



SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

생명과학

문제편

수시모집 일반전형 면접 및 구술고사 기출 문항집

2021-2026 · 13문항 (6개년) · 전 학년도 문항·제시문 수록

목차

2026학년도

문제 1	세포 골격 — 미세 섬유와 미세 소관	5
문제 2	모계 효과 유전과 집단의 대립유전자 빈도	7

2025학년도

문제 1	뿌리 표피세포의 분화와 전사 인자 회로 · 세균의 침입	10
문제 2	조간대 생태계의 핵심종 · 외래종의 유입과 진화	13

2024학년도

문제 1-1	원시 생명체의 진화와 대기 중 산소 농도	16
문제 1-2	유입 개체군의 유전자풀 변화와 개체군 생장	17
문제 2	세포 호흡과 발효	18

2023학년도

문제 1	비소 오염 토양에서의 적응과 두 단백질의 작용 순서	21
문제 2	염증 반응과 면역 — 비특이적 면역 · 특이적 면역 · 면역 기억	22

2022학년도

문제 1	단백질 P의 접힘 · 핵 이동 · 돌연변이 · 활성 조절	26
문제 2	에틸렌의 작용과 에틸렌 수용체의 유전학	28

2021학년도

문제 1	비타민 C 합성 능력의 상실과 그 진화적 근거	31
문제 2	부레옥잠이 호수 생태계에 미치는 영향	32

연도별 · 단원별 출제 경향

● 주된 단원 · ○ 함께 다루어진 단원. 한 문항이 여러 단원에 걸치는 것이 이 시험의 특징이다.

연도	문항	제목	세포와 물질대사	유전과 발현	항상성과 방어	진화와 계통	생태와 환경
2026	문제 1	세포 골격 — 미세 섬유와 미세 소관	●		○	○	
	문제 2	모계 효과 유전과 집단의 대립유전자 빈도		●		○	
2025	문제 1	뿌리 표피세포의 분화와 전사 인자 회로 · 세균의 침입		●	○		
	문제 2	조간대 생태계의 핵심종 · 외래종의 유입과 진화				○	●
2024	문제 1-1	원시 생명체의 진화와 대기 중 산소 농도				●	○
	문제 1-2	유입 개체군의 유전자풀 변화와 개체군 생장				○	●
	문제 2	세포 호흡과 발효	●				
2023	문제 1	비소 오염 토양에서의 적응과 두 단백질의 작용 순서	●			○	
	문제 2	염증 반응과 면역 — 비특이적 면역 · 특이적 면역 · 면역 기억			●		
2022	문제 1	단백질 P의 접힘 · 핵 이동 · 돌연변이 · 활성 조절	○	●			
	문제 2	에틸렌의 작용과 에틸렌 수용체의 유전학		●	○		
2021	문제 1	비타민 C 합성 능력의 상실과 그 진화적 근거		○		●	
	문제 2	부레옥잠이 호수 생태계에 미치는 영향					●

2026학년도 · 문제편

- 문제 1** 세포 골격 — 미세 섬유와 미세 소관
문제 2 모계 효과 유전과 집단의 대립유전자 빈도
-

- 단원** 세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어 · 진화와 계통
핵심 개념 세포 골격 — 미세 섬유(액틴)와 미세 소관(튜불린), 약물 저해 실험의 해석, 체세포 분열과 편모 운동, 원핵-진핵 진화와 세포 내 물질 이동, 활주설과 근육 원섬유 마디, 모계 효과 유전과 핵치환 실험, 하디-바인베르크 법칙, 자연선택과 대립유전자 빈도 변화
문항 수 2문항 (소문항 7개 · 세부 물음 17개)

I. 문제

문제 1 세포 골격 — 미세 섬유와 미세 소관

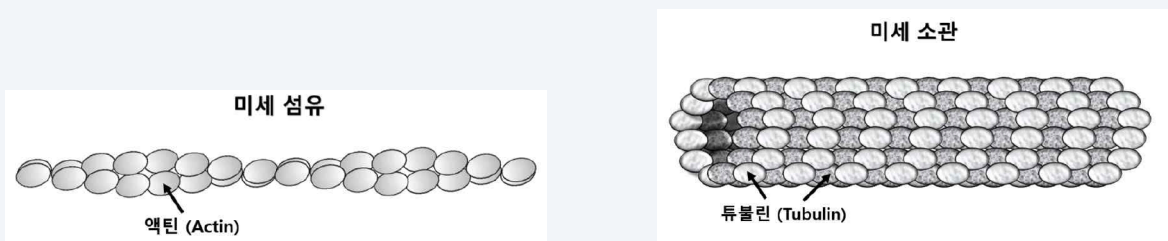
생명과학 I·II · 소문항 4개

동물 세포에는 단백질로 구성된 세포 골격이 존재한다. 이러한 세포 골격은 미세 소관, 미세 섬유, 중간 섬유로 구분된다. 아래 [그림 1-1] 과 같이 미세 섬유는 액틴 (Actin) 이라는 단백질로 이루어져 있고, 미세 소관은 튜불린 (Tubulin) 이라는 단백질로 이루어져 있다.

연구진들은 액틴과 튜불린이 생명체 내에서 무슨 기능을 하는지 알아보기 위해서, 동일한 세포 배양 조건에서 액틴의 활성을 저해하는 약물 X 와 튜불린의 활성을 저해하는 약물 Y 를 활용하여 아래 기준으로 세포들을 관찰하였다.

[기준]

- 형태 안정성: 외부 자극 후 정상 세포의 형태가 유지되는 비율
- 분열 성공률: 세포 분열 후 정상적이고 완전한 분열을 이룬 세포의 비율
- 물질 이동 효율: 특정 물질이 목표 지점에 도달하는 비율

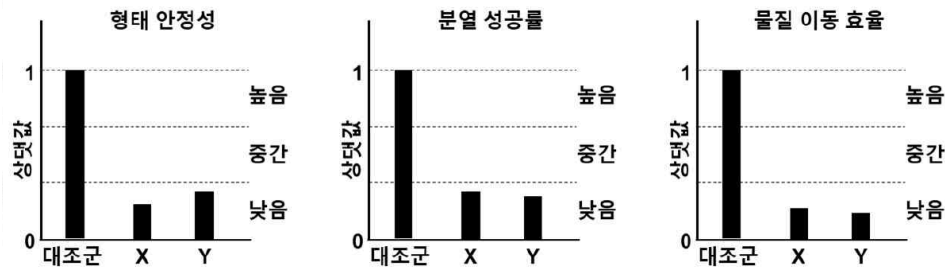


[그림 1-1]

1-1.

연구진은 액틴과 튜불린이 진핵생물의 세포에서 어떠한 역할을 하는지 확인하고자 한다.

- (1) 연구진이 인간 세포를 모델로 하여 약물 X 와 Y 를 이용해 실험을 진행하였다. 아래 [그림 1-2] 는 해당 실험의 결과를 높음, 중간, 낮음의 수준으로 분석한 것이다. 이를 바탕으로 액틴과 튜불린의 진핵세포 내 기능을 설명하시오.

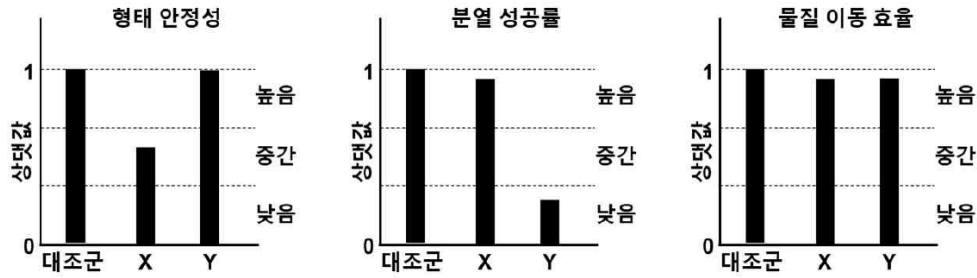


[그림 1-2] 인간 세포

- (2) 인간 체세포에 약물 X 와 Y 를 각각 처리하면 체세포 분열 과정의 어느 단계에서 이상이 생길지 판단하고, 이유를 설명하시오.
- (3) 분화된 인간 세포 a 에 약물 Y 를 처리했을 때, 세포 a 의 스스로 이동하는 능력이 급격하게 감소하였다. 세포 a 는 어떤 세포인지 추론하고, 이동하는 능력이 감소한 이유를 설명하시오.

1-2.

연구진이 확인한 결과, 원핵생물에도 구조적으로 유사한 액틴과 튜불린 유사체 단백질들이 각각 존재하는 것을 확인하였다. 또한, 약물 X 와 Y 가 각각 원핵생물 내 액틴과 튜불린 유사체에도 인간 세포와 같은 방식으로 작용하여 활성을 저해하는 것을 확인하였다. 연구진은 해당 단백질들이 원핵생물 내에서 어떠한 역할을 하는지 확인하기 위하여 약물 X 와 Y 를 이용해 대장균을 모델로 하여 실험을 진행하였다. 아래 [그림 1-3] 은 해당 실험의 결과를 높음, 중간, 낮음의 수준으로 분석한 것이다.



[그림 1-3] 대장균

- (1) 약물 X에 의해서 대장균의 형태 안정성은 영향을 받았으나, 위의 [그림 1-2]와 [그림 1-3]을 비교해 보면, 동물 세포에 비하여 상대적으로 영향이 경미함을 알 수 있다. 이러한 현상이 발생한 이유를 설명하시오.
- (2) 대장균에 약물 Y를 처리하였을 때 DNA의 복제와 DNA의 세포질 내 위치 분리는 정상적으로 진행됨을 확인하였다. 하지만 대장균의 모양이 길어지는 것을 관찰하였다. 이 관찰 내용과 [그림 1-3]을 참고하여 대장균의 세포 분열 과정 중 튜불린 유사체의 기능이 무엇인지 추론하고, 진핵생물에서 튜불린의 기능과 어떻게 다른지 설명하시오.

1-3.

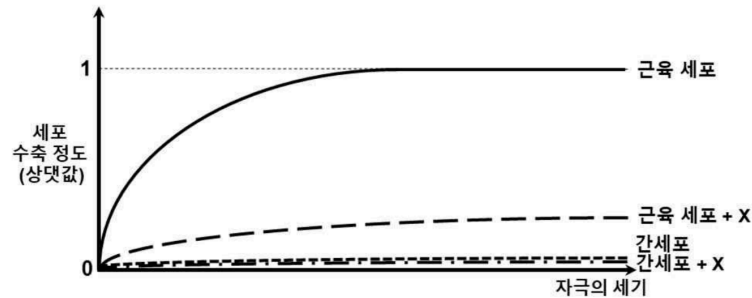
연구진은 [그림 1-2]와 [그림 1-3]의 데이터를 통하여 원핵생물에서 진핵생물로의 진화가 세포 내 물질 이동 기작의 변화를 유발하였다고 결론을 내렸다.

- (1) 원핵생물의 특성을 고려하여 대장균 내에서 물질 이동이 어떤 방식으로 이루어지는지 설명하고, 위의 [그림 1-3]에서 약물 X, Y가 물질 이동 효율에 영향을 주지 않은 이유를 설명하시오.
- (2) 원핵생물에서 진핵생물로의 진화 과정에서 세포 구조가 어떻게 변화하는지 설명하고, 그러한 변화가 세포 내 물질 이동에 어떤 어려움을 초래하였는지 설명하시오.
- (3) 문제 (2)에서 나타나는 세포 내 물질 이동의 어려움을 진핵생물의 세포 골격이 어떻게 해결하였는지 설명하시오.

1-4.

연구진은 분화된 진핵세포에서 세포 골격의 기능을 분석하고자 하였다. 아래 물음에 답하시오.

- (1) 연구진은 동일한 쥐에서 근육 세포(골격근)와 간세포를 추출하여 자극에 따른 수축 정도를 약물 X의 처리 여부에 따라 비교하는 실험을 진행하였다. 아래 [그림 1-4]는 해당 실험의 결과를 나타낸 그래프이다. 근육 세포와 간세포에서 미세 섬유의 배열 방식이 어떻게 다른지 설명하고, 이를 고려하여 [그림 1-4]를 해석하시오.

