

## PHƯƠNG PHÁP GIẢI MỘT SỐ DẠNG BÀI TẬP PHẦN DI TRUYỀN HỌC QUẦN THỂ

Cơ sở của phương pháp là các cách xác định tần số các alen ở các loại quần thể, áp dụng định luật Hacđi - Vanbeđi đối với các gen trên nhiễm sắc thể thường và nhiễm sắc thể giới tính cũng như xét sự thay đổi tần số các alen của quần thể dưới áp lực của các nhân tố tiến hoá.

### CÁC DẠNG THƯỜNG GẶP

**Dạng 1:** Cách tính tần số các alen, tần số kiểu gen và xác định cấu trúc di truyền của các loại quần thể

#### I. Xét 1 gen gồm 2 alen trên NST thường

##### 1. Cách xác định tần số alen, tần số kiểu gen và cấu trúc di truyền của quần thể

- Tần số alen là tổng số alen đang xét trên tổng số alen có trong quần thể của gen đó.

- Tần số KG là đang xét trên tổng số kiểu gen của quần thể.

Xét 1 gen gồm 2 alen, alen trội (A) và alen lặn (a)

Khi đó, trong QT có 3 KG khác nhau là AA, Aa, aa.

Gọi N là tổng số cá thể của QT; D là số cá thể mang KG AA; H là số cá thể mang KG Aa; R là số cá thể mang KG aa

Khi đó  $N = D + H + R$

Gọi d là tần số của KG AA  $\rightarrow d = D/N$ ; h là tần số của KG Aa  $\rightarrow h = H/N$ ; r là tần số của KG aa  $\rightarrow r = R/N$   
( $d + h + r = 1$ )

$\rightarrow$  Cấu trúc di truyền của QT là  $d AA : h Aa : r aa$

Gọi p là tần số của alen A; q là tần số của alen a

Ta có: 
$$p = \frac{2D + H}{2N} = d + \frac{h}{2}$$

$$q = \frac{2R + H}{2N} = r + \frac{h}{2}$$

**Đ1:** Xét QT gồm 1000 cá thể, trong đó có 500 cá thể có KG AA, 200 cá thể có KG Aa, số còn lại có kiểu gen aa.

a. Tính tần số các alen A và a của QT.

b. Tính tần số các KG của QT, từ đó suy ra cấu trúc di truyền của QT.

**Giải:** a. Ta có

$$\text{Số cá thể có kiểu gen aa} = 1000 - (500 + 200) = 300$$

$$\text{Tổng số alen trong quần thể} = 2 \times 1000 = 2000$$

$$\text{Tần số alen A} = \frac{2 \times 500 + 200}{2 \times 1000} = 0,6; \quad \text{Tần số alen a} = \frac{2 \times 300 + 200}{2 \times 1000} = 0,4$$

b. Tần số các kiểu gen - Tần số kiểu gen AA =  $\frac{500}{1000} = 0,5$ ; - Tần số kiểu gen Aa =  $\frac{200}{1000} = 0,2$

- Tần số kiểu gen aa =  $\frac{300}{1000} = 0,3$

$\Rightarrow$  Cấu trúc di truyền của quần thể là  $0,5 AA : 0,2 Aa : 0,3 aa$

**VD2:** Một quần thể có cấu trúc di truyền là  $0,7 AA : 0,2 Aa : 0,1 aa$

Tính tần số các alen A, a của quần thể

**Giải** Ta có: Tần số alen A =  $0,7 + 0,2/2 = 0,8$

$$\text{Tần số alen a} = 0,1 + 0,2/2 = 0,2$$

**VD3:** Một quần thể sóc gồm 1050 sóc lông nâu đồng hợp tử, 150 sóc lông nâu dị hợp tử và 300 sóc lông trắng.

Biết tính trạng màu lông do một gen gồm hai alen quy định.

Tính tần số các kiểu gen và tần số các alen trong quần thể.

