

# QUANTITATIVE GENETICS

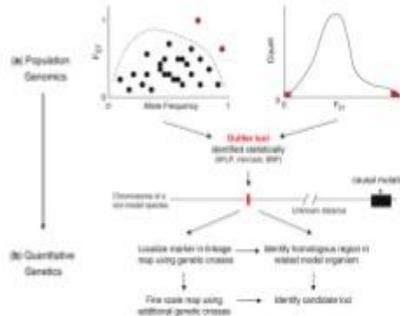
Ajinder Singh Kaler

## المحاضرة الاولى الوراثة الكمية

ان معظم الصفات الاقتصادية ( الانتاجية) هي كمية او ما تسمى مترية وبذلك فهي تتصف بكونها صفات مستمرة اي تتبع التوزيع الطبيعي. اذ نجد من الصعوبة التمييز بين المواقع الوراثية عند زيادة عددها اي ان التباين يصبح قليل كون كل اليل في ذلك الموقع له تأثيره فمثلا اذا كان لدينا 6 مواقع و 12 موقع نجد ان ما بين 6 مواقع وراثية و 12 موقع بينها تقع مواقع وراثية بمعنى ان الاليل 1 الخاص بالست مواقع تأثيره يشكل 30% بينما نسبة الاليل 1 في 12 موقع نسبته تصل الى 5% من مجموع المجتمع لتلك الصفة. وكما هو معروف نقاط الفرق بين الصفات الكمية والنوعية والتي تم التطرق اليها في مادة تربية وتحسين حيوان (مراجعة الموضوع). من ذلك نجد ان القواعد الوراثية التي تتحكم في وراثة الصفات الكمية متشابهة لوراثة مندل لكن لا يمكن متابعة انعزال الجينات لذا انشئ هذا الفرع من الوراثة الذي يجمع بين الوراثة والاحصاء لغرض دراسة خواص المجتمع التي عجزت الوراثة المنديلية بتصنيف الافراد حسب النسب المنديلية المعروفة. هنالك ظاهرتين تتعلق بالصفات الكمية الاولى التشابه بين الاقارب اي الافراد التي تربطهم صلة قرابة والاخرى تدهور الصفات بسبب التربية الداخلية وكل من هذه الطرق تعد اساس في التحسين الوراثي.

## Introduction

- Quantitative Genetics: Focus on the inheritance of quantitative trait
- Number of genes controlling a trait increases and importance of the environmental effect on phenotype of trait increases



### \*\* تأثير الجين او عمل الجين gene effect or gene action

للجين ثلاث تأثيرات : تجميحي (additive=A) وسيادي (Dominance=D) وتفوقي (Epistasis=I).

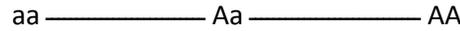
التجميحي هو تأثير الاليا في الصفة اي التأثير الثابت له بغض النظر عن موقعه او الاليل الآخر اما السيادي فهو تفاعل الجين مع اليله في نفس الموقع الوراثي والتفوقي التفاعل بين النواقع غير الاليله. تكمن اهمية دراسة الصفات الكمية كون المجتمع ان ذلك المجتمع فيه متوسطات (Means) وتباينات (Variance) والتغاير (التباين المشترك COV) ، كما ان عملية تقسيم المجتمع الى عوائل يسمح لنا بتحليل التباين الى مكوناته وهذا هو الاساس في حساب درجة التشابه بين

الإقارب. كما نستطيع ملاحظة نتائج التجارب من تطبيق الطرق الوراثية كالانتخاب والتربية الداخلية والتربية الخارجية فضلا عن كيفية استخدام المشاهدات المأخوذة من المجتمع كأساس في إيجاد الطرق الوراثية الملائمة.

### \*\* القيم والمتوسطات والتباينات في المجتمع

كل صفة تقاس بوحدات هي قيمة وتدعى بالقيمة المظهرية (PV) وهذه القيمة هي محصلة لقيم وراثية (GV) وانحرافات بيئية (ED) : (  $PV=GV+ED$  ) أي ان التركيب الوراثي يمنح الفرد قيمة معينة والبيئة تسبب انحراف هذه القيمة باتجاه السالب او الموجب وبالتالي فان الانحرافات البيئية تكون محصلتها صفرا وبالتالي فان مجموع القيم المظهرية = مجموع القيم الوراثية (  $\sum P=\sum G$  ) وبالتالي فان متوسط القيمة المظهرية للمجتمع تساوي متوسط القيمة الوراثية للمجتمع. ولحساب متوسط المجتمع نأخذ المثال الآتي :

مثلا لدينا موقع وراثي واحد (ONE LOCUS) فان ذلك الموق يتحكم فيه اليدين بثلاث تراكيب وراثية :



فان قيمة كل تركيب وراثي هي :  $a = AA$  و  $d = Aa$  و  $-a = aa$  وهذه القيم محسوبة كانحراف عن نقطة الوسط (midpoint) والتي تعرف على انها (( القيمة الوسطية او نقطة الوسط ما بين قيمتين من كلا التركيبين النقيين السائد والمتنحي )) من هذا نجد ان القيمة d تمثل نقطة الوسط للموقع الوراثي الواحد. وتأتي d باربع حالات :

- ١-  $0=d$  لا توجد سيادة
- ٢-  $a = d$  سيادة تامة
- ٣-  $a < d$  سيادة جزئية
- ٤-  $a > d$  سيادة تفوقية

### \*\* حساب متوسط المجتمع population mean

يتم حساب متوسط المجتمع في حالة موقع وراثي واحد بضرب كل قيمة في التكرار لكل تركيب وراثي وعلى النحو الآتي :

genotype	Frequency (fre.)	Genotypic value (Gv)	fre * Gv
AA	$p^2$	a	$a * p^2$
Aa	$2pq$	d	$d * 2pq$
aa	$q^2$	-a	$-a * q^2$

وعند الحصول على مجموع حاصل ضرب القيمة في تكرارها ولثلاث تراكيب وراثية سنحصل على معادلة متوسط المجتمع :

$$\Sigma = P^2a + 2pqd - a q^2$$

$$\mu = a(p^2 - q^2) + 2pqd$$

$$\mu = a(p - q) + 2pqd \text{ ----- المعادلة}$$

مثال : مجتمع من ابقار الهولشتاين ما هو متوسطها اذا علمت ان القيم المظهرية لصفة انتاج الحليب كالآتي :

$$AA=30 \text{ kg و } Aa=26 \text{ kg و } aa=18 \text{ kg} \text{ علما ان } p=0.2$$

$$\text{Midpoint} = 30 + 18 / 2 = 24$$

$$a = 30 - 24 = 6$$

$$d = 26 - 24 = 2$$

$$\mu = a(p - q) + 2pqd$$

$$\mu = 6(0.2 - 0.8) + 2 * 0.2 * 0.8 * 2 = - 2.96 \text{ تمثل متوسط المجتمع كانحراف عن نقطة الصفر}$$

القيمة الحقيقية لمتوسط المجتمع  $\mu = -2.96 + 24 = 21.04$

في حالة وجود موقعين وراثيين اي تركيبين وراثيين مثلا AABB فان القيمة الوراثية للتركيب AA هي aA وللتركيب BB هو aB وبالتالي فن القيمة الوراثية للموقعين هي aA+aB بافتراض استبعاد التأثيرات غير التجميعية.

\*\* في حالة موقعين وراثيين اذا كانت  $a=d$  فان قيمة متوسط المجتمع  $\mu = a(1-2q^2)$  اما اذا كنت  $0=d$  فان متوسط المجتمع هو  $\mu = a(1-2q)$

مثال : اذا كان هنالك موقعين وراثيين يؤثران على صفة كثافة الحبيبات الصبغية في الفئران المختبرية B-bb و C-cc وكان تكرار B (0.6) و C (0.8) فما هو متوسط المجتمع؟

	B-	bb	2ab
C-	95	90	5
cc	38	34	4
2ac	57	56	

$$95-38=57a$$

$$95-34=56a$$

$$cc \text{-----} Cc \text{-----} CC$$

$$95-90=5a$$

$$38-34=4a$$

$$bb \text{-----} Bb \text{-----} BB$$

$$2ac=57+56/2=56.5 \rightarrow \text{midpoint}=56.5/2=28.25$$

$$2ab=5+4/2=4.5 \rightarrow \text{midpoint}=4.5/2=2.25$$

$$\mu_C=28.25(1-2*0.2^2)=1.53$$

$$\mu_B=2.25(1-2*0.4^2)=25.99$$

$$\text{mid point}=95+34/2=64.5$$

$$\mu = \mu_C + \mu_B + \text{mid point} \rightarrow 1.53+25.99+64.5=92.02$$
 المتوسط العام الحقيقي للموقعين

### \*\* متوسط اثر الجين Average effect of the gene

يقصد بمتوسط اثر الجين (( هو متوسط الزيادة او النقصان عن متوسط جميع الافراد الحاملة لذلك الجين او هو متوسط انحراف الابناء عن متوسط العشيرة)). كما هو معروف دراسة انتقال القيمة الوراثية من الاباء الى الابناء والمتمثلة بالتركيب الوراثي والسؤال هنا هل التركيب الوراثي هو الذي ينتقل ام الاليات؟ الجواب الاليات هي التي تنتقل لذا توجب وجود مقياس آخر لقياس الجين وليس التركيب الوراثي والمسمى بمتوسط اثر الجين وفي الحالات الاتية :

١- احتمال ان يتقابل فرد يحمل الكميته A عشوائيا في المجتمع مع فرد آخر ضمن ذلك المجتمع يحمل الكميته A

بنسبة  $P =$  لتكوين فرد جديد AA واحتمال ان يتقابل A لفرد مع a لفرد آخر بنسبة  $q =$  لتكوين الفرد Aa .

٢- احتمال ان يتقابل فرد يحمل الكميته a عشوائيا في المجتمع مع فرد آخر ضمن ذلك المجتمع يحمل الكميته A

بنسبة  $P =$  لتكوين فرد جديد Aa واحتمال ان يتقابل a لفرد مع a لفرد آخر بنسبة  $q =$  لتكوين الفرد aa .