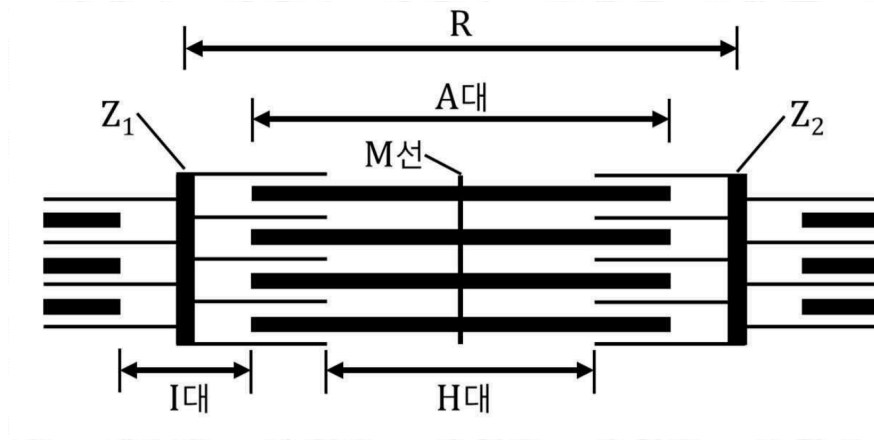


[그림 1-4]

- (2) 아래 [그림 1-5]는 연구진이 근육 세포에서 채취한 근육 원섬유를 관찰한 구조이다. 근육 원섬유는 M 선을 기준으로 좌우 대칭이다. 아래 그림에서 Z_1 과 Z_2 는 근육 원섬유 마디 R의 Z 선이다. 연구진은 근육 수축 실험을 통해 특정 시점 t_1 과 t_2 에서 아래와 같은 길이 비율을 관찰하였다. 시점 t_1 에서 t_2 로 변화할 때 R의 길이 변화 비율을 구하시오.

[결과]

- (t_1 의 H 대) : (t_1 의 I 대) = 3 : 2
- (t_1 의 I 대) : (t_2 의 I 대) = 3 : 2
- (t_2 의 R의 길이) : {(t_2 의 A 대) - (t_2 의 H 대)} = 2 : 1



[그림 1-5]

문제 2 모계 효과 유전과 집단의 대립유전자 빈도

생명과학 I · II · 소문항 3개

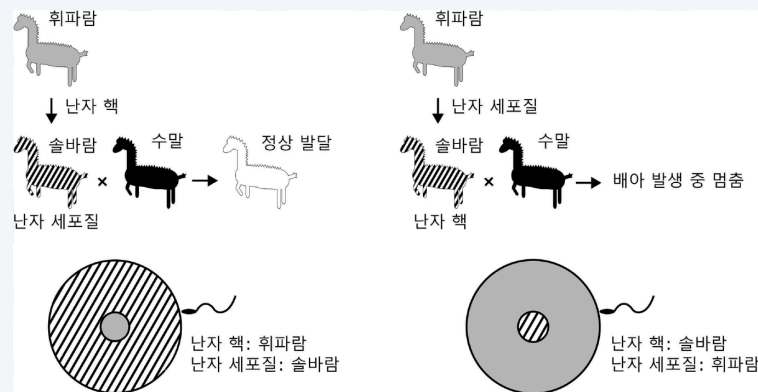
※ 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

(가) 경주마로 좋은 성적을 거두었던 신체 기능과 성체 발달이 정상인 암말 ‘솔바람’과 ‘휘파람’은 은퇴하여 번식을 위해 사육되고 있다. ‘솔바람’을 생식 능력에 이상이 없는 수말과 교배하면 항상 건강한 자손이 태어난다. 그런데 ‘휘파람’은 생식 능력에 이상이 없는 수말과 여러 차례 교배를 시도해 보았지만 매번 실패하였다. 이에 인공 수정을 시도하였더니, ‘휘파람’을 모계로 하는 수정란은 항상 2-4세포기에서 세포 분열이 더 이상 진행되지 못하고 죽는 것을 관찰하였다.

(나) ‘휘파람’의 상염색체에 있는 M 유전자를 조사하여, 열성 동형접합 (mm) 을 가진 개체임을 알게 되었다. M 은 m 에 대해 완전 우성이다.

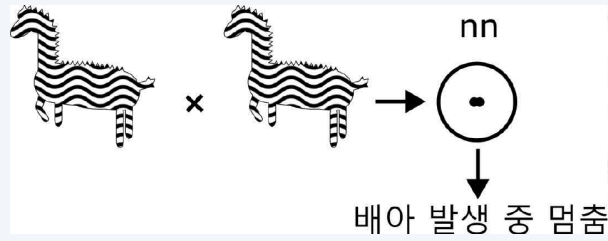
(다) 말의 M 유전자에 대해 열성 동형접합 (mm) 유전자형을 가지는 수말을 ‘솔바람’과 교배하면 항상 건강한 자손이 태어난다.

(라) 아래 [그림 2-1] 과 같이 핵을 제거한 ‘솔바람’ 난자의 세포질에 ‘휘파람’의 난자 핵을 넣어 건강한 수말의 정자를 인공 수정하고 ‘솔바람’의 자궁에 착상시켰더니 정상 자손이 발생하였다. 그러나, 핵을 제거한 ‘휘파람’ 난자의 세포질에 ‘솔바람’의 난자 핵을 넣어 건강한 수말의 정자를 인공 수정하고 ‘솔바람’의 자궁에 착상시켰더니 수정란이 배아 발생 중 멈췄다.



[그림 2-1]

(마) 말의 N 유전자에 의해 발생하는 질환은 상염색체 열성 유전질환이다. 아래 [그림 2-2] 와 같이 N 유전자에 대해 열성 동형접합 (nn) 인 수정란은 배아 발생 중 멈춘다.



[그림 2-2]

(바) 말의 N 유전자는 말의 갈기 색상도 결정한다. 말의 N 유전자가 우성 동형접합 (NN) 이면 갈기의 색상이 검은 색이고, 이형접합 (Nn) 이면 갈색이다.

2-1.

‘휘파람’을 낳은 부모 말들은 모두 건강하였으며, 총 열 마리의 말을 생산하였다. 그 중 ‘휘파람’만 자손을 생산하지 못하였다.

- (1) ‘휘파람’ 부모 말들의 M 유전자에 대한 유전자형을 모계와 부계에서 각각 추론하시오.
- (2) ‘솔바람’의 M 유전자에 대한 유전자형을 추론하시오.
- (3) 왜 ‘휘파람’은 성체까지 신체 기능과 성체 발달이 정상으로 이루어질 수 있었는지, 반면 ‘휘파람’의 난자로부터 생성된 모든 수정란은 왜 배아 발생이 멈추었는지 M 유전자의 기능을 고려하여 제시문을 기반으로 추론하시오.

2-2.

다음은 두 야생마 집단 P 와 Q 를 조사한 결과이다. 제시문을 읽고 물음에 답하시오.

(사) 현재 P 에서 검은색 갈기를 가진 말의 수는 일곱 마리당 세 마리의 빈도로 나타난다.

(아) 현재 Q 에서 검은색 갈기를 가진 말의 수는 세 마리당 두 마리의 빈도로 나타난다.

(자) 야생마 집단 P 와 Q 는 각각 격리되어 있다, 각 집단의 크기는 충분히 크고, 새로운 돌연변이가 일어나지 않으며, 집단 내의 교배는 무작위적으로 일어난다. 현재 P 와 Q 의 집단 크기는 같다.

- (1) 야생마 집단 P 와 Q 에서 현재 우성 대립유전자 N 의 빈도를 각각 구하시오.
- (2) 야생마 집단 P 와 Q 에서 갈색 갈기를 가진 개체 수가 시간이 흐름에 따라 어떻게 변화하는가? 또, 집단 P 와 Q 에서 갈색 갈기를 가진 개체 수의 변화 양상이 어떻게 다른지 정성적으로 추론하여 그리시오.

갈색 갈기를 가진 개체 수



답안 작성용 빈 그래프

2-3.

다음은 ‘휘파람’과 ‘솔바람’이 속한 경주마 집단 R 에 대한 조사 결과이다. 제시문을 읽고 물음에 답하시오.

(차) 경주마 집단 R 에서 M 유전자를 조사하였다. 현재 열성 동형접합 (mm) 의 유전자형을 가지는 말의 수가 백 마리당 한 마리의 빈도로 나타났다.

(카) 집단 R 에서 암말과 수말의 수는 같다.

(타) 집단 R 에서 생식 능력은 M 유전자에 의해서만 결정되는 것으로 확인되었다.

(파) 집단 R 은 격리되어 있다. 집단 R 의 크기는 충분히 크고, 새로운 돌연변이가 일어나지 않으며, 집단 내의 교배는 무작위적으로 일어난다.

- (1) 경주마 집단 R 의 다음 세대에서도 불임인 말의 빈도를 구하고 그 이유를 설명하시오.
- (2) 열성 대립유전자 m 과 열성 대립유전자 n 의 빈도 변화 양상이 시간에 따라 어떻게 될지 서로 비교하여 설명하시오.

2025학년도 · 문제편

문제 1 뿌리 표피세포의 분화와 전사 인자 회로 · 세균의 침입
문제 2 조간대 생태계의 핵심종 · 외래종의 유입과 진화

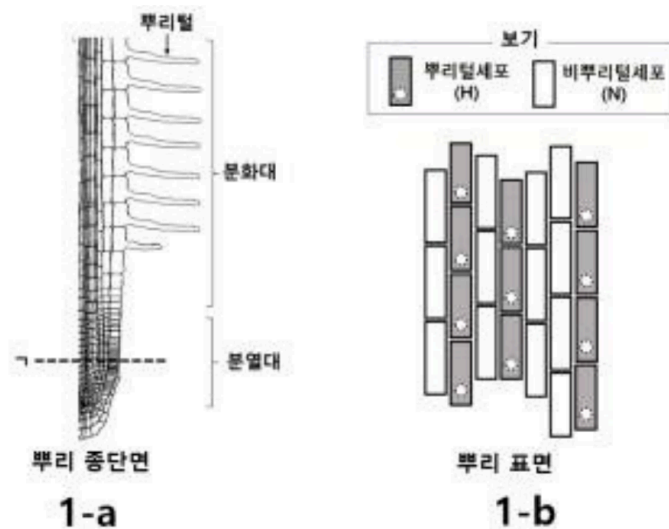
단원 유전과 발현 · 항상성과 방어 · 진화와 계통 · 생태와 환경
핵심 개념 세포 분화와 위치 정보, 전사 인자의 위계와 유전자 조절 회로, 세포벽·삼투와 팽압, 원핵·진핵의 전사 조절과 오페론, 3역 6계와 계통수, 먹이 그물과 핵심종, 경쟁 배타, 생태계 평형, 코돈의 중복성과 미스센스·침묵 변이, 외래종과 생물 다양성, 방향성 선택
문항 수 2문항 (소문항 8개 · 세부 물음 14개)

I. 문제

문제 1 뿌리 표피세포의 분화와 전사 인자 회로 · 세균의 침입

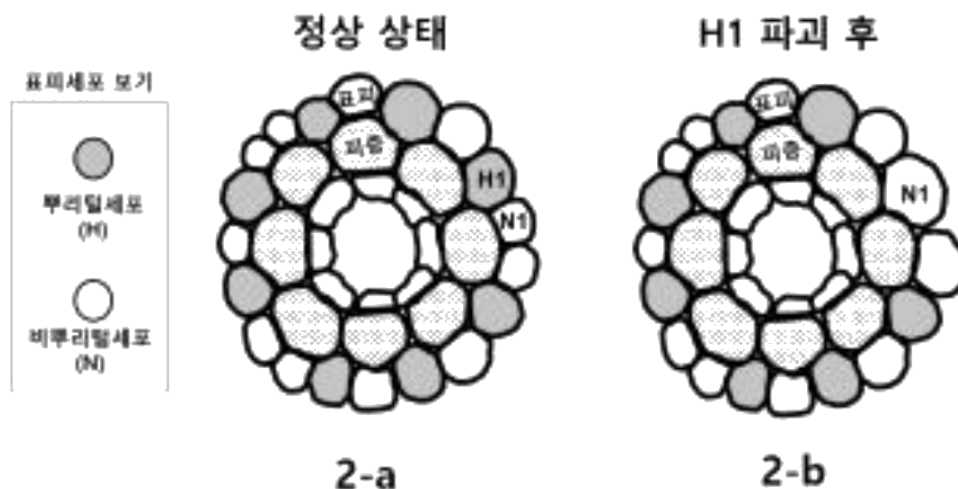
통합과학·생명과학 I·II · 소문항 3개

발생 과정에서 서로 다른 구조와 기능의 세포가 형성되는 과정을 ‘세포 분화’라고 한다. 분화된 세포들은 대개 특정한 공간적 패턴으로 분포함으로써 그 개체의 기능에 영향을 미친다. 관다발 식물의 뿌리는 말단에서부터 세포 분열이 일어나는 ‘분열대’와 세포 분화가 일어나는 ‘분화대’의 두 발달 부위로 나뉜다([그림 1-a]). 뿌리의 맨 바깥층을 이루는 표피세포는 발달 과정에서 뿌리털세포(H세포)와 비뿌리털세포(N세포)로 분화되며, H세포는 분화대에 이르렀을 때 관 모양의 돌출 구조인 ‘뿌리털’을 형성한다([그림 1-a]). 식물 X의 뿌리를 살펴본 결과, H세포와 N세포가 뿌리 표면에서 [그림 1-b]와 같은 분포를 보였다.