**Giải:**

Ta có tổng số sóc trong quần thể =  $1050 + 150 + 300 = 1500$

Quy ước: A: lông nâu

A: lông trắng

Tần số các kiểu gen được xác định như sau

$$1050/1500 AA + 150/1500 Aa + 300/1500 aa = 1$$

$$\text{Hay } 0,7 AA + 0,1 Aa + 0,2 aa = 1$$

Từ đó suy ra: Tần số các kiểu gen AA, Aa và aa lần lượt là 0,7, 0,1 và 0,2

$$\text{Tần số alen A} = 0,7 + 0,1/2 = 0,75$$

$$\text{Tần số alen a} = 0,2 + 0,1/2 = 0,25$$

#### 2. Cấu trúc di truyền của các loại quần thể

##### 2.1. Cấu trúc di truyền của quần thể tự phối (nội phối)

QT tự phối là các QT thực vật tự thụ phấn, QT động vật tự thụ tinh, QT động vật giao phối gần.

a. Nếu quần thể khởi đầu chỉ có 1 KG là Aa ( $P_0$ : 100% Aa)

Số thế hệ tự	Tỉ lệ thế hệ dị hợp Aa còn lại	Tỉ lệ thế hệ đồng hợp (AA+aa) tạo ra	Tỉ lệ mỗi thế hệ đồng hợp AA hoặc aa
--------------	--------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

<b>phôi</b>			
0	1	0	0
1	$(1/2)^1$	$1 - (1/2)^1$	$[1 - (1/2)^1] : 2$
2	$(1/2)^2$	$1 - (1/2)^2$	$[1 - (1/2)^2] : 2$
3	$(1/2)^3$	$1 - (1/2)^3$	$[1 - (1/2)^3] : 2$
...	...	...	...
n	$(1/2)^n$	$1 - (1/2)^n$	$[1 - (1/2)^n] : 2$

**Suy ra:**

- Sau mỗi thế hệ tự phối, tỉ lệ thể dị hợp Aa giảm một nửa so với thế hệ trước đó

- Khi  $n \rightarrow \infty$  thì tỉ lệ thể dị hợp Aa =  $\lim [(1/2)^n] = 0$

Tỉ lệ mỗi thể đồng hợp AA = aa =  $\lim [1 - (1/2)^n] : 2 = 1/2$

→ Cấu trúc di truyền của QT ở thế hệ xuất phát P<sub>0</sub> là: 0 AA : 1 Aa : 0 aa

Cấu trúc di truyền của QT ở thế hệ n là P<sub>n</sub>: 1/2 AA : 0 Aa : 1/2 aa

hay 0,5 AA : 0Aa : 0,5aa

**b. Nếu quần thể tự phối khởi đầu có cấu trúc di truyền là**

P<sub>0</sub>: xAA : y Aa : z aa (x + y + z = 1)

Số thế hệ tự phối	Tỉ lệ mỗi KG trong QT		
	Aa	AA	aa
0	y	x	z
1	$(1/2)^1 \cdot y$	$x + [y - (1/2)^1 \cdot y] : 2$	$z + [y - (1/2)^1 \cdot y] : 2$
2	$(1/2)^2 \cdot y$	$x + [y - (1/2)^2 \cdot y] : 2$	$z + [y - (1/2)^2 \cdot y] : 2$
3	$(1/2)^3 \cdot y$	$x + [y - (1/2)^3 \cdot y] : 2$	$z + [y - (1/2)^3 \cdot y] : 2$
...	...	...	...
<b>n</b>	$(1/2)^n \cdot y$	$x + [y - (1/2)^n \cdot y] : 2$	$z + [y - (1/2)^n \cdot y] : 2$

**Chú ý:**

- Quá trình tự phối làm cho QT dần dần phân thành các dòng thuần có kiểu gen khác nhau.

- Cấu trúc di truyền của QT tự phối biến đổi qua các thế hệ theo hướng giảm dần tỉ lệ dị hợp, tăng dần tỉ lệ đồng hợp nhưng không làm thay đổi tần số các alen.

**VD:**

Cho 2 QT: QT1: 100% Aa

QT2: 0,7AA + 0,2 Aa + 0,1 aa = 1

a. Tính tần số các alen A và a ở mỗi QT.

b. Xác định tỉ lệ thể dị hợp còn lại và tỉ lệ mỗi thể đồng hợp tạo ra ở mỗi QT sau 5 thế hệ tự phối.

