



# 유전의 세포들

과학탐구 영역

(생명과학 I)



저자배 한글

# 01

다음은 어느 식물 종의 개체 P1에 대한 자료이다.

- P1의 표현형은 우열이 분명한 각각 2개의 대립유전자로 이루어진 대립유전자 n쌍에 의해서 결정된다.
- P1의 대립유전자는 모두 이형접합이다.
- P1을 자가 교배해서 나오는 자손의 표현형이 ①일 확률은  $\frac{9}{32}$ 이다.
- P1을 자가 교배해서 나오는 자손의 표현형이 ②일 확률은  $\frac{3}{64}$ 이다.

P1을 자가교배해서 나온 표현형이 ①인 자손중 하나와 표현형이 ②인 자손중 하나를 교배해서 나온 개체의 표현형이 P1과 같을 확률은? (단, 교차와 돌연변이는 고려하지 않는다.) [3점]

- ①  $\frac{4}{27}$       ②  $\frac{5}{27}$       ③  $\frac{2}{9}$   
 ④  $\frac{7}{27}$       ⑤  $\frac{8}{27}$

# 02

그림 (가)는 핵상이  $2n=6$ 이고 성염색체가 XX인 동물의 난자형성과정동안 관찰되는 세포 1~8을 나타낸 것이다. 표 (나)는 세포 1~8중 특정 대립유전자를 가지고 있는 세포의 개수가 몇 개인지를 나타낸 것이다. 이 동물의 유전자형은 AaBbDd이고, 세 쌍의 대립유전자는 모두 독립된 염색체에 존재한다.



(가) (나)

(가) 과정동안 비분리는 총 2회 발생했고, 세포 5의 염색체 수는 '5개'이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 제시된 염색체 비분리 이외의 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [2점]

- <보 기>
- ㄱ. ①은 '8'이다.
  - ㄴ. 6의 염색체 수는 '4개'이다.
  - ㄷ. 7의 염색체 수는 '3개'이다.

- ① ㄱ                                      ② ㄱ, ㄴ  
 ③ ㄱ, ㄷ                                  ④ ㄴ, ㄷ  
 ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## 05

다음은 핵상이  $2n$ 인 동물 P의 생식세포 형성에 대한 자료이다.

- P의 ① 1회의 생식세포 형성과정에서는 비분리가 1회 발생했다.
- 유전자 ①, ②, ③은 서로 대립유전자 쌍이 아니고 독립된 염색체에 존재한다.
- I, II, III, IV는 ①의 과정에서 관찰할 수 있는 4개의 세포로 핵상이 모두 다르다.
- 아래의 표는 I~IV에서 ①, ②, ③ 개수의 합을 나타낸 것이다.

세포	I	II	III	IV
①, ②, ③의 수의 합	1	2	4	8

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차와 돌연변이는 고려하지 않는다.)  
[3점]

### <보 기>

- ㄱ. ①에서 비분리는 감수 2분열에서 발생했다.
- ㄴ. III의 핵상은  $n$ 이다.
- ㄷ. 문제에 제시된 유전자 쌍만을 고려했을 때, P는 이형접합인 대립유전자를 2쌍 가진다.

- ① ㄱ                                      ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ                                 ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

## 06

다음은 어느 가족의 유전병 ㉠~㉣에 대한 자료이다.

- ㉠은 대립유전자 A와 A\*에 의해, ㉡은 대립유전자 B와 B\*에 의해, ㉢은 대립유전자 C와 C\*에 의해 결정되고 세 쌍의 대립유전자의 우열은 각각 분명하다.
- A\*, B\*, C\*는 유전병 유전자이다.
- ㉡의 대립유전자는 ㉠, ㉢의 대립유전자 중 하나와는 연관이고 하나와는 독립이다.
- 구성원 1의 유전자형은 'AABB\*CC\*'이고, 구성원 2의 유전자형은 'AA\*BB\*CC\*'이고, 구성원 3, 4는 이들의 자식이다.
- 아래의 표는 구성원 1~4중 유전병 ㉠~㉣를 가지는 구성원의 수를 나타낸 것이다.