[그림 1] 1-a 뿌리 종단면(분열대·분화대) · 1-b 뿌리 표면의 H세포·N세포 분포

- (1-1) [그림 2-a]는 [그림 1-a]의 ‘ㄴ’ 위치에서 식물 X의 뿌리 횡단면을 보여준다. 뿌리 분열대 부위에서 표피세포 H1을 레이저로 파괴했더니 이웃한 N1세포가 파괴된 H1세포의 자리를 차지했고([그림 2-b]), 이 N1세포는 뿌리의 분화대에 이르렀을 때 뿌리털을 형성했다. H세포와 N세포의 분포 패턴과 H1세포의 파괴 실험 결과로부터 식물 X에서 H세포와 N세포가 분화하는 원리를 추론해 보시오.



[그림 2] 2-a 정상 상태의 뿌리 횡단면 · 2-b H1 파괴 후

- (1-2) 식물 X에서 서로 다른 전사 인자를 만들어내는 유전자 A와 유전자 B는 뿌리 표피세포의 분화에 중요하다고 알려져 있다. H세포와 N세포의 분화 과정에서 유전자 A, B의 기능을 알아보기 위해, 정상 식물 및 유전자 A 또는 B가 각각 결실된 식물의 표피세포에서 유전자 A, B의 발현 양상과 뿌리털 형성 여부를 관찰하고 그 결과를 [표 1]로 나타내었다. ‘가’와 ‘나’는 모두 표피세포이며, [그림 3]은 ‘가’와 ‘나’의 위치를 나타낸 것이다.

[표 1]

식물체	정상 식물		유전자 A가 결실된 식물		유전자 B가 결실된 식물	
	가	나	가	나	가	나
*표피세포 위치						
유전자 A의 전사	×	○	×	×	×	○
유전자 B의 전사	○	×	○	○	×	×
뿌리털	형성됨	형성 안 됨	형성됨	형성됨	형성 안 됨	형성 안 됨



[그림 3]

(○: 전사 됨, ×: 전사 안 됨)

- (1) [표 1]의 실험 결과로부터 유전자 A와 B 사이의 작용 관계를 제시하고, 이들이 뿌리털 형성에서 어떤 역할을 하는지 설명하시오. (단, 여기서 A, B 이외의 다른 유전자의 역할은 무시한다.)
- (2) 유전자 A와 B가 모두 결실된 식물의 표피세포 ‘가’와 ‘나’ 위치에서 뿌리털 형성은 어떻게 될지 설명하시오. (단, 여기서 A, B 이외의 다른 유전자의 역할은 무시한다.)
- (3) 또 다른 전사 인자를 만들어내는 유전자 C도 뿌리 표피세포의 분화에 관여한다는 사실이 새롭게 밝혀졌다. 정상 식물 및 유전자 A, B, 또는 C가 각각 결실된 식물의 표피세포에서 유전자 C의 발현과 뿌리털 형성 양상을 관찰한 [표 2]의 결과를 보고, 유전자 C가 뿌리털 형성 과정에 어떤 역할을 할지 설명하시오. (단, 여기서 A ~ C 이외의 다른 유전자의 역할은 무시한다.)

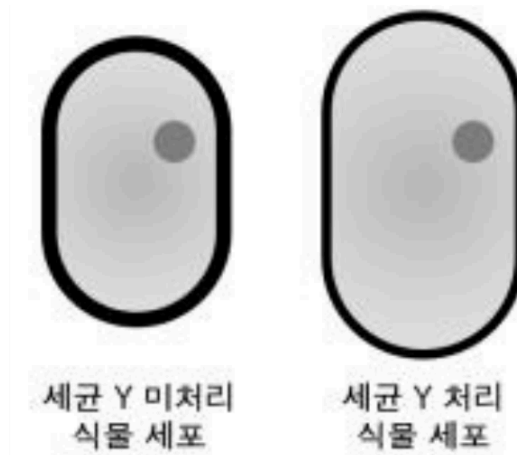
[표 2] (참고, 표피세포 위치에 대한 보기는 [그림 3]을 참조하시오.)

식물체	정상 식물		유전자 A가 결실된 식물		유전자 B가 결실된 식물		유전자 C가 결실된 식물	
	가	나	가	나	가	나	가	나
*표피세포 위치								
유전자 A의 전사	×	○	×	×	×	○	×	×
유전자 B의 전사	○	×	○	○	×	×	○	○
유전자 C의 전사	×	○	×	○	×	○	×	×
뿌리털	형성됨	형성 안 됨	형성됨	형성됨	형성 안 됨	형성 안 됨	형성됨	형성됨

(○: 전사 됨, ×: 전사 안 됨)

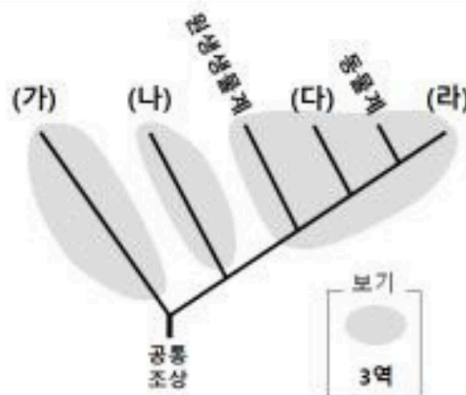
- (1-3) 세균 Y는 식물 X의 뿌리를 감염시키는 토양 세균이다. 세균 Y는 토양에 독립적으로 살다가, 근처에 식물이 있으면 뿌리털을 통해 뿌리 안으로 침입한다. 세균 Y의 유전체에는 ‘셀룰로스 분해 오페론’이 존재한다. 세균 Y의 셀룰로스 분해 효소는 셀룰로스 분해 오페론의 구조 유전자 중 하나이다. 세균 Y를 식물이 있는 토양과 없는 토양에서 각각 배양하였을 때, 식물이 있는 토양에서 배양한 세균 Y만 셀룰로스 분해 효소를 분비하였다. 이를 바탕으로 다음 물음에 답하시오.

(1) 세균 Y를 처리한 식물 세포와 처리하지 않은 식물 세포를 동일한 저장액에 각각 넣고 일정 시간이 지난 뒤 식물 세포의 크기를 관찰하였다. 관찰 결과, [그림 4]와 같이 세균 Y를 처리한 세포의 크기가 처리하지 않은 세포보다 더 컸다. (단, 이때 터진 세포는 없었다) 세균 Y를 처리한 식물 세포의 크기가 더 커진 이유를 설명하시오.



[그림 4]

(2) 식물 X에 감염하는 곰팡이 Z도 셀룰로스 분해와 관련된 단백질들을 이용하여 뿌리털을 통해 뿌리 안으로 침입한다. [그림 5]의 3역 6계 분류체계에서 세균 Y와 곰팡이 Z는 (가) ~ (라) 중 어디에 속하는가?



[그림 5]

(3) 위의 문항 1-3 (2)에서 세균 Y와 곰팡이 Z가 속한 3역을 고려했을 때, 세균 Y와 곰팡이 Z에서 셀룰로스 분해와 관련된 유전자들의 전사 조절 과정은 어떤 차이를 보일지 설명하시오.

문제 2 조간대 생태계의 핵심종 · 외래종의 유입과 진화

통합과학·생명과학 I·II · 소문항 5개

연구진이 어느 조간대 생태계에서 핵심종의 역할을 분석하고 있다. 이 생태계의 생물 군집은 광합성 생물인 조류(algae), 1차 소비자인 군부, 삿갓조개, 조개, 따개비, 2차 소비자인 뿔소라 A, 뿔소라 B, 뿔소라 C, 그리고 최상위 포식자인 불가사리 한 종으로 이루어져 있다. 이들 생물종은 [그림 1]과 같이 매우 복잡한 먹이 그물을 형성하고 있다. 화살표는 주요 포식과 피식 관계를 나타낸 것이다.



[그림 1]

- (2-1) 최근 불가사리의 개체수가 급격히 감소하면서 생태계의 변화가 관찰되고 있다. [표 1]은 해당 지역에서 첫 조사 이후 10년간 불가사리의 개체수를 조사한 결과이며, [그림 2]는 같은 기간 동안 뿔소라 B의 개체수, 삿갓조개의 개체수, 그리고 조류(algae)로 덮인 바위의 면적을 각각 조사한 결과이다.

[표 1]

조사 시점	조사 시작	1년 후	2년 후	3년 후	4년 후	5년 후	6년 후	7년 후	8년 후	9년 후	10년 후
불가사리 개체수	148	35	3	1	0	0	0	0	0	0	0

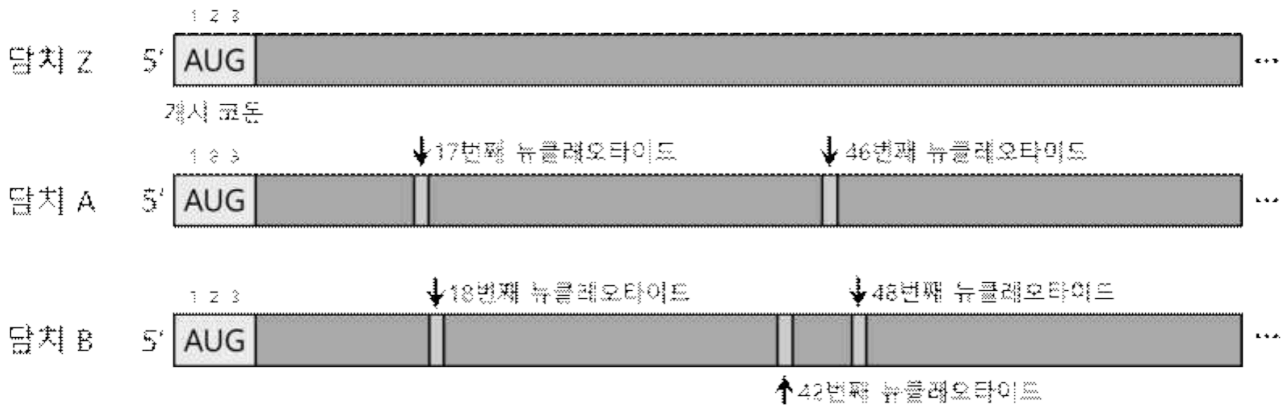


[그림 2]

- (1) 각 생물의 개체수 변화 양상을 해석하고, 뿔소라 A와 뿔소라 C의 개체수는 어떻게 변화했는지 추론하시오.
- (2) 이 조간대 생태계에서 핵심종은 무엇이며, 이 종이 생물 다양성에 미치는 영향을 설명하시오.

(2-2) 이 지역에 같은 종의 불가사리를 재도입하였을 때, 생태계 평형이 어떻게 이루어질지 예상하시오.

(2-3) 같은 종의 불가사리를 재도입한 이후 충분한 시간이 지난 뒤 외래종 담치 두 종, 담치 A와 담치 B가 유입되었다. 담치는 접착 단백질을 생산하여 몸을 바위에 고정시키는 특성이 있는데, 담치 B는 담치 A에 비하여 바위에 강하게 접착하여 파도에 잘 쓸려 내려가지 않는다. 연구진은 담치 A, B의 접착 단백질의 차이를 알아보기 위하여 해당 단백질을 암호화하는 mRNA의 염기서열을 분석한 다음, 담치 B와 동일한 강도의 접착 단백질을 만드는 것으로 알려진 다른 담치 Z의 접착 단백질 mRNA 염기서열과 비교하였다. [그림 3]은 담치 Z의 접착 단백질 mRNA 염기서열과 비교하여, 담치 A와 B의 mRNA 염기서열에서 차이가 있는 뉴클레오타이드의 위치를 표시한 것이다. [그림 3]을 보고, 담치 A에서만 더 약한 접착 단백질이 발현되는 이유를 추론하시오.