**Giải:**

a. - QT1:

Tần số alen A = a = 1/2 = 0,5

- QT2: Tần số alen A = 0,7 + 0,2/2 = 0,8

Tần số alen a = 0,1 + 0,2/2 = 0,2

b. - QT1: Tỉ lệ thể dị hợp còn lại sau 5 thế hệ tự phối là  $1/2^5 = 0,03125$

Tỉ lệ mỗi thể đồng hợp tạo ra là AA = aa =  $[1 - (1/2)^5] : 2 = 0,484375$

- QT2: Tỉ lệ thể dị hợp còn lại sau 5 thế hệ tự phối là  $0,2 \cdot 1/2^5 = 0,00625$

Tỉ lệ thể đồng hợp AA tạo ra là  $= 0,7 + [0,2 - (1/2)^5 \cdot 0,2] : 2 = 0,796875$

Tỉ lệ thể đồng hợp aa tạo ra là  $= 0,1 + [0,2 - (1/2)^5 \cdot 0,2] : 2 = 0,196875$

**\* Chú ý:**

Nếu quá trình nội phối diễn ra yếu thì việc xác định thành phần KG của QT được xác định như sau

Gọi H<sub>1</sub> là tần số thể dị hợp Aa bị giảm đi do nội phối qua một thế hệ.

F là hệ số nội phối

Ta có  $F = (2pq - H_1)/2pq$

Từ đó suy ra: Tần số KG AA =  $p^2 + pqF = p^2 (1 - F) + pF$

$$\text{Tần số KG } Aa = H_1 = 2pq (1 - F)$$

$$\text{Tần số KG } aa = q^2 + pqF = q^2 (1 - F) + qF$$

## 2.2 Cấu trúc di truyền của quần thể ngẫu phối

### a. Quần thể ngẫu phối

- Là QT mà các cá thể trong QT lựa chọn bạn tình để giao phối một cách ngẫu nhiên.
- QT ngẫu phối có thể duy trì tần số các alen và tần số các KG qua các thế hệ → duy trì sự đa dạng di truyền.
- QT giao phối tạo ra vô số biến dị tổ hợp, vì vậy làm cho QT đa hình về KG, dẫn đến đa hình về KH.

### b. Trạng thái cân bằng di truyền của quần thể

Quần thể đạt trạng thái cân bằng di truyền nếu có tần số các kiểu gen thỏa mãn công thức

$$p^2 AA + 2pq Aa + q^2 aa = 1$$

Trong đó p là tần số alen A; q là tần số alen a (p + q = 1)

**Hoặc** Quần thể có cấu trúc di truyền dạng d AA : h Aa : r aa sẽ đạt cân bằng di truyền nếu thỏa mãn biểu thức  $dr = (h/2)^2$

**VD1:** QT nào sau đây đạt cân bằng DT

$$QT1: 0,36AA + 0,60 Aa + 0,04 aa = 1;$$

$$QT2: 0,64AA + 0,32 Aa + 0,04 aa = 1$$

$$QT3: 0,7AA + 0,2 Aa + 0,1 aa = 1;$$

$$QT4: 0,36AA + 0,48 Aa + 0,16 aa = 1$$

**Giải:**

Áp dụng 1 trong 2 công thức trên ta thấy QT có cấu trúc di truyền đạt cân bằng là QT2 và QT4

**VD2:** Một QT ngẫu phối cân bằng di truyền có tần số các alen A/a = 0,3/0,7.

Xác định cấu trúc di truyền của QT.

**Giải:**

Cấu trúc di truyền của quần thể là  $0,09AA + 0,42 Aa + 0,49 aa = 1$

**VD3:** Chứng bạch tạng ở người do đột biến gen lặn trên NST thường gây nên. Tần số người bạch tạng trong QT người là 1/10000. Biết quần thể đạt cân bằng di truyền. Xác định tần số các alen và cấu trúc di truyền của QT.

