

2021학년도 수시 면접·구술고사

생명과학 기출

문항 · 채점 기준 · 예시 답안

한국과학기술원 (KAIST)

문제 1. 집단유전학과 하디·바인베르크 법칙

문항 및 제시문

거위 깃털 색깔을 결정하는 두 가지 대립유전자(W, B)가 있다. 거위가 WW 유전자형을 가지고 있으면 흰색, BB 유전자형은 검은색, WB 유전자형은 갈색 표현형을 보인다. 아래 표는 2020년 봄 카이스트 연못에서 조사한 300 마리 거위의 색깔별 개체 수를 나타낸다. 지금부터 이 연못은 “하디·바인베르크 법칙”이 성립하는 “멘델 집단”이 된다고 가정하고, 수십 년 후 연못에서 300 마리 거위 깃털의 색깔을 무작위로 조사하였을 때 (1) 색깔별 개체 수를 예측(2점)하고 (2) 현재 개체 수와 동일한지 아닌지를 답하고 그 이유를 설명(2점)하시오. (총 4점)

거위 색깔	개체 수 (2020년)	개체 수 (수십 년 후)
흰색 (WW)	120	
검은색 (BB)	60	
갈색 (WB)	120	

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
(1)	대립유전자 개념과 하디·바인베르크 법칙, 멘델 집단을 이해하고 집단 내에서의 유전자풀 변화와 표현형의 비율을 연결시켜 설명할 수 있는지 평가한다.	4점

예시 답안

(1) (2점) W 대립유전자 빈도를 p , B 대립유전자 빈도를 q 라고 하면

$$p = 120/300 + 120/300/2 = 0.6, \quad q = 60/300 + 120/300/2 = 0.4$$

수십 년은 유전적 평형을 이룰 수 있는 충분한 시간이기 때문에 300 마리를 무작위로 조사한다면 흰색(WW)은 $0.6 \times 0.6 \times 300 = 108$ 마리, 검은색(BB)은 $0.4 \times 0.4 \times 300 = 48$ 마리, 갈색(WB)은 $0.6 \times 0.4 \times 2 \times 300 = 144$ 마리가 될 것이다.

(2) (2점) 현재 개체 수와 미래의 개체 수가 다름. 그 이유는 현재 개체군은 아직 유전적 평형상태에 도달하지 못했기 때문이다. “유전적 평형상태”와 유사한 답을 한 경우 정답으로 인정. 멘델집단이 아니다(“돌연변이가 있다”, “크기가 작은 집단이다”, “이주가 있다”, “자연선택이 있다” 등)라는 답을 한 경우에는 멘델 집단이 무엇인지 설명하는 경우 정답으로 인정. (부분점수 없음)

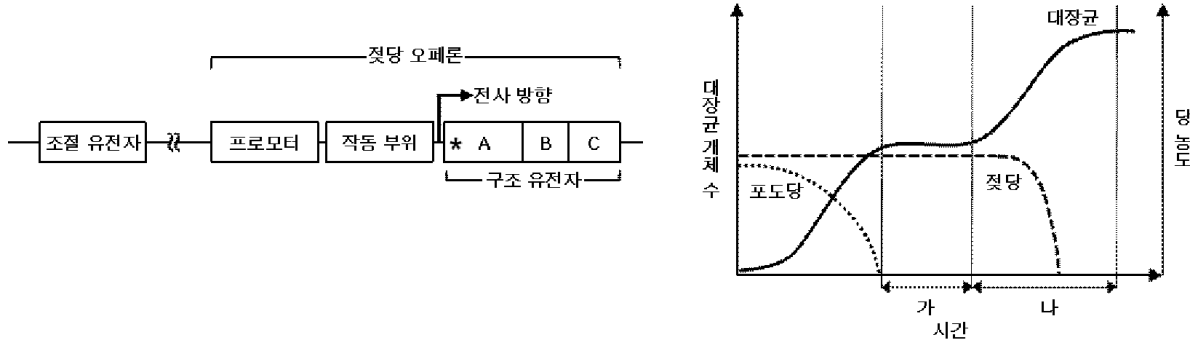
하디·바인베르크 법칙: 한 종의 집단에서 하나의 형질을 결정하는 대립유전자의 상대적인 빈도는 특정 조건에서 대를 거듭해도 변하지 않는다.

멘델 집단 조건: 1. 충분한 개체 수, 2. 집단 내 무작위적 교배, 3. 대립유전자에 돌연변이가 발생 없음, 4. 집단 사이의 대립유전자 교환 없음, 5. 모든 개체의 생존력과 생식력이 같음.