- 담치 A, B, Z의 접착 단백질은 세 종이 공유하고 있는 단일 유전자 부위에서 발현된다.
- 그림은 접착 단백질 mRNA의 일부이며, 그림에 나타난 영역에 종결 코돈은 없다.
- 세 종의 mRNA 염기서열에는 주어진 것 이외의 차이는 없다고 가정한다.

[그림 3]

(2-4) 담치는 다른 조개나 따개비에 비하여 몸집이 커서 뿔소라와 불가사리가 먹이로 선호하지 않았다. 그러나 담치가 유입된 이후 충분한 시간이 지나자, 담치를 포식하는 불가사리가 관찰되기 시작하였다. 연구진이 담치를 포식하는 개체들을 따로 분리하여 조사한 결과, 전체 불가사리 개체군에 비하여 몸집이 유의미하게 크다는 사실을 발견하였다.

(1) 담치 유입 초기에 발생할 것으로 예상되는 생태계의 변화를 설명하시오.

(2) 담치를 포식하는 불가사리의 몸 크기를 조사한 결과를 토대로 앞으로 불가사리 개체군에서 나타날 것으로 예상되는 진화적 양상을 설명하고, 이 현상이 이곳의 생태계에 어떤 영향을 미칠지 예측하시오.

(2-5) 불가사리는 극피동물, 군부는 연체동물, 그리고 따개비는 절지동물에 속한다. 각 분류군의 공통점과 차이점을 계통수를 기반으로 설명하시오.

2024학년도 · 문제편

문제 1-1	원시 생명체의 진화와 대기 중 산소 농도
문제 1-2	유입 개체군의 유전자풀 변화와 개체군 생장
문제 2	세포 호흡과 발효

단원	세포와 물질대사 · 진화와 계통 · 생태와 환경
핵심 개념	대기 산소 농도의 상승과 생물의 적응, 계통수를 이용한 형질 추론, 창시자 효과와 유전적 부동, 생장 가능 온도와 자연 선택, 환경저항과 환경수용력, 생태적 지위와 분서, 세포 호흡과 발효, 전자 전달계·산화적 인산화의 저해
문항 수	3문항 (소문항 8개)

I. 문제

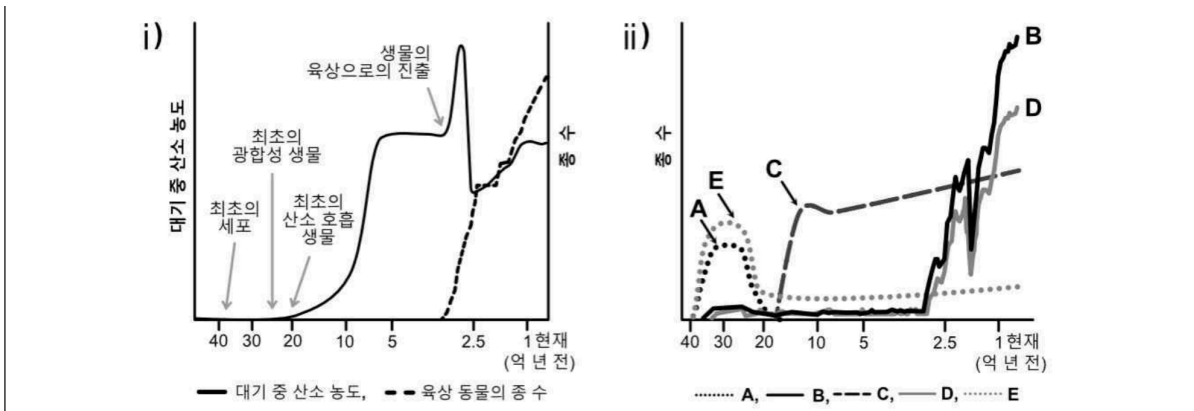
문제 1-1 원시 생명체의 진화와 대기 중 산소 농도

통합과학·생명과학 II · 소문항 2개

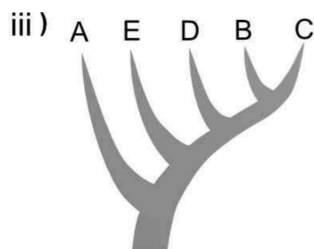
제시문을 바탕으로 문제 (1)과 (2)에 답하시오.

원시 생명체의 진화에 큰 영향을 미친 환경 변화 요인 중 하나는 산소의 출현이다. 지구 대기 중 산소 농도의 증가는 원시 미생물 그룹 Snucoaceae(분류단계-과)의 각 분류군 특성에 따라 종 다양성에 다르게 영향을 미쳤다.

아래 그림은 i) 지구가 탄생한 46억 년 전부터 현재까지 대기 중 산소 농도 변화와 생물의 출현, ii) Snucoaceae에 속하는 5개 속(분류단계) A~E의 종 수 변화, iii) 각 속의 계통 관계와 주요 특성을 보여준다.



i) 대기 중 산소 농도(실선)와 육상 동물의 종 수(점선)의 변화 · ii) 5개 속 A-E의 종 수 변화



특성 \ 속	A	B	C	D	E
산소 호흡	×	×	○	×	×
영양 섭취 방식	독립영양	㉠	종속영양	종속영양	독립영양
셀룰로스 분해	×	○	○	×	×
산성에 대한 저항성	×	㉡	○	○	○
산소 노출에 대한 저항성	×	㉢	○	○	×
단백질 분해	○	㉣	○	○	○
서식지	바다 표층, 얕은 물	갯벌, 동물 장내	토양	갯벌, 동물 장내	바다 표층, 심해 열수구

iii) 5개 속의 계통 관계와 주요 특성

- (1) 그림 ii)에서 A, C, E의 종 수가 현재와 같이 변화한 이유를 각 속의 특성과 연관 지어 설명하시오.
 (2) 그림 iii)에 제시된 B의 특성 중 ㉠~㉣를 추론하여 설명하고, 그림 ii)에서 B의 종 수가 증가한 이유를 대기 중 산소 농도의 변화 및 새로운 생명체 출현과 연관 지어 설명하시오.

문제 1-2 유입 개체군의 유전자풀 변화와 개체군 성장

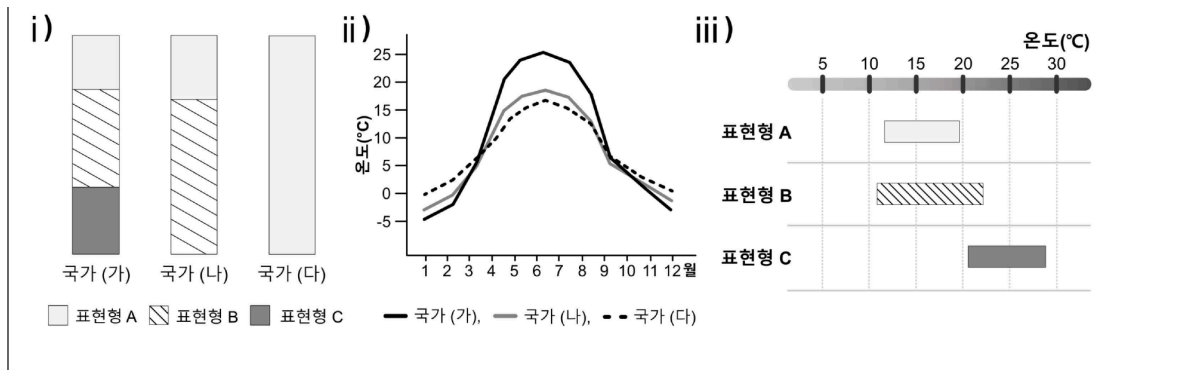
생명과학 I · II · 소문항 3개

제시문을 바탕으로 문제 (1), (2), (3)에 답하시오.

“해충나방”은 유충일 때 잎을 섭식하여 나무에게 직접적인 피해를 일으킨다. 최근 해충나방이 존재하지 않던 여러 국가에 해충나방이 유입되어 생태계를 위협하고 있다.

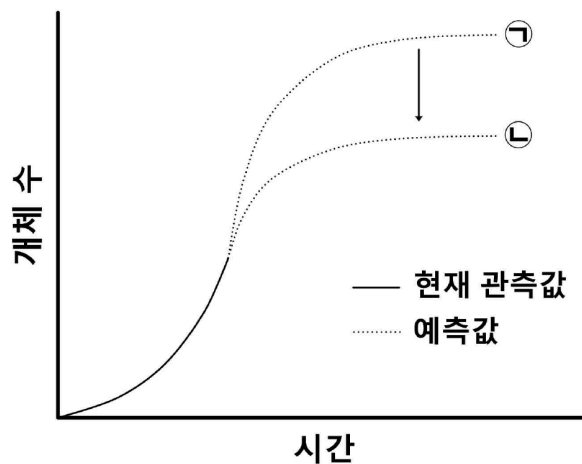
국가 (가)에 자생하던 해충나방 개체군이 해충나방이 없던 국가 (나)와 (다)에 유입되어 새로운 개체군을 구성하였다고 가정하자. 각 국가에 서식하는 해충나방을 국가별로 100개 지역에서 1년간 채집해 개체군의 형질 X에 대한 유전자풀을 조사하였다. 해충나방은 3가지 대립유전자 a, b, c에 의해 결정되는 형질 X를 가지고 있으며, 형질 X의 표현형은 A형, B형, C형으로 나타난다. (단, 대립유전자의 조합에 의한 표현형 결정은 고려하지 않는다.)

아래 그림은 i) 국가별 개체군의 형질 X의 표현형 구성 비율, ii) 국가별 월평균 기온, iii) 표현형에 따른 성장 가능 온도 범위를 나타낸 것이다.



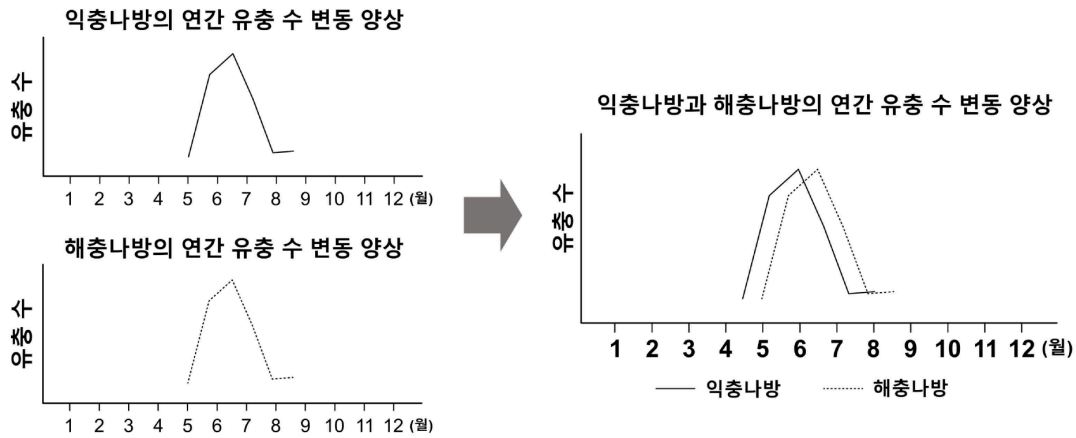
i) 표현형 구성 비율 · ii) 국가별 월평균 기온 · iii) 표현형별 성장 가능 온도 범위

- (1) 국가 (나)와 (다)의 해충나방 개체군 유전자풀 변화(형성) 요인을 각각 설명하시오.
- (2) 아래 그림은 국가 (다)에 유입된 해충나방 개체군의 초기 성장곡선과 이를 기반으로 예측한 성장곡선이다(㉠). 현재와 같은 초기 성장곡선이 앞으로 ㉠과 같이 변화할 것으로 예측되는 이유를 설명하시오. 그리고 예측된 성장곡선 ㉠을 ㉡으로 변화시킬 수 있는 방안을 제시해 보시오.