**Giải:**

Từ giả thuyết suy ra:

Tần số người bạch tạng trong quần thể là  $q^2 = 1/10000 = 0,0001$

-->  $q = 0,01$  --> Tần số alen lặn (b) gây bạch tạng = 0,01

--> Tần số alen trội (B) là  $p = 1 - 0,01 = 0,99$

--> Cấu trúc di truyền của quần thể là

$$0,99^2 BB + 2 \times 0,99 \times 0,01 Bb + 0,01^2 bb = 1$$

$$\text{Hay } 0,9801 BB + 0,0198 Bb + 0,0001 bb = 1$$

### c. Định luật Hacđi – Vanbec

- **Nội dung:** Đối với quần thể ngẫu phối, trong những điều kiện nhất định thì thành phần KG và tần số các alen được duy trì ổn định qua các thế hệ.

- **Chứng minh Định luật:**

Xét một gen với 2 alen, trong quần thể có 3 kiểu gen AA, Aa, aa với các tần số tương ứng là d, h, r. Trong quần thể, sự ngẫu phối diễn ra giữa các cá thể có cùng hay khác kiểu gen với nhau. Như vậy, trong quần thể có nhiều cặp lai khác nhau.

Tần số của mỗi kiểu lai bằng tích các tần số của hai kiểu gen trong cặp lai.

Ví dụ: AA x AA = d.d = d<sup>2</sup>.

Kết quả ngẫu phối trong quần thể được phản ánh ở bảng dưới đây

Kiểu lai	Tần số kiểu lai	Thế hệ con		
		AA	Aa	aa
AA x AA	d <sup>2</sup>	d <sup>2</sup>		
AA x Aa	} 2dh	dh	dh	
Aa x AA				
AA x aa	} 2dr		2dr	
aa x AA				
Aa x Aa	h <sup>2</sup>	1/4h <sup>2</sup>	1/2h <sup>2</sup>	1/4h <sup>2</sup>

Aa x aa	} 2hr		hr	hr
aa x Aa				
aa x aa	r <sup>2</sup>			r <sup>2</sup>
Tổng	(d+h+r) <sup>2</sup> = 1	(d+1/2h) <sup>2</sup> = p <sup>2</sup>	2(d+1/2h)(r+1/2h)=2pq	(r+1/2h) <sup>2</sup> = q <sup>2</sup>

Từ bảng trên ta thấy, phân thể hệ con được sản sinh ra từ một trong 9 kiểu lai tương ứng với tần số của mỗi kiểu lai, ví dụ: Aa x Aa = h<sup>2</sup> thì ở thế hệ lai có cả 3 kiểu gen AA, Aa, aa với các tần số tương ứng là 1/4h<sup>2</sup>, 1/2h<sup>2</sup>, 1/4h<sup>2</sup>.

Qua bảng trên còn cho thấy ở thế hệ con, tỉ lệ của AA là p<sup>2</sup>, của Aa là 2pq, của aa là q<sup>2</sup>.

**Như vậy, qua ngẫu phối tần số các kiểu gen ở quần thể khởi đầu là d, h, r thành p<sup>2</sup>, 2pq, q<sup>2</sup> tương ứng ở thế hệ tiếp theo.**

**Từ tần số của các kiểu gen có thể xác định được tần số alen ở thế hệ sau:**

**Giả thiết p<sub>1</sub> là tần số của alen A ở thế hệ con thì:**

$$p_1 = p^2 + 1/2(2pq) = p^2 + pq = p(p+q) = p$$

Với tần số của alen a cũng xác định tương tự như trên.

**Quần thể p<sup>2</sup> : 2pq : q<sup>2</sup> khi ngẫu phối tiếp theo thì**

$$(pA+qa) \times (pA+qa) = p^2 AA : 2pq Aa : q^2 aa$$

**Từ đó cho thấy tần số tương đối của mỗi alen và tần số các kiểu gen có khuynh hướng không đổi qua các thế hệ khi có sự ngẫu phối diễn ra.**

**VD:** Trong một quần thể thực vật giao phấn, xét một lôcut có hai alen, alen A quy định thân cao trội hoàn toàn so với alen a quy định thân thấp. Quần thể ban đầu (P) có kiểu hình thân thấp chiếm tỉ lệ 25%. Sau một thế hệ ngẫu phối và không chịu tác động của các nhân tố tiến hóa, kiểu hình thân thấp ở thế hệ con chiếm tỉ lệ 16%. Tính theo lý thuyết, thành phần kiểu gen của quần thể (P) là:

A. 0,45AA : 0,30Aa : 0,25aa

B. 0,25AA : 0,50Aa : 0,25aa

C. 0,30AA : 0,45Aa : 0,25aa

D. 0,10AA : 0,65Aa : 0,25aa

ĐS: QT ngẫu phối nên F1 đạt cb. aa = q<sup>2</sup> = 0,16 => q(a) = 0,4

Gọi x là tỉ lệ k.g Aa ở P. Ta có 0,4 = 0,25 + x/2 => x = 0,3. => chọn D.A A

### - Ứng dụng định luật Hacđi - Vanbec

+ Xét 1 QT có cấu trúc di truyền ở trạng thái **cân bằng** là P<sub>0</sub>: 0,36 AA : 0,48 Aa : 0,16 aa

Suy ra: p<sub>A</sub> = tỉ lệ % số loại giao tử mang A của QT = 0,6

q<sub>a</sub> = tỉ lệ % số loại giao tử mang a của QT = 0,4

Ở thế hệ ngẫu phối tiếp theo, cấu trúc di truyền của QT được xác định như sau

	0,6A	0,4a
0,6A	0,36 AA	0,24 Aa
0,4a	0,24 Aa	0,16 aa

→ cấu trúc di truyền của QT vẫn là: 0,36 AA : 0,48 Aa : 0,16 aa → thành phần KG và tần số alen không thay đổi so với thế hệ trước.

+ Xét 1 QT có cấu trúc di truyền **không đạt cân bằng** là P<sub>0</sub>: 0,68 AA : 0,24 Aa : 0,08 aa

Suy ra: p<sub>A</sub> = tỉ lệ % số loại giao tử mang A của QT = 0,8

q<sub>a</sub> = tỉ lệ % số loại giao tử mang a của QT = 0,2

Ở thế hệ ngẫu phối tiếp theo, cấu trúc di truyền của QT được xác định như sau

	0,8A	0,2a
0,8A	0,64 AA	0,16 Aa
0,2a	0,16 Aa	0,04 aa

→ Cấu trúc di truyền của QT ở thế hệ tiếp theo đã đạt cân bằng di truyền là:

$$0,64 AA : 0,32 Aa : 0,04 aa$$

→ Nếu thế hệ xuất phát QT không đạt trạng thái cân bằng di truyền thì chỉ qua 1 thế hệ ngẫu phối QT sẽ đạt cân bằng (ĐL giao phối ổn định).

**VD:** Cho QT có cấu trúc DT là 0,7AA + 0,2 Aa + 0,1 aa = 1

Xác định cấu trúc DT của QT sau 6 thế hệ ngẫu phối.

**Giải:**

Ta có: Tần số alen A = 0,7+0,2/2 = 0,8

Tần số alen a = 0,1+0,2/2 = 0,2

Cấu trúc di truyền ở thế hệ thứ nhất (P1) là

$$0,64 AA + 0,32 Aa + 0,04 aa = 1$$

P1 đã đạt cân bằng di truyền nên P6 cũng có cấu trúc di truyền như P1

**\* Điều kiện nghiệm đúng định luật Hacđi - Vanbec**

+ QT phải có kích thước lớn.

+ Các cá thể phải ngẫu phối.

+ Sức sống và khả năng sinh sản của cá KG khác nhau phải như nhau.

+ Không có ĐB (hoặc ĐB thuận = ĐB nghịch), CLTN, di nhập gen...

**II. Xét gen đa alen nằm trên NST thường**

Ví dụ: Gen quy định tính trạng nhóm máu ở người gồm 3 alen là I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, I<sup>o</sup>.

Trong đó I<sup>A</sup> = I<sup>B</sup> > I<sup>o</sup>.

