة الوراثية لكل الجينات المتحكمة فى الصفة تساوى مجموع القيم الوراثية لمختلف الجينات. لكن فى وجود التفوق فإن الأمر يختلف بسبب التفاعل الذى يحدث بين آليلات مختلف المواقع الجينية

إن أنواع تفاعلات التفوق التى يمكن حدوثها فى صفة كمية يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية هى: إضافى x aditive إضافى، وإضافى × سيادة dominance، وسيادة × سيادة وبالنسبة لثلاثة جينات فإن أنواع التفاعلات تزداد، وتتضمن إضافى × إضافى × إضافى، وإضافى × إضافى × سيادة . . إلخ. هذا مع العلم بأن كلمة additive تشير إلى قيمة التربية، وكلمة dominance تشير إلى انحراف السيادة. ويعنى ذلك – فى حالة صفة كمية يتحكم فيها زوجان من الجينات – أن التفاعل إضافى × إضافى – مثلاً هو التفاعل بين قيمة التربية عند الموقعين الجينيين، وأن التفاعل إضافى × سيادة هو التفاعل بين قيمة التربية فى أحد المواقع وانحراف السيادة فى الموقع الآخر، بينما التفاعل. سيادة × سيادة هو التفاعل بين انحراف السيادة فى الموقعين. وعند وجود ثلاثة (أو أكثر) من المواقع الجينية التى يوجد بينها تفوق، فإن التفاعلات يمكن أن تكون إضافى × إضافى × إضافى، أو إضافى × إضافى × سيادة ... إلخ

استخدام القانون فى تقدير مكونات التباين الوراثى

إن مكونات التباين الوراثى تتحدد بالعشيرة التى يُحصل منها على تقديرات تلك المكونات، فنجد أن القيم الوراثية، وقيم التربية، وانحرافات السيادة، وتفاعلات التفوق تتأثر جميعها بدرجة السيادة فى الموقع الواحد، ونسب الآليلات فى العشيرة