

52. メンデルの法則

問 2

(1)

F₁ の結果より、丸はしわに対し、黄は緑に対し優性だから、

A: 丸, a: しわ, B: 黄, b: 緑

また、形質が [Ab] と [aB] の P の交雑で、F₁ が [AB] のみになるには、

P の遺伝子型が AAbb と aaBB でなければならない。

よって、F₁ の遺伝子型は AaBb である。

ゆえに、F₁ の個体がつくる配偶子を遺伝子型で分類すると、

| | | |
|---|----|----|
| | A | a |
| B | AB | aB |
| b | Ab | ab |

よって、AB, Ab, aB, ab の 4 種類である。

補足 1

上の表は、(A + a) × (B + b) の展開を表で示したものと同一である。

つまり、分離の法則より、Aa は A と a に、Bb は B と b に分離するから、

分離したそれぞれを A + a と B + b で表し、

$$(A + a) \times (B + b) = AB + Ab + aB + ab$$

難問になると表をつくって解くのが困難な場合がある。

そのようなときは、式の展開を利用すればよい。

補足 2

遺伝の実験の場合、P は純系であるのがふつうである。

(2)

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| | AB | Ab | aB | ab |
| AB | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
| Ab | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
| aB | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

補足

これも式の展開を利用する方法がある。

F₁ の遺伝子型が AaBb だから、

配偶子は、(A + a) × (B + b)

よって、F₂ の遺伝子型を求める式は、

$$\{(A + a) \times (B + b)\} \times \{(A + a) \times (B + b)\} = (A + a)^2 (B + b)^2 = (AA + 2Aa + aa)(BB + 2Bb + bb)$$

遺伝子型が問題になるときは、このまま展開すればよい。

表現型が問題になる場合は,

AA と Aa の表現型は [A], aa の表現型は [a]

BB と Bb の表現型は [B], bb の表現型は [b]

だから,

$$\begin{aligned} (AA + 2Aa + aa)(BB + 2Bb + bb) &= (3[A] + [a])(3[B] + [b]) \\ &= 9[AB] + 3[Ab] + 3[aB] + [ab] \end{aligned}$$

よって, $[AB]:[Ab]:[aB]:[ab]=9:3:3:1$

(3)

| | AB | Ab | aB | ab |
|----|------|------|------|------|
| AB | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
| Ab | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
| aB | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

ホモ接合体は表の対角線上にある。

よって, AABB は

$$\frac{1}{16} \times 100\% = 6.25\%$$

あるいは,

$(AA + 2Aa + aa)(BB + 2Bb + bb)$ を展開したときの係数の和は $4 \times 4 = 16$

AABB の係数は 1 だから,

$$\frac{1}{16} \times 100\% = 6.25\%$$

53. 親の遺伝子型の推定

両表現型を同時に扱うのではなく、別々に扱う。

交配 1

子の茎の色は、紫茎:緑茎 \simeq 1:1

よって、母親植物は Aa, 父親植物は aa

子の葉の形は、切れ込み葉:いも葉 \simeq 3:1

よって、母親植物は Bb, 父親植物は Bb

ゆえに、母親植物の遺伝子型は AaBb(ホ), 父親植物の遺伝子型は aaBb(チ)

交配 2

子の茎の色は、紫茎:緑茎 \simeq 3:1

よって、母親植物は Aa, 父親植物は Aa

子の葉の形は、切れ込み葉:いも葉 \simeq 1:1

よって、母親植物は Bb, 父親植物は bb

ゆえに、母親植物の遺伝子型は AaBb(ホ), 父親植物の遺伝子型は Aabb(へ)

交配 3

子の茎の色について、

紫茎:緑茎 \simeq 1:1

よって、母親植物は Aa, 父親植物は aa

子の葉の形は、切れ込み葉のみ

よって、母親植物は BB, 父親植物は bb

ゆえに、母親植物の遺伝子型は AaBB(ニ), 父親植物の遺伝子型は aabb(リ)

