



KAIST

생명과학

문제편

수시 입학전형 면접 및 구술고사 기출 문항집

2019-2026 · 30문항 (8개년) · 전 학년도 문항·제시문 수록

목차

2026학년도

문제 1	고강도 운동과 세포질 pH · 산화적 인산화	5
문제 2	원핵생물의 오페론과 전사 조절	6

2025학년도

문제 1	항이뇨 호르몬(ADH)과 혈장 삼투압 조절	8
문제 2	해조류의 광합성 색소와 유전자 발현·핵치환	9

2024학년도

문제 1	유전 부호의 해독과 효소의 기질 특이성	11
문제 2	에너지 균형·티록신 항상성과 자가면역	13

2023학년도

문제 13	미토콘드리아의 구조와 기능 · 세포 분획	15
문제 14	유전자 X의 돌연변이와 면역 반응	16
문제 15	대장균에서의 이형 발현과 대사 유량	16
문제 16	식물-초식곤충 상호관계와 물질의 합성 장소	17
문제 17	축삭 말단의 미토콘드리아와 흥분 전도	17
문제 18	능동수송과 적혈구·백혈구의 세포 호흡	19

2022학년도

문제 1	세포 호흡과 호흡률	21
문제 2	개체군의 생장과 상호 작용	21
문제 3	리소좀과 가수 분해 효소의 pH 의존성	21
문제 4	실험 설계의 평가와 항생제 내성	22
문제 5	낮 모양 적혈구 빈혈증과 집단 유전	22
문제 6	미토콘드리아의 ATP 합성과 흥분의 전도	23

2021학년도

문제 1	집단 유전학과 하디-바인베르크 법칙	25
문제 2	젓당 오페론과 유전자 발현 조절	25
문제 3	바이러스 감염과 백신, 그리고 면역	26
문제 4	개체군의 생존 곡선과 씨앗 전략	26
문제 5	생식세포 분열 과정과 염색체 비분리	26
문제 6	신경 흥분의 화학적 전달과 심장 박동	27

2020학년도

문제 1	유전 암호의 해독과 염기 치환 돌연변이	29
문제 2	생태계의 질소 순환과 동위원소 추적	29
문제 3	효소의 저해제와 TCA 회로	30

2019학년도

문제 1	산소해리곡선 — 미오글로빈과 헤모글로빈	34
문제 2	젓당 오페론 돌연변이 대장균의 효소 기능 추론	34
문제 3	광합성 명반응과 암반응 — 순환적·비순환적 광인산화	35

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	고강도 운동과 세포질 pH · 산화적 인산화	●		○		
	문제 2	원핵생물의 오페론과 전사 조절		●			
2025	문제 1	항이뇨 호르몬(ADH)과 혈장 삼투압 조절			●		
	문제 2	해조류의 광합성 색소와 유전자 발현·핵치환	●	○			
2024	문제 1	유전 부호의 해독과 효소의 기질 특이성	○	●			
	문제 2	에너지 균형·티록신 항상성과 자가면역			●		
2023	문제 13	미토콘드리아의 구조와 기능 · 세포 분획	●				
	문제 14	유전자 X의 돌연변이와 면역 반응		●	○		
	문제 15	대장균에서의 이형 발현과 대사 유량	○	●			
	문제 16	식물-초식곤충 상호관계와 물질의 합성 장소	○				●
	문제 17	축삭 말단의 미토콘드리아와 흥분 전도	○		●		
	문제 18	능동수송과 적혈구·백혈구의 세포 호흡	●				
	문제 1	세포 호흡과 호흡률	●				
	문제 2	개체군의 성장과 상호 작용					●
2022	문제 3	리소좀과 가수 분해 효소의 pH 의존성	●				
	문제 4	실험 설계의 평가와 항생제 내성				●	
	문제 5	낮 모양 적혈구 빈혈증과 집단 유전		○		●	
	문제 6	미토콘드리아의 ATP 합성과 흥분의 전도	●		○		
	문제 1	집단 유전학과 하디·바인베르크 법칙				●	
	문제 2	젖당 오페론과 유전자 발현 조절		●			
2021	문제 3	바이러스 감염과 백신, 그리고 면역			●		
	문제 4	개체군의 생존 곡선과 씨앗 전략					●
	문제 5	생식세포 분열 과정과 염색체 비분리		●			
	문제 6	신경 흥분의 화학적 전달과 심장 박동			●		
	문제 1	유전 암호의 해독과 염기 치환 돌연변이		●			
	문제 2	생태계의 질소 순환과 동위원소 추적					●
2020	문제 3	효소의 저해제와 TCA 회로	●				
	문제 1	산소해리곡선 — 미오글로빈과 헤모글로빈			●		
2019	문제 2	젖당 오페론 돌연변이 대장균의 효소 기능 추론		●			
	문제 3	광합성 명반응과 암반응 — 순환적·비순환적 광인산화	●				