وكما موضح في الجدول ادناه :

gamets	Value and freq.			Mean value of genotypes
	AA	Aa	aa	
A	a	d	-a	Pa+qd

	p	q	-	
a	-	p	q	Pd-qa

نجد من الجدول اعلاه ان  $pa+qd$  هي متوسط قيمة الكمية A وان  $pd-qa$  متوسط قيمة الكمية a وهذه القيم محسوبة كانه انحراف عن نقطة الصفر وموزونة بتكراراتها. ان الفرق بين متوسط المجتمع وهذه القيم تمثل متوسط اثر الجين كانه انحراف عن متوسط المجتمع (( المعادلات ادناه ناتجة من اشتقاق)).

$$1- \text{متوسط اثر الجين A والذي يرمز له } \alpha_1 : \alpha_1 = q[a+d(q-p)]$$

$$2- \text{متوسط اثر الجين a والذي يرمز له } \alpha_2 : \alpha_2 = -p[a+d(q-p)]$$

نجد اذا تم تغيير الجينات جميعا من a الى A في المجتمع سيظهر لدينا مفهوم جديد يطلق عليه بمتوسط اثر استبدال الجين (Average effect of gene substitution) وهي حاصل طرح قيمة  $\alpha_1$  من  $\alpha_2$  ويرمز لمتوسط اثر الاستبدال ( $\alpha$ ) ومعادلته :  $\alpha = a+d(q-p)$  من ذلك نجد ان متوسط اثر الجين ومتوسط اثر الاستبدال يعتمدان على تكرار الجين في المجتمع.

## Average Effect of Gene Substitution

- Average Effect of Gene Substitution  $\alpha$  : average effect on the trait of one allele being replaced by another allele.
- Gamete containing allele A: results in progeny with genotype AA and Aa
- Gamete containing allele a: results in progeny with genotype Aa and aa
- Mean value of genotype produced for two gametes:
  - $A = pa + qd$  and  $a = pd - qa$
  - $\alpha = A - a = (pa + qd) - (pd - qa) = a + (q-p)d$

## القيمة التربوية (Breeding value- BV)

مما سبق نجد ان متوسط اثر الجينات للاباء يحدد متوسط القيمة الوراثية للابناء لان متوسط اثر الجين هو الذي ينتقل. مثلا اذا زوج فرد تركيبه AA عشوائيا مع افراد كبيرة في المجتمع فان ناتج التزاوج يكون AA او Aa لهذا نجد ان القيمة التربوية لهذا الفرد المتزاوج تمثل ضعف الفرق بين متوسط الابناء ومتوسط المجتمع ، كون الفرد الناتج ياخذ نصف تراكيبه من الاب والنصف الاخر من الاناث في القطيع.

ان للقيمة التربوية مفهومان :

- 1- مفهوم تطبيقي (( ضعف انحراف متوسط ابناء الفرد عن متوسط القطيع.
- 2- مفهوم نظري (( مجموع متوسط اثر الجين للاليلات التي يحملها ومجموع كل الازواج الاليلية لكل موقع ولكل المواقع.

\*\* ما هي القيمة التربوية للتراكيب الوراثية في حالة موقع وراثي واحد والخاصة بالتعريف النظري؟

Genotype	Gene freq.	BV
AA	$p^2$	$2 \alpha_1 = 2q\alpha$
Aa	$2pq$	$\alpha_1 + \alpha_2$
aa	$q^2$	$2 \alpha_2 = -p\alpha$

\*\* ان القيم الوراثية a و d و -a حسبت سابقا على اساس انحرافها عن نقطة الوسط اما الان فان القيم التربوية (القيمة الوراثية) تحسب كانحراف عن المتوسط العام (( المعدلات ناتجة من اشتقاقات)) :

$$1- AA = a - \mu \rightarrow 2q(\alpha - dq) \quad 2- Aa = d - \mu \rightarrow \alpha (q-p) + 2pqd \quad 3- aa = -2p(\alpha + pd)$$

## Breeding Value

- Average genotypic value of its progeny
- $\alpha$  = Genetic effect of gametes transferred to progeny
- AA receive two copies of allele A and genetic effect  $2\alpha$
- Aa receive one copy of allele A and genetic effect  $\alpha$
- Average =  $2p\alpha$
- Breeding values of three Genotypes:
- AA =  $2p\alpha$
- Aa =  $(q-p)\alpha$
- aa =  $-2p\alpha$
- Large breeding value important for genetic improvement

## المحاضرة الثانية

### الانحرافات السيادة (Dominance deviation-DV)

كما اشرنا سابقا ان القيمة التربوية هي جزء من القيمة الوراثية للفرد من ذلك نجد ان هنالك جزء متبقي من القيمة الوراثية للتركيب الوراثي او الموقع الوراثي ناتج من الفرق بين القيمة الوراثية والقيمة التربوية اي ان التركيب الوراثي AA عند انعزال الكميات فان هذا التركيب او الفرد ينتقل منه A والمتبقي هو الكمية الاخر A وهذا الجزء المتبقي يدعى بالانحرافات السيادة والتي يرمز لها D اي ان القيمة الوراثية لموقع وراثي واحد هي  $G=A+D$  وان الانحرافات السيادة خاصة للسيادة بين الاليلات للموقع الوراثي الواحد (Within locus interaction) وعند انعدام الانحرافات السيادة فان  $G=A$ . ان كل من G و A و D تعتمد على التكرار الجيني.

نجد من ذلك ان قيم كل من القيمة الوراثية (G) والقيم التربوية (A) والانحرافات السيادة (D) اذ نجد ان d هو دالة للانحرافات السيادة اما  $\alpha$  دالة للقيم التربوية ٢٠٢٠/٠٥/١٢ موضحة كما يأتي :

Genotype	G	A	D
AA	$2q(\alpha - dq)$	$2q\alpha$	$-2q^2d$
Aa	$\alpha (q-p) + 2pqd$	$\alpha (q-p)$	$2pqd$
aa	$-2p(\alpha + pd)$	$-2p\alpha$	$-2p^2d$

ولاثبات ان مجموع الانحرافات السيادة يساوي صفر نقوم بضرب قيمة الانحراف السيادة مع تكرارها لكل تركيب وراثي ثم نجمع قيم الضرب هذه للتركيب الوراثية مثلا قيمة الانحراف السيادة للتركيب AA هو  $-2q^2d$  مضروب في تكرار التركيب AA وهو  $p^2$  وكذلك الحال بالنسبة للتركيبين Aa و aa ثم نجمع قيمها معا.

مثال : لديك مجتمع من اغنام السفولك وكانت القيم الوراثية لصفة انتاج اللحم هي :  $10 = aa$  و  $18 = Aa$  و  $20 = AA$  وكان  $p = 0.6$  احسب  $BV$  و  $D$  و  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  و  $\alpha$  ؟

$$\text{Mid point} = 20 + 10 / 2 = 15$$

$$a = 20 - 15 = 5$$

$$d = 18 - 5 = 3$$

$$\mu = a(p - q) + 2pqd \rightarrow 5(0.6 - 0.4) + 2 * 0.6 * 0.4 * 3 = 2.44$$

$$\mu = 2.44 + 15 = 17.44$$

$$\alpha = a + d(q - p) \rightarrow 5 + 3(0.4 - 0.6) = 4.4$$

$$\alpha_1 = q \alpha \rightarrow 0.4 * 4.4 = 1.76$$

$$\alpha_2 = - p \alpha \rightarrow - 0.6 * 4.4 = - 2.64$$

$$BV(AA) = 2 \alpha_1 \rightarrow 2 * 1.76 = 3.52$$

$$D(AA) = - 2q^2d \rightarrow - 2 * 0.4^2 * 3 = - 0.96$$

$$BV(Aa) = \alpha_1 + \alpha_2 \rightarrow 1.76 - 2.64 = - 0.88$$

$$D(Aa) = 2pqd \rightarrow 2 * 0.6 * 0.4 * 3 = 1.44$$

$$BV(aa) = 2 \alpha_2 \rightarrow 2 * - 2.64 = - 5.28$$

$$D(aa) = - 2p^2d \rightarrow - 2 * 0.6^2 * 3 = - 2.16$$

القيم التربوية والانحرافات السيادية اعلاه محسوبة على اساس انحراف عن المتوسط العام اما القيم الحقيقية فهي :

$$BV(AA) = 3.52 + 17.44 = 20 \text{ kg}$$

$$D(AA) = - 0.96 + 17.44 = 16.48$$

$$BV(Aa) = - 0.88 + 17.44 = 16.56 \text{ kg}$$

$$D(Aa) = 1.44 + 17.44 = 18.88$$

$$BV(aa) = - 5.28 + 17.44 = 12.16 \text{ kg}$$

$$D(aa) = - 2.16 + 17.44 = 15.28$$

## \*\* الانحرافات بسبب التداخل بين الاليات (Interaction deviation – ID)

هنالك نوعين من الانحرافات :

- ١- تفاعل الاليات داخل الموقع الوراثي الواحد Intra-ID وتمثل Dominance
- ٢- تفاعل ما بين الاليات في المواقع الوراثية المختلفة Inter-ID وتمثل Epistasis

اي ان القيمة الوراثية للفرد لموقعين وراثيين هي :  $G = GA + GB + IAB$  فاذا كان قيمة التداخل (I) تساوي صفرا فان الجينات تعمل بفعل تجمياعي اي غياب Dominance في حالة الموقع الوراثي الواحد وفعل الجين تجمياعي في الموقعين بغياب Epistasis.

مثال حول فعل التداخل بين الجينات لصفة انتاج الحليب : كما هو معروف ان صفة الحليب صفة مركبة تعتمد على عدة عوامل منها شهية جيدة وامتصاص جيد و التناغم في درجات الحرارة المختلفة وجهاز هضمي جيد وتمثيل غذائي جيد. فمثلا هنالك جينات كثيرة وقليلة لبناء مكونات الحليب وكذلك جينات كثيرة وقليلة لعملية الهضم اذ اختلف الانتاج حسب نوع التقاء الجينات وكما يأتي :

جينات قليلة لعملية الهضم	جينات كثيرة لعملية الهضم	جينات قليلة لمكونات الحليب
100 kg	130 kg	
120 kg	300 kg	جينات كثيرة لمكونات الحليب

ماذا تستنتج من الجدول اعلاه؟ اكتب تفسيرك

## \*\* التباين Variance

اي صفة مظهرية هي محصلة لعوامل عدة او قيم اي :  $PV=A+D+I+E$  كما مرة سابقا ، اما عند التحث عن التباين فان المعادلة تصبح  $VP=VG+VE+2COVGE$  اذ ان  $VP$  (تباين مظهري) و  $VG$  (التباين الوراثي)  $VE$  (التباين البيئي) و  $2COVGE$  (التباين المشترك). عند تجزئة التباين الوراثي تصبح المعادلة الى :  $VP=VA+VD+VI+VE$  وهي تباينات وليست قيم.