交配 4

子の茎の色は、紫茎:緑茎 \simeq 1:1

よって、母親植物は Aa, 父親植物は aa

子の葉の形は、切れ込み葉:いも葉 \simeq 1:1

よって、母親植物は bb, 父親植物は Bb

ゆえに、母親植物の遺伝子型は Aabb(へ), 父親植物の遺伝子型は aaBb(チ)

54. 雑種第 n 世代

解法のポイント: Aa の個体数を等比数列で表す。

F_1 の遺伝子型は Aa だから,

F_1 を自家受精させて得た F_2 の個体数の比は AA:Aa:aa=1:2:1 となる。

つまり, Aa を自家受精して得られた種子の $\frac{1}{2}$ は Aa の個体に育ち,

残りの $\frac{1}{4}$ ずつからそれぞれ AA と aa の個体が育つ。

また, Aa の個体が得られるのは, Aa の自家受精のみによる。

したがって, Aa の個体数は自家受精を繰り返す度に半減していく。

具体的に説明すると,

F_1 10000 個体を自家受精し各個体から 1 粒ずつ種子とり 10000 個体の F_2 を育てたとすると,

F_2 の遺伝子型の比が, AA:Aa:aa=1:2:1 だから,

F_2 で Aa が 5000 個体, AA が 2500 個体, aa が 2500 個体となる。

次に, F_2 の各個体を自家受精し, それぞれの個体から種子 1 個ずつとって育てると,

F_3 で遺伝子型が Aa と成りうるのは, F_2 の遺伝子型 Aa の個体の自家受精による種子から育った

5000 個体のうちの $\frac{1}{2}$ だから, $5000 \times \frac{1}{2} = 2500$ 個体である。

また, Aa の自家受精から AA (aa) となるのは $5000 \times \frac{1}{4} = 1250$ 個体であり,

AA (aa) の自家受精による種子から育った 2500 個体はすべて AA (aa) になるから,

F_3 で AA (aa) となるのは 3750 個体となる。

F_4 で Aa はさらに半減するから,

Aa は $2500 \times \frac{1}{2} = 1250$ 個体, AA (aa) は $(10000 - 1250) \times \frac{1}{2} = 4375$ 個体

以上を一般化し, F_n における個体数を求めると,

Aa の個体数は, 初項 10000, 公比 $\frac{1}{2}$ の等比数列だから, $10000 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}$ 個体となる。

また, AA の個体数と aa の個体数は等しいから,

$$\text{AA の個体数} = \text{aa の個体数} = \left\{ 10000 - 10000 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} \right\} \times \frac{1}{2} = 10000 \times \frac{2^{n-1} - 1}{2^n}$$

| F_n | AA | Aa | aa |
|-------|--|---|--|
| 1 | 0 | 10000 | 0 |
| 2 | 2500 | 5000 | 2500 |
| 3 | 3750 | 2500 | 3750 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| n | $10000 \times \frac{2^{n-1} - 1}{2^n}$ | $10000 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}$ | $10000 \times \frac{2^{n-1} - 1}{2^n}$ |