2026학년도 · 문제편

- 문제 1** 고강도 운동과 세포질 pH · 산화적 인산화
문제 2 원핵생물의 오페론과 전사 조절

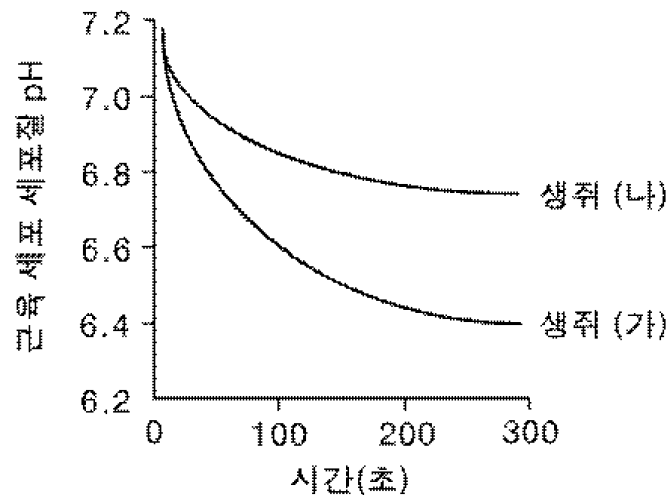
-
- 단원** 세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어
핵심 개념 젖산 발효, 세포호흡, 산화적 인산화, 근육 수축의 원리, ATP, 유전자 발현과 조절, 원핵세포의 전사 조절, 생명공학 기술
문항 수 2문항 (소문항 6개)

I. 문제

문제 1 고강도 운동과 세포질 pH · 산화적 인산화

생명과학 I · II · 소문항 3개

카이스트 연구원 넙죽이는 생쥐 (가)와 생쥐 (나)에게 동일한 고강도 운동을 시키면서 운동 시간에 따른 근육 세포의 세포질 pH 변화를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.



운동 시간에 따른 근육 세포 세포질 pH의 변화

(1) 고강도 운동이 근육 세포 세포질의 pH를 위 실험 결과와 같이 변화시키는 이유를 설명하시오. (1점)

이 실험 결과를 보고 넙죽이는 근육 세포 세포질의 pH 변화가 미토콘드리아의 ATP 생성에 미치는 영향을 알고 싶었다. 이를 위해, 운동 전과 위 고강도 운동 직후 생쥐 (가)의 근육 세포 미토콘드리아 기질 pH와 막 사이 공간 pH 및 미토콘드리아 단위 시간당 ATP 생성량을 측정하였다. 실험 결과는 아래 표와 같다.

생쥐 (가)	운동 전	운동 후
기질 pH	7.8	7.9
막 사이 공간 pH	7.0	㉠
ATP 생성량 (상댓값)	1	㉡

- (2) 운동 후 생쥐 (가)의 미토콘드리아 막 사이 공간 pH ㉠과 ATP 생성량 ㉡이 운동 전에 비하여 어떻게 될지를 예측하고, 그 이유를 설명하시오. (2점)
- (3) 생쥐 (가)와 생쥐 (나)의 고강도 운동 수행 능력을 비교하고 그 근거를 설명하시오. (2점)

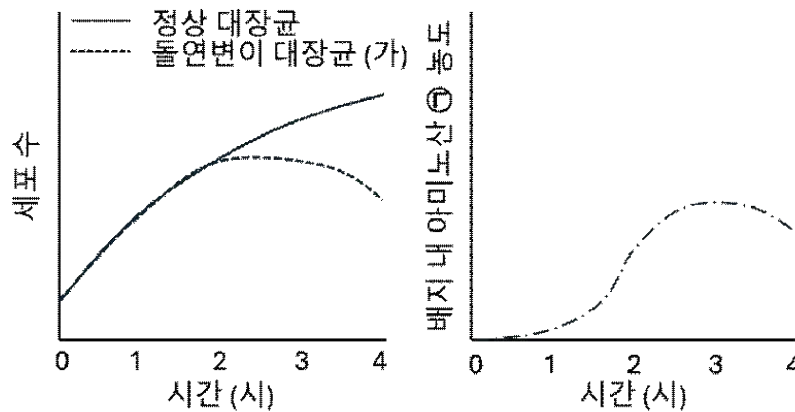
문제 2 원핵생물의 오페론과 전사 조절

생명과학 II · 소문항 3개

대장균과 같은 원핵생물에서는 기능적으로 연관된 여러 효소들의 유전자가 특정 DNA 부위에 모여 있으며, 이 유전자들의 전사가 단일 프로모터를 통해 한꺼번에 조절되는 오페론을 가지고 있다. 다음은 정상(야생형) 대장균에서 아미노산 ㉠의 생합성에 필수적인 두 효소 유전자 X, Y와 작동부위 O, 프로모터 P를 포함하고 있는 오페론과, 작동부위 O에 결합하여 오페론의 전사를 조절하는 유전자 W의 모식도이다. 유전자 돌연변이로 인해 이 오페론이 정상적으로 작동하지 않는 돌연변이 대장균 (가)의 유전형도 함께 표시하였다. 단, [+]는 정상 유전형, [-]는 기능이 상실된 돌연변이 유전형을 의미한다.

