

<2015학년도 논술고사-자연계I-생명과학>

(100점 만점/60점 기본 점수)

[문제 II-1]

(1) 우리나라에서만 살던 고유종인 검은색 초파리가 농산물 수출과 더불어 유럽지역으로 이동하게 되었다. 대부분의 개체는 새로운 환경에 적응하지 못하고 사라졌지만, 일부는 환경에 적응하기 시작하였다. 환경에 적응한 개체들의 몸 색의 표현형 비는 '검은색:회색 = 4:1'이고, 이들의 유전자형의 비는 'AA:Aa:aa = 3:1:1'이었다. 또 이로부터 10년 후에 다시 조사해 본 결과 유전자형의 비가 'AA:Aa:aa = 1:5:10'으로 나타났다.

위에서 관찰된 유전자형 비율의 변화를 참고하여, 위에서 10년 후에 조사했을 당시 표현형의 비와 표현형의 비가 이와 같이 변화된 이유를 설명하고, 환경의 변화가 없다면 그 이후의 표현형의 비가 어떻게 변화될지 예측하고 그 근거를 논술하시오. (8점)

(1)에 대한 배당 점수: 8 점 (밑줄친 부분이 포함되면 해당하는 점수를 부여한다)

- ① 처음 조사에서 유전자형의 비가 'AA : Aa : aa = 3 : 1 : 1' 이고 표현형의 비가 검은색 : 회색 = 4 : 1이므로 검은색 대립 유전자 A가 회색 대립 유전자 a에 대하여 우성이다. 10년 후의 조사에서는 유전자형의 비가 'AA : Aa : aa = 1 : 5 : 10' 이므로 이 경우 표현형의 비는 검은색 : 회색 = 6 : 10 = 3 : 5이다. (2점-검은색 : 회색 = 6 : 10 = 3 : 5을 기술)
- ② 이와 같은 유전형의 비의 변화와 표현형의 비의 변화로 보아, 이 초파리는 환경적인 변화에 적응하기 위해 검은색 : 회색의 비가 4 : 1에서 3 : 5의 비율로 우성이 아닌 열성 유전자형을 가지고 있는 개체 수가 증가하여 열성 유전자를 가진 개체수의 비가 늘어났다. (1점- 검은색이 우성임에도 열성인 회색이 늘어남을 기술)
- ③ 이는 동일종의 초파리에 돌연변이가 일어난 후 자연선택에 의해 서로 다른 방향으로 변화하고 환경에 적응하여 새로운 개체가 나타나 유전자 풀이 바뀐 것이다. (1점- 돌연변이, 자연선택, 적응을 기술)
- ④ 환경의 변화나 지리적 단절에 의해 발생하는, 지리적으로 독립된 위치에 놓여 더 이상 유전자 교류가 일어 날 수 없기 때문에 발생하게 된다. (2점- 지리적으로 독립된 위치 또는 이소적 종 분화를 기술)
- ⑤ 환경의 변화가 없이 지속될 경우 열성 유전자형이 환경에 더 유리하기 때문에, 이후에도 열성 유전형 비율이 더욱 증가할 것으로 예상된다. (2점- 열성 유전자를 가진 비율이 더 증가 될 것으로 예상됨을 기술)

(2) 이 초파리의 눈 색을 암호화 하는 대립 유전자는 B(붉은색)와 b(흰색)가

있는데, B는 b에 대하여 우성이며 성 염색체 X에 있다. 대립 유전자 B에 돌연변이가 일어나서 b'로 바뀐 수컷과 유전자형이 Bb인 암컷을 교배하여 F₁을 얻었다. 이 F₁의 암컷과 수컷에서 각각 대립 유전자 b'를 가질 확률과 흰색 눈이 나타날 확률을 구하고 그 근거를 논술하시오. (단, 흰색 눈은 대립유전자 B에 돌연변이가 일어나서 그 유전자가 기능을 하지 못할 때 나타난다고 가정한다.) (11점)

(2)에 대한 배당 점수: 11 점 (밑줄친 부분이 포함되면 해당하는 점수를 부여한다, 표 참조)