유전병	㉠	㉡	㉢
구성원 수	1	2	3

- 구성원 1과 2 사이에서 유전병 ㉠~㉣를 모두 가지는 아이가 태어날 확률은  $\frac{3}{8}$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 교차와 돌연변이는 고려하지 않는다.)  
[3점]

### <보 기>

- ㄱ. ㉠, ㉡의 대립유전자는 같은 연관군에 속한다.
- ㄴ. ㉠~㉣ 중 우성형질은 2가지이다.
- ㄷ. '1과 2사이에서 유전병 ㉠~㉣ 발현 여부가 3과 같은 자식이 태어날 확률'과 '1과 2사이에서 유전병 ㉠~㉣ 발현 여부가 4와 같은 자식이 태어날 확률'을 더한 값은  $\frac{1}{4}$ 이다.

- ① ㄱ                                      ② ㄴ
- ③ ㄷ                                      ④ ㄱ, ㄴ
- ⑤ ㄱ, ㄷ

PART  
1

실전 문제

실전처럼 풀어 봅시다.

01 ⑤ (☆☆☆☆☆)

아이디어 체크

주어진 개체의 대립유전자가 모두 이형접합일 때, 해당 개체를 자가 교배했을 때, '특정 표현형을 가지는 자손이 태어날 확률로 가능한 값'이 무엇이 있는지 알아보자!

1) 한 쌍의 대립유전자

$A \mid a$  자손의 표현형이 A\_일 확률은  $\frac{3}{4}$ , aa일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

2) 두 쌍의 상인연관된 대립유전자

$A \mid a$   
 $B \mid b$  자손의 표현형이 A\_B\_일 확률은  $\frac{3}{4}$ , aabb일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 독립된 한 쌍의 대립유전자와 같은 확률이 나올 수 있다.

3) 두 쌍의 상반연관된 대립유전자

$A \mid a$   
 $b \mid B$  자손의 표현형이 A\_B\_일 확률은  $\frac{1}{2}$ , A\_bb또는 aaB\_일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

4) 세 쌍 이상의 대립유전자

두 쌍의 대립유전자의 경우와 같은 결과를 보인다.

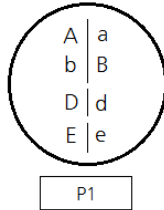
이와 같은 결과를 통해 이형접합인 대립유전자만을 가지는 개체를 자가 교배했을 때 나오는 자손이 한 연관군에 대해서만 생각할 때, 특정 표현형을 가질 확률은  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  세 가지만이 있음을 알 수 있다.

해설 아이디어 체크를 참고해서 P1을 자가 교배해서 표현형이 ④인 자손을 가질 확률인  $\frac{9}{32}$ 를 보면  $\frac{9}{32}$ 는 무조건

$\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ 이 됨을 알 수 있다. 즉, P1은 세 개의 연관군을 가지는데 하나의 연관군에는 두 쌍이상의 대립유전자가 상반연관되어 있고, 두 개의 연관군은 한 쌍의 대립유전자가 있거나 두 쌍이상의 대립유전자가 상인연관되어 있다. 같은 방식으로 P1을 자가 교배해서 표현형이 ⑥인 자손을 가질 확률인  $\frac{3}{64}$ 을 보면  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$ 이 됨을 알 수 있다.  $\frac{1}{4}$ 이  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ 로 나뉘질 수도 있지만 ④의 경우에서 P1이 세 개의 연관군만을 가진다는 것을 알게 되었으므로 고려하지 않아도 된다. P1이 가지는 세 개의 연관군 중 두 쌍이상의 대립유전자를 상반연관으로 가지는 연관군을 편의상 '연관군1'이라고 한 쌍의



대립유전자가 있거나 두 쌍이상의 대립유전자가 상인연관 되어있는 두 연관군을 ‘연관군2’, ‘연관군3’이라고 하자. 또한 문제에서 묻고 있는 확률은 연관군2와 연관군3에 몇 쌍의 대립유전자가 연관되어있는지에 상관없이 같은 값이 나온다는 것을 생각할 수 있다. 그러므로 편의상 연관군2와 연관군3에는 각각 한 쌍의 대립유전자 D, d와 E, e만이 존재한다고 생각하고, 연관군1에는 두 쌍의 대립유전자 A, a와 B, b가 상반연관 되어있다고 생각하자. 이러한 P1의 연관 상태를 그림으로 간략히 나타내면 아래와 같다.