정상 대장균 : ---W[+]---//---P[+]-O[+]-X[+]-Y[+]---
돌연변이 대장균 (가) : ---W[-]---//---P[+]-O[+]-X[+]-Y[+]---

- (1) 정상 대장균과 돌연변이 대장균 (가)를 아미노산 ㉠이 없는 배지에서 배양하였더니 두 대장균 모두 아미노산 ㉠을 자체적으로 합성하였다. 하지만 아미노산 ㉠이 첨가된 배지에서 배양하였더니 정상 대장균의 경우 아미노산 ㉠의 합성을 멈추었으나, 돌연변이 대장균 (가)는 계속해서 아미노산 ㉠을 합성하였다. 배지 내 아미노산 ㉠의 존재 유무에 따라 유전자 W가 해당 오페론을 어떻게 조절하는지 설명하고, 가능한 작용 모델을 제시하시오. 단, 본문에서 언급되지 않은 다른 유전자의 개입은 없다고 가정한다. (1점)
- (2) 정상 대장균과 돌연변이 대장균 (가)를 같은 비율로 배양 용기에 섞은 후, 시간 경과에 따라 배지 내 두 대장균의 세포 수와 아미노산 ㉠의 농도를 측정하였더니 아래 그래프와 같았다. 아미노산 ㉠의 합성을 조절하는 오페론 기능을 근거로 두 대장균의 세포 수 변화를 설명할 수 있는 가설을 제시하시오. (1점)



(왼쪽) 시간에 따른 두 대장균의 세포 수, (오른쪽) 배지 내 아미노산 ㉠의 농도

- (3) 돌연변이 대장균 (나)는 아래와 같은 유전자 돌연변이로 인해 아미노산 ㉠을 합성할 수 없다. 해당 돌연변이체에 외래 플라스미드를 도입함으로써 아미노산 ㉠의 생합성이 유도될 수 있는 형질전환 대장균을 제작하고자 한다. 표시된 유전형의 외래 플라스미드 (A) 또는 (B)를 돌연변이 대장균 (나)에 각각 도입한 후, 배지 내 아미노산 ㉠의 유무에 따른 대장균의 아미노산 ㉠ 합성 여부를 각각 예측하고 그 이유를 설명하시오. (3점)

돌연변이 대장균 (나) : ---W[-]---//---P[+]-O[-]-X[+]-Y[-]---
외래 플라스미드 (A) : ---W[+]---//---P[+]-O[+]-X[-]-Y[+]---
외래 플라스미드 (B) : ---W[+]---//---P[+]-O[-]-X[-]-Y[+]---

2025학년도 · 문제편

문제 1	항이뇨 호르몬(ADH)과 혈장 삼투압 조절
문제 2	해조류의 광합성 색소와 유전자 발현·핵치환

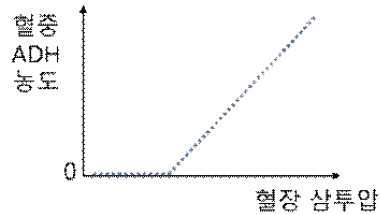
단원	세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어
핵심 개념	항이뇨 호르몬(ADH)과 삼투압 조절, 항상성과 음성 되먹임, 광합성 색소와 종이 크로마토그래피, 수심에 따른 빛의 파장과 해조류의 분포, 유전자 발현과 물질 합성, 세포 호흡(TCA 회로), 핵치환과 세포질 유전(미토콘드리아·엽록체 유전체)
문항 수	2문항 (소문항 6개)

I. 문제

문제 1 항이노 호르몬(ADH)과 혈장 삼투압 조절

생명과학 I · 소문항 3개

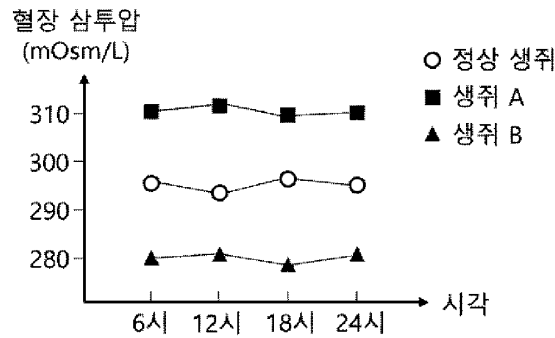
항이노 호르몬(ADH)은 뇌하수체 후엽에서 분비된 후 콩팥에 작용하여 수분의 재흡수를 촉진한다. 아래 그림은 정상 생쥐에서 혈장 삼투압의 변화에 따른 혈중 ADH 농도를 나타낸 것이다.