- ① 눈 색 유전자는 X 염색체에 존재하는 반성 유전을 한다. 따라서 수컷의 Y염색체에는 눈 색 유전자가 없고, X의 경우는 모두 돌연변이 대립 유전자인 b' 유전자를 가지고 있다. 암컷의 경우, 50%는 B, 50%는 b 대립 유전자형을 가지고 있다. 따라서 F₁의 수컷에서 흰 색 눈을 가질 확률은 B와 b를 가질 확률이 각 50%(p=0.5)이므로 50%(p=0.5)이고, 암컷 또한 Bb' 와 bb'일 확률이 50%(p=0.5) 이기 때문에 흰 색 눈일 확률은 50%(p=0.5)이다. (아래 표 참조) (5점- 수컷은 흰 색 눈을 가질 확률이 50%이고, 암컷도 50%임을 기술; 논리적이면 3점을 주고, 답만 맞을 경우 각 1점)
- ② 하지만, b'을 가질 확률은 수컷의 경우 반성 유전(X-linked inheritance)이기 때문에 0%(p=0)이고 암컷은 100%(p=1) b' 유전자를 가지고 있다. (6점- b'을 가질 확률은 수컷은 0%이고 암컷은 100%임을 기술; 논리적이면 4점을 주고, 답만 맞을 경우 각 1점)

		암컷		F1	
		X(B)	X(b)	성	눈색
수컷	Y	X(B)Y	X(b)Y	암컷	붉은색:흰색=1:1
	X(b')	X(B)X(b')	X(b)X(b')	수컷	붉은색:흰색=1:1

(3) 이 초파리에서 다른 형질과의 연관 유전 여부를 알아보기 위해, 우성 형질의 암컷 초파리를 검정 교배 시켜 얻은 자손 중 암컷 초파리만을 가지고 아래 표를 작성하였다. 이때 A, B, C는 각각 몸의 색, 눈의 색, 날개의 형태를 결정하는 우성 대립 유전자를 나타낸다.

유전자형	개체수	유전자형	개체수
AaBbCc	105	AabbCc	93
AaBbcc	0	Aabbcc	0
aaBbCc	0	aabbCc	0
aaBbcc	107	aabbcc	95

위의 표를 참고하여 몸의 색, 눈의 색, 날개의 형태에 대하여 연관 유전 여부를 논술하시오. 또한 이 초파리 집단에서 체세포가 가질 수 있는 유전자형의 가지

수를 암컷과 수컷으로 구분하여 논술하시오. (단, 들연변이와 교차는 없다고 가정한다.) (11점)

(3)에 대한 배당 점수: 11 점 (밑줄친 부분이 포함되면 해당하는 점수를 부여한다)

① 서로 다른 형질을 결정하는 유전자들이 동일한 염색체에 위치하여 감수 분열시 생식 세포로 함께 전달되는 유전을 연관 유전이라 한다. 제시된 표의 유전자형을 보면 검정 교배 결과 유전자형이 aabbcc인 자손이 나타났으므로 이 교배 실험에 사용된 우성 형질의 암컷 초파리의 유전형은 AaBbCc이다. A와 B의 유전 연관성에 대하여 보면, 이론적으로 A와 B가 독립 유전이라면, [AB] : [Ab] : [aB] : [ab] = 1 : 1 : 1 : 1이어야 한다. 관찰 결과는 [AB] : [Ab] : [aB] : [ab] = 105 : 93 : 107 : 95 이므로 거의 비슷하다. 따라서 **몸 색 유전자(A)와 눈색 유전자(B)는 독립 유전**이다.

한편 A와 C의 관계를 보면, 검정 교배 결과 [AC] : [Ac] : [aC] : [ac] = 198 : 0 : 0 : 202 이므로 위의 1 : 1 : 1 : 1과는 다른 [AC] : [ac] = 약 1 : 1의 비율이었다. 따라서 A와 C, 대립 유전자 a와 c가 각각 같은 염색체에 존재하며, **몸 색 유전자(A)와 날개 형태 유전자(C)는 연관 유전**을 함을 알 수 있다. 결과적으로 눈 색 유전자(B)와 날개 형태 유전자(C)는 서로 다른 염색체에 존재하며 독립 유전을 한다. (3점- 몸의 색(A)과 날개의 형태(C)는 한 염색체 안에 위치하며 매우 연관됨을 기술, 2점- B유전자는 다른 유전자와 연관성이 없이 독립된 유전을 함을 기술)

② 위의 결과로 이 초파리 집단은 A와 C 및 a와 c가 각각 한 염색체에 있으며, 대립 유전자 B (또는 b)는 X 염색체에 존재한다. 따라서 암컷의 생식세포인 난자의 유전자형은 ABC, AbC, acB, acb 4가지가 가능하고 (A와 C는 연관되어 있으므로 이후 A라 표기 함), 수컷의 생식 세포인 정자의 유전형은 AB, Ab, AY, aB, ab, aY 6가지가 가능하다. 이와 같은 생식 세포의 수정에 의해 태어날 수 있는 자손의 유전형은 다음 표와 같이 나타낼 수 있다.