### \*\* مكونات التباين الوراثي : $VG=VA+VD+VI$

$VA$ : عبارة عن تباين القيم التربوية وهو مهم كونه يعد العامل الرئيسي المسبب للتشابه بين الاقارب كما هو مهم في استجابة المجتمع للانتخاب كما يعد العامل الوحيد الممكن تقديره من المشاهدات في المجتمع كون السيادة والتفوق لا يمكن تقديرهما مثل انتاج الحليب وانتاج البيض.... اي المشاهدات الممكن قياسها. اما  $VD$  و  $VI$  تمثل التباين غير التجميعي (non-additive) وان التباين كما هو الحال في القيم يعتمد على التكرار الجيني. وكما قلنا سابقا ان كل من قيمة التربوية والانحراف السبدي محسوبة كانه عن المتوسط العام لذا عند حساب التباين نربع القيمة ونضربها في التكرار الجيني لكل تركيب وراثي ثم نجمعها :

genotype	AA	Aa	aa
Gene freq.	$p^2$	$2pq$	$q^2$
Genotypic value	a	d	- a
Breeding value	$2q\alpha$	$(q-p)\alpha$	- $2p\alpha$
Dominance diviation	$-2q^2d$	$2pqd$	- $2p^2d$

من الجدول اعلاه فان قيم التباين هي :  $VA=2Pq\alpha$  - ١  $VD=4P^2q^2d^2$  - ٢  $VG=2pq\alpha^2 + (2pqd)^2$  - ٣ (( المعادلات الثلاثة ناتجة من اشتقاقات)).

لذا نجد ان في حالة وجود اكثر من موقع وراثي سيظهر لنا تباين جديد ناتج عن التداخل بين المواقع الوراثية يدعى بالتباين التفوقي او التفاعلي او التداخلي ( $VI$ ) ويقسم حسب عدد المواقع فان كان موقعين يدعى بـ  $Tow$ -factor interaction او ثلاث مواقع  $Three$ -factor interaction. وهذا التقسم حسب عدد المواقع كما يقسم  $VI$  تقسيم اخر يعتمد على  $A$  و  $D$  اي القيمة التربوية والانحرافات السبدي في حالة موقعين فان :

$$VI=VA1A2+VA1D1+VD1D2+VA1D2+VA2D1$$

يتناسب التأثير التجميعي مع التأثير غير التجميعي عكسيا ، والسؤال هنا ما هي قيمة  $VA$  و  $VD$  لصفة الخصوبة وهل يزداد التباين البيئي  $VE$  بانخفاض  $VA$ ؟

مثال : من البيانات الاتية ما هو تكرار التراكيب الوراثية لموقعين وراثيين اذا علمت ان  $PA=0.4$  و  $PB=0.8$  :

NO	genotypes	Genetic value
1	AABB	50
2	AaBB	50
2	AABb	45
4	AaBb	40
1	AAbb	30
2	Aabb	28
2	aaBb	25
2	AaBB	25
1	aabb	20

تكرار التركيب الوراثي  $aabb$  و  $Aabb$  و  $AABb$  و  $AAbb$  :

$$\text{Freq.}(aabb)=NO*q^2 a*q^2 b \rightarrow 1*0.6^2*0.2^2= 0.144$$

$$\text{Freq.}(Aabb)=NO*P A* q a * q^2 b \rightarrow 2*0.4*0.6*0.2^2= 0.0192$$

$$\text{Freq.}(AAbb)=NO \cdot P^2 A \cdot PB \cdot q b \rightarrow 2 \cdot 0.4^2 \cdot 0.8 \cdot 0.2 = 0.0512$$

$$\text{Freq.}(AAbb)=NO \cdot P^2 A \cdot q^2 b \rightarrow 2 \cdot 0.4^2 \cdot 0.2^2 = 0.0064$$

وهكذا بقية التراكيب الأخرى. إذا ما هو متوسط التركيب الوراثي  $aabb$ ؟ وهو عبارة عن قسمة مجموع القيمة في التكرار على مجموع التكرارات وذلك من خلال ترتيب الجدول على النحو الآتي بضرب القيمة في تكرارها لكل تركيب وراثي:

	aa	Aa	AA	MEAN $\bar{x}$
bb	$20 \cdot 0.144$ aabb	$28 \cdot 0.0192$ Aabb	$30 \cdot 0.0064$ AAbb	25.44
Bb	$25 \cdot 0.1152$ aaBb	$40 \cdot 0.1536$ AaBb	$45 \cdot 0.0512$ AABb	35.4
BB	$25 \cdot 0.2304$ BBaa	$50 \cdot 0.3072$ AaBB	$50 \cdot 0.1024$ AABB	41
MEAN $\bar{x}$	24.8	45.92	47.60	38.5856 المجموع العام

إن البلات التركيب الوراثي  $aabb$  موزعة على التراكيب  $aabb$  و  $Aabb$  و  $AAbb$  لذا يجب ضرب قيم هذه التراكيب الوراثية بتكراراتها ويرمز له  $\sum fx$  أما مجموع التكرارات فهي  $\sum f$ :

$$\bar{x} (aabb) = \frac{\sum fx}{\sum f} = \frac{20 \cdot 0.144 + 28 \cdot 0.0192 + 30 \cdot 0.0064}{0.144 + 0.0192 + 0.0064} = 25.44$$

وهكذا يمكن استخراج متوسط كل تركيب وراثي من التراكيب الموجودة في الجدول أعلاه ولحساب التباين الوراثي لابد من حساب مكوناته لكل موقع:

\*\* Locus A :

$$\text{Mid point} = \bar{x}aa + \bar{x}AA/2 = 36.2$$

$$a = \bar{x}AA - \text{midpoint} = 47.6 - 36.2 = 11.4$$

$$d = \bar{x}Aa - \text{mid point} = 45.92$$

$$\alpha = a + d (q-p) = 11.4 + 9.72(0.6-0.4) = 13.344$$

$$VA = 2pq\alpha^2 = 2 \cdot 0.4 \cdot 0.6 \cdot 13.344^2 = 85.4699$$

$$VD = (2pqd)^2 = (2 \cdot 0.4 \cdot 0.6 \cdot 9.72)^2 = 21.7678$$

\*\* Locus B :

$$\text{Mid point} = \bar{x}bb + \bar{x}BB/2 = 33.22$$

$$a = \bar{x}BB - \text{midpoint} = 7.78$$

$$d = \bar{x}Bb - \text{mid point} = 2.18$$

$$\alpha = a + d (q-p) = 7.78 + 2.18 (0.2-0.8) = 6.472$$

$$VA = 2pq\alpha^2 = 13.4038$$

$$VD = (2pqd)^2 = 0.4866$$

اما قيمة التباين التفوقي بين الموقعين الوراثيين ناتج من مجموع المربعات الكلي (SST) وهو حاصل طرح مجموع مربع كل قيمة مضروبة في تكرارها للتراكيب الوراثية للموقعين من معامل التصحيح.

$$CF = \frac{(\sum fx)^2}{\sum f} = \frac{38.5856^2}{1} = 1488.8485$$

$$SST = \sum fx^2 - CF = 20^2 * 0.0144 + 28^2 * 0.0192 + \dots + 50^2 * 0.1024 - 1488.8485 = 127.1643$$

ان قيمة SST تمثل قيمة التباين الوراثي VG اما قيمة التباين التجميعي والتباين السيادي للموقعين هي :

$$VA = 85.4966 + 13.4038 = 98.8737$$

$$VD = 21.7678 + 0.4866 = 22.2544$$

$$VI = VG - VA - VD = 6.0362$$

مثال : اذا كانت نسبة الانحرافات السيادةي للتركيب AA الى الانحرافات السيادةي للتركيب aa في عشيرة متزنة هو 9/25 ما هو تكرار كل من A و a .

$$\frac{DAA}{Daa} = \frac{9}{25} = \frac{-2q^2d}{-2p^2d} = \frac{9}{25} = \frac{q^2}{p^2}$$

$$\frac{q}{p} = \frac{3}{5} = p = 5/8 \quad q = 1 - 5/8 = 3/8$$

\*\* الحسابات السابقة حسبت بالاعتماد على التركيب الوراثي للمجتمع فكيف تحسب القيمة التربوية (كونها تهتم المتخصص لانتقالها من جيل لآخر) قياس الصفة (تباين الصفة وهو التباين المظهري) وليس تراكيب وراثية في المجتمع.

١- حساب القيمة التربوية للفرد نفسه (سجل واحد) :

$$BV = h^2 * (pi - p)$$

تمثل p متوسط المجتمع و pi متوسط الفرد في ذلك المجتمع

٢- حساب القيمة التربوية لاكثر من سجل :

$$BV = h^2 * n * h / 1 + (n-1) * r$$

اذ ان n عدد السجلات و h الجذر التربيعي للمكافيء الوراثي و r المعامل التكراري.

## المحاضرة الثالثة

### التشابه ما بين الأقارب

التشابه ظاهرة وراثية طبيعية بين الأفراد التي تربطهم صلة قرابة وهو مهم في الصفات الكمية. ان اي صفة اقتصادية تكون متباينة بين الأفراد في المجتمع وعند دراسة هذا التباين (المظهري) نجد ان اسبابه تكمن في نوعين منه الاولى مكونات مسببة للتباين متمثلة بـ  $VA+VD+VI+VE+VGE$  ويطلق عليه (Causal components) والنوع الثاني هو لتقدير مكونات التباين منة خلال تقسيم الافراد الى عوائل وتدع بمكونات التباين المشاهدة (Observation components) وتشمل  $\delta^2S$  وهو تباين بين الاباء و  $\delta^2D$  تباين بين الامهات العائدة للاب الواحد و  $\delta^2W$  تباين بين الابناء. فضلا عن ذلك فان التشابه يأتي من اسباب بيئية ايضا لذا يجب دراسة التباين المشترك بين الاباء والابناء ويرمز له COV من ذلك نجد ظهور مفهوم جديد لقياس درجة التشابه بين الاباء والابناء يدعى بالتباين المظهري المشترك (COVP) وهو محصلة للتباين الوراثي المشترك مع التباين البيئي المشترك :  $COVP=COVG+COVE$ .

