التكرار الجيني Gene Frequency

هو النسبة المئوية للجين الى جميع الجينات الموجودة في الموقع الجيني لصفة معينة بالنسبة للمجتمع المراد دراسته ، والتكرار الجيني له علاقة وثيقة بالانتخاب حيث يؤدي الانتخاب الى زيادة التكرار الجيني للصفات المرغوبة في المجتمع .

لقد اوضح العالمان هاردي- واينبرك Hardy–Weinberg قانونهما الذي ينص في مجتمع كبير يتم التزاوج بين افراده عشوائياً فان التكرار النسبي للجينات يبقى ثابتاً من جيل الى آخر اذا لم يحصل فيه هجرة من والى المجتمع او يحصل طفرة او انتخاب . ان المجتمع النباتي يتم فيه التزاوج بشكل عشوائي ويصل الى حالة الاتزان بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي . وان مكوناته من التراكيب الوراثية تحدد بمفكوك معادلة ذي الحدين $(p+q)^2=p^2 + 2pq + q^2$ ان استخدام هذه المعادلة يعني توازن هاردي واينبرك والمعادلة مهمة كونها تسمح في حساب التكرار الجيني.

التطاير الوراثي (الجنوح الوراثي) Genetic drift

حدوث اختلاف في التكرار الجيني للتراكيب الوراثية اثناء ازدواج الكروموسومات في الانقسام الاختزالي بسبب صغر حجم المجتمع اي حدوث زيادة في التكرار الجيني لاحد التراكيب الوراثية بدرجة اكبر من الاخر عندما يكون عدد الافراد في المجتمع قليلاً فيغير التكرار الجيني لصالحه.

عدم حدوث انقسام اختزالي متزن Meiotic drift

هو موت بعض الامشاج الذكرية اثناء الانقسام الاختزالي فيزداد التكرار الجيني لاحد التراكيب الوراثية على الاخر بسبب صغر حجم المجتمع .

من خلال معادلة هاردي واينبرك فان (P^2) هو ذلك الجزء الذي يتوقع ان يكون متغلباً ونقياً و (2pq) الجزء الذي يكون هجيناً (Aa) وان (q^2) يمثل الجزء الذي يكون متنحياً للجين (aa) كما موضح في الشكل التالي

	P A	q a
P A	P^2 AA	pq Aa
q a	pq Aa	q^2 aa

ان النسبة المئوية للكاميتات التي تحمل (A) والكاميتات التي تحمل (a) يكون مجموعها 100% لذا فان تكرار النمط الوراثي المتوقع يكون $(p+q)^2=p^2 + 2pq + q^2 =1$

اذا صادف ان اصبحت العشيرة غير متزنه فانها تصل الى حالة الاتزان بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي.

شروط التوازن

1- يكون المجتمع كبير وغير محدد ويتم التزاوج بين افراده عشوائياً

2- ان تكون العشيرة مغلقه ولا تحدث هجرة Migration من والى العشيرة لان ذلك يسبب نقص في التكرار الجيني لبعض افراده

3- لا تحصل طفرة وراثية تؤثر على تغيير التكرار الجيني لاحد الجينات ضد الاخر

4- عدم حدوث الجنوح الوراثي (التطاير الوراثي) وهو عند قلة عدد الافراد في العشيرة يزداد التكرار الجيني لتركيب وراثي على الاخر

5- ان لايكون هنالك انتخاب لاحد الجينات ضد الاخر لان هذا يؤثر على التكرار الجيني

6- موت بعض الكميتات لتراكيب معينه اثناء الانقسام الاختزالي يحدث اخلال في توازن التكرار الجيني ويسمى(meiotic drive)

حساب التكرار الجيني في المواقع الجسمية على الكروموسومات

1- في حالة السيادة غير التامة

اذا كان لدينا عينة عدد افرادها (N) ورمزنا فيها للافراد المتغلبة النقية بالرمز (D) والتي تمثل(AA) و(H) للافراد الهجينة (Aa) و (R) للافراد النقية المتنحية (aa) .

وبما ان جميع الافراد (N) هي ثنائية المجموعة الكروموسومية Diploid لذا فان الاليلات تساوي (2N) فيكون

$$P= \frac{2D+H}{2N} = \frac{D+1/2H}{N} \qquad q = \frac{2R+H}{2N} = \frac{R+1/2H}{N}$$

حيث ان
P = تمثل التكرار الجيني للاليلات المتغلبة
q= تمثل التكرار الجيني للاليلات المتنحية
D= الافراد السائدة
R= الافراد المتنحية

مثال : في حالة اتزان المجتمع

عينة عدد افرادها 100 نبات فيها 81 نبات ذو ازهار حمراء AA و 18 نبات ذو ازهار وردية Aa و 1 نبات ذو ازهار بيضاء aa احسب التكرار الجيني للاليلات المتغلبة والمتنحية.