문제 2. 젖당 오페론과 유전자 발현 조절

문항 및 제시문

아래 왼쪽 그림은 어떤 대장균의 젖당 오페론과 조절 유전자의 모식도이다. 아래 오른쪽 그림은 포도당과 젖당이 포함된 배지에 대장균을 배양하였을 때, 시간에 따른 대장균 개체 수 및 포도당과 젖당의 농도 변화를 나타낸 그래프이다. 참고로 포도당은 젖당보다 대장균이 더 선호하는 당이다.



- (1) 프로모터에 돌연변이가 생긴 대장균을 배양하였을 때, “나” 구간에서 대장균의 성장 속도가 크게 증가하는 것을 관찰하였다. 이 돌연변이가 어떻게 대장균의 성장 속도를 증가시키는 것인지 설명하시오. (1점)
- (2) (가) 또는 (나) 중 어느 시점에 대장균의 젖당 오페론이 발현될지 예측하고, 그 이유를 설명하시오. (1점)
- (3) 조절 유전자가 없어진 돌연변이 대장균을 동일 조건에서 배양하였을 때, “가” 구간의 변화를 설명하시오. (1점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
	아래 예시 답안과 함께 채점기준을 작성함	

예시 답안

- (1) (1점) 프로모터의 돌연변이가 구조유전자의 발현을 증가시켰다. 돌연변이 대장균의 성장속도가 “나” 구간에서 크게 증가한 것은 젓당 오페론 구조 유전자의 발현이 증가하였기 때문이다.
- (2) (1점) 젓당 농도의 변화가 없다. (또는, 젓당 농도가 감소하지 않는다.) 구조 유전자 ‘A’의 5' 부위에 종결 코돈이 생성되었으므로 젓당 이용에 필요한 단백질들이 모두 발현되지 않는다. 이 돌연변이 대장균은 젓당을 이용하지 못한다.
- (3) (1점) ‘가’ 구간이 짧아진다. (또는, ‘가’ 구간이 없어진다.) ‘가’ 구간은 포도당 소진 후 젓당 오페론의 발현에 걸리는 시간이다. 조절 유전자가 없어진 돌연변이는 억제 단백질을 발현하지 못하여 젓당 오페론 구조 유전자가 빠르고 활발하게 발현되므로 ‘가’ 구간이 짧아진다.

문제 3. 바이러스 감염과 백신, 그리고 면역

문항 및 제시문

코로나바이러스감염증-19는 SARS-CoV-2라고 하는 코로나바이러스에 의해 일어난다. 주로 비말 접촉을 통해 전염되고 코로나바이러스감염증-19는 높은 전파율과 치사율로 인해 현재 전 세계에 위협을 가하고 있다.

세계 각국에서 코로나바이러스를 예방하기 위한 백신 개발에 박차를 가하고 있다. 백신을 제작하는 한 가지 방법은 불활성화된 바이러스를 인체에 투여하여 면역반응을 유도하는 것이다. (총 3점)

- (1) 불활성화된 바이러스의 같은 항원이 인체에 들어왔을 때 일어나는 면역 세포들의 반응을 세포성 면역과 체액성 면역으로 구분하여 설명하시오. (2점)
- (2) 백신을 접종한 사람이 코로나바이러스에 감염되었을 때 감염으로부터 쉽게 회복할 수 있는 이유를 설명하시오. (1점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
	아래 예시 답안과 함께 채점기준을 작성함	

예시 답안

(1) (2점)

항원을 인식한 보조 T 림프구의 도움으로 항원 특이적 B 림프구가 활성화 (체액성 면역 1점), 항원을 인식한 보조 T 림프구의 도움으로 항원 특이적 세포 독성 T 림프구가 활성화 (세포성 면역 1점),

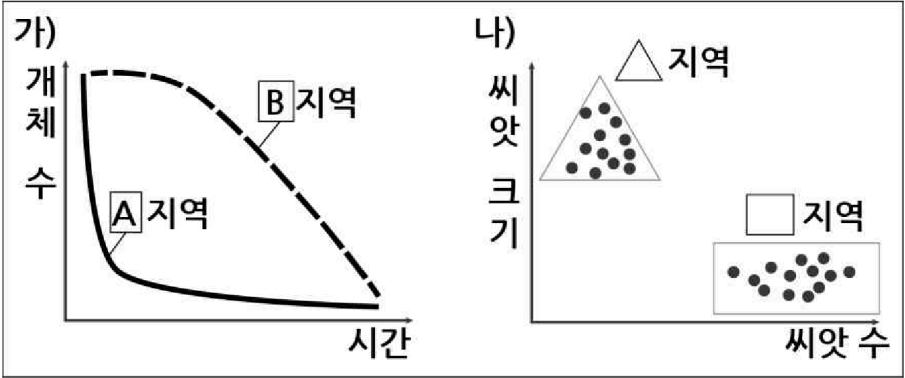
(2) (1점)