### التباين الوراثي المشترك (Genetic covariance-COVG)

لدراسة التباين الوراثي المشترك للأفراد تربطهم صلة قرابة باهمال كل مصدر غير وراثي خاضعين لقوانين هاردي وينبرك، وسوف يتم التحدث عن موقع وراثي واحد وما ينطبق عليه ينطبق على بقية المواقع الوراثية. ان اساس العلاقة بين الافراد هي علاقة الابن مع ابيه وهذه العلاقات هي :

### \*\* دراسة درجة التشابه عن طريق الانحدار

1- علاقة الاب الواحد مع الابن او متوسط الابناء  $COV(O,P)$  ولحساب التباين المشترك هنالك طريقتين :

#### • طريقة غير مباشرة :

ان القيمة الوراثية للاب عبارة عن التأثير التجميعي والسيادي اما القيمة الوراثية للابناء هي نصف التأثير التجميعي للاب كون الاب يعطي نصف عوامله الوراثية للابناء :

$$P = A + D \text{ ----- القيمة الوراثية للاب}$$

$$O = 1/2 A \text{ ----- القيمة الوراثية للابن او متوسط الابناء}$$

$$COV(O,P) = COV [A+D, 1/2 A]$$

$$COV(O,P) = 1/2 COV (A,A) + 1/2 COV (D,A)$$

ان قيمة  $1/2 COV (D,A)$  تساوي صفر لعدم وجود علاقة بين A و D كما ان  $COV(A,A)$  تتحول الى VA اذ يتحول COV الى V اذا كانت الصفتين متشابهة.

$$COV (O,P) = 1/2A \text{ ----- التباين المشترك}$$

اذ ان Offspring = O والاباء Parents = P

#### • طريقة مباشرة :

تعتمد هذه الطريقة على الجدول الاتي :

genotype	Frq.	Genotypic value of parents	Genotypic value - $\mu$	Breeding value of parents	Mean genotype of value offspring
AA	$p^2$	a	$2q(a-qd)$	$2qa$	$qa$
Aa	$2pq$	d	$\alpha(q-p)+2pqd$	$(q-p)\alpha$	$1/2(q-p)\alpha$
aa	$q^2$	- a	$-2p(\alpha+pd)$	$-2pa$	$-pa$

ولحساب قيمة COV وهو عبارة عن mean product يكون من خلال مجموع حاصل ضرب القيمة الوراثية للاباء كانه انحراف عن الالمتوسط العام مع القيمة الوراثية للابناء في التكرار لكل تركيب وراثي ومن هذا لاشتقاق فان قيمة  $COV(O,P)$  تكون :  $COV(O,P) = 2pq\alpha^2$  وان قيمة  $2pq\alpha^2$  تمثل  $2VA$  وبما ان الابناء يرثون نصف العوامل الوراثية من الاب لذا فان قيمة التباين الوراثي المشترك :

$$COV(O,P) = 1/2 VA \text{ ----- التباين المشترك}$$

وفي حالة اكثر من موقع وراثي فان قيمة  $COV(O,P)$  مجموع التباينات التجميعية في تلك المواقع :

$$\text{COV}(O,P) = \sum pq\alpha^2 \text{----- التباين المشترك}$$

ولقياس درجة التشابه بين الاب والابن او متوسط الابناء من خلال الانحدار (b) :  $b(o,p)=\text{cov}(o,p)/\text{vp}$

٢- علاقة متوسط الاباء مع الابن او متوسط الابناء  $\text{COV}(O, P^-)$  ولحساب التباين المشترك هنالك طريقتين :

• **طريقة غير مباشرة :**

O=Offspring P1=first parents P2= second parents P<sup>-</sup>=mean of parents

$$\text{Mid parents} = P1+P2/2=1/2(P1+P2)$$

$$\text{COV}(O, P^-)=\text{COV} [ O, 1/2(P1+P2)]$$

$$\text{COV}(O, P^-)=1/2\text{COV}(O,P)+1/2(O, P^-)$$

$$1/2\text{COV}(O,P)=1/2 1/2(O, P^-)$$

$$\text{COV}(O, P^-)=\text{COV}(O,P) \quad \text{COV}(O, P^-)=1/2VA \text{----- التباين المشترك}$$

• **الطريقة المباشرة**

تعتمد هذه الطريقة على الاحتمالات في التضريبات الوراثية للموقع الوراثي الواحد والمؤلف من ثلاث تراكيب وراثية المبينة في الجدول ادناه :

Mating types	Frq.	Offspring genotype			Mid-parents value	Mean value of offspring	Product (mid parents $\chi$ offspring)	(Mean offspring) <sup>2</sup>
		AA	Aa	aa				
AA*AA	$p^2\chi p^2=p^4$	1	-	-	$2a/a=a$	a	$a^2$	$a^2$
AA*Aa	$4p^3q$	1/2	1/2	-	$a+d/2=$	$a+d/2$	$(a+d/2)^2$	$(a+d/2)^2$
AA*aa	$2p^2q^2$	-	1	-	$a-$ $a/2=0$	d	0	$d^2$
Aa*Aa	$4p^2q^2$	1/4	1/2	1/4	$2d/2=d$	$d/2$	$d^2/2$	$(d/2)^2$
Aa*aa	$4pq^3$	-	1/2	1/2	$d-a/2$	$d-a/2$	$(d-a/2)^2$	$(d-a/2)^2$
aa*aa	$q^2\chi q^2=q^4$	-	-	1	$-2a/2=-$ a	-a	$(-a)^2$	$(-a)^2$

لحساب COV بين متوسط الابوين والابناء نتبع الخطوات التالية :

١- نقوم باستخراج قيمة MP - MEAN PRODUCT وهي عبارة عن حاصل ضرب PRODUCT \* FREQ.

للنزوات الستة في الجدول ثم نجمعها مكونة بذلك ثلاث معدلات (( ناتجة من اشتقاق)).

٢- المعدلات الثلاثة هي :  $a^2 = a^2 (p^3+q^3)$  و  $ad=2adpq(p^2-q^2)$  و  $d^2=pq^2d^2$

٣- نستخرج قيمة مربع المتوسط العام  $M^2$  وقيمها كلاتي :

تقابل المعادلة الاولى من الفقرة الثانية اعلاه  $a^2(p^2-2pq+q^2)$  -----

تقابل المعادلة الثانية من الفقرة الثانية اعلاه  $4adpq(p-q)$  -----

تقابل المعادلة الثالثة من الفقرة الثانية اعلاه  $4p^2q^2d^2$  -----

٤-  $\text{COV}(O,P^-)=MP-M^2$  من هذه المعادلة نقوم بطرح القيم الثلاثة لل MP من القيم الثلاثة لل  $M^2$  فان قيمة

التباين المشترك قيمته (( ناتج من حاصل الطرح للمعادلة )) :

$$\text{COV}(O,P^-)= pq\alpha^2$$

$$\text{COV}(O,P^-)= 1/2VA \text{----- التباين المشترك}$$

في حالة اكثر من موقع وراثي واحد فان قيمة التباين المشترك :  $\text{COV}(O,P^-)= \sum pq\alpha^2$

## \*\* درجة التشابه عن طريق معامل الارتباط الداخلي

### التباين المشترك بين الاخوة انصاف اشقاء (COV(H.S))

الانصاف اشقاء هي افراد متانية من اب مشترك واحد وهذه الافراد ناتجة من تزاوج فرد عشوائيا من المجتمع مع فرد اخر من ذلك المجتمع. ولحساب التباين المشترك بين الافراد هنالك طريقتين :

١- الطريقة غير المباشرة :

هذه الطريقة تمثل ان القيمة الوراثية للابناء نصف القيمة الوراثية للاباء وبما ان الاب الواحد يعطي نصف القيمة الوراثية للابناء لذا فان القيمة الوراثية للابناء ستكون نصف القيمة الوراثية للاباء :

تمثل القيمة الوراثية للاب المشترك  $COV(HS) = V(\text{parents}) = 1/2 VA$  -----

$COV(HS) = 1/2 * 1/2 VA$

تمثل القيمة الوراثية للابناء  $COV(HS) = 1/4 VA$  -----

وبذلك فان قيمة التباين التجميعي تساوي اربعة اضعاف التباين المشترك  $VA = 4COV$  اي ان العلاقة بين الافراد الانصاف اشقاء مشتركين بربع التباين التجميعي.

٢- الطريقة المباشرة :

يتم حساب التباين المشترك من خلال متوسط القيمة المظهرية للابناء (mean genotypic value) ومن اشتقاق المعادلة نحصل على :

$COV(HS) = 1/2 pq\alpha^2$

تمثل القيمة الوراثية للاباء  $COV(HS) = 1/2 VA$  -----

$COV(HS) = 1/2 * 1/2 VA$

تمثل القيمة الوراثية للابناء  $COV(HS) = 1/4 VA$  -----

من ذلك نجد ان حساب درجة التشابه بين الانصاف اشقاء يكون من خلال الارتباط وليس الانحدار ويسمى بمعامل الارتباط الداخلي (Interclass correlation) ويميز له (t) والذي يحسب من جدول تحليل التباين. وذلك بقسمة التباين بين افراد العوائل او بين العوائل ( $\delta^2B$ ) ويدعى (Between component) على التباين بين الافراد ضمن العائلة الواحدة ( $\delta^2W$ ) مضاف اليه ( $\delta^2B$ ) والذي يمثل التباين المظهري او الكلي ( $\delta^2P$ ) ويدعى (within + between components).