الحل: يمكن اعطاء الرمز D للافراد السائدة ، H للافراد الخليطة ، R للافراد المتنحية ، N عدد الافراد الكلية

التركيب الوراثية	AA	Aa	aa
عدد النباتات	81	18	1
الرمز	D	H	R

مجموع الاليلات A = 2 × 81 + 1× 18 = 180
2D+H = 2× D + 1×H

مجموع اليلات a = 2 × 1 + 1× 18 = 20
2R+H = 2 ×R + 1 ×H

التكرار الجيني للاليلات المتغلبة $P(A)=\frac{2D+H}{2N}=\frac{180}{200}=0.9$

التكرار الجيني للاليلات المتنحية $q(a)=\frac{2R+H}{2N}=\frac{20}{200}=0.1$

$q=1-p$ وهذا يؤدي $p+q=1$

هذه النسب هي نفس النسب الموجودة في المجتمع السابق

	P=0.9	q=0.1
P= 0.9	P^2=0.81	Pq=0.9
q=0.1	Pq=0.9	q^2=0.01

ومن هنا يتضح ان المجتمع في حالة اتزان والنسل يتكون من ثلاث تراكيب وراثية

$$P^2AA(0.81) + 2pqAa(0.18) + q^2aa(0.01) = 1$$

مثال: في حالة عدم الاتزان

عينة عدد افرادها 100 نبات فيها 60 نبات يحمل التركيب الوراثي AA ذو ازهار حمراء و 20 نبات Aa ذو ازهار وردية و 20 نبات ذو ازهار بيضاء وان التزاوج يتم بين افراد المجتمع عشوائياً . احسب التكرار الجيني للاليلات المتغلبة والمتنحية في المجتمع ؟

الحل:

$$P(A)= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times60+20\times1}{200} = \frac{140}{200} = 0.7$$

$$q=(a) = \frac{2R+H}{2N} = \frac{2\times20+20\times1}{200} = \frac{60}{200} = 0.3$$

	P=0.7	q=0.3
P= 0.7	P^2=0.49	pq=0.21
q=0.3	pq=0.21	q^2=0.09

هذه النسب الموجودة في الجدول لجيل الابناء تخالف النسب الاصلية في جيل الاباء لذا نجد ان المجتمع لم يكن في حالة اتزان ويصل الى حالة الاتزان بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي .

طرق اتزان العشيرة

1. مقارنة نسبة وجود الافراد الخليطة في جيل الاباء والابناء اي ان $2pq = \frac{H}{N}$ في المثال السابق كانت نسبة الافراد الخليطة في جيل الاباء =0.2 وجيل الابناء 0.42 وهذا يدل على ان عدم ثبات تساوي نسبة الافراد الخليطة في جيل الاباء والابناء يعني عدم الاتزان .
2. يتم تطبيق المعادلة التالية على جيل الاباء والابناء $\frac{H}{\sqrt{DR}}$ اذا كان الناتج يساوي 2 فالعشيرة متزنه

أ- في جيل الاباء

$$0.56 = \frac{20}{35.10} = \frac{20}{7.8\times4.5} = \frac{20}{\sqrt{60\times20}}$$

ب- في جيل الابناء

$$2 = \frac{42}{21} = \frac{42}{7\times3} = \frac{42}{\sqrt{49\times9}}$$

1- تطبيق المعادلة $p + q = 1$

يصل المجتمع الى حالة الاتزان بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي .

مثال : احسب تكرار التراكيب الوراثية لافراد العشيرة التالية التي تتزاوج عشوائياً بعد ثلاثة اجيال وهل العشيرة متزنة

التركيب الوراثية	AA	Aa	aa	المجموع
	0.70	0.20	0.10	100

$$P(A) = \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times70+20}{200} = \frac{140+20}{200} = 0.8$$

$$q(a) = \frac{2R+H}{2N} = \frac{2\times10+20}{200} = \frac{20}{200} = 0.2$$

هذه النسب الموجودة في الجدول لجيل الابناء

	P=0.8	q=0.2
P= 0.8	P^2=0.64	pq=0.16
q=0.2	pq=0.16	q^2=0.04

تخالف النسب الاصلية في جيل الاباء لذا يكون المجتمع غير متزن ويصل الى حالة الاتزان بعد

جيل واحد من التزاوج العشوائي

او يمكن التاكد من القانون التالي

$2pq = 2\ (0.8)\ (0.2) = 0.32$

وبما ان عدد الافراد الخليطة في جيل الاباء هو 0.20
اذن العشيرة غير متزنة

$2pq\ (0.32) \neq H\ (0.20)$

ويمكن ان تصل الى حالة الاتزان بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي

مثال: 1- احسب التكرار الجيني للاليلات المتغلبة والمتنحية في العشيرة النباتية التالية وهل العشيرة متزنة

التركيب الوراثية AA Aa aa

0.64 0.32 0.04

$$P(A)= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times64+32}{200} = \frac{160}{200} = 0.8$$

$$q(a)= \frac{2R+H}{2N} = \frac{2\times4+32}{200} = \frac{40}{200} = 0.2$$

في جيل الابناء $2pq = 2\ (0.8)\ (0.2) = 0.32$

في جيل الاباء $H=0.32$

اذن العشيرة متزنة اي ان $2pq = H$

اذا اعطيت قيم التراكيب الوراثية على هيئة اعداد حتى تكون العشيرة متزنة يجب ان يكون مربع قيم الافراد الهجينة $(Aa)^2 = 4\ (AA)\ (aa)$

كما في العشيرة التالية

AA	Aa	aa
15	10	14

بما ان التراكيب الوراثية اعطيت على هيئة اعداد حتى تكون العشيرة متزنة اذا كان مربع قيم الافراد الهجينة $(Aa)^2 = 4\ (AA)\ (aa)$

$(Aa)^2 = 4 \times 15 \times 14$

$(10)^2 = 4 \times 15 \times 14$

$100 \neq 60 \times 14$

$100 \neq 840$ اذن العشيرة غير متزنة

2- جد عدد الفئات المظهرية

عدد الفئات المظهرية $= df - 1$

هذا يعني $2 - 1 = 1$

3- هل يمكن الحصول على النسبة 1 : 2 : 1

الجواب/ كلا لان تكرار الاليلين p ، q غير متساويان ومختلفان

مثال : مجتمع نباتي يحتوي على 360 نبات (AA) و 480 نبات (Aa) و 160 نبات (aa) صفة غير مرغوبة ، كيف يمكنك خفض تكرار الجين (a) بالانتخاب الى اقل من 0.20

لما كانت الصفة المتنحية (aa) غير مرغوبة لذا يجب عزل نباتاتها (aa) وترك بقية النباتات AA و Aa للتزاوج فيما بينها وهذا يعني تقليل تكرار النباتات المتنحية التي تحمل التركيب (aa)

$$P= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times360+480}{2000} = 0.6$$

$$q= \frac{2R+H}{2N} = \frac{2\times160+480}{2000} = 0.4$$

قيمة التركيب الوراثي aa

تحذف بالانتخاب

وذلك باستبعاد نباتات aa(0.16)

	P=0.6	q=0.4
P= 0.6	P^2=0.36	Pq=0.24
q=0.4	Pq=0.24	q^2=0.16

ستبقى الافراد المتزاوجة وهي AA و Aa لايمكن التمييز بينها لان A سائد على a

$$P= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times36+48}{2(36+48)} = \frac{120}{168} = 0.71$$

q= 100−0.71=0.29

يعاد التزاوج بالنسب الجديدة

	P=0.71	q=0.29
P= 0.71	P^2=0.504	pq=0.206
q=0.29	pq=0.206	q^2=0.084

$$P= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times504+412}{2(504+412)} = \frac{1420}{1832} = 0.77$$

q= 1 − p

q= 1− 0.77 = 0.23

	P=0.77	q=0.23
P= 0.77	P^2=0.593	Pq=0.177
q=0.23	Pq=0.177	q^2=0.053

$$P= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times593+354}{2(593+354)} = \frac{1540}{1894} = 0.81$$

$q = 1 - 0.81 = 0.19$ وهو المطلوب

مثال/ درست انماط مجاميع الدم لدى الاشخاص في احدى الكليات وتم تجميع الافراد حسب التراكيب الوراثية لنظام M–N وكما يلي

التركيب الوراثي	العدد
MM	110
MN	56
NN	14
المجموع	180

المطلوب/1. احسب التكرارات الجينية لكل من M و N

2.ماهي نسبة انماط مجاميع الدم حسب قانون هاردي واينبرك

3.هل تبتعد هذه النسبة عن النسبة الاختبارية 1 : 2 : 1 ولماذا

4.أذا كان لديك ثلاث رتب مظهرية جد عدد الفئات المظهرية بوجود هذه الاليلات

نفترض ان انماط مجاميع الدم MM يرمز لها بالرمز P و MN يرمز لها بالرمز H و NN يرمز لها بالمز R

الجواب/

$$1- P= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times110+56}{2(180)} = \frac{276}{360} = 0.76$$