실선: 현재 관측값, 점선: 예측값

- (3) 국가 (다)는 “익충나방”이 우점한 생태계였으며, 익충나방의 연간 유충 수 변동 양상은 왼쪽 위 그림과 같았다. 그러나 해충나방 개체군이 유입됨에 따라 오른쪽 그림과 같이 익충나방의 연간 유충 수 변동 양상이 변화하였다. 해충나방 개체군의 유입에 따라 익충나방의 유충 수 변동 양상이 변화한 이유를 설명하시오. (단, 해충나방과 익충나방은 서로 다른 종이지만 생태적 지위는 같고, 해충나방의 연간 유충 수 변동 양상은 왼쪽 아래 그림과 같다.)



왼쪽: 유입 전 두 종의 연간 유충 수 변동 양상 · 오른쪽: 유입 후 두 종이 함께 있을 때의 변동 양상

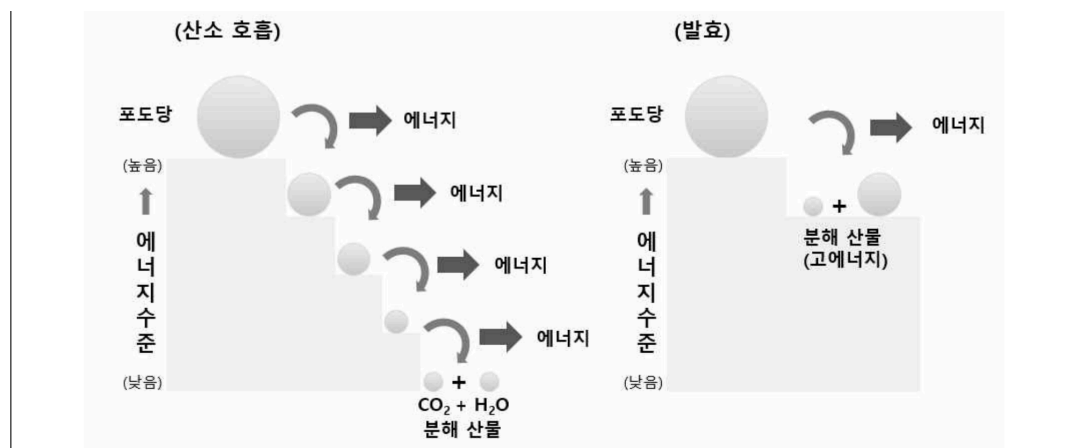
문제 2 세포 호흡과 발효

생명과학 II · 소문항 3개

제시문을 바탕으로 문제 2-1, 2-2, 2-3에 답하시오.

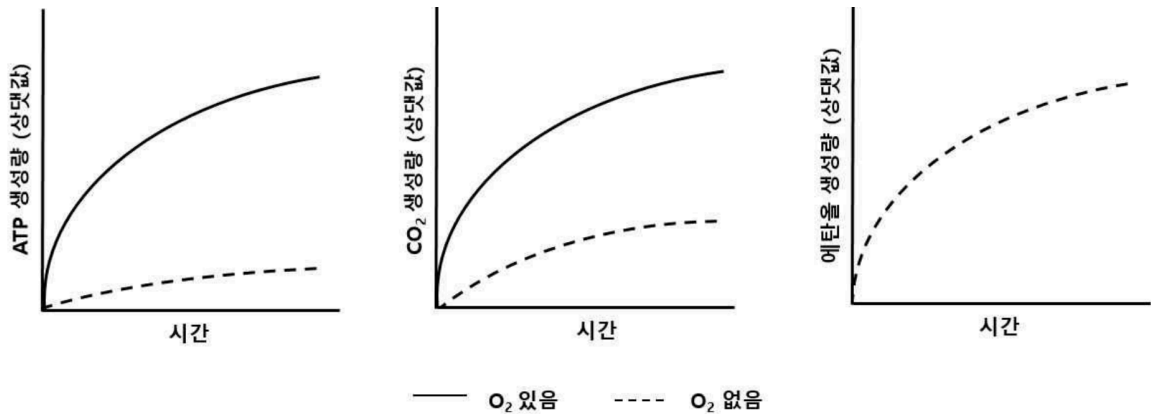
생물은 유기물 분해를 통하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는다. 산소를 이용한 세포 호흡(산소 호흡)에서는 해당 과정을 통해 세포질에서 포도당이 피루브산으로 분해되고, 미토콘드리아 기질로 들어와 TCA 회로를 통해 CO_2 로 완전히 분해된다. 이러한 과정에서 방출된 고에너지 전자는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 거쳐 산소에 전해져 H_2O 로 변환되고, 최종적으로 산화적 인산화를 통해 ATP가 생성된다.

효모나 일부 미생물은 산소가 없는 상태에서 전자 전달계를 거치지 않고 해당 과정을 통해서만 ATP를 생성하는데, 이를 발효라고 한다. 발효는 최종 산물의 종류에 따라 젖산 발효, 알코올 발효 등으로 구분된다. 발효 과정을 통해서 얻는 세포 호흡에 비해 적은 양의 ATP가 생성되며 포도당이 CO_2 와 H_2O 로 완전히 분해되지 않는다.



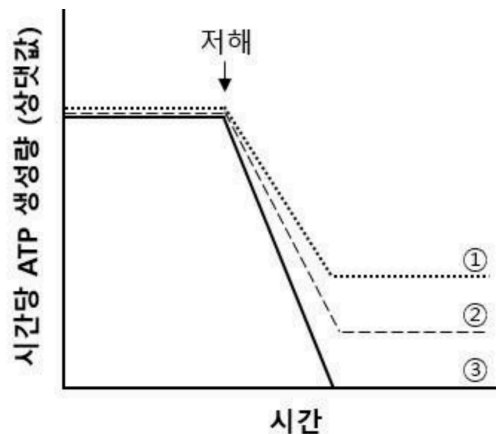
왼쪽: 산소 호흡 — 여러 단계로 나누어 에너지를 방출하고 CO_2 와 H_2O 로 완전히 분해된다. 오른쪽: 발효 — 한 단계에서 적은 에너지만 얻고 고에너지 분해 산물이 남는다.

- (2-1) 아래 그림은 산소가 있는 조건과 없는 조건에서 효모가 생성하는 ATP, CO₂, 에탄올의 양을 상대적으로 나타낸 것이다. 산소 존재 유무에 따라 ATP와 CO₂ 생성량의 차이가 나는 이유를 설명하시오. (단, 세포 호흡과 발효 과정에서 생성된 ATP, CO₂, 에탄올로 국한한다.)



실선: O₂ 있음, 점선: O₂ 없음

- (2-2) 아래 그림은 산소가 있는 조건에서 배양하는 효모의 TCA회로, 전자 전달, 산화적 인산화 과정을 각각 저해했을 때, 시간당 ATP 생성량의 변화를 보여주는 것이다. ①~③은 TCA회로, 전자 전달, 산화적 인산화 과정을 저해했을 때의 결과를 순서 없이 나타낸 것이다(전자 전달 저해는 전자 전달계를 통한 전자의 흐름을 저해하고, 산화적 인산화 과정 저해는 미토콘드리아 내막을 경계로 한 H⁺의 농도 기울기가 형성되지 못하도록 한다). ①~③의 결과는 각각 어떤 과정을 저해했을 때 나타나는 양상인지 추론하고, 그 근거를 ATP 생성 과정과 연관 지어 설명하시오.



저해 시점 이후 시간당 ATP 생성량(상댓값)

- (2-3) 알코올 발효와 젖산 발효에서는 해당 과정을 통해 포도당으로부터 분해된 피루브산이 기질로 사용된다.
- (1) 알코올 발효와 젖산 발효의 차이점을 설명하시오.
 - (2) 급격한 운동을 할 때, 사람의 근육세포에서 일어나는 발효는 무엇이며, 이러한 발효를 통해 얻는 이점을 설명하시오.

2023학년도 · 문제편

- 문제 1** 비소 오염 토양에서의 적응과 두 단백질의 작용 순서
문제 2 염증 반응과 면역 — 비특이적 면역 · 특이적 면역 · 면역 기억
-

- 단원** 세포와 물질대사 · 항상성과 방어 · 진화와 계통
핵심 개념 자연선택과 중금속 내성, 우성·열성과 분리의 법칙, 두 유전자의 직렬 작용과 열성 상위(9 : 3 : 4), 액포막 능동수송과 격리에 의한 해독, 하디-바인베르크 평형, 염증 반응과 식균 작용, 비특이적 면역과 특이적 면역, 면역 기억과 2차 반응, 체액성 면역과 세포성 면역의 분업
문항 수 2문항 (소문항 10개)

I. 문제

문제 1 비소 오염 토양에서의 적응과 두 단백질의 작용 순서

통합과학·생명과학 I·II · 소문항 5개

비소 광산 주변의 토양은 독성 중금속인 비소가 높은 농도로 포함되어 있다. 비소 광산 근처에서 발견되는 식물종 (가)의 개체군은 비소 광산에서 멀리 떨어진 지역에 서식하는 동종 개체군과 여러 가지 차이를 보인다. 제시된 지문을 바탕으로 아래 질문(문항 1-1 ~ 1-5)에 답하시오.

- 비소는 비소 화합물 a 형태로 식물 세포로 흡수되고 식물에 강한 독성을 나타낸다.
- 식물에 대한 독성이 강할수록 식물 생장이 저해된다.
- 개체군 1은 비소 광산 주변, 개체군 2는 비소 오염이 없는 먼 지역에 서식하는 개체군이다.
- 두 개체군에서 채집한 씨앗을 비소 오염 토양에서 재배하였을 때 개체군 1은 크고 건강하게 자라고 꽃을 잘 피우지만(‘건강’), 개체군 2는 왜소하고 꽃을 피우지 못한다(‘시듦’).
- 두 개체군에서 채집한 씨앗을 정상 토양에서 재배하였을 때 개체군 1과 개체군 2 모두 크고 건강하게 자라고 꽃을 잘 피운다.
- 정상 토양에서 개체군 1과 2를 교배하여 자손 1대를 만들고, 자손 1대 개체끼리 교배하여 자손 2대 씨앗을 생산하였다.
- 단백질 Z와 단백질 W는 식물 세포 내에서 비소 독성의 처리와 관련된 중요한 역할을 하는 단백질로 알려져 있다. (단, 식물종 (가)의 비소 독성 처리 관련해 이외의 단백질의 영향은 고려하지 않는다.)

- (1-1) 단백질 Z는 개체군 1과 개체군 2 중 한 개체군에서는 발현되지 않고(‘없음’), 다른 개체군에서는 대량 발현된다(‘높음’). 단백질 Z는 세포질에서 독성이 강한 비소 화합물 a를 독성이 약한 비소 화합물 b로 전환하는 과정을 촉매한다. 서식지와 비소 오염 토양에서의 성장 수준을 고려할 때 ① 개체군 1과 개체군 2의 단백질 발현량이 각각 ‘없음’과 ‘높음’ 중 무엇인지 설명하고, ② 세포 내 비소가 개체군 1과 개체군 2에서 주로 어떤 형태로 존재할지 설명하시오.
- (1-2) 비소 오염 토양에서 재배하였을 때 자손 1대 개체들은 부모 개체군 1과 성장 수준 및 단백질 Z 발현량이 동일하다. 자손 2대 개체들을 비소 오염 토양에서 재배하였을 때 단백질 Z의 발현량이 개체군 1과 동일한 ‘높음’과 개체군 2와 동일한 ‘없음’ 개체로 나뉘었고, ‘높음’ 개체와 ‘없음’ 개체가 3:1의 비율로 나타났다. ① 단백질 Z 발현량의 두 가지 표현형 ‘높음’과 ‘없음’ 중 어떤 상태가 우성인지 설명하고, ② 단백질 Z의 발현량을 조절하는 대립유전자는 몇 쌍인지 설명하시오.
- (1-3) 자손 2대 개체들을 비소 오염 토양에서 재배하여 성장 수준을 측정한 결과 세 수준으로 나뉘었다(그림 1A).
- 개체군 1과 동일한 수준(‘건강’)
 - 개체군 2와 동일한 수준(‘시듦’)
 - 왜소하지만 꽃을 피우는 중간 수준(‘중간’)

세 수준은 단백질 Z와 단백질 W의 발현 양상이 뚜렷하게 다르다(표 1A). 단백질 W의 기능에 대하여 아래와 같은 세 가지 가설이 존재한다. 각각의 가설에서 예측되는 결과가 주어진 실험 결과와 일치하는지 설명하시오.