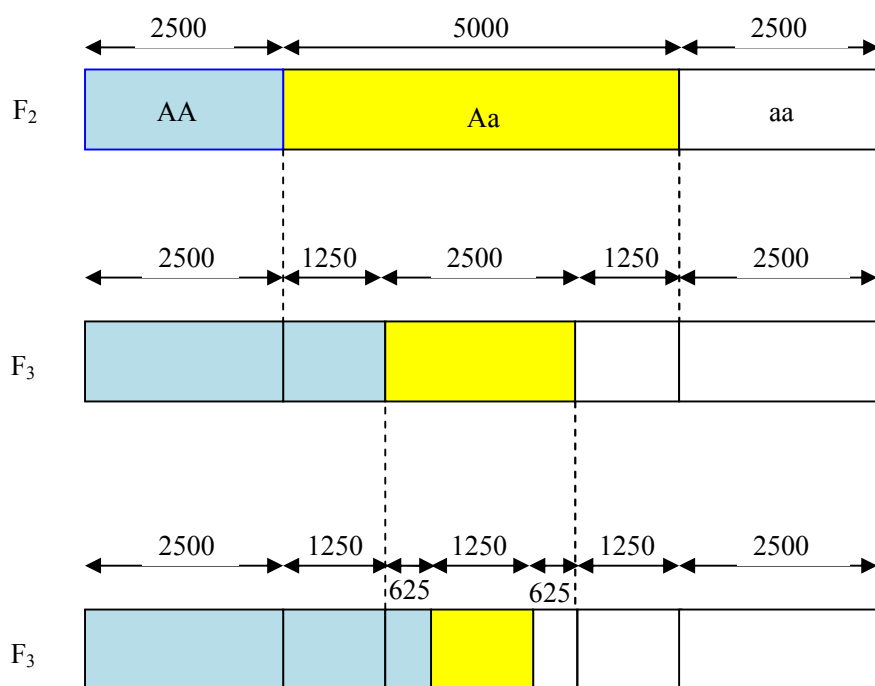
以上より,

F_n での Aa の出現頻度は $\frac{1}{2^{n-1}}$

AA または aa の出現頻度は $\frac{2^{n-1} - 1}{2^n} \times 2 = \frac{2^{n-1} - 1}{2^{n-1}}$

世代を重ねていくと,

$AA:Aa:aa = \frac{2^{n-1} - 1}{2^n} : \frac{1}{2^{n-1}} : \frac{2^{n-1} - 1}{2^n} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2} : 0 : \frac{1}{2}$



これは, Aa は代を重ねる度に全個体数に対するその割合が前の世代の $\frac{1}{2}$ になっていくこと,

つまり, Aa の割合は, 公比 $\frac{1}{2}$ の等比数列をなすことを示している。

$$F_n \text{ における Aa の割合} = F_1 \text{ における Aa の割合} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} = 1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} = \frac{1}{2^{n-1}}$$

残りの割合は, AA と aa で 2 等分するから,

$$F_n \text{ における AA の割合} = F_n \text{ における aa の割合} = \frac{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1}}{2} = \frac{2^{n-1} - 1}{2^n}$$

55. 三遺伝子雑種

問 1

(2)

F_1 の遺伝子型 $AaBbDd$ より, F_1 の自家受精により生じる個体の各対立遺伝子の組み合わせは, AA, Aa, aa の 3 通り, BB, Bb, bb の 3 通り, DD, Dd, dd の 3 通り

これらが組み合わさったものが個体の遺伝子型になるから, 全部で $3 \times 3 \times 3 = 27$ 通り

問 3

F_1 (遺伝子型 $AaBbDd$) の配偶子を式で表現する。

対立遺伝子の組 Aa は A と a に, Bb は B と b に, Dd は D と d に分離 (分離の法則) する。

これら分離した状態をそれぞれ $A+a, B+b, D+d$ と表す。

3 種類の遺伝子はどの配偶子に入るか互いに影響しあうことなく配偶子に入る (独立の法則) から, $ABD, ABd, AbD, aBD, Abd, aBd, abD, abd$ の配偶子ができる。

これを $ABD+ABd+AbD+aBD+Abd+aBd+abD+abd$ と表すと,

これは $(A+a)(B+b)(D+d)$ を展開した式と同じである。

よって, F_1 の配偶子を $(A+a)(B+b)(D+d)$ と表すと, 自家受精の式は,

$$\begin{aligned} & (A+a)(B+b)(D+d) \times (A+a)(B+b)(D+d) \\ &= (A+a)^2 (B+b)^2 (D+d)^2 \\ &= (AA+2Aa+aa)(BB+2Bb+bb)(DD+2Dd+dd) \end{aligned}$$

ここで, 遺伝子型を表現型に置き換える。

$$\begin{aligned} &= (3[A]+[a])(3[B]+[b])(3[D]+[d]) \\ &= 27[ABD]+9[ABd]+9[AbD]+9[aBD]+3[Abd]+3[aBd]+3[abD]+[abd] \end{aligned}$$