$t = \delta^2B / \delta^2W + \delta^2B$

$t = \delta^2B / \delta^2P$  -----

ان قيمة  $\delta^2B$  تمثل  $COV(HS)$  والتي تسوي ربع التباين التجميعي

$t = COV(HS) / \delta^2P$

$t = 1/4 VA / \delta^2P$  -----

ولحساب قيمة t لاكثر من موقع وراثي تكون متانية من مجموع قيم t لكل موقع :

$\sum t = (1/4 VA/VP) + (1/4 VA/VP) + \dots$

اذن فان معادلة معامل الارتباط الداخلي ستكون من خلال توفر معلومات عن التباين بين الاباء ( $\delta^2B$ ) والمستخرج من مكونات التباين ( $\delta^2S$ ) مقسوما على التباين الكلي ( $\delta^2P$ ) مضروبا في 4 :

$t = 4 * \delta^2S / \delta^2S + \delta^2w$

$t = 4 * \delta^2S / \delta^2P$  -----

### التباين المشترك بين الاخوة الاشقاء (COV(F.S))

الاشقاء هي افراد مشتركون بالاباء واحد. ولحساب التباين المشترك بين الافراد من خلال (( ناتجة من اشتقاق )) :

$COV(FS) = pq\alpha^2 + d^2q^2p^2$  -----

$COV(FS) = 1/2 VA + 1/4 VD$  -----

ولحساب قيمة  $t$  لاكثر من موقع وراثي من خلال :  $\sum t = (1/2 VA + 1/4 VD) + (1/2 VA + 1/4 VD) + \dots$

ان قيمة درجة التشابه يكون من خلال قيمة  $t$  والتي هي :

$$t = 1/2 VA + 1/4 VD / VP \text{ ----}$$

ان قيمة  $COV(HS)$  تساوي ضعف قيمة  $COV(FS)$  كون الانصاف متاتين من اب واحد بينما الاشقاء ناتجة من ابوين ، والسؤال هنا نجد دخول قيمة  $VD$  في قيمة  $t$  لدى الاخوة الاشقاء وانعدامه بين الاخوة الانصاف اشقاء والجواب كون الافراد الاشقاء دخل معها تأثير الام والذي ينتج عنه تأثير سيادي متاتي من التوزيع الزايكوتي. اثبت ان قيمة التباين السيدي هي  $1/4$  عند طرح التباين المشترك للاخوة الانصاف ( $2COVHS$ ) من التباين المشترك للاخوة الاشقاء ( $COVFS$ ) اثبت ذلك؟

### \*\*\* التباين البيئي المشترك Environmental Covariance

ان التباين المظهري لصفة ما هو محصلة التباين الوراثي مع التباين البيئي وبالتالي فان التباين المشترك البيئي يلعب دورا في التشابه بين الاقارب وذلك لاشتراك الافراد التي تربطهم صلة قرابة في نفس البيئة. من ذلك نجد ان المصادر البيئية متاتية من مصدرين :

١- تباين موجود ضمن افراد العائلة الواحدة (VEW) اي within

٢- تباين موجود ما بين العوائل (VEC) اي between

$$VE = VEW + VEC \text{ -----}$$

ممكن ازالة التأثير البيئي في العلاقات السابقة من خلال عزل ابناء العائلة الواحدة عن بعضها في امكان مختلفة او عزل الاباء عن الابناء محدث بذلك عشوائية في الظروف البيئية المختلفة. يوجد مصدر اخر للتشابه البيئي بين الافراد يدعى بالتاثيرات الامية (Maternal effects) والمتمثلة بتاثير الام قبل (تهيئة الام تغذويا وصحيا قبل التزاوج واثناء الحمل) وبعد الولادة (تهيئة الام تغذويا وصحيا بعد الولادة من خلال ادرار الحليب للمولود ورعايتها لمولودها).

من ذلك نجد ان التاثيرات الامية تكون من خلال التشابه المظهري للام مع ابنها فقد وجد ان مواليد الفئران من امهات كبيرة انتجت حليب اكثر من مواليد ناتجة من امهات صغيرة واكثر سرعة نمو. كما ان التاثيرات الامية تكون بين الافراد العائلية لنفس الام وليس مع الابن وامه. كما نجد ان حالة المواليد في البطن الواحدة (Litter size) توجد تشابه بين هذه المواليد مع بعضها كونها تعيش في نفس بيئة الرحم للام. من ذلك نجد لا بد من ازالة جميع التاثيرات غير الوراثة سواء كانت بيئية ام غيرها لحصر جميع التاثيرات الى الجانب الوراثي لغرض انتخاب الافراد المتميزة وراثيا وادامة تطوير القطيع. من ذلك نجد ان الاخوة الاشقاء تتاثر بالبيئة خصا عندما تكون مواليد توأمية (Twins) مكونة بذلك بيئة مشتركة.

### \*\*\* التشابه المظهري المشترك (COVP)

يقصد به التباين المشترك للقيمة المظهرية الناجمة من مجموع التباين المشترك الوراثي والتباين المشترك البيئي بين الافراد التي تربطهم صلة قرابة.

$$COV.P = COV.G + COV.E \text{ -----}$$

من الجدول ادناه نوضح قيم التباين الوراثي المشترك للعلاقات الاربعة آفة الذكر ودرجة التشابه فيما بينها :

Relatives	Covariance	(b) and (t)
O,P	$1/2 VA$	$b = 1/2VA/VP$
O,P'	$1/2 VA$	$b = VA/VP$
HS	$1/4 VA$	$t = 1/4VA/VP$
FS	$1/2 VA + 1/4VD + VEC$	$t = 1/2VA + 1/4VD + VEC/VP$

لماذا دخلت قيمة  $VEC$  في حالة الاخوة الاشقاء ولم تدخل في حالة الاخوة الانصاف؟

\*\*\*\* كما مرة في محاضرات التربية والتحسين نجد ان قيمة المكافي الوراثي تحسب من خلال هذه العلاقات الاربعة في الجدول اعلاه اما عن طريق الانحدار او من جدول تحليل التباين باستخراج قيمة معامل الارتباط الداخلي (( راجع طرق تقدير المكافي الوراثي)). من خلال الجدول اعلاه اي طريقة افضل لتقدير المكافي الوراثي ولماذا؟

## المحاضرة الرابعة

### المكافئ الوراثي ( $h^2$ ) والمعامل التكراري (R) والقيمة التربوية (BV)

#### المكافئ الوراثي /

(( راجع ملزمة تربية وتحسين حيوان من حيث تعريف المكافئ الوراثي واهميته فضلا عن طرق تقديره وانواعه))

- اذا كان لديك قطيع ما فيه صفة مكافئها الوراثي منخفض مع ارتفاع مدى الجيل كيف نرفع من قيمة العائد الوراثي (R) ؟
- يتم من خلال رفع شدة الانتخاب (i) والتي تمثل الفارق الانتخابي معبر عنه بوحدات قياسية مع زيادة الخصب.
- كيف نرفع شدة الانتخاب (i) ؟
- من خلال زيادة معدل الانتاج اي زيادة الخصب مع زيادة حجم القطيع وتجنب التربية الداخلية لفترة طويلة بزيادة الاباء المستخدمة للتلقيح.

\*\* طرق تقدير المكافئ الوراثي :

Relative (العلاقات)	Covariance (مقدار التباين المشترك)	Estimation (طريقة التقدير)
O,P	1/2 VA	b=1/2 h <sup>2</sup> or h <sup>2</sup> =2b
O,P'	1/2 VA	b= h <sup>2</sup>
H.S	1/4 VA	t= 1/4 h <sup>2</sup> or h <sup>2</sup> =4t
F.S	1/2 VA+1/4 VD+VE	h <sup>2</sup> =2t

- في حالة انحدار الابناء على احد الابوين (o,p) نستخرج قيمة الانحدار ونضربها في 2 لاستخراج المكافئ الوراثي.
- في حالة انحدار الابناء على متوسط الابوين قيمة b=قيمة المكافئ الوراثي.
- تستخرج قيمة الانحدار من القانون ادناه :

$$b = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum xy - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

- في حالة الاخوة انصاف اشقاء والاشقاء نحسب قيمة معامل الارتباط الداخلي (t) والذي يحسب من :

$$t = \frac{\delta^2 S}{\delta^2 S + \delta^2 W} \text{ في حالة HS}$$

$$t = \frac{\delta^2 S + \delta^2 D}{\delta^2 S + \delta^2 W} \text{ في حالة FS}$$

يمثل  $\delta^2 S$  تباين بين الاباء  $\delta^2 W$  تباين الخطأ (بين الابناء العائدة للاب الواحد)  $\delta^2 D$  تباين بين الامهات لنفس الاب. وتسمى هذه المكونات بالمكونات التباين المشاهدة (Observation) وتقدر هذه المكونات من جدول تحليل التباين.

- جدول تحليل التباين في حالة HS :

SOV	df	SS	MS	EMS
Between sire (S)	S-1	A	A/S-1	$\delta^2 w + n_k \delta^2 S$
Within sire (W)	n.-s	B	B/n.-s	$\delta^2 w$

$$\delta^2 S = MS_S - MS_W / n_i$$

$$\delta^2 W = MS_W$$

تمثل n. العدد الكلي الابناء لجميع الاباء و ni عدد الابناء لكل اب. مثلا اذا كان لدينا 5 اباء ولكل اب 8 ابناء فان العدد الكلي الابناء هو 40 .

يحسب المكافئ الوراثي :  $h^2=4*[\delta^2S/\delta^2S+\delta^2W]$

• جدول تحليل التباين في حالة FS

SOV	df	MS	EMS
Between sire (S)	S-1	S	$\delta^2w+k1\delta^2D+dk$ $\delta^2S$
Between dam within sire (D)	S(d-1)	D	$\delta^2w+k2\delta^2D$
Within progeny (W)	Sd(k-1)	O	$\delta^2w$

يمثل S عدد الآباء و D عدد الأمهات لكل أب (عدد الإناث لكل ذكر) و K عدد الأبناء لكل أم .

$$\delta^2S=MS_s - MS_D / K1$$

$$\delta^2W=MS_w$$

$$\delta^2D=MS_D - MS_w / K2$$

تمثل k1 عدد الأبناء لكل أب و k2 عدد الأبناء لكل أم مثلاً إذا كان لدينا 5 آباء وكل أب لفتح 3 إناث (أم) وكل أم أنجبت 3 أبناء سيكون عدد الأبناء لكل أب 9 و عدد الأبناء لكل أم 3.