		암컷				
		AX ^B	AX ^b	aX ^B	ab	F1 성
수컷	AX ^B	AAX ^B X ^B	AAX ^B X ^b	AaX ^B X ^B	AaX ^B X ^b	암컷
	AX ^b	AAX ^B X ^b (중)	AAX ^b X ^b	AaX ^B X ^b (중)	AaX ^b X ^b	암컷
	AY	AAX ^B Y	AAX ^b Y	AaX ^B Y	AaX ^b Y	수컷
	aX ^B	AaX ^B X ^B (중)	AaX ^B X ^b (중)	aaX ^B X ^B	aaX ^B X ^b	암컷
	aX ^b	AaX ^B X ^b (중)	AaX ^b X ^b (중)	aaX ^B X ^b (중)	aaX ^b X ^b	암컷
	aY	AaX ^B Y(중)	AaX ^b Y(중)	aaX ^B Y	aaX ^b Y	수컷

(중): 중복되는 유전자형

C는 A와 동일하게 유전되므로, 이 표에서는 AC는 A라 표기하였고 ac는 a로 표기하였다.

따라서 **수컷은 6가지, 암컷은 9가지 유전자형**이 있을 수 있다. (6점- 수컷은 6가지 유전자형이 암컷은 9가지임을 기술; 논리적이면 4점을 주고, 확률 두가지중 답만 맞을 경우 각 1점)

[문제 II-2]

(1)어떤 곤충의 날개 색을 암호화 하는 대립 유전자는 D(회색)와 d(투명한 색)가 있는데, D는 d에 대하여 우성이다. 이 곤충은 회색 날개가 유리한 환경에 놓여 있다. 회색 날개를 가진 부모에게 대립 유전자 d가 존재하는지 여부를 확인할 수 있는 생화학적 방법을 설명하시오. 또한 투명한 색 날개를 가진 개체가 회색 날개를 갖도록 하는 유전자 치료 기법의 과정을 논술하시오. (10점)

(1)에 대한 배당 점수: 10 점 (밑줄친 부분이 포함되면 해당하는 점수를 부여한다)

① 정상적인 유전자 D와 돌연변이 대립 유전자 d가 있으며, D는 d에 대하여 우성이다. 회색 날개를 가진 부모의 유전자형은 DD와 Dd가 있다. 보인자 검사를 통해 우성 형질을 가진 부모에게서 열성 대립 유전자의 존재 여부를 확인 할 수 있다. 따라서 이 부모 곤충이 DD와 Dd 중 어떤 유전자형을 가지고 있는지를 판단하는 생화학적 방법(유전자 진단법)으로 PCR과 유전자 염기 서열 결정법을 사용 할 수 있다. 회색 날개를 가진 부모로부터 DNA를 추출한 다음, 원하는 유전자 D 또는 대립 유전자 d가 있는 부위 (날개 색 유전자 부위)를 PCR을 이용하여 증폭할 수 있다. (이 경우 이를 직접 이용하여 D로부터 d를 확인 할 수도 있다.) 증폭된 DNA 조각을 염기 서열 분석하여 돌연변이 또는 유전자형이 다른지를 확인 할 수 있다. (2점-유전자 염기 서열 결정법을 기술, PCR에 의해 할 수 있음을 기술해도 2점; 논리적이기만 하면 1점)

② 과학이 발달하면서 유전자의 결함에 의해 유전 질환이 발생 한다는 것을 알게 되었으며, 특정 유전자를 분리하여 원하는 형태로 조작할 수 있는 기술이 발달하면서 근본적인 원인을 치료할 수 있게 되었다. 예시에서와 같이 단일 유전자에 의해 발생하는 유전적인 결함의 경우 유전자 치료 기법으로 치료가 가능하다. 투명한 날개를 가진 개체를 유전자 치료 기법을 사용하여 회색의 날개를 갖도록 하기 위해서는 우선 회색의 날개를 가진 개체로부터 DNA를 추출하여 원하는 돌연변이가 있는지 없는지를 염기 서열 분석법으로 확인한다. 돌연변이가 없을 경우 이를 PCR을 이용하여 증폭한 후 유전자 재조합 기술(1점)을 이용하여 이 DNA를 플라스미드 또는 바이러스에 옮겨 재조합 DNA(1점)를 만들고, 유전자 치료 기법을 사용하여 투명한 색의 날개를 가진 초파리의 날개 세포에 재조합 된 정상 유전자를 도입(1점)한다. 이 도입된 유전자가 있는 세포를 초파리에 도입하였을 경우의 표현형을 관찰하여 돌연변이에 의한 표현형(1점)이 검은색으로 바뀌는지 확인한다. (생명공학 기술의 적용이 순서적이고 논리적이면 4점; 각 필요한 단계에 대하여 1점)