よって, $27:9:9:9:3:3:3:1$

問 4

独立の法則に従う遺伝だから, 種子の形の分離比が他の 2 種類の遺伝子から影響を受けない。

したがって, F_1 の遺伝子型が Aa の個体について考えればよい。

すると, F_2 で $AA:Aa:aa=1:2:1$, さらに Aa の比の値 2 は F_2 自家受精により,

$$AA=2 \times \frac{1}{1+2+1} = \frac{1}{2}, \quad Aa=2 \times \frac{2}{1+2+1} = 1, \quad aa=2 \times \frac{1}{1+2+1} = \frac{1}{2} \text{ に分かれる。}$$

よって, F_3 において, $AA:Aa:aa=1+\frac{1}{2}:1:1+\frac{1}{2}=3:2:3$

丸形は AA と Aa だから, $\frac{3+2}{3+2+3} = \frac{5}{8}$

問 5

丸形種子, 黄子葉, 長茎の出現確率はいずれも $\frac{5}{8}$ だから, 積の法則より $\frac{5}{8} \times \frac{5}{8} \times \frac{5}{8} = \frac{125}{512}$

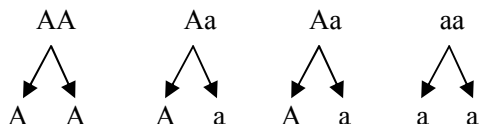
56. 任意交配 (全個体の配偶子をゴッチャ混ぜして交配)

問 1

(1)

F₂ の分離比 AA:Aa:aa=1:2:1 より,

配偶子は,



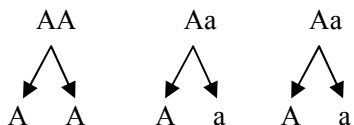
よって,

遺伝子型 A と遺伝子型 a の配偶子の数の比は, A:a=1:1

ゆえに,

$$[A]:[a]=3:1$$

(2)



よって,

遺伝子型 A と遺伝子型 a の配偶子の数の比は, A:a=2:1

| | | |
|----|-----|-----|
| | 2A | a |
| 2A | 4AA | 2Aa |
| a | 2Aa | Aa |

ゆえに,

$$[A]:[a]=8:1$$

または,

$$(2A + a)^2 = 4AA + 4Aa + aa = 8[A] + [a]$$

ゆえに,

$$[A]:[a]=8:1$$

問 2

$$AABB:AABb:AaBB:AaBb=1:2:2:4$$

問 1 と同様にすると,

$$AABB \text{ から } (A + A)(B + B) = 4AB$$

$$2AABb \text{ から } 2(A + A)(B + b) = 4AB + 4Ab$$

$$2AaBB \text{ から } 2(A + a)(B + B) = 4AB + 4aB$$

$$4AaBb \text{ から } 4(A + a)(B + b) = 4AB + 4Ab + 4aB + 4ab$$

よって,

$$AB:Ab:aB:ab=4+4+4+4:4+4+4+4:4+4+4+4:4=4:2:2:1$$

| | 4AB | 2Ab | 2aB | ab |
|-----|--------|-------|-------|-------|
| 4AB | 16AABB | 8AABb | 8AaBB | 4AaBb |
| 2Ab | 8AABb | 4Aabb | 4AaBb | 2Aabb |
| 2aB | 8AaBB | 4AaBb | 4aaBB | 2aaBb |
| ab | 4AaBb | 2Aabb | 2aaBb | aabb |

より,

$$[AB]:[Ab]:[aB]:[ab]=64:8:8:1$$

または,

$$AABB:AABb:AaBB:AaBb=1:2:2:4 \text{ より,}$$

$$A:a=2:1, B:b=2:1$$

よって, 配偶子構成が $(2A + a)(2B + b)$ の交配となる。

$$\begin{aligned} (2A + a)(2B + b) \times (2A + a)(2B + b) &= (2A + a)^2 (2B + b)^2 \\ &= (4AA + 4Aa + aa)(4BB + 4Bb + bb) \\ &= (8[A] + [a])(8[B] + [b]) \\ &= 64[AB] + 8[Ab] + 8[aB] + [ab] \end{aligned}$$

よって,

$$[AB]:[Ab]:[aB]:[ab]=64:8:8:1$$