- ① 단백질 Z와 무관하게 비소 화합물 a를 독성이 낮은 상태로 전환
- ② 단백질 Z의 기질 생성을 촉매
- ③ 단백질 Z의 반응 생성물(비소 화합물 b)을 더 독성이 낮은 상태로 전환

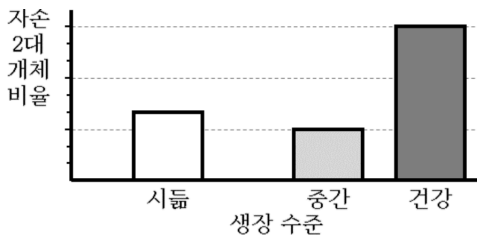


그림 1A 자손 2대 개체들의 성장 수준별 비율

성장 수준	시듦	중간	건강
단백질 Z	없음	높음	높음
단백질 W	높음:없음 = 3:1	없음	높음

표 1A 성장 수준별 단백질 Z와 단백질 W의 발현량

- (1-4) 단백질 W는 액포막에 위치하고 작용시 ATP를 소모한다. 생장 수준이 ‘건강’한 자손 2대 개체들은 비소 화합물 b의 농도가 액포에서 높게, 세포질에서 낮게 나타난다. 반면 생장 수준이 ‘중간’인 자손 2대 개체들은 비소 화합물 b가 세포질에서만 높게 나타난다. 두 수준 모두 비소 화합물 a는 농도가 매우 낮고 세포질에서만 관찰된다. 이를 바탕으로 ① 단백질 W의 세포 내 기능을 설명하고 ② 비소 화합물 b가 세포질과 액포에 위치할 때 식물 생장의 관점에서 독성 정도를 비교하시오.
- (1-5) 생장 수준이 ‘중간’인 자손 2대 개체들을 비소 오염 토양에서 재배하고 무작위로 교배하여 자손 3대 씨앗을 생산하였다. 자손 3대 개체들을 비소 오염 토양에서 재배하였을 때 생장 수준별 비율을 구하고 설명하시오. 하디-바인베르크 평형이 유지되는 집단임을 가정하시오.

문제 2 **염증 반응과 면역 — 비특이적 면역 · 특이적 면역 · 면역 기억**

생명과학 I · 소문항 5개

문제 2 (A)

상처로 인해 피부나 점막이 손상되어 병원체가 침입하면 상처 부위에서 염증이 일어난다. 염증은 병원체를 제거하기 위해 일어나는 방어 작용으로 열, 부어오름, 붉어짐, 통증 등을 동반한다. 다음은 세균의 침입에 의한 염증 반응을 나타낸 모식도이다.

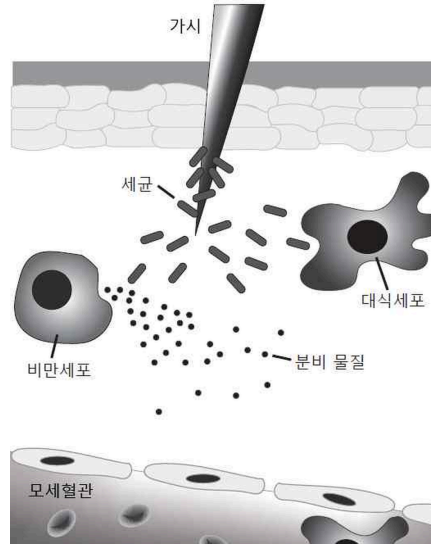


그림 2A 염증 반응 모식도

(A)를 바탕으로 문항 2-1에 답하시오.

- (2-1) 염증 반응에서 ① 상처 부위가 열이 나고 붓는 이유에 대해 설명하고, ② 상처 부위에 침입한 세균이 어떻게 제거되는지 설명하시오.

문제 2 (B)

다음은 특정 바이러스에 감염된 이후 면역의 세 가지 성분인 대식세포, 항체, 세포독성 T림프구의 농도를 시간별로 측정해 나타낸 것이다.

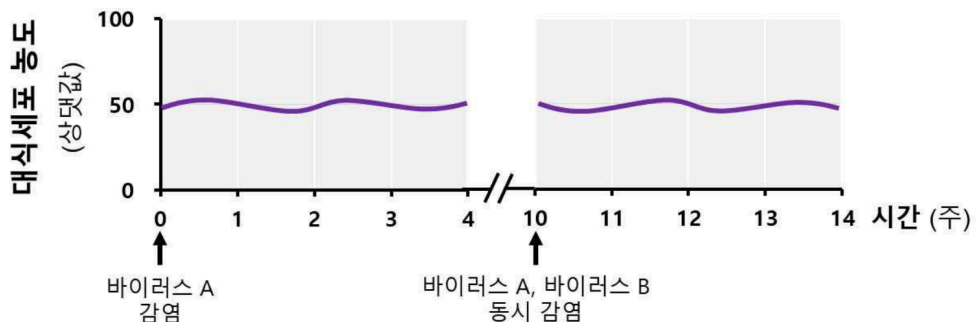


그림 2B-가 대식세포 농도의 변화

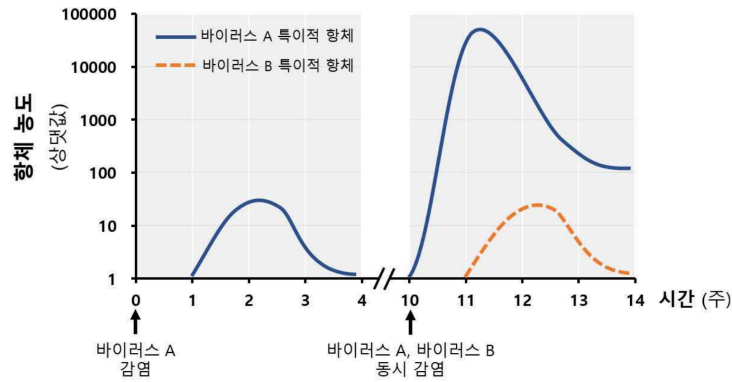


그림 2B-나 항체 농도의 변화

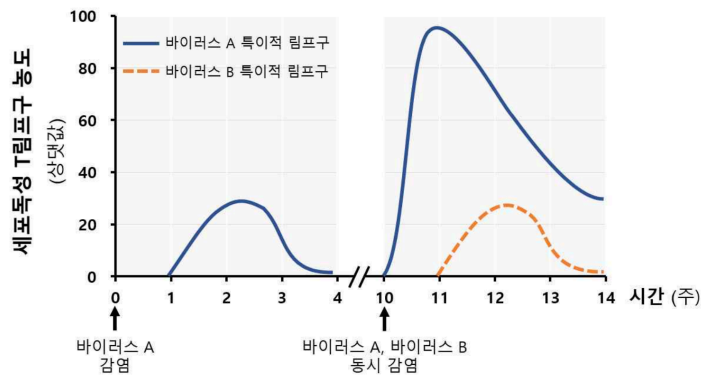


그림 2B-다 세포독성 T림프구 농도의 변화

(B)를 바탕으로 문항 2-2, 2-3에 답하시오.

(2-2) 비특이적 면역(선천성면역)과 대비되는 특이적 면역(적응면역 또는 후천성면역)의 두드러진 특징을 ① 면역반응의 개시 시기, ② 특이성의 유무, ③ 면역 기억 여부 관점에서 설명하시오. 반드시 위 그림(2B-가, 나, 다)에 제시된 자료에 근거하여 설명하시오.

(2-3) 선천적으로 가슴샘 없이 태어난 아이가 바이러스에 감염된 경우, 위 그림에서 ① 대식세포, ② 항체, ③ 세포독성 T림프구 농도가 어떻게 변화할지 예측하고, 그 이유를 설명하시오.

문제 2 (C)

바이러스 제거를 위한 방어 작용에서 대식세포와 세포독성 T림프구의 구체적인 역할을 밝히기 위해 다음과 같은 실험을 하였다. 대식세포의 분화와 기능에 필수적인 ‘유전자 X’가 결실된 생쥐, 그리고 세포독성 T림프구의 분화와 기능에 필수적인 ‘유전자 Y’가 결실된 생쥐를 각각 제작하였다. 대조군으로는 정상적인 야생형 생쥐를 사용하였다. 생쥐에 바이러스를 감염시킨 후 일정 시간 간격으로 혈액의 바이러스 농도를 측정하였다. 그림 2C는 바이러스 농도를 측정한 결과를 나타낸 것이다.

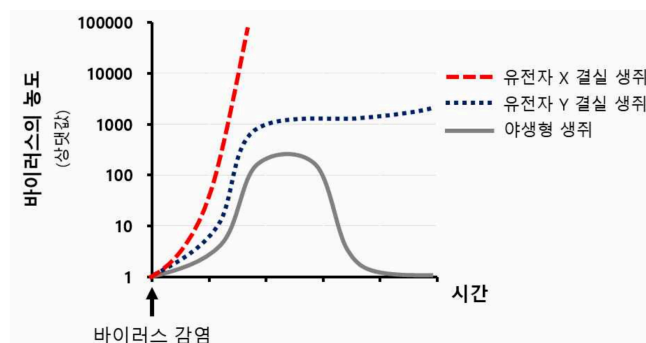


그림 2C 생쥐별 바이러스의 농도 변화

(C)를 바탕으로 문항 2-4, 2-5에 답하시오.

(2-4) 유전자 X가 결실된 생쥐에서 왜 바이러스가 빠르게 계속 증식되었는지 이유를 설명하시오.

(2-5) 야생형 생쥐 및 유전자 X가 결실된 생쥐와 비교하여 유전자 Y가 결실된 생쥐에서 바이러스 농도 변화가 다르게 나타나는 이유를 설명하시오.

2022학년도 · 문제편

문제 1 단백질 P의 접힘 · 핵 이동 · 돌연변이 · 활성 조절
문제 2 에틸렌의 작용과 에틸렌 수용체의 유전학

단원 세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어
핵심 개념 단백질 접힘과 소수성 효과, 핵으로의 능동수송과 핵 이동 신호, 코돈 해독과 넌센스 돌연변이, 효소-기질 포화 곡선과 알로스테릭 조절, 에틸렌의 기체 신호 전달, 수용체의 음성 조절 회로, 유전자의 기능적 중복과 우성 저해 돌연변이
문항 수 2문항 (소문항 12개)

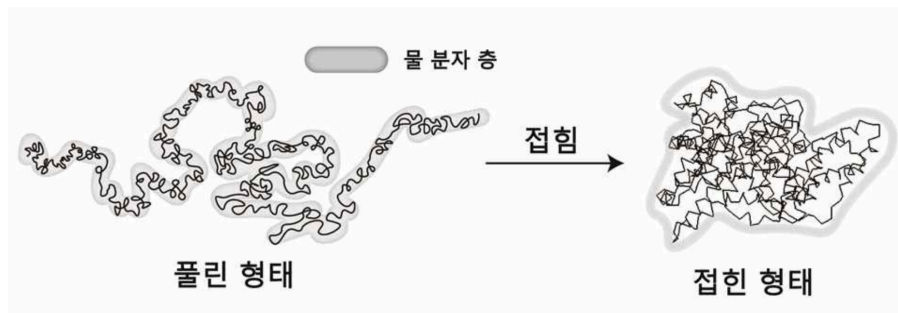
I. 문제

문제 1 단백질 P의 접힘 · 핵 이동 · 돌연변이 · 활성 조절

통합과학·생명과학 II · 소문항 4개

단백질의 기능은 모든 생리현상의 기반이 되며, 단백질이 제대로 기능하지 않는 경우에는 다양한 질병이 발생하기도 한다. 단백질의 기능 조절은 전사, 번역 과정을 통해 생성된 폴리펩타이드의 3차원 구조 형성 및 변형, 세포 소기관으로의 이동, 외부 신호 전달 물질의 인지 등 다양한 경로를 통해 이루어진다. 다음 질문들을 통해 이러한 과정들의 원리를 이해하고자 한다.

- (1-1) 단백질의 기능은 기본적으로 3차원 구조에 의해 결정되는데, 구형 단백질의 구조는 폴리펩타이드 사슬이 풀린 상태에서 압축된 형태로 접힘으로써 형성된다([그림 1]). 풀린 형태에서는 대부분의 아미노산이 수용액에 노출되어 있지만, 접힘 과정에서 일부 아미노산은 수용액으로부터 배제되어 내부 환경을 이루고, 나머지는 수용액에 노출되는 외부에 위치한다.