정상 생쥐에서 혈장 삼투압에 따른 혈중 ADH 농도

- (1) 위 그림을 보고 정상 생쥐에서 혈장 삼투압의 변화가 ADH 분비에 미치는 영향을 설명하시오. [1점]

카이스트 대학원생 넙죽이는 돌연변이 생쥐 A와 B에 대한 연구를 수행 중이다. 돌연변이 생쥐 A는 ADH가 콩팥에서 정상적으로 작용하지 못한다. 돌연변이 생쥐 B는 뇌하수체의 ADH 분비에 이상이 있다. 넙죽이는 6시간 간격으로 생쥐 A, 생쥐 B, 정상 생쥐의 혈장 삼투압을 측정하여 아래 그림과 같은 결과를 얻었다.



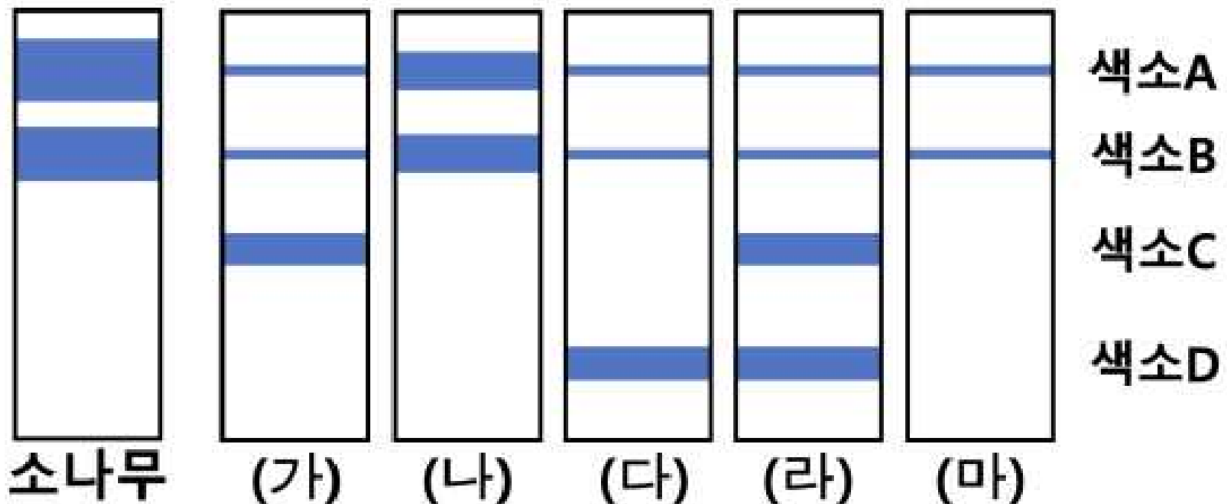
6시간 간격으로 측정한 정상 생쥐·생쥐 A·생쥐 B의 혈장 삼투압

- (2) 생쥐 A의 혈중 ADH 농도는 정상 생쥐와 비교하여 어떤지 답하고 혈장 삼투압이 계속 높게 유지되는 이유를 설명하시오. [1점]
- (3) 생쥐 B의 혈액을 채취하여 정상 생쥐에 주입하였다. 이 정상 생쥐의 혈장 삼투압이 시간의 경과에 따라 어떻게 변화할지 예측하고 이유를 설명하시오. [3점]

문제 2 해조류의 광합성 색소와 유전자 발현·핵치환

통합과학·생명과학 I·II · 소문항 3개

바다에 서식하는 해조류는 수심에 따라 다른 색소를 발현한다. 수심에 따라 도달하는 빛의 파장이 다르기 때문이다. 수심이 다른 곳에서 같은 종의 해조류(가)~(마)를 채집했다. 빛을 흡수하는데 필요한 색소를 추출하고 종이 크로마토그래피 방법으로 분리했다[그림]. 육상 생물과의 비교를 위해 소나무 잎 색소도 같은 방법으로 추출하고 분리했다.



[그림] 소나무와 해조류(가)~(마)의 색소 크로마토그램

- (1) 해조류(가)~(마) 중 해수면 근처에 가장 많이 분포할 것으로 예상되는 해조류를 말하고 이유를 설명하시오. [1점]

각 해조류의 유전자 발현을 분석한 결과, 색소A~D를 만드는데 필요한 효소들의 유전자는 아래 4가지 유전자를 제외하고 모든 해조류에서 발현되고 있었다. 유전자㉠~㉢의 발현 유무가 색소 양과 종류의 차이를 만드는 것이다[표]. 색소A는 TCA 회로에 있는 5탄소 화합물로부터 만들어지고, 색소C는 아세틸 CoA로부터 만들어진다.