이제 ㉠가 어떤 표현형인지를 알아보면  $\frac{9}{32} = \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$  에서 두 개의  $\frac{3}{4}$  은 연관군2와 연관군3에서 각각 D, E 인 표현형이 선택될 확률이고,  $\frac{1}{2}$  은 연관군 1에서 A\_B\_가 선택될 확률이다. 따라서 ㉠는 A\_B\_D\_E\_이다. 같은 방법으로 ㉡가 어떤 표현형인지를 알아보면  $\frac{3}{64} = \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$  에서  $\frac{3}{4}$  은 연관군2 또는 연관군3에서 D\_ 또는 E\_가 선택될 확률이고, 하나의  $\frac{1}{4}$  은 연관군2 또는 연관군3에서 dd 또는 ee가 선택될 확률이고, 하나의  $\frac{1}{4}$  은 연관군1에서 A\_bb 또는 aaB\_가 선택될 확률이다. 문제에서 요구한 답은 ㉡가 D\_ee인지 ddE\_인지, A\_bb인지 aaB\_인지에 상관없이 같을 것이므로 ㉡를 A\_bbD\_ee라고 생각하고 답을 구해보자.

연관군1에 대해서만 먼저 생각해보면 P1의 자손 중 표현형이 ㉠인 개체는 무조건 A,b가 연관된 염색체와 a, B가 연관된 염색체를 가진다. P1의 자손 중 표현형이 ㉡인 개체는 A, b가 연관된 염색체를 두 개 가진다. 이들을 교배해 P1과 표현형이 같은 A\_B\_인 개체가 나올 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 연관군2에 대해서 생각해보면 P1의 자손 중 표현형이 ㉠인 개체와 ㉡인 개체 모두 유전자형이 DD일 확률은  $\frac{1}{3}$ , Dd일 확률은  $\frac{2}{3}$ 이다. 이들을 교배해 P1과 표현형이 같은 D\_인 개체가 나올 확률은  $\frac{8}{9}$ 이다. 연관군3에 대해서 생각해보면 P1의 자손 중 표현형이 ㉠인 개체의 유전자형이 EE일 확률은  $\frac{1}{3}$ , Ee일 확률은  $\frac{2}{3}$ 이다. P2의 자손 중 표현형이 ㉡인 개체의 유전자형은 항상 ee이다. 이들을 교배해 P1과 표현형이 같은 E\_인 개체가 나올 확률은  $\frac{2}{3}$ 이다. 문제에서 묻는 답은 세 개의 연관군에서 구한 확률을 모두 곱한  $\frac{1}{2} \times \frac{8}{9} \times \frac{2}{3} = \frac{8}{27}$ 이다.

**Comment**

이 문제의 출제 의도는 주어진 두 개의 확률을 아이디어 체크의 내용에 기반하여 세 개의 확률로 나눌 수 있는가였어요! 아이디어 체크의 내용을 보통 모두 외우고 다니기는 쉽지가 않기 때문에 즉석에서 케이스를 분류해 어떤 확률이 나오는지를 확인하고 마지막 계산까지 호흡이 꽤 긴 문제이기 때문에 별점을 꽤 높게 책정했어요. 이 문제 풀이의 중간 중간에 보면 풀이를 간략하게 해주는 연관군2와 연관군3에 한 쌍의 대립유전자만 있다고 생각해도 무방하다던가, ㉡를 A\_bbD\_ee라고 확정 시켜버리던가 하는 부분이 있는데, 이러한 방법을 사용하지 않고 무작정 풀이했다면 아마 별점을 책정할 수 없는 문제가 됐을지도 모르겠어요... 첫 문제부터 너무 어려웠나요? 상당히 어려운 문제니 틀렸다고 기죽으실 필요는 없어요!