1차 면역 반응 시 생성된 “기억 세포”가 일부 남아 있다가 (0.5점), 바이러스 재감염 시 이들이 빠르게 증식하고 분화하여, 이를 통해 신속하고 강력한 면역 반응이 일어나고 (0.5점) 감염증 발병 확률이 낮아짐.

문제 4. 개체군의 생존 곡선

문항 및 제시문

아래는 두 지역에 동일한 수의 1년생 식물 씨앗이 발아한 이후부터 측정한 각 식물 개체의 생존 곡선 그래프(가)와 각 개체가 최종적으로 생산한 씨앗의 평균 크기와 수를 측정한 그래프(나)이다. (총 4점)



※ A와 B지역에 다른 식물은 존재하지 않는다. 이 식물은 발아 이후 빠른 속도로 일정하게 성장하고 스스로 씨앗을 만든다. 식물이 발아하기 전 A와 B지역에는 동일한 영양분이 있었고 이후 동일한 양의 빛과 물이 공급되었다.

- (1) (1) 지역에 따라 생존 곡선의 유형이 다르게 나타나는 이유를 설명하시오. (2점)
- (2) (2) 각 그래프의 씨앗을 수많은 지역에 뿌렸을 때 각 지역을 추측하고 그 이유를 설명하시오. (2점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
	아래 예시 답안과 함께 채점기준을 작성함	

예시 답안

(1)번 문제

(1점) A지역은 시간 당 개체 수가 급격히 감소하는 지역. 어린 개체가 견디기 힘든 환경 변화가 일어나는 곳, 어린 개체를 좋아하는 초식 곤충이 많이 존재하는 곳 등, 초기 식물 생존에 영향을 줄 수 있는 합리적인 이유는 정답으로 인정.

(1점) B지역은 식물 성장 초기에는 개체 수 변화가 거의 없지만 식물이 자라면서 개체 수가 일정하게 감소하는 지역. 크기가 큰 식물이 많이 존재하면 서로 경쟁을 통해 영양분이 고갈되어 생존에 영향을 줌, 큰 식물만 먹는 동물이 있음 등 식물의 성장과 연관된 합리적인 이유는 정답으로 인정.

(2)번 문제

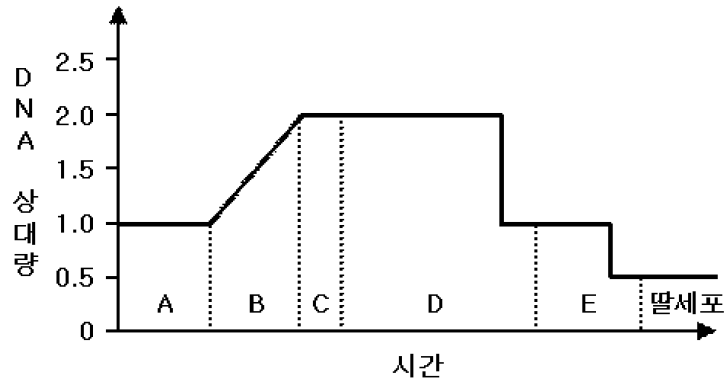
(1점) 네모 지역은 A 지역. 많은 수의 씨앗(자손)을 남겨 소수의 개체라도 살아남게 하는 것이 생존에 유리하기 때문에 씨앗 수가 많고 크기가 작은 개체들이 존재.

(1점) 세모 지역은 B 지역. B 지역은 같은 종 안의 경쟁이 생존에 더 큰 영향을 주고 있는 지역. 큰 씨앗을 만들면(그러다 보니 씨앗 수는 적음) 자손이 다른 개체들 보다 더 빨리 성장해 이후 중간 경쟁에 유리함.