	해 조 류				
유전자	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)
㉠	X	O	X	X	X
㉡	O	X	O	X	O
㉢	X	X	O	O	X
㉣	O	X	X	O	X

[표] 해조류별 유전자 ㉠~㉣의 발현 유무 (O: 발현됨, X: 발현 안 됨)

- (2) 유전공학 기술을 이용하여 해조류(나)에 유전자㉠~㉣ 중 한 개를 발현시켰더니 색소C가 만들어졌다. 이때 발현시킨 유전자를 말하고, 해조류(나)에서 색소A의 양적 변화를 예측하시오. [2점]
- (3) 해조류(가)의 세포로부터 핵을 분리하여 해조류(마)의 세포 내부에 넣었더니 색소C가 만들어졌다. 하지만 해조류(다)의 세포로부터 핵을 분리하여 해조류(마)의 세포 내부에 넣었더니 색소D가 만들어지지 않았다. 이유를 설명하시오. [2점]

2024학년도 · 문제편

- 문제 1** 유전 부호의 해독과 효소의 기질 특이성
문제 2 에너지 균형·티록신 항상성과 자가면역

단원	세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어
핵심 개념	유전 부호의 중복도와 코돈의 길이, 무세포 번역계와 해독틀, 아미노아실 tRNA 합성효소의 기질 특이성, 에너지 균형(섭취·기초 대사량·활동 대사량), 티록신-TSH 음성 되먹임과 항상성, 유도 만능 줄기세포, 자가면역과 특이적 방어 작용
문항 수	2문항 (소문항 6개)

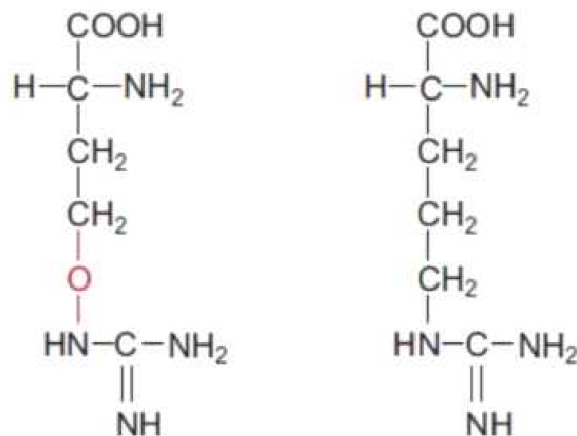
I. 문제

문제 1 유전 부호의 해독과 효소의 기질 특성

통합과학·생명과학 II · 소문항 3개

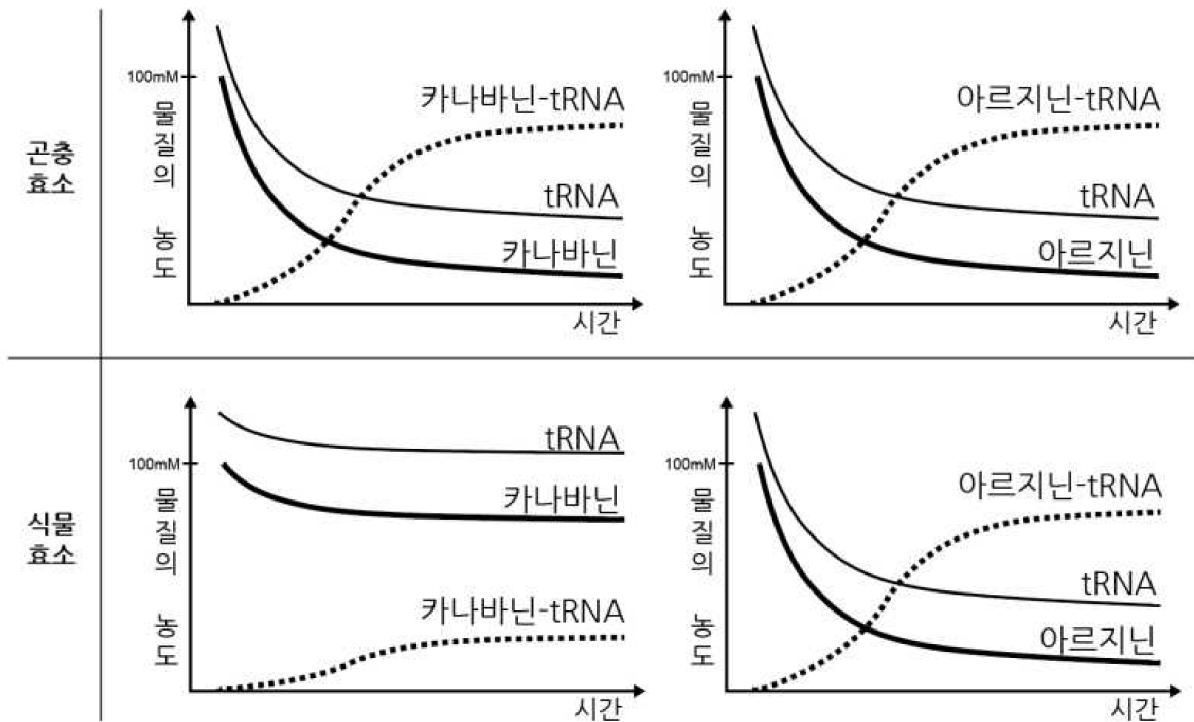
DNA를 구성하는 염기는 4종류이고 단백질을 구성하는 아미노산은 20종류이다. mRNA의 연속된 염기 3개로 이루어진 코돈이 번역 과정을 통해 하나의 아미노산을 지정하여 단백질을 만든다. tRNA 중간에는 코돈과 결합하는 안티코돈이 있고 tRNA의 말단에는 코돈과 짝을 이루는 아미노산이 결합한다. tRNA와 아미노산의 결합은 아미노아실 tRNA 합성효소에 의해서 일어난다.