\*\* إذا أردنا أن نحسب مقدار المكافئ الوراثي عن طريق الأم يكون :  $h^2(D)=4*[\delta^2D/\delta^2S+\delta^2D+\delta^2W]$

\*\* إذا أردنا أن نحسب مقدار المكافئ الوراثي عن طريق الأب يكون :  $h^2(S)=4*[\delta^2S/\delta^2S+\delta^2D+\delta^2W]$

\*\* إذا أردنا أن نحسب مقدار المكافئ الوراثي عن طريق الإخوة الأشقاء يكون :

$$h^2(S+D)=2*[\delta^2S+\delta^2D/\delta^2S+\delta^2D+\delta^2W]$$

#### المعامل التكراري (Repeatability)

يسمى أيضاً بالقياس المتعدد وهو قابلية الصفة على تكرار نفسها في المواسم القادمة أي الصفات التي تتكرر موسمياً على الحيوان وكل موسم له قياس لصفة ما يدعى سجل (Record) مثلاً صفة إنتاج الحليب تتكرر لأكثر من موسم لبقرة ما أي إذا كانت البقرة لديها خمسة قياسات موزعة على خمسة مواسم كل قياس يدعى سجل أي أن البقرة الواحدة لديها خمس سجلات لصفة إنتاج الحليب. كذلك صفة وزن الميلاد فهي تتكرر للام وليس للمولود كون الأم تنجب أكثر من مرة (موسم الولادة).

نجد من ذلك أن التباين المظهري يقسم إلى :

تباين بين الأفراد (Between individual) : هو تباين الصفة على نفس الفرد أي بين السجلات وسبب التباين هذا يعود إلى تأثير البيئة المؤقتة (VET) مثل التغذية ، البيئة، الأمراض.

تباين ضمن الأفراد (within individual) : هو التباين ما بين الأفراد ويعود جزء منه إلى الوراثة إضافة إلى الاختلافات البيئية الدائمة (VEP) كإصابة أحد الأرباع لضرع بقرة بالتهاب الضرع.

ونتيجة لهذا التقسيم يقودنا إلى حساب نسبة من هذه التباينات يدعى بالمعامل التكراري ويرمز له R. من فوائد المعامل التكراري هو توقع كم ستزداد الصفة نتيجة تكرارها في المواسم القادمة مثلاً إذا كانت نسبة التقدير 0.40 لصفة وزن الفطام لعجل ما وكان وزن الفطام له 100 كغم فإننا نتوقع وزن الفطام لموليد أم هذا العجل في المواسم القادمة يصبح 140 كغم. كذلك إذا كانت قيمة المعامل التكراري مرتفعة وعند إجراء الانتخاب نكتفي بسجل واحد فقط لهذه الصفة دون اللجوء إلى استخدام عدة سجلات.

\*\* يمكن حساب المعامل التكراري من معامل الارتباط الداخلي (r) والتي يحسب من جدول تحليل التباين :

SOV	df	MS	EMS
Between individual	N-1	$MS_B$	$\delta^2W+M\delta^2B$
within individual	N(M-1)	$MS_w$	$\delta^2W$

$$\bar{\sigma}^2 B = MS_B - MS_W / M \quad \bar{\sigma}^2 W = MS_W$$

تمثل N عدد الافراد و M عدد السجلات لكل فرد.

$$R = \bar{\sigma}^2 B / \bar{\sigma}^2 W + \bar{\sigma}^2 B \text{ ----- المعادلة} \quad : \text{ اما قانون المعامل التكراري فهو}$$

لماذا نلجئ الى استخدام المعامل التكراري ؟

ج/ لوجود التباين البيئي الدائمي وان المكافئ الوراثي يعتمد على الوراثة فقط .

\*\* نجد عند حساب قيمة معامل وراثي (كابنتاج الحليب) يجب ان نعرف الاباء والامهات الايقار اي يجب ان نعرف معلومات وراثية لحساب المكافئ الوراثي، بينما المعامل التكراري لا يتطلب معرفة الانساب لذا نلجئ الى المعامل التكراري عند عدم توفر الانساب او التكرارات الوراثية.  
مثال حول المكافئ الوراثي في حالة الانحدار

١. مثال الاوزان التاليه تمثل اوزان 17 ديل وابنائها (ازواج من القيم) عند عمر ٥ اسبوع

وزن الابناء (غم) (x)	وزن الاباء (غم) (y)	وزن الابناء (غم) (x)	وزن الاباء (غم) (y)
1030	895	910	601
1021	952	983	733
1078	953	976	793
964	961	1050	795
976	979	1080	818
1110	995	1040	838
1041	997	1040	854
1035	1040	1025	880
		994	882

المطلوب حساب ::

١. معامل انحدار الابناء على الاباء bop
٢. معامل انحدار الابناء على متوسط الابوين bop<sup>-</sup>
٣. حساب المكافئ الوراثي لصفة الوزن عند عمر ٥ اسبوع

$$\sum x = 17353$$

$$\sum y = 14966$$

$$\sum y^2 = 13,375,506$$

$$\sum xy = 15,319,806$$

- b= 0.215
- h<sup>2</sup>(o,p)=2b=2\*0.215=0.430
- h<sup>2</sup>(o,p)= b= 0.215

مثال حول المكافئ الوراثي :

- انصاف الاخوة الاشقاء (HS)

اذا كان لدينا 5 ثيران وكل ثور تزوج مع 8 ابقار بصوره عشوائيه وكل انثى انتجت مولود واحد تم حساب معدل النمو للفترة ما بين الميلاد والفظام للمواليد المطلوب حساب المكافئ الوراثي لصفة معدل النمو؟

A	B	C	D	E
687	618	618	600	717
691	680	687	657	658
793	592	763	669	674
675	683	747	606	611
700	631	678	718	678
753	691	737	693	788
704	694	731	669	650

714	732	603	648	690
5720	5321	5564	5260	5466

عدد الذكور (S) = 5

عدد الإبناء لكل أب (K) = 8

$$C.F = \frac{(Y..)^2}{Sni.} = \frac{(27331)^2}{5 \times 8} = 18,674,589$$

$$SS_s = \frac{\sum Y_i^2}{ni} - C.F = \frac{(5720)^2 + \dots + (5466)^2}{8} - C.F = 17,197$$

$$SST = \sum y_{ij}^2 - c.f = (687)^2 + \dots + (690)^2 - c.f = 98,884$$

$$SSW = SST - SS_s = 98,884 - 17,197 = 81687$$

s.o.v	d.f	s.s	m.s
Between sire	s-1=4	17197	4299
Within sire	n.- s=35	81687	2334

$$\sigma^2_w = 2334$$

$$\sigma^2_s = \frac{4299 - 2334}{8} = 246$$

$$t = \frac{\sigma^2_s}{\sigma^2_s + \sigma^2_w} = 0.095$$

وعليه فإن المكافئ الوراثي يحسب بضرب قيمة (t) في (4)

$$h^2 = 4t = 4 * 0.095 = 0.38$$

\*\* مثال للمكافئ الوراثي

- حالة الأخوة الأشقاء (FS)

5 ديول لفح كل ذكر 3 دجاجات ، وانتجت كل دجاجة 3 افراخ والجدول التالي يحتوي على وزن الجسم عند عمر 8

اسابيع لهذه اللافراخ المطلوب حساب

١. المكافئ الوراثي عن طريق الاباء ، الامهات ، الاباء، الامهات

٢. التباين الوراثي

٣. التباين المظهري

$$C.f = \frac{(y...)^2}{n...}$$

$$SST = \sum y_{ij}^2 k - c.f$$

$$SS_s = \frac{\sum y_i^2}{K_1} - c.f$$

$$SS_D = \frac{\sum y_i^2}{k_2} - \frac{\sum y_i^2}{K_1}$$

$$SSW = SST - SS_s - SS_D$$

مجموع الاءاء (y <sub>i..</sub> )	مجموع الامهات (y <sub>ij.</sub> )	اوزان الافراخ			الامهات	الاءاء
	2543	765	813	965	1	1
	2157	714	640	803	2	
6802	2102	705	753	644	3	
	2479	941	798	740	4	2
	2457	909	847	701	5	
7498	2562	853	800	909	6	
	2303	800	807	696	7	3
	2345	739	863	752	8	
6971	2314	796	832	686	9	
	2565	788	798	979	10	4
	2555	770	880	905	11	
7403	2283	765	721	797	12	
	2340	775	756	809	13	5
	2759	937	935	887	14	
7707	2608	925	811	872	15	

$$y... = 36,381$$

$$C.f = \frac{(y...)^2}{s_dk} = \frac{(36,381)^2}{5 \times 3 \times 3} = 29,412,825$$

$$Sst = \sum y_{ijk}^2 - c.f = (965)^2 + \dots + (925)^2 - c.f = 29,729,879 - c.f = 317,054$$

$$Ss_2 = \frac{\sum y_i}{dk} - c.f = \frac{(6802)^2 + \dots + (7707)^2}{3 \times 3} - c.f = 29,476,043 - c.f = 63,209$$

$$Ssd = \frac{\sum y_{i2}}{k} - \frac{\sum y_{i..2}}{dk} = \frac{(2543)^2 + \dots + (2608)^2}{3} - 29,476,034 = 29,564,147 - 29,476,034 = 88,113$$

$$Ssw = sst - ss_2 - ssd = 317,054 - 63,209 - 88,113 = 165,732$$

s.o.v	d.f	S.s	m.s
Sires	s-1=5-1=4	63,209	15,802
Dam/sire	S(d-1)=5(3-1)=10	88,113	8,811
Progeny	Sd(k-1)=5*3(3-1)=30	165,632	5,524

$$\sigma_{2w} = 5,524$$

$$\sigma_{2d} = \frac{msd - msw}{k}$$

$$\sigma_{2d} = \frac{8,811 - 5,524}{3} = 1,095$$

$$\sigma_{2s} = \frac{ms_2 - msd}{dk} = \frac{15,802 - 8,811}{9} = 776$$

$$h_{2s} = \frac{4\sigma_{2s}}{\sigma_{2s} + \sigma_{2d} + \sigma_{2w}} = \frac{4(776)}{776 + 1,095 + 5,524} = \frac{3,104}{7,395} = 0.42$$

$$h_{2d} = \frac{4\sigma_{2d}}{\sigma_{2s} + \sigma_{2d} + \sigma_{2w}} = \frac{4(1,095)}{776 + 1,095 + 5,524} = 0.59$$

$$h_{2(s+d)} = \frac{4(\sigma_{2s} + \sigma_{2d})}{\sigma_{2s} + \sigma_{2d} + \sigma_{2w}} = \frac{4(776 + 1,095)}{7,395} = \frac{3,104}{7,395} = 0.51$$