02 ① (☆☆☆☆☆)

**해설** 해당 동물의 핵상은  $2n=6$ 인데 5번 세포의 염색체 수가 5개라는 것은, 핵상이  $n+2$ 라는 것이다. (가)과정 동안 비분리는 2회 발생했으므로 2번 세포에서 3번 세포로 염색체가 비분리 되어 이동했고, 3번 세포에서 5번 세포로 염색분체가 비분리 되어 이동했음을 알 수 있다. 어떤 대립유전자가 어느 과정에서 비분리 되었는지 확인해보기 위해 표 (나)를 보면 대립유전자 A 또는 a가 들어있는 세포가 5개인데 만약에 정상 분리가 되었다면 1~8번 세포까지 모두 A 또는 a가 있어야 한다. 비분리가 일어난 경우를 고려해보면 감수1분열에서만 비분리가 일어났다면 5개의 세포에서 A 또는 a가 관찰되고 감수 2분열에서만 비분리가 일어났다면 7개의 세포에서 A 또는 a가 관찰되어야 한다. 따라서 A, a가 감수1분열에서 비분리, B, b가 감수2분열에서 비분리 되었고 D, d는 정상 분리되었음을 알 수 있다.

- ㄱ. D, d는 정상 분리 되었으므로, 모든 세포에서 관찰된다. 따라서 ㉓ = 8이다. (○)
- ㄴ. 6의 핵상은  $n$ 이 된다. 따라서 염색체 수는 3개이다. (×)
- ㄷ. 7의 핵상은  $n-1$ 이 된다. 따라서 염색체 수는 2개이다. (×)

03 ③ (☆☆☆☆☆)

아이디어 체크

주어진 개체의 대립유전자가 모두 이형접합일 때, 해당 개체를 자가 교배해서 자손을 얻었을 때, 동일한 표현형을 가지는 자손들이 몇 가지의 유전자형을 가질 수 있는지 살펴보자.

1) 한 쌍의 대립유전자

$A|a$  자손의 표현형이 A\_일 때 가질 수 있는 유전자형은 2가지이고, aa일 때 가질 수 있는 유전자형은 1가지이다.

2) 두 쌍의 상인연관된 대립유전자

$A|a$   
 $B|b$  자손의 표현형이 A\_B\_일 때 가질 수 있는 유전자형은 2가지이고, aabb일 때 가질 수 있는 유전자형은 1가지이다.

3) 두 쌍의 상반연관된 대립유전자

$A|a$   
 $b|B$  자손의 표현형이 A\_B\_일 때 가질 수 있는 유전자형은 1가지이고, A\_bb, aaB\_일 때 가질 수 있는 유전자형은 1가지이다.

4) 세 쌍 이상의 대립유전자

두 쌍의 대립유전자의 경우와 같은 결과를 보인다.

**해설** 문제의 조건에서 대립유전자 D, d와 E, e는 같은 연관군에 속한다고 하였는데, 만약 이 두 쌍의 대립유전자가 상반연관의 형태로 연관되어 있다면 A, a와 B, b가 어떤 상태로 존재하는지에 상관없이 ㉓와 같이 유전자형의 개수가 8개인 표현형이 생길 수 없다. 따라서 D, d와 E, e는 상인연관의 형태로 연관되어 있다. 여기서 A, a와 B, b가 하나의 염색체에 연관되어 있으면

되므로 두 형질 모두 우성형질이 됨을 알 수 있다. (다)는 주어진 조건만으로 우열판단을 할 수 없다.