- (1) 왜 2개의 염기가 하나의 아미노산을 지정하지 않고 3개의 염기가 하나의 아미노산을 지정하는 형태로 생명체가 진화한 것인지 설명하시오. (1점)
- (2) 3개의 염기가 어떤 아미노산을 지정하는지 실험을 진행했다. 대장균에서 DNA와 mRNA를 제외하고 단백질 합성에 필요한 모든 물질을 추출하여 여러 작은 병에 동일하게 나누어 담았다. 그리고 인공적으로 합성한 mRNA를 각 병에 넣고 합성되는 단백질을 추출하여 단일 아미노산으로 분해시킨 뒤 그 종류를 조사했다. 이 실험 결과를 바탕으로 트레오닌을 지정하는 코돈을 찾으시오. (2점)
 A병에 넣은 mRNA: 5'-CAACAACAACAACAACAA-3'
 B병에 넣은 mRNA: 5'-ACAUACAUACAUACAUACAU-3'
 A병에서 추출한 아미노산: 아스파라진, 글루타민, 트레오닌
 B병에서 추출한 아미노산: 트레오닌, 타이로신, 아이소류신, 히스티딘
- (3) 어떤 식물은 카나바닌(아래 그림, 왼쪽)이라고 불리는 독성 물질을 만든다. 이 물질은 필수 아미노산인 아르지닌(아래 그림, 오른쪽)과 매우 유사하게 생겼는데 이 식물만 먹은 곤충은 결국 죽게 된다.



카나바닌(왼쪽)과 아르지닌(오른쪽)의 화학 구조

아래 그림은 tRNA와 아르지닌을 결합하는 아미노아실 tRNA 합성 효소를 곤충과 식물에서 각각 분리하여 병에 넣고 시간에 따른 물질의 농도 변화를 나타낸 것이다. 카나바인을 먹은 곤충은 죽게 되지만 그 독성 물질을 만들어내는 식물은 정상적인 성장을 하는 이유를 그림에 근거하여 설명하시오. (2점)



곤충 효소(위)·식물 효소(아래)에 카나바닌(왼쪽)·아르지닌(오른쪽)을 각각 넣었을 때의 농도 변화

문제 2 에너지 균형·티록신 항상성과 자가면역

생명과학 I · II · 소문항 3개

다음 표는 서로 다른 유전자 변형 생쥐 1, 2, 3의 하루 평균 에너지 소비량과 에너지 섭취량을 나타낸 것이다.

(단위: kcal)

생쥐	1	2	3
기초 대사량	19.1	8.7	21
활동 대사량	8.1	5.2	17.9
기타 에너지 소비량	2.4	2.3	2.5
에너지 섭취량	24.5	24.2	24.3

- (1) 다른 생쥐들과는 달리 생쥐 2는 관찰 기간 6개월 동안 체중이 지속적으로 증가하였고 심각한 비만을 나타내었다. 그 원인은 무엇인지 설명하시오. (1점)
- (2) 생쥐 2를 대상으로 체내 호르몬 수치를 모두 분석하였으며, 정상 생쥐와 비교하였을 때 생쥐 2의 티록신과 갑상샘 자극 호르몬(TSH) 농도 수치의 불균형이 발견되었다. 단, 생쥐 2의 뇌 기능은 정상 생쥐와 큰 차이를 보이지 않았다. 정상 생쥐와 비교할 때 생쥐 2의 티록신과 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 농도 변화를 예측하고 이유를 설명하시오. (2점)

생쥐 2의 비만 원인을 이해하기 위해 부모세대와 자식세대에 걸쳐 유전자 돌연변이를 분석한 결과, 비만 조절과 직접적으로 관련된 어떠한 유전자들의 돌연변이도 발견되지 않았다. 이에 생쥐 2의 비만 발생 원인을 분석하는 다양한 연구를 수행해 다음과 같은 결과들을 확보하였다.

결과1. 생쥐 2의 갑상샘 조직을 정밀하게 분석한 결과, 갑상샘 조직의 크기가 줄어들어 있었으며 구조적으로도 심각한 손상이 관찰되었다.

결과2. 생쥐 2의 피부세포를 역분화시켜 유도 만능 줄기세포를 제작한 후 갑상샘 세포로 분화를 유도한 경우, 갑상샘으로의 분화가 정상적으로 이루어졌으며 티록신 합성과 분비 능력 모두 정상임을 발견하였다.