التباين الوراثي genetic variances

$$4\sigma_{2s} = 4(776) = 3,104$$

$$4\sigma^2d = 4(1,095) = 4,380$$

$$4(\sigma^2s + \sigma^2d) = 4(776 + 1,095) = 3,742$$

التباين المظهري phenotypic variance

$$\sigma^2p = \sigma^2s + \sigma^2d + \sigma^2w = 776 + 1,095 + 5,524 = 7,395$$

مثال حول المعامل التكراري :

البيانات التالية تم الحصول عليها من 6 دجاجات رومي ثم أخذ عشرة كميات لصفة طراة اللحم من منطقة عضلة الصدر من كل دجاجة المطلوب حساب المعامل التكراري لصفة طراة اللحم

1	2	3	Y	S	6
2.3	2.2	2.1	2.3	2.1	2.0
2.2	3.1	2.6	2.4	2.0	1.9
2.2	2.7	2.7	2.1	2.2	2.6
3.0	2.2	2.0	2.6	2.0	2.5
2.4	2.5	1.9	2.0	2.0	2.3
2.8	2.6	1.9	1.7	1.8	2.0
2.6	2.9	1.8	2.4	2.0	2.5
2.5	2.3	2.3	2.1	1.7	2.2
2.2	2.2	2.1	2.5	1.8	2.0
2.3	3.0	2.2	2.7	1.7	1.7
24.5	25.7	21.6	22.8	19.3	21.7

$$C.f = \frac{(\sum y)^2}{N \cdot M} = \frac{(135.6)^2}{10 \times 6} = 306.45$$

$$SST = \sum y_{ijk}^2 - C.f = (2.03)^2 + \dots + (1.7)^2 - C.f = 7.07$$

$$SSB = \frac{\sum y_i^2}{m} - C.f = \frac{(24.5 + \dots + (21.7))^2}{10} - C.f = 2.60$$

$$SSW = SST - SSB = 7.07 - 2.60 = 4.47$$

SOV	d.f	s.s	m.s
Between individual	n-1=6-1=5	2.60	0.520
Within individual	N(m-1) = 6(10-1)=54	4.47	0.082

$$\sigma^2w = 0.082$$

$$\sigma^2B = \frac{MSB - MSW}{m} = \frac{0.520 - 0.082}{10} = 0.0438$$

$$R = \frac{\sigma^2B}{\sigma^2B + \sigma^2w} = \frac{0.0438}{0.0438 + 0.082} = 0.348$$

**\*\* القيمة التربوية (Breeding value - BV)**

هي مجموع التأثيرات التجميعية لكل المواقع الجينية التي تؤثر على الصفة. تحسب القيمة التربوية في حالتين :

1- عندما يوجد سجل واحد للحيوان (أي اداء الفرد نفسه).

$$BV = h^2 * (\text{متوسط القطيع} - \text{متوسط الفرد})$$

س/ لو نفرض ان عجل له سمك طبقة دهنية 0.9 عند وزن 220 باوند وكان المكافئ الوراثي لهذه الصفة 0.5 ومتوسط الصفة للقطيع (1.3) المطلوب احسب القيمة التربوية لهذا العجل ؟

$$BV = 0.5(0.9 - 1.3) = - 0.2$$

اي ان هذه القيمة تقل عن متوسط القطيع ب 0.2 اي القيمة التربوية لهذا العجل :  
 $BV = -0.2 + 1.3 = 1.1$   
 أي ان سمك الطبقة الدهنية لهذا الفرد 1.1 وهي اقل من متوسط القطيع (1.3).

٢- المشاهدات المكررة repeated observations ( اكثر من سجل للفرد) بعض الصفات تتكرر في حياة الفرد مثل انتاج الحليب تنتج بالموسم الاول او الثاني او الثالث ولهذا فان قانونها يصبح :-

$$BV = \frac{nh^2}{1+(n-1)r} \times (\text{متوسط القطيع} - \text{متوسط الفرد})$$

عند الرغبة في المفاضلة بين الحيوانات في الانتاج فأننا نستخدم القانون التالي والمسمى القدرة الانتاجية الممثلة للحيوان (MPPA = most probable producing ability) . وقانونها :-

$$MPPA = \frac{nr}{1+(n-1)r} \times (\text{متوسط القطيع} - \text{متوسط الفرد})$$

$h^2$  = المكافئ الوراثي  
 $n$  = عدد السجلات .  
 $r$  = المعامل التكراري .

تستخدم القدرة الانتاجية للحيوان في حالة عدم وجود تقدير للمكافئ الوراثي لعدم وجود اباء.

مثال : ما هي القيم التربوية لصفة وزن الفطام للابقار الاتية اذا علمت ان المكافئ الوراثي لهذه الصفة 0.4 ؟

No. cow	Weaning weight
A	100
B	80
C	95

من المثال نجد ان لكل حيوان سجل واحد فنطبق القانون الاول :

$$\text{نستخرج متوسط الابقار الثلاثة} : 100+80+95/3= 91.6$$

$$BV (A)= 0.4*(100-91.6)= 3.36$$

$$BV(B)= 0.4*(80-91.6)= - 4.64$$

$$BV(C)= 0.4*(95-91.6)= 1.36$$

القيم اعلاه تمثل القابلية الوراثية للبقرة لصفة وزن الفطام وبالتالي فان وزن الفطام للابقار الثلاثة :

$$BV(A)=3.36+91.6=94.96 \text{ kg}$$

$$BV(B)= - 4.64+91.6=86.96 \text{ kg}$$

$$BV(C)= 1.36+91.6=92.96 \text{ kg}$$

مثال : فاضل بين الابقار الاتية :

- ١- متوسط الانتاج لثلاث مواسم ٥٥٠٠ كغم (A)
- ٢- متوسط الانتاج لموسمين ٥٧٠٠ كغم (B)
- ٣- متوسط الانتاج لموسم واحد ٦٤٠٠ كغم (C)

علما ان متوسط انتاج القطيع ٥٠٠٠ كغم وان المعامل التكراري لهذه الصفة ٤,٠

نطبق قانون القدرة الانتاجية على كل حيوان :

$$MPPA = \frac{nr}{1+(n-1)r} \times (\text{متوسط القطيع} - \text{متوسط الفرد})$$

- 1- Cow (A) :  $(3*0.4)/1+(3-1)*0.4 \times (5500 - 5000) = 333.33$
- 2- Cow (B) :  $(2*0.4)/1+(2-1)*0.4 \times (5700 - 5000) = 400$
- 3- Cow (C) :  $(1*0.4)/1+(1-1)*0.4 \times (6400 - 5000) = 560$

القيم اعلاه هي قيم وراثية (قيم تربوية) اذا فان انتاج الابقار من الحليب يزيد عن متوسط القطيع بـ :

- 1- Cow (A) :  $333.33+5000=5333.33$  kg
- 2- Cow (B) :  $400+5000=5400$  kg
- 3- Cow (C) :  $560+5000=5560$  kg

---

مثال : اذا كان لديك 10 كباش واريد منك المفاضلة بين الكباش قبل الانتخاب وبعد انتخاب 50% منها لصفة وزن الجزة اذا علمت ان المكافئ الوراثي لهذه الصفة 0.30

Rams No.	Fleece weight (FW)
1	4.3
2	3.5
3	3.2
4	5
5	2.6
6	2.5
7	3.6
8	4.0
9	5.4
10	3.6

\*\* نطبق القانون الاول للقيمة التربوية :

نجد ان متوسط 10 كباش لوزن الجزة :  $mean=4.3+....+3.6/10=4.31$  ويمثل متوسط القطيع قبل الانتخاب.

$$BV = h^2 * (\text{متوسط القطيع} - \text{متوسط الفرد})$$

القيم التربوية قبل الانتخاب :

$$\text{Ram 1} : 0.30 * (4.3-4.31) = - 0.003+4.31=4.307 \text{ kg}$$

$$\text{Ram 2} : 0.30 * (3.5-4.31) = - 0.243+4.31=4.067 \text{ kg}$$

$$\text{Ram 3} : 0.30 * (3.2-4.31) = - 0.333+4.31=3.977 \text{ kg}$$

$$\text{Ram 4} : 0.30 * (5-4.31) = 0.21+4.31=4.52 \text{ kg}$$

$$\text{Ram 5} : 0.30 * (2.6-4.31) = - 0.513+4.31=3.797 \text{ kg}$$

$$\text{Ram 6 : } 0.30 * (2.5-4.31) = - 0.543+4.31=3.767\text{kg}$$

$$\text{Ram 7 : } 0.30 * (3.6-4.31) = - 0.213+4.31=4.097$$

$$\text{Ram 8 : } 0.30 * (4.0-4.31) = - 0.093+4.31=4.217\text{kg}$$

$$\text{Ram 9 : } 0.30 * (5.4-4.31) = 0.327+4.31=4.637\text{kg}$$

$$\text{Ram 10 : } 0.30 * (3.6-4.31) = - 0.213+4.31=4.097\text{kg}$$

نجد ان افضل الكباش وراثيا هو الكباش رقم 9.

\*\* نقوم بانتخاب 5 كباش والتي تمثل نسبة 50% من الكباش من الكباش المقيم وراثيا اعلاه :

Ram No.	FW
9	4.63
8	4.21
4	4.52
1	4.307
7	4.097

$$\text{** متوسط الافراد المنتخبة : } \text{mean}=4.63+\dots+4.097/5=4.296$$

$$\text{Ram 9 : } 0.30 * (4.63-4.296) = 0.1002+4.296=4.396\text{kg}$$

$$\text{Ram 8 : } 0.30 * (4.21-4.296) = - 0.025+4.296=4.270\text{kg}$$

$$\text{Ram 4 : } 0.30 * (4.52-4.296) = 0.067+4.296=4.363\text{kg}$$

$$\text{Ram 1 : } 0.30 * (4.307-4.296) = 0.003+4.296=4.299\text{kg}$$

$$\text{Ram 7 : } 0.30 * (4.097-4.296) = - 0.059+4.296=4.236\text{kg}$$

نجد ان افضل الكباش كباش رقم 9 .