- ㄱ. (다)는 (가), (나)와 독립된 형질이다. (○)
- ㄴ. (가), (나)는 모두 우성형질이다. (○)
- ㄷ. 자식2와 자식4는 (다)의 발현상태가 같으므로 (가), (나)만을 비교하면 자식2와 같이 (가), (나)를 모두 가지는 자녀가 태어날 확률은 위의 해설에서 찾은 것처럼  $\frac{1}{2}$  이고, 자식4와 같이 (나)만을 가지는 자녀가 태어날 확률은  $\frac{1}{4}$  이므로 새로운 자녀가 태어날 때 아이의 유전병 발현상태가 자식2와 같을 확률은 자식4와 같을 확률보다 크다. (○)

**Comment**

이 문제는 처음 연관인 형질을 찾는 부분의 사고과정에서 상당히 발상적이기 때문에 난이도를 하안별 5개로 쪼갰어요. 아마 눈썰미가 좋아서 빠르게 힌트를 잡아내신 분들은 빨리 푸셨을 거고 못 찾으신 분들은 꽤 오랜 시간 헤매셨을거 같아요. 하지만 문제 부분 부분의 내용은 충분히 출제될 가능성이 있을법하기 때문에 해설을 다시한번 천천히 곱씹어 보셨으면 좋겠네요!

**05** ④ (☆☆☆☆)

아이디어 체크

생식세포 형성과정에서 하나의 세포가 분열해서 형성된 두 개의 세포의 DNA량을 더하면 분열전 세포의 DNA량과 같다.

**해설** 비분리가 1회 발생한 생식세포의 형성과정에서 발견할 수 있는 세포의 핵상으로 가능한 것은  $2n, n, n+1, n-1$  이 있다. 이러한 핵상의 세포가 모두 관찰되기 위해서는 감수1분열이 아닌 감수2분열에서 비분리가 발생하여야한다. 감수2분열에서 비분리가 발생하였으므로 핵상이  $n+1, n-1$ 인 세포는 무조건 생식세포여야하고, ㉠, ㉡, ㉢를 가장 많이 가지는 IV는 DNA복제가 일어난 핵상이  $2n$ 인 세포임을 알 수 있다. DNA복제가 일어났다고 판단할 수 있는 이유는 복제가 일어나기 전에 가질 수 있는 ㉠, ㉡, ㉢개수의 합이 6개이기 때문이다. 핵상이  $n$ 인 세포의 경우의 수는 세 가지가 있는데, 만약 이 세포가 핵상이  $n+1, n-1$ 인 세포의 분열전 감수2분열 세포라면 I, II, III의 ㉠, ㉡, ㉢개수의 합에서 두 개를 더해서 하나의 값과 같은 경우가 있어야하는데 없으므로 모순이다. 다른 감수2분열의 세포라면 I, II, III의 ㉠, ㉡, ㉢개수를 합한 값이 8이 되어야 하는데 그렇지 않으므로 핵상이  $n$ 인 세포도 생식세포임을 알 수 있다. 그러면 핵상이  $n$ 인 세포의 ㉠, ㉡, ㉢개수의 합에 2를 곱한 값과 핵상이  $n+1, n-1$ 인 세포의 ㉠, ㉡, ㉢개수의 합을 모두 더한 값이 8이 되어야하므로, 핵상이  $n$ 인 세포는 I,  $n-1$ 인 세포는 II,  $n+1$ 인 세포는 III임을 알 수 있다.

- ㄱ. 비분리는 감수2분열에서 발생했다. (○)
- ㄴ. III의 핵상은  $n+1$ 이다. (×)
- ㄷ. 핵상이  $n+1$ 인 세포와  $n-1$ 인 세포가 분열하기전의 감수2분열세포는 ㉠, ㉡, ㉢개수의 합이 6이 되는데 ㉠, ㉡, ㉢는 모두 독립된 염색체에 존재하므로 이 말은 ㉠, ㉡, ㉢만을 가진다는 말이 되고, 핵상이  $n$ 인 세포가 분열하기전의 감수2분열 세포는 ㉠㉡㉢개수의 합이 2가 되므로 ㉠, ㉡, ㉢중 하나만 가진다는 말이 된다. 따라서 두 쌍은 이형접합이고 한 쌍은 동형접합임을 알 수 있다. (○)



**Comment**

이 문제의 아이디어 체크에 나온 내용은 너무 당연하게 생각될 수도 있는 내용이죠. 그러나 이 문제처럼 개체의 구체적인 유전자형이나 I~IV에 대한 정보도 부족해지면 막상 활용하기 어려운 내용이 되버려요. 당연하다고 가볍게 넘기지 마시고, 이 문제를 해설지와 다른방식으로 푸셨다면 해설지의 풀이도 아이디어 체크와 더불어 다시 음미해보시길 바랄게요!