[그림 1]

구형 단백질 P는 친수성, 소수성 결사슬을 갖는 아미노산들로 구성되어 있다. (1) 이 결사슬들과 물의 상호작용에 기반 하여, 단백질 P가 수용액 상에서 어떠한 방식으로 접힐지 예측하시오. (2) 또한, P에 존재하는 소수성 아미노산들을 모두 친수성 아미노산으로 바꾸었을 때 접힘 및 단백질의 기능이 어떻게 영향을 받을지 예측하시오.

- (1-2) 단백질 P는 세포의 핵 내에서 기능하는 단백질이다. 따라서 단백질 P는 세포질에 흩어져 있는 리보솜에서 합성되고, 접힘 구조 형성 후 핵으로 이동해야 한다. 단백질 P가 핵으로 이동하는 과정을 이해하기 위해 GFP(녹색형광단백질)가 부착된 정상 단백질 P를 정제하여 세포로부터 추출된 핵에 첨가를 하였으나 핵에서 형광 신호가 감지되지 않았다. 반면, 세포질 추출물과 ATP를 추가하면 핵에서 형광 신호가 관찰되었다. 관련 인자들을 찾아내기 위해, 성질에 따라서 세포질 추출물을 F1, F2 두 개의 그룹으로 분리하였다. 단백질 P, 추출된 핵, 분리된 세포질 추출물을 이용하여 이동 실험을 실시하였고 다음과 같은 결과를 얻었다. [표 1]의 결과를 바탕으로 F1, F2에 포함되어 있는 인자들의 역할과 각 역할에 있어서 ATP의 필요성을 논의하시오.

[표 1] 단백질 P 이동 실험 결과

실험번호	F1 첨가여부	F2 첨가여부	ATP 첨가여부	결과 (형광신호의 위치)
1	○	○	○	핵 전체
2	○	○	×	핵막 표면
3	○	×	○	핵막 표면
4	×	○	○	핵 외부
5	○	×	×	핵막 표면
6	×	○	×	핵 외부
7	×	×	○	핵 외부
8	×	×	×	핵 외부

- (1-3) 핵 내에서 단백질 P의 활성도가 전혀 관찰되지 않는 돌연변이가 발견되었다. 단백질 P의 유전자 분석 결과 활성부위에 관련된 유전자는 정상이었다. 대신 마지막에서 n번째 아미노산을 암호화 하는 3염기 조합에 다음과 같은 돌연변이가 생겼음을 발견했다.

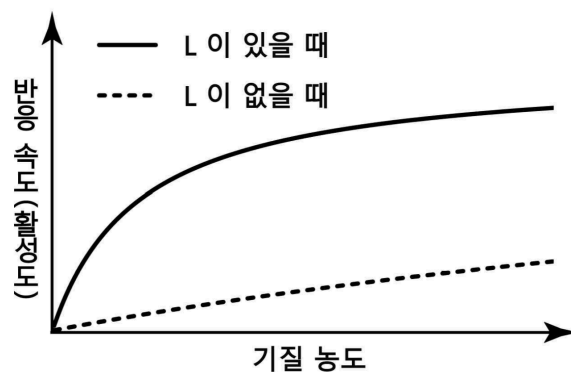
정상 주형가닥 : 3' ... CAG TTT TCC ... 5'
 돌연변이 주형가닥 : 3' ... CAG ATT TCC ... 5'

또한, GFP를 이용하여 세포 내 단백질의 위치를 추적해 본 결과 세포질에서만 단백질이 관찰되었다. [표 2]의 코돈표를 이용하여 어떠한 형태의 돌연변이가 생겼는지 설명하고, 문제 1-2에서 제시된 정보와 종합하여, 마지막 n개 아미노산의 역할을 제시하시오.

[표 2] 코돈표

UUU	페닐알라닌	UCU	세린	UAU	타이로신	UGU	시스테인
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	류신	UCA		UAA	종결코돈	UGA	종결코돈
UUG		UCG		UAG	종결코돈	UGG	트립토판
CUU		CCU	프롤린	CAU	히스티딘	CGU	아르지닌
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA		CCA		CAA	글루타민	CGA	
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU	아이소류신	ACU	트레오닌	AAU	아스파라진	AGU	세린
AUC		ACC		AAC		AGC	
AUA	메싸이오닌	ACA		AAA	라이신	AGA	아르지닌
AUG		ACG		AAG		AGG	
GUU	발린	GCU	알라닌	GAU	아스파르트산	GGU	글리신
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA		GCA		GAA	글루탐산	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

- (1-4) 단백질 P는 특정 외부 신호가 존재할 경우에 완전한 기능을 갖는데 이 신호는 L이라는 물질에 의해 전달된다. 단백질 P에는 기능을 담당하는 활성 부위와 물질 L의 결합 부위가 있다. 다음의 실험 결과를 기반으로 L의 역할을 추측하시오.



기질 농도에 따른 단백질 P의 반응 속도(활성도)

문제 2 에틸렌의 작용과 에틸렌 수용체의 유전학

생명과학 I · II · 소문항 8개

에틸렌은 2개의 탄소와 4개의 수소 원소로 이루어진 기체성 식물 호르몬이다. 농부들은 채 익지 않은 바나나를 수확하여 운반 및 저장을 하고 판매 직전에 에틸렌 기체에 노출시켜 숙성시킨 뒤 판매한다. 이를 과일 후숙이라 한다. 철수는 시장에서 사 온 익지 않은 한 바구니의 초록색 토마토를 빨리 익히려면 사과나 바나나와 함께 두면 된다는 정보를 인터넷 검색을 통해 얻었다. 실제로 바나나를 같은 바구니에 넣었더니 모든 토마토의 열매 후숙이 점점 빠르게 진행되었다. 이웃집 영희는 자신도 비슷한 토마토 한 바구니를 샀는데 익지 않는다고 바나나를 빌려 달라고 했다. 철수는 바나나를 이미 다 먹었기에 대신 빨강게 익은 토마토를 빌려주었다.

- (2-1) 영희의 토마토는 철수의 도움으로 빨리 잘 익었다. 이 사실을 통해 우리가 알 수 있는 식물호르몬 에틸렌의 특성을 두 가지 이상 설명하시오.
- (2-2) 에틸렌의 작용 방식이 토마토의 번식에 어떤 진화적 이익을 제공할지 논의하시오.
- (2-3) 열매 후숙이 천천히 일어나는 토마토를 개발 중인 철수 삼촌은 두 종류의 서로 다른 반응을 보이는 후숙 지연 토마토 돌연변이체를 찾아내었다. A 그룹의 후숙 지연 돌연변이체는 에틸렌을 처리하면 열매 후숙이 잘 일어난다. 반면 B 그룹의 후숙 지연 돌연변이체는 에틸렌을 처리해도 여전히 후숙이 잘 일어나지 못한다. 이 두 그룹 토마토 돌연변이체의 차이는 어디에서 기인한 것인지 추론하시오.
- (2-4) 식물 X에는 동일한 기능을 수행하는 에틸렌 수용체 유전자 E1, E2, E3 세 가지가 있으며 각각 결실된 열성 돌연변이인 e1, e2, e3에 대한 정상 대립유전자다. 이를 바탕으로 다음에 답하시오.
- (2-4a) 식물 X의 교배 과정에서 e1e1/E2E2/E3E3의 유전자형을 가지는 개체를 선별하였다. 이 개체의 에틸렌에 대한 반응을 관찰한 결과 정상 표현형을 나타내는 것을 확인하였다. 정상 표현형을 가지는 이유에 대해서 논의하시오.
- (2-4b) 식물 X에는 에틸렌에 반응하지 못하는 에틸렌 수용체 돌연변이인 E1'이 있으며 이는 정상 대립유전자 E1에 대한 우성 돌연변이다. 식물 X의 교배 과정에서 E1'E1/E2E2/E3E3의 유전자형을 가지는 개체를 확인하였다. 이 개체의 에틸렌에 대한 반응을 예측하고([표 3] 실험번호 2의 ?에 ○, ×로 표시하시오) 그 이유를 설명하시오.

문제 2-4b, c, d

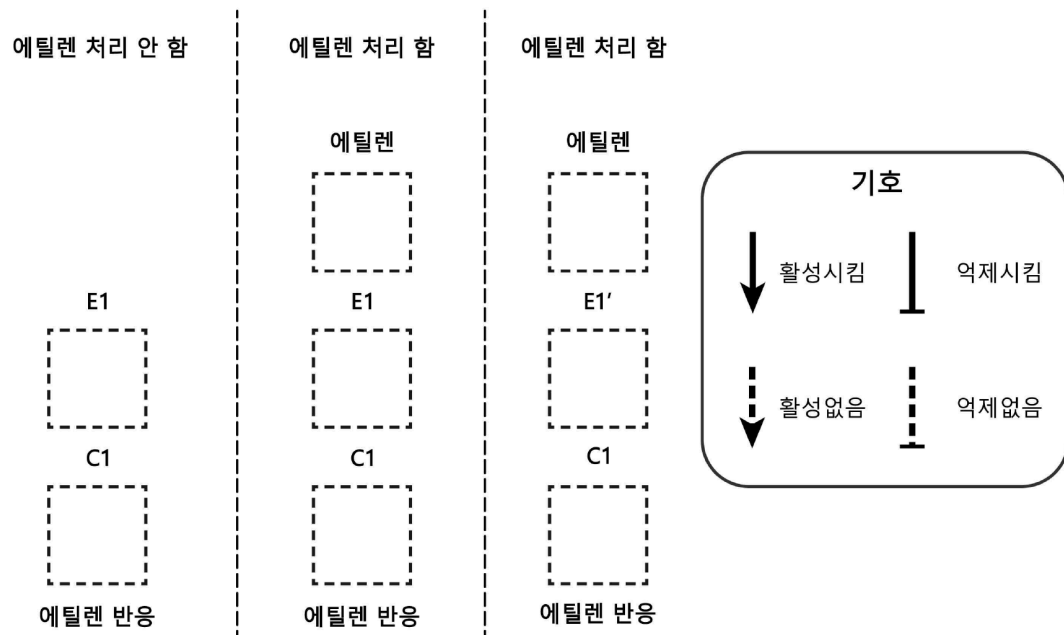
[표 3] 에틸렌 반응 관련 돌연변이의 조합과 에틸렌 반응 여부 실험 결과

실험번호	돌연변이의 조합					에틸렌 반응	
	E1'	e1	e2	e3	c1	에틸렌 처리시	에틸렌 처리없음
1	+	+	+	+	+	○	×
2	m	+	+	+	+	?	?
3	+	+	+	+	m	○	○
4	+	m	+	+	+	○	×
5	+	+	m	+	+	○	×
6	+	+	+	m	+	○	×
7	+	m	m	+	+	○	×
8	+	m	+	m	+	○	×
9	+	m	m	m	+	○	○

※ E1'는 우성 돌연변이이며 e1, e2, e3, c1은 각각 정상 대립 유전자가 결실된 열성 돌연변이다.

표 안의 +는 야생형 정상 유전자를 의미하며, m은 해당 돌연변이를 의미한다.

에틸렌 반응의 ○는 에틸렌 반응을 보임, ×는 에틸렌 반응을 보이지 않음을 의미한다.



[그림 2] 식물 X의 에틸렌 반응 모식도

- (2-4c) 식물 X에는 에틸렌의 처리 유무에 상관없이 항상 에틸렌 반응을 나타내는 돌연변이 c1 이 있으며 이는 정상 대립 유전자 C1 이 결실된 열성 돌연변이다. E1', e1, e2, e3, c1 의 돌연변이들 간의 조합에서 에틸렌 반응 유무를 위의 [표 3]로 나타내었다.
- 이때 C1의 작용을 에틸렌 처리 유무에 따라 어떻게 작용하는지 유추하여 위의 [그림 2]의 해당하는 빈 칸에 네 개의 기호 중 하나를 이용하여 표시하시오.
- (2-4d) 단백질을 정제하여 실험한 결과, E1 단백질은 에틸렌과 잘 결합하나, E1' 돌연변이 단백질은 에틸렌과 결합하지 못하는 결과를 얻었다. 이 정보와 [표 3]의 유전적 분석 결과를 보고 에틸렌 수용체 E1, E2, E3와 C1이 어떻게 에틸렌 반응을 조절하는지 유추하여 위의 [그림 2]의 나머지 빈 칸에 네 개의 기호 중 하나를 이용하여 표시하시오.
- (2-5) 토마토 Never ripe 돌연변이체는 열매 후숙이 되지 않는 우성 돌연변이다. Never Ripe 유전자는 에틸렌에 결합하여 에틸렌 반응을 일으키는 에틸렌 수용체 막 단백질을 암호화하고 있다. 토마토 유전체에는 동일한 기능을 하는 에틸렌 수용체 유전자가 최소 3개가 더 있다. 철수 삼촌도 Never ripe 돌연변이 토마토를 여러 종류를 찾았는데 모두 우성 돌연변이였다. 왜 우성 돌연변이가 주로 발견되는지 논리적으로 유추해 보시오.