مثال : قطيع من انصاف اخوة اشقاء بلغ متوسط وزن الفطام 22 كغم قيم ما هي القيمة التربوية لام لها 3 مواسم لوزن الفطام لمواليدها متوسط وزن الفطام 25 كغم وان قيمة المعامل التكراري لهذه الصفة 0.34؟

متوسط الفرد 25 كغم ومتوسط القطيع 22 كغم وبما ان الفرد ناتج من اخوة انصاف اشقاء فان قيمة المكافئ الوراثي تساوي ربع القيمة الوراثية.

$$\bullet \text{ تطبيق القانون : ( متوسط القطيع - متوسط الفرد) } \times \frac{nh^2}{1+(n-1)r} = BV$$

$$BV = (3*0.25)/1+(3-1)*0.34 \times (25-22) = 1.32$$

$$WWT=1.32+22=23.32\text{kg}$$

اي ان صفة وزن الفطام للام من خلال مواليدها بلغت 23.32 كغم اعلى من متوسط القطيع (22 كغم).

س / ماذا تتوقع اذا كانت عدد السجلات لهذه الصفة 5 سجلات مفسرا النتيجة؟

## تكرار الجين

### Gene frequency

تكرار الجين : هو نسبة عدد المواقع المشغولة بالليل معين الى كل مواقع ذلك الجين.

مثال ١ : حول حساب تكرار الجين :

مجتمع مؤلف من 50 حيوان تتوزع فيه التراكيب الوراثية على النحو الاتي : 23 حيوان يحمل التركيب AA و 15 حيوان يحمل Aa و 12 حيوان يحمل aa المطلوب ما هو تكرار الاليل A و الاليل a في ذلك المجتمع؟

يرمز للاليل السائد (A) بالرمز p والاليل a بالرمز q ، وكما هو معروف وراثيا هنالك نوعين من التوزيعات الاول التوزيع الكمي (gametic array) وقانونه (p+q=1) والآخر التوزيع الزايكوتي (zygotic array) او ما يسمى بالتوزيع الوراثي (genotypic array) وهو مربع التوزيع الكمي (p+q)<sup>2</sup> وعند فتح القوس تصبح معادلة التوزيع الزايكوتي  $p^2+2pq+q^2$  .

يحسب تكرار اليل ما من القانون الاتي :  $PA = 2*AA+1*Aa/2*N$

AA: عدد الحيوانات الحاملة للتركيب السائد Aa عدد الحيوانات الحاملة للتركيب الهجين و N العدد الكلي للحيوانات

لاستخراج تكرار الاليل A نطبق المعادلة اعلاه :  $PA = 2*23+1*15/2*50 = 0.61$

اما تكرار الاليل a يطبق بقانون التوزيع الكمي اعلاه :  $q = 1 - 0.61 = 0.39$   $p+q=1$   $0.61+q=1$

يمكن تطبيق قانون تكرار الاليل السائد على تكرار الاليل المتنحي وكما ياتي :  $qa = 2*aa+1*Aa/2*N$

وبتعويض عدد الحيوانات الحاملة للتركيب المتنحي والتركيب الهجين نحصل على تكرار الاليل المتنحي بنفس نسبة قانون التوزيع الكمي وهي 0.39 .

مثال ٢ : في قطيع من ابقار الشورتهورن وجدت الاعداد الاتية :

16 حيوان لونه احمر (BB) و 48 حيوان لونه طوبي (Bb) و 36 حيوان لونه ابيض (bb) وان اللون الاحمر يسود على اللون الابيض، ما هو تكرار الجين واكتب معادلة التوزيع الكمي لهذا المجتمع؟

استخراج تكرار الاليل السائد وهو B :  $PB = 2*BB+1*Bb/2*N$  وتعويض قيم المعادلة فان :

$PB = 2*16+1*36/2*100 = 0.4$  اما تكرار الاليل b فهو :  $qb = 1 - p = 1 - 0.4 = 0.6$  .

• معادلة التوزيع الكمي :  $p+q=1$  ومن هذه المعادلة نعوض قيم p و q المستخرجة سابقا :

$0.4+0.6=1$  نجد من المعادلة عند جمع قيمة p و q يكون الناتج واحد .

مثال ٣ : احسب تكرار الجين B من العشيرة الاتي : 22 Bb و 10 bb ؟

نستخرج تكرار الاليل b :  $qb = 2*10+1*22/2*32 = 0.656$  وبالتالي فان تكرار الاليل السائد B هو :

$p+q=1$

$P=1-0.656=0.344$

\*\* هنالك مفهوم اخر للتكرار يسمى بتكرار التركيب الوراثي (Genotype frequency) فعندما نقول ما هو تكرار الاليل A تكراره p لكن عندما نقول ما هو تكرار التركيب AA فالجواب هو  $p^2$  وهو ناتج من ضرب تكرار الاليل A الاول مع الاليل A الثاني لهذا التركيب (pXp).

ما هو تكرار التركيب الوراثي BB في المثال رقم ٢ اعلاه؟ نقوم بقسمة الجزء على الكل بمعنى ان عدد الحيوانات الحاملة للتركيب BB هو 16 وان العدد الكلي للحيوانات 100 فان تكرار التركيب السائد (BB) :  $p^2=16/100=0.16$ .

**مثال ٤ واجب :** ما هو التوزيع الكميبي اذا كانت الافراد BB و Bb سوداء بينما الافراد bb بيضاء من العشائر الاتية التي تتزوج عشوانيا ؟

١- 96 اسود ، 4 ابيض ٢- 64 اسود ، 36 ابيض

\*\* لو طلب منا التوزيع الزايكوتي لعشيرة ما كيف يحسب؟

التوزيع الزايكوتي ينتج من تزواج عشيرتين اي بالنقاء كميبي من عشيرة مع كميبي من العشيرة الاخرى وكما مرة سابقا فان التوزيع الزايكوتي هو مربع التوزيع الكميبي.

**مثال ٥ :** ما هو التوزيع الزايكوتي عند تزواج عشيرة أ التوزيع الكميبي لها (p0.3+q0.7) اذ تمثل p للاليل A و q للاليل a مع عشيرة ب التوزيع الكميبي لها (p0.4+q0.6) اذ ان p تمثل A و q تمثل a؟

	pA 0.6	qa 0.4
PA 0.7	AA (P <sup>2</sup> )=0.42	Aa(pq)=0.28
qa 0.3	Aa(pq)=0.18	Aa(q <sup>2</sup> )=0.12

معادلة التوزيع الكميبي -----  $(p+q)^2=p^2+2pq+q^2$

تم تعويض القيم الناتجة من الجدول بالمعادلة ---  $(0.42+0.46+0.12)$

AA+2Aa+aa

ملاحظة : ان طريقة حساب التوزيع الزايكوتي تصلح عندما يكون التزاوج عشوانيا.

**\*\* يوجد مصطلح يطلق عليه التزاوج العشواني (Random mating)**

وهو ان لكل ذكر في المجموعة له نفس الفرصة كاي ذكر اخر بتلقيح اي انثى في تلك المجموعة اي لا يوجد تحيز لذكر دون اخر لتلقيح انثى دون اخرى ، منتجا بذلك مصطلح اخر هو التوزيع التزاوجي (matting array) ويمثل مربع التوزيع الزايكوتي.

**مثال ٧ :** ما هو احتمال ان تكون عشيرة من 10 حيوانات كلها Aa تتزوج عشوانيا اذا علمت ان التوزيع الكميبي لها (a0.3+0.7A) ؟

**\*\* قاعدة هردي واينبيرج**

من هذه القاعدة يمكن معرفة اذا ما كانت العشيرة متزنة اي ان التوزيع الكميبي والزايكوتي يبقيان ثابتان من جيل لآخر في حالة غياب القوى المؤثرة في تكرار الجين باستخدام القوانين الاتية والتي تسمى بشروط الاتزان :

- ١- ان يكون الخليط مساويا او اكثر من 50 % من المجموع الكلي
- ٢- ان يكون مربع الخليط يساوي اربعة اضعاف حاصل ضرب التركيبين النقيين AA و aa اي :  $(Aa)^2 = 4 * \text{عدد الافراد النقية السائدة} * \text{عدد الافراد النقية المتنحية}$
- ٣- من خلال قيمة مربع كاي  $\chi^2$  من القانون :  $\chi^2 = \sum [(O-E)^2 / E]$  تمثل O القيم المشاهدة و E القيم المتوقعة

مثال ٨: بين اهل العشيرة الاتية في حالة اتزان ام لا؟ aa50+Aa20+AA30

١- نجد ان العدد الكلي هو 100 والخليط اقل من العدد لذا فان العشيرة غير متزنة

٢- نطبق الفقرة الثانية :

$$20^2=4*30*50$$

$$400=6000$$

نجد ان مربع الخليط اقل من اربعة اضعاف حاصل ضرب التركيبين النقيين وبالتالي فان العشيرة غير متزنة

٣- نطبق قانون مربع كاي من خلال استخراج الاعداد المتوقعة من المجتمع :

$$pA=2*30+1*20/2*100=0.4$$

$$qa=1-pA=1-0.4=0.6$$

نستخرج التوزيع الزايكوتي :

$$(0.4+0.6)^2= 0.16+2*0.4*0.6*0.36$$

نقوم بضرب قيم التوزيع الكمي في العدد الكلي للحيوانات لاستخراج الاعداد المتوقعة :

$$0.16*100=16$$

$$2*0.4*0.6*100=48$$

$$0.36*100=36$$

$$\chi^2 = \sum [(O-E)^2 / E] = ((30-16)^2/16)+((20-48)^2/48)+((50-36)^2/36)=12.25+16.33+5.44=34.02$$

فاذا كانت قيمة مربع كاي المحسوبة اكبر او تساوي من قيمة مربع كاي الجدولية يوجد اتزان في ذلك المجتمع باستخدام درجات الحرية (d=n-1) وتمثل n عدد التراكيب الوراثي في المجتمع والعكس صحيح.