결과3. 생쥐 2의 혈액으로부터 혈장만을 분리하여 정상 생쥐의 혈액 내에 지속적으로 주입하였다. 6개월이 지나 생쥐 2의 혈장이 주입된 생쥐들에서 결과1에서 발견된 갑상샘 위축 및 손상이 나타나고 체중의 증가가 동반되었다.

- (3) 위의 결과를 바탕으로, 생쥐 2에서 비만이 발생한 원인을 종합적으로 예측하고 근거를 설명하시오. (2점)

2023학년도 · 문제편

문제 13	미토콘드리아의 구조와 기능 · 세포 분획
문제 14	유전자 X의 돌연변이와 면역 반응
문제 15	대장균에서의 이형 발현과 대사 유량
문제 16	식물-초식곤충 상호관계와 물질의 합성 장소
문제 17	축삭 말단의 미토콘드리아와 흥분 전도
문제 18	능동수송과 적혈구·백혈구의 세포 호흡

단원	세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어 · 생태와 환경
핵심 개념	미토콘드리아 크리스타와 ATP 생산, 세포 분획법, 틀 이동 돌연변이와 조기 종결, 대식세포의 항원 제시, 이형 발현과 코돈, TCA 회로와 대사 유량, 식물-초식곤충 상호작용과 자연선택, 세포외배출, 축삭 수송과 시냅스 전달, 자율신경과 혈당 조절, 능동수송과 세포 호흡
문항 수	6문항 · 문항 13~18 (소문항 13개)

I. 문제

문제 13 미토콘드리아의 구조와 기능 · 세포 분획

소문항 3개

정상인의 신경세포에 존재하는 미토콘드리아는 아래 왼쪽 그림과 같다. 이와 대조적으로 상염색체에 위치한 유전자 X의 돌연변이에 의해 생기는 유전병을 앓고 있는 환자 신경세포의 미토콘드리아는 오른쪽 그림과 같은 모양을 보인다.

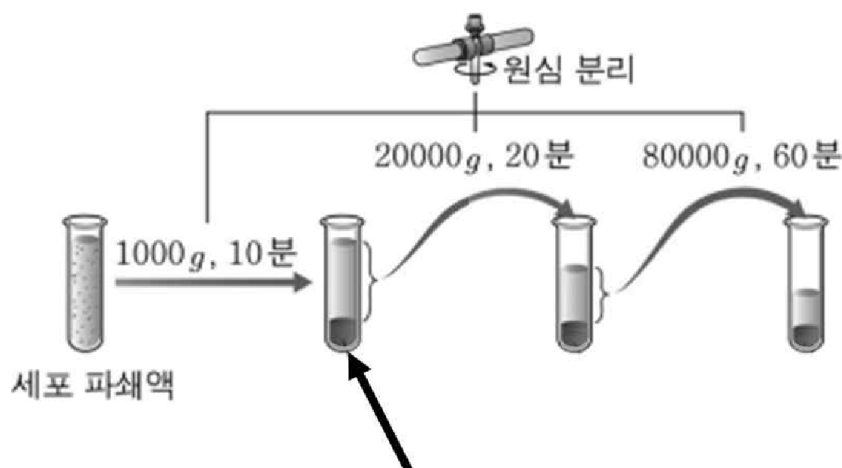


정상 신경세포의 미토콘드리아

유전병 환자 신경세포의 미토콘드리아

정상인과 유전병 환자의 신경세포 미토콘드리아

- (1) 이 유전병 환자 신경세포의 흥분 전도 효율이 정상 신경세포의 흥분 전도 효율과 비교해 어떤 차이를 보일지 예측하고 그 근거를 설명하시오. (1점)
- (2) 과학자들은 유전자 X가 무엇인지 추적하는 데 성공하였다. 유전자 X로부터 발현되는 단백질 X의 세포 내 위치를 분석하기 위하여 정상 신경세포를 파쇄하여 아래와 같은 세포 분획 실험을 수행하였다. 단백질 X는 화살표로 표시된 첫 번째 원심분리의 침전에서만 검출되었고 다른 분획물에서는 발견되지 않았다. 단백질 X의 기능을 예측하고 근거를 설명하시오. (2점)



정상 신경세포 파쇄액의 단계적 원심분리와 분획

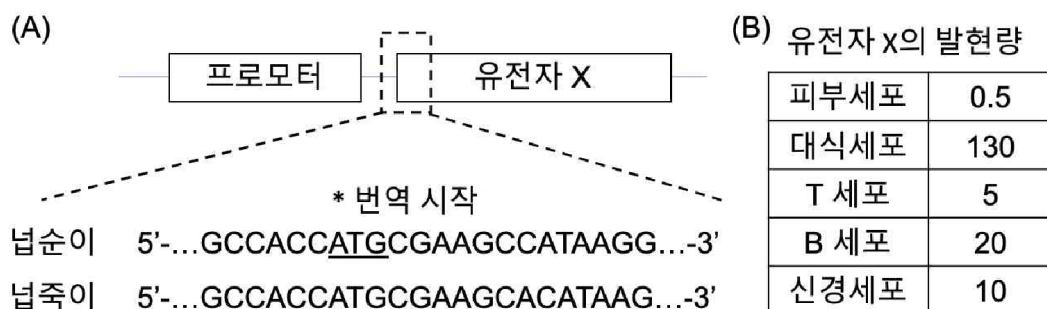
- (3) 최근 생명공학의 발전으로 미토콘드리아를 순수 분리하여 원하는 세포 내부로 미세 주입하는 [미토콘드리아 이식 기술]이 가능해졌다. 미토콘드리아 주입 기술을 활용하여 정상인의 미토콘드리아를 환자의 신경세포에 미세 주입함으로써 이 유전병을 치료하고자 한다. 미토콘드리아 미세 주입 6개월 후 유전병 치료 여부를 예측하고 그 이유를 설명하시오. (1점)