Gọi p, q, r lần lượt là tần số của các alen I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, I<sup>o</sup>. (p + q + r = 1)

Sự ngẫu phối đã tạo ra trạng thái cân bằng di truyền về tính trạng nhóm máu như sau

$$(pI^A : qI^B : rI^o)^2 = p^2I^AI^A : 2pq I^AI^B : q^2I^BI^B : 2qr I^BI^o : r^2I^oI^o : 2pr I^AI^o$$

<u>Kiểu gen</u>	<u>Tần số kiểu gen</u>	<u>Kiểu hình</u>
I <sup>A</sup> I <sup>A</sup>	p <sup>2</sup>	Máu A
I <sup>A</sup> I <sup>o</sup>	2pr	Máu A
I <sup>B</sup> I <sup>B</sup>	q <sup>2</sup>	Máu B
I <sup>B</sup> I <sup>o</sup>	2qr	Máu B
I <sup>A</sup> I <sup>B</sup>	2pq	Máu AB
I <sup>o</sup> I <sup>o</sup>	r <sup>2</sup>	Máu O

Gọi a, b, o lần lượt là tần số kiểu hình của các nhóm máu A, B, O

$$\text{Tần số alen } I^o = \sqrt{r^2} = \sqrt{o}$$

Tần số alen I<sup>A</sup>:

$$\text{Ta có: } p^2 + 2pr + r^2 = a + o \rightarrow (p+r)^2 = a+o$$

$$\rightarrow p = \sqrt{a+o} - r = \sqrt{a+o} - \sqrt{o}$$

Tần số alen I<sup>B</sup> = 1 - p - r hoặc có thể tính tương tự như tính tần số I<sup>A</sup>

$$q^2 + 2qr + r^2 = b + o \rightarrow (q+r)^2 = b+o$$

$$\rightarrow q = \sqrt{b+o} - r = \sqrt{b+o} - \sqrt{o}$$

$$\text{Do } p + q + r = 1 \rightarrow \sqrt{a+o} - \sqrt{o} + \sqrt{b+o} - \sqrt{o} + \sqrt{o} = 1$$

Từ đó, suy ra công thức

$$p = 1 - \sqrt{b+o} \qquad q = 1 - \sqrt{a+o} \qquad r = \sqrt{o}$$

**VD1:** Một quần thể người đạt cân bằng di truyền. Xét gen quy định tính trạng nhóm máu gồm 3 alen là I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup> và I<sup>o</sup>.

Biết tần số các alen I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, I<sup>o</sup> lần lượt bằng 0,3; 0,5; 0,2.

Xác định cấu trúc di truyền của quần thể.

**Giải:**

Tần số các kiểu gen của quần thể được xác định qua bảng sau

	pI <sup>A</sup> = 0,3	qI <sup>B</sup> = 0,5	rI <sup>o</sup> = 0,2
pI <sup>A</sup> = 0,3	0,09I <sup>A</sup> I <sup>A</sup>	0,15I <sup>A</sup> I <sup>B</sup>	0,06I <sup>A</sup> I <sup>o</sup>
qI <sup>B</sup> = 0,5	0,15I <sup>A</sup> I <sup>B</sup>	0,25I <sup>B</sup> I <sup>B</sup>	0,10I <sup>B</sup> I <sup>o</sup>
rI <sup>o</sup> = 0,2	0,06I <sup>A</sup> I <sup>o</sup>	0,10I <sup>B</sup> I <sup>o</sup>	0,04I <sup>o</sup> I <sup>o</sup>

→ Quần thể có cấu trúc di truyền ở trạng thái cân bằng là

$$0,09I^AI^A : 0,3 I^AI^B : 0,25I^BI^B : 0,2 I^BI^o : 0,04I^oI^o : 0,12 I^AI^o$$

**VD2:** Tần số tương đối của các nhóm máu trong QT người là: Máu A: 0,45; B: 0,21; AB: 0,3; O: 0,04. Biết quần thể đạt cân bằng di truyền.

a. Tính tần số các alen I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup> và I<sup>o</sup>.

b. Xác định cấu trúc di truyền của quần thể.

**Giải:** a. Gọi tần số các alen I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup> và I<sup>o</sup> lần lượt là p, q, r

$$\text{Ta có } p = 1 - \sqrt{0,21+0,04} = 0,5; \quad q = 1 - \sqrt{0,45+0,04} = 0,3; \quad r = \sqrt{0,04} = 0,2$$

b. Cấu trúc di truyền của quần thể ở trạng thái cân bằng là

$$0,25I^AI^A : 0,3 I^AI^B : 0,09I^BI^B : 0,12 I^BI^o : 0,04I^oI^o : 0,2 I^AI^o$$