문제 5. 생식세포 분열 과정과 염색체 비분리

문항 및 제시문

아래는 체세포 염색체 수가 $2n=4$ 인 생물의 생식세포 1개의 감수 분열 과정을 A E 단계로 나누고, 핵에 들어있는 DNA 양의 변화를 나타낸 그래프이다. DNA 복제가 일어나기 전 핵에 들어있는 DNA 상대량은 1이다. (총 3점)



- (1) (1) 세포 소기관 수 증가를 포함한 세포 생장이 가장 활발하게 일어나는 단계는 어디인가? (1점)
- (2) (2) D 단계에서 1개의 2가 염색체가 분리되지 않았다면 딸세포가 가질 수 있는 DNA 상대량을 모두 답하십시오. (1점)
- (3) (3) E 단계에서 1개의 세포에서만 1쌍의 염색 분체가 분리되지 않았다면 딸세포가 가질 수 있는 DNA 상대량을 모두 답하십시오. (1점)

채점 기준

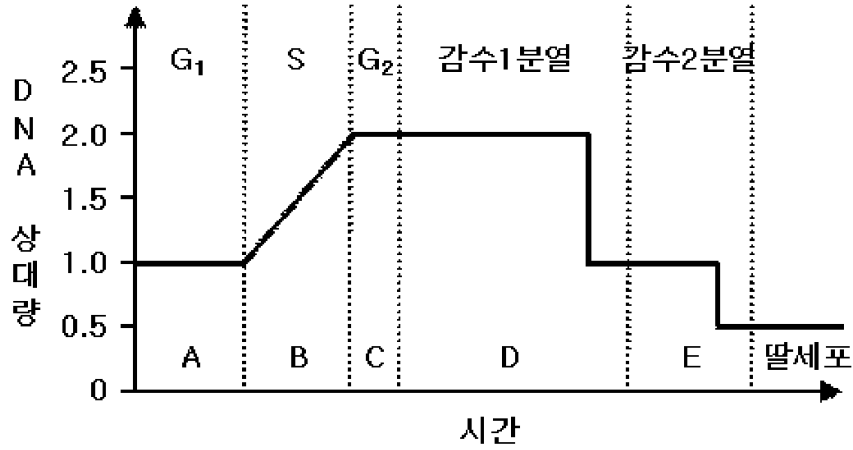
하위 문항	채점 기준	배점
	아래 예시 답안과 함께 채점기준을 작성함	

예시 답안

(1)번 문제

(1점) A 단계

각 단계 별 세포 주기 명칭은 아래 그림과 같다. G1에서 세포 구성 물질 합성, 세포 소기관 수 증가 등 세포 생장이 가장 활발하게 일어난다.