$q = 1 - 0.76 = 0.24$

$$4- \quad P^2MM(0.5776) + 2pqMN(0.3648) + q^2NN(0.0576) = 1$$

5- نعم تبتعد النسبة الاختبارية وهذا يعني عدم انطباق القوانين الوراثية لهذه العينة بسبب ان هذه النسب تعتمد على التكرار الجيني للاليلات

6- ان عدد الفئات المظهرية هي 2 -1 ويساوي 1 لوجود اليلين فقط

مثال:- عشيرة من الابقار كان اللون فيها يتوزع كما يلي 400 بقرة حمراء اللون ، و 300 بقرة بيضاء اللون و 600 بقرة رمادية جد التكرار الجيني للاليلات المتحكمة بالصفة وهل العشيرة متزنه وضح ذلك

$$P= \frac{2D+H}{2N} = \frac{2\times400+600}{2(1300)} = 0.538$$

$$q= \frac{2R+H}{2N} = \frac{2\times300+600}{2(1300)} = 0.462$$

$H = 2pq$

$600= 2\times 0.538 \times 0.462 =0.497$

العشيرة غير متزنة لان قيمة الافراد الهجينية لا تساوي 2pq

2.حساب التكرار الجيني في حالة السيادة التامة للاليلات المتغلبة والمتنحية

في حالة السيادة التامة تكون هنالك ثلاث طرز وراثية وطرازين مظهريين حيث ان الافراد التي تحمل التركيب الوراثي الهجين تعطي طراز مظهري مشابه للطراز المظهري للافراد التي تحمل التركيب الوراثي النقي لذا فان التراكيب الوراثية AA ، Aa تعطي نفس الطراز المظهري والتراكيب الوراثية aa تعطي طراز مظهري اخر في حالة السيادة التامة تكون معادلة هاردي واينبرك كما يلي

$$P^2\ AA+ 2pq\ Aa+ q^2\ aa= 1$$

وهنا لا يمكن التمييز بين Aa و AA في حالة السيادة التامة من حيث المظهر الخارجي . ولمعرفة نسبة الافراد المتنحية في العشيرة يمكن تقدير التكرار الجيني للاليلات المتنحية q عن طريق الجذر التربيعي لنسبة الافراد المتنحية في العشيرة وبذلك نحصل على q .

مثال : لدراسة 100 نبات لصفة الطول وهي صفة سائدة سيادة تامة وجد ان (16) نبات قصير موجود في المجتمع . المطلوب

1. ماهو التكرار الجيني للاليلات المتغلبة والمتنحية

2. وما هي نسبة الافراد الخليطة والاصيلة . حيث ان المجتمع يتم فيه التزاوج بصورة عشوائية وهو في حالة اتزان

نباتات طويلة نباتات قصيرة

84= (Aa+AA) aa= 16

$2pq+q^2$ q^2

التكرار الجيني لـ q = $\sqrt{q2}$ = 0.16 =0.4

P = 1 – q

التكرار الجيني للـ q = 0.4 P = 1– 0.4 = 0.6

تكون تركيبة المجتمع حسب قانون هاردي واينبرك كما يلي

النباتات الطويلة للتركيبين الوراثيين AA و Aa = 0.84

النباتات الطويلة للتركيب الوراثي AA = 0.36

النباتات الخليطة للتركيب الوراثي Aa 0.48

النباتات القصيرة للتركيب الوراثي aa 0.16

$$\underline{P^2AA(0.36)} + 2pqAa(0.48) + \underline{q^2aa(0.16)} = 1$$

نباتات طويلة نباتات قصيرة

في حالة السيادة التامة الشكل المظهري لا يمكن ان يكون وسيلة للتعرف على التركيب الوراثي الابعد اجراء تهجينات اختبارية عندما يكون الشكل المظهري للتركيب الوراثي في حالة السيادة سواء كان نقياً ام هجيناً كما في AA و Aa لايمكن ان تتعرف على التكررات الجينية للاليلات المتغلبة والمتنحية في حالة كون العشيرة متوازنة الا من خلال الصفة المتنحية aa عن طريق الجذر التربيعي للاليل المتنحي نحصل على قيمة (q) ومن خلالها نستخرج قيمة (p) .

مثال: اذا كان لديك عشيرة نباتية تكون في حالة توازن ويحصل فيها التلقيح العشوائي وكان 75% من افراد العشيرة النباتية تحمل الشكل المظهري المتغلب

احسب التكرارات الجينية لهذه العشيرة

$$\underline{P^2AA + 2pq\ Aa} + \underline{q^2\ aa} = 1$$

%75 %25

75% تمثل الشكل المظهري المتغلب

النقي (P^2) + الهجين (2pq) $\%100 - \%75 = \%25$

25% تمثل الشكل المتنحي

$q = \sqrt{q2} = \sqrt{0.25} = 0.5$

$p = 1 - q = 1 - 0.5 = 0.5$