**06** ⑤ (★★★★★)

**해설** 우선 유전병 ㉠을 보면 구성원 1과 2의 유전자형이 같으므로 유전병 발현상태가 같다는 것인데, 가족전체에서 ㉠을 가지는 사람이 2명이다. ㉠이 우성형질이라면 구성원1, 2가 ㉠을 가지는 것이고 3, 4의 유전자형은 두 사람 모두 BB가 된다. ㉠이 열성형질이라면 구성원1, 2는 ㉠을 가지지 않고 3,4의 유전자형이 두 사람 모두 B\*B\*가 된다. 두 가지 경우 모두 3, 4의 유전자형은 동형접합으로 같은데, 그 말은 3, 4는 조건에서 말한 ㉠과 연관된 형질의 유전자형도 같다는 것이다. 그런데 1, 2는 서로 ㉠ 유전자형이 같고 3, 4도 서로 ㉠ 유전자형이 같은데 구성원 전체에서 ㉠을 가지는 사람이 3명으로 홀수이므로 모순임을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 ㉡과 연관된 형질임을 알 수 있다. 이제 ㉡을 보면 1의 유전자형은 AA이고 2의 유전자형은 AA\*인데 A가 A\*에 대해 우성이라면 1~4의 형질이 모두 같아야 하므로 A\*가 A에 대해 우성임을 알 수 있다. 즉, ㉡은 우성형질이다. 마지막 조건을 보면 1과 2사이에서 ㉡~㉠을 모두 가지는 아이가 태어날 확률은  $\frac{3}{8}$  즉  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ 인데 독립된 한 쌍의 이형접합끼리의 교배에서는 특정 표현형의 자손이 태어날 확률이  $\frac{1}{2}$ 가 나올 수 없으므로  $\frac{3}{4}$ 은 ㉠을 가지는 표현형을 선택하는 확률임을 알 수 있다. 즉 ㉢은 우성형질이다.  $\frac{1}{2}$ 은 ㉡, ㉠을 모두 가지는 자녀가 태어날 확률이 되는데, ㉠이 열성형질이 되어버리면 ㉠을 가지는 자녀가 태어날 확률만 해도  $\frac{1}{2}$ 보다 작은  $\frac{1}{4}$ 이 되기 때문에 ㉢도 우성형질임을 알 수 있다. 또한 구성원2는 A, B가 연관된 염색체와 A\*, B\*가 연관된 염색체를 가짐도 알 수 있다. 구성원1~4의 유전자형과 유전병 발현상태는 아래와 같다.

- 구성원1 : AABB\*CC\*, (나),(다)발현
- 구성원2 : AA\*BB\*CC\*, (가),(나),(다)발현
- 구성원3, 4중 한명 : AABBC, 모두 발현되지 않음
- 구성원3, 4중 한명 : AABBC\*또는 AABBC\*C\*, (다)발현

- ㄱ. ㉡, ㉠의 대립유전자는 같은 연관군에 속한다. (○)
- ㄴ. ㉡~㉢은 모두 우성형질이다. (×)
- ㄷ. 3, 4는 (가), (나)의 발현상태는 같고, (다)의 발현상태는 서로 다르므로 선지에서 요구하는 확률은 결국 1과 2사이에서 ㉠을 고려하지 않고 ㉡, ㉢가 모두 발현되지 않는 자녀가 태어날 확률을 구하라는 것이다. 따라서  $\frac{1}{4}$ 이다. (○)