2021학년도 · 문제편

- 문제 1** 비타민 C 합성 능력의 상실과 그 진화적 근거
문제 2 부레옥잠이 호수 생태계에 미치는 영향
-

- 단원** 유전과 발현 · 진화와 계통 · 생태와 환경
핵심 개념 대사 경로의 차단 지점 판별 실험, 유전자 소실의 파급 범위, 하디-바인베르크 법칙과 대립유전자 빈도, 유전자풀의 변화와 종 분화, 영양요구주를 이용한 상대 적합도 측정, 탄소 순환과 해당과정, 용존 산소의 수치, 질소 고정과 음성 되먹임, 중요치와 우점종
문항 수 2문항 (소문항 11개)

I. 문제

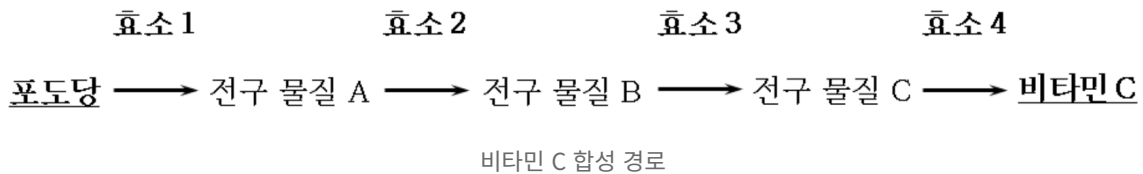
문제 1 비타민 C 합성 능력의 상실과 그 진화적 근거

소문항 6개

사람의 필수 영양소인 비타민 C는 포도당으로부터 합성되며, 과일과 채소에 풍부하게 함유되어 있다. 식물뿐 아니라 쥐, 소, 개, 돼지, 닭 등을 포함한 대부분의 동물들도 비타민 C 합성 과정에 필요한 효소를 갖고 있다. 하지만 과일과 채소를 주식으로 하는 과일박쥐와 기니피그는 비타민 C를 합성하지 못한다. 또한 대부분의 영장류도 비타민 C를 합성하지 못하기 때문에 음식을 통해 섭취해야 한다.

다음 과정을 통해 사람이 비타민 C를 합성할 수 없게 된 진화적 근거를 유추해 보고자 한다.

모든 동물의 비타민 C 합성 경로가 다음과 같이 알려졌다.



- (1-1) 사람이 어떤 이유 때문에 비타민 C를 합성할 수 없는지 알아보기 위해 다음과 같은 가설을 설정하였다. “사람은 ‘효소 1~4’ 중 어떤 한 효소의 기능 결함으로 인해 비타민 C를 합성하지 못하는 것이다.”

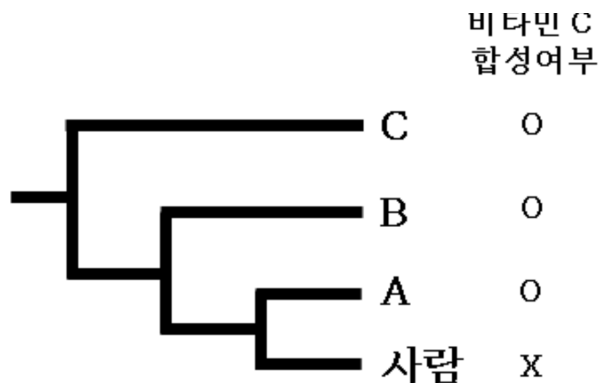
다음 실험 재료를 사용하여 위 가설이 맞는지 검증하기 위한 실험을 설계하고, 각각의 효소에 결함이 있을 때 예상되는 결과를 설명하시오.

재료: 사람 세포주, 포도당, 전구 물질 A, 전구 물질 B, 전구 물질 C, 배지

(단, 배양된 사람 세포주는 포도당과 전구 물질들만을 세포 내로 수송한다.)

- (1-2) 문제 1-1과 같은 실험과 염기 서열 분석을 통해 비타민 C를 합성하지 못하는 모든 동물에서 ‘효소4’ 유전자의 일부가 소실되어 ‘효소4’가 기능하지 않는다는 사실을 확인하였다. 일반적으로 특정 효소가 그 기능을 다하지 못할 때 그 효소를 지정하는 유전자에 돌연변이가 생겼음을 예상할 수 있다. 이를 고려하여, ‘효소1~3’ 각각의 유전자 소실과 ‘효소4’ 유전자 소실이 세포의 물질 대사에 미치는 파급효과를 비교하시오.

- (1-3) 아래 그림은 사람과 종 A-C의 계통수와 각 종에 속하는 모든 개체의 비타민 C 합성 여부를 나타낸 것이다. 각각의 종으로 구성된 개체군 집단은 멘델 집단이다. (그림에서 ‘O’는 비타민 C 합성 가능을, ‘X’는 비타민 C 합성 불가능을 의미한다.)



사람과 종 A-C의 계통수 및 비타민 C 합성 여부

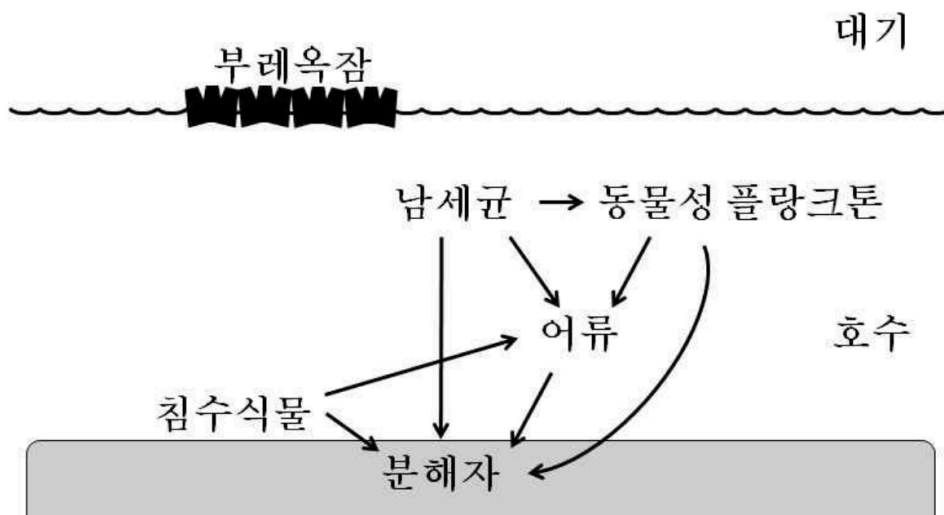
하디-바인베르크 법칙을 설명하고, 비타민 C를 합성하는 형질이 정상 대립유전자 G와 비정상 대립유전자 g에 의해 결정된다고 할 때, 각 개체군에서 대립유전자 G와 g의 각 빈도 p, q 를 구하시오. (단, 대립유전자 G가 하나만 존재하는 ‘효소4’는 정상 기능을 한다.)

- (1-4) 비타민 C를 합성하는 생물과 비교했을 때, ‘효소4’의 소실로 인해 비타민 C를 합성하지 못하는 생물이 가질 수 있는 이점을 포도당의 용도를 고려하여 추론하시오.
- (1-5) 비타민 C를 생성하지 못하는 종의 종분화 과정을 유전자풀의 변화 요인에 근거하여 유추하시오.
- (1-6) “어떤 영양소가 풍부한 환경에서는 이것을 합성하지 못하는 종이 생존에 더 유리할 수 있다”는 가설을 검증하기 위해 아미노산인 트립토판을 합성하지 못하는 대장균(트립토판 영양요구주)을 이용하여 실험을 해 보고자 한다. 트립토판은 세포 내에서 포도당과 질소원으로부터 여러 개의 효소를 이용하여 합성된다. 야생형과 트립토판 영양요구주 중에서 어떤 것이 생존경쟁에 유리한지를 확인하는 실험을 설계하시오.

문제 2 부레옥잠이 호수 생태계에 미치는 영향

소문항 5개

부레옥잠이 수서 생태계에 미치는 영향에 대해 탐구해 보기로 한다. 성장이 가장 빠른 식물 중 하나로 알려진 부레옥잠은 뿌리를 통해 황산염, 암모늄, 인산염 등 영양염류의 증가를 흡수하여 수질을 정화한다. 하지만 그냥 방치되면 번식력이 좋아 급속도로 퍼져 문제를 야기할 수도 있어서 일부 국가에서는 유입을 엄격하게 막는다. 부레옥잠은 잎 자루가 공 모양으로 부풀어 있으면서 그 안에 공기가 차 있어 물 위에 떠 있게 된다. 부레옥잠이 번식해서 모이면 커다란 매트처럼 되어 호수 표면을 덮을 수 있다. 아래의 호수 생태계에서는 외부로부터 영양염류와 유기물의 유입은 없고, 그림에 나타난 생물 집단만으로 구성되어 있다고 가정한다. 화살표는 먹이 사슬을 나타낸 것이다.



호수 생태계의 구성원과 먹이 사슬 (화살표: 먹이가 되는 방향)

- (2-1) 호수 위 공기 중에 ^{13}C 로 표지된 이산화탄소를 공급했더니 어류의 몸에서 ^{13}C 의 함유량이 증가된 피루브산이 검출되었다. 그 이유를 탄소 순환과 연관 지어 설명하시오.
- (2-2) 제시문의 그림에서 부레옥잠이 급속도로 번식해 호수 전체를 덮어버렸다. 호수에 녹아 있는 산소량을 측정한 결과 그 전과 비교하였을 때 현저하게 감소하였다. 그 이유를 추론하시오.
- (2-3) 남세균은 질소 고정 세균이다. 부레옥잠 매트가 호수를 덮었을 때 남세균과 부레옥잠이 서로에게 끼치는 영향을 질소 순환과 연관 지어 설명하시오.
- (2-4) 부레옥잠 매트가 호수 위를 완전히 덮으면 호수 수서 생태계 전반에 영향을 미친다. 이 경우 제시문 그림의 소비자와 분해자에는 어떤 영향을 입을지 설명하시오.
- (2-5) 부레옥잠 매트에는 잡초들이 뿌리를 내려 자랄 수 있다. 다음 표는 부레옥잠 매트에 자라는 잡초 A, B, C에 대해 4m^2 크기의 방형구 10개를 사용하여 분석한 결과이다. 잡초 A, B, C의 중요치를 계산하고 A, B, C 중에서 우점종이 무엇인지 추론하시오. (단, 각 개체의 점유 면적은 서로 겹치지 않는다고 가정한다.)

식물 / 분석값	개체 수	개체가 출현한 방형구의 수	개체당 점유 면적 (m^2)
잡초 A	20	10	0.28
잡초 B	32	4	0.15
잡초 C	28	6	0.2

써봄 AI 논술 자동 첨삭

쓴 글을 올리면, 바로 채점과 피드백이 돌아옵니다.

무료

3회 무료 분석

회원가입만 하면 3회까지 무료로 분석해 드립니다.

결제 정보 없이 바로 시작할 수 있습니다. 첨삭 결과는 PDF 리포트로 내려받을 수 있습니다.

네 가지 영역을 점수로 보여 줍니다

- 논리 구조
- 근거 타당성
- 주장 명확성
- 언어 표현

받아 보는 것

영역별 점수와 함께 **강점, 개선점, 구체적 제안사항**이 담긴 상세 피드백이 나옵니다.

이런 분께

혼자 쓴 답안을 바로 점검하고 싶은 **수험생**, 여러 학생 글을 한 번에 채점해야 하는 **논술 교사·강사·학원**.



writegrow.net

QR 을 찍으면 바로 열립니다

이용 방법

1

회원가입

이메일로 가입하면 곧바로 무료 분석 3회가 주어집니다.

2

답안 올리기

PDF · DOCX · TXT 파일을 올립니다. 한 번에 최대 10편까지 일괄 처리됩니다.

3

첨삭 받기

영역별 점수와 상세 피드백을 확인하고 PDF 리포트로 내려받습니다.