(2)번 문제

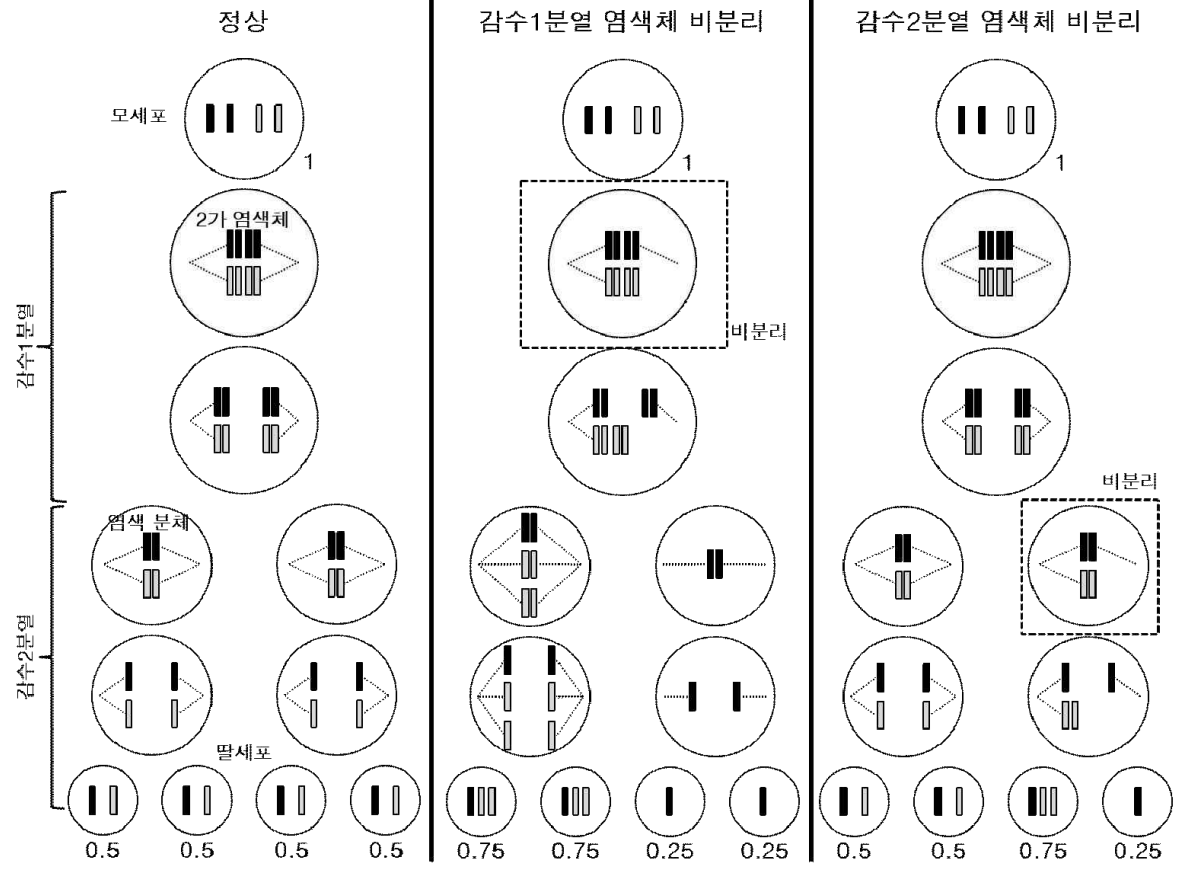
(1점) 0.25, 0.75

D 단계는 감수 1분열이다. 1개의 2가 염색체 비분리가 일어난다면 감수 1분열 결과 염색체 2개, 6개를 가진 세포들이 만들어지고, 이어진 감수 2분열 결과 염색체 1개(0.25) 또는 3개(0.75)를 가진 딸세포들이 만들어진다. (아래 그림 참조)

(3)번 문제

(1점) 0.25, 0.5, 0.75

E 단계는 감수 2분열이다. 1개 세포에서 1쌍의 염색 분체 비분리가 일어난다면 감수 2분열 결과 염색체 1개(0.25) 또는 3개(0.75)를 가진 딸세포들이 만들어진다. 감수 2분열에서 염색체 분리가 정상적으로 일어난 세포에서는 염색체 2개(0.5)를 가진 딸세포들이 만들어진다. (아래 그림 참조)



문제 6. 신경 흥분의 화학적 전달과 심장 박동

문항 및 제시문

개구리의 심장은 미주 신경과 연결된 상태로 분리하여 생리 식염수가 담긴 작은 병에 넣어도 계속 박동을 한다. 이후 전기 자극을 통해 심장으로 연결된 미주 신경을 자극하였더니, 심장의 박동 속도가 느려졌다. (총 3점)

- (1) (1) 부교감 신경을 자극하였을 때, 심장의 박동 속도가 느려진 이유는 무엇인지 설명하시오. (1점)
- (2) (2) 기존의 개구리 심장을 꺼내고 다른 개구리의 심장을 그 병에 담았더니, 전기 자극 없이도 심장 박동 속도가 느려졌다. 그 이유를 설명하시오. (1점)
- (3) (3) 개구리의 심장이 담긴 병에 인간의 혈액에서 분리한 어떤 물질을 넣어줬더니 심장의 박동 속도가 빨라졌다. 이 물질은 무엇이며 심장 박동 속도가 빨라진 이유는 무엇인가? (1점)

채점 기준

하위 문항	채점 기준	배점
	아래 예시 답안과 함께 채점기준을 작성함	

예시 답안

(1) (1점) 신경 흥분이 전도되어 축삭 돌기 말단에서 아세틸콜린이 분비되어 심장 근육의 수축을 저해한다.

(0.5점) 아세틸콜린 이름은 대답하지 못했지만, 축삭 돌기 말단에서 분비된 신경 전달 물질이 심장에 작용한 것이라는 개념을 설명하였을 때.

(2) (1점) 식염수에 퍼져있던 신경 전달물질이 새로 넣어 준 심장에 작용하여 심장 박동 속도를 느리게 하였다.

(3) (1점) 혈액에 들어 있던 에피네프린(아드레날린)이 작용하여 심장 근육의 수축을 촉진하여 심장 박동을 빠르게 한다.

(0.5점) 에피네프린(아드레날린) 이름은 대답하지 못했지만, 혈액 중에 존재하는 신경에서 분비된 호르몬이 작용하여 심장 박동을 빠르게 했다는 개념을 설명하였을 때.