문제 14 유전자 X의 돌연변이와 면역 반응

소문항 1개

카이스트 생명과학과 학생인 넙죽이는 스트레스가 생쥐의 섭식 행동에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행했다. 그런데 넙죽이가 넙순이와 다투는 바람에 생쥐들도 스트레스를 받았고, 그 과정에서 두 사람 모두 생쥐에게 물렸다. 물린 자리에서는 피가 나고 벌겍게 부어올랐다. 며칠 후 넙순이는 건강에 큰 문제없이 약간의 감기 증상을 겪고 회복했지만, 넙죽이는 다음 날부터 고열과 오한이 나고 호흡곤란 증상까지 생겨서 병원에 입원하여 2주의 집중치료를 받고 퇴원했다.

- (1) 넙죽이와 넙순이를 진료한 카이스트 클리닉의 의사 카이는 물린 두 사람의 반응이 서로 다른 것에 관심을 가졌다. 그래서 두 사람의 유전자 X를 분석하여 아래 (A)와 같은 차이를 발견하였고, 유전자 X의 세포별 발현량은 표 (B)와 같이 나타났다. 유전자 X가 만드는 단백질의 기능은 무엇인지 유추하고, 이에 근거해 넙죽이와 넙순이의 몸의 반응이 다른 이유를 설명하시오. 단, 이 문항의 유전자 X는 문항 13에 나오는 유전자 X와는 무관한 유전자이다. (2점)



(A) 두 사람의 유전자 X 번역 시작 부위 염기서열, (B) 유전자 X의 세포별 발현량

문제 15 대장균에서의 이형 발현과 대사 유량

소문항 2개

카이스트 학생 카이는 오랜 연구를 통해 장미 향기 합성에 관여하는 유전자 A와 B를 찾았다. 유전자 A는 시트르산을 기질로 사용하여 향기를 합성하는 효소의 정보를 담고 있다는 것도 발견했다. 카이는 장미 향기를 대량으로 생산하기 위해서 유전자 A와 B를 대장균에 넣어서 발현시켰다. 아래는 장미 향기를 합성하는 유전자 A와 B의 시작 부분이다.

A : 5'-ATGTTTACTGTGTTTCAGAAGAATTATTAGCTATAACAATTAAGT-3'
 B : 5'-ATGAAAAGGAAGGAGGACAGCACACTACGAGTAGTAGGGCC-3'

(밑줄 친 ATG는 개시코돈)

- (1) 장미 향기 합성을 위해 유전자 A와 B의 mRNA를 대장균에서 과량 발현시켰더니, 단백질 B는 정상적으로 합성되었으나 단백질 A는 합성이 일어나지 않았다. 그 이유를 설명하고 이를 해결하기 위한 방법을 제시하시오. (1점)
- (2) 위 문제를 해결하여 단백질 A가 대장균에서 정상적으로 만들어지게 하는 데 성공했다. 하지만 단백질 A의 발현이 높아져서 향기 물질이 많이 만들어질수록 대장균의 성장 속도가 줄어들었다. 그 이유를 설명하시오. 단, 향기 물질은 대장균의 성장에 영향을 주지 않는다. (2점)

문제 16 식물-초식곤충 상호관계와 물질의 합성 장소

소문항 2개

생태계 구성 요소 사이의 상호관계 1

식물과 초식곤충 사이의 상호관계는 오랜 기간 서로에게 영향을 주며 진화했다. 식물이 독성 물질을 만들어서 초식 곤충을 쫓아내면 그 곤충은 독성 물질을 해독하는 방향으로 진화가 일어난다. 예를 들어 카페인이라는 물질은 커피 나무가 어린잎과 열매를 보호하기 위해서 만들어낸 독성 물질이다. 하지만 카페인을 만드는 커피나무는 카페인을 해독할 수 있는 곤충의 생존을 유리하게 하여 커피벌레와 같은 곤충의 숫자가 증가한다. 그러면 다시 커피나무는 카페인을 해독하는 곤충을 쫓아내기 위해 다른 독성 물질을 만들어내는 방향으로 진화가 일어날 것이다.

생태계 구성 요소 사이의 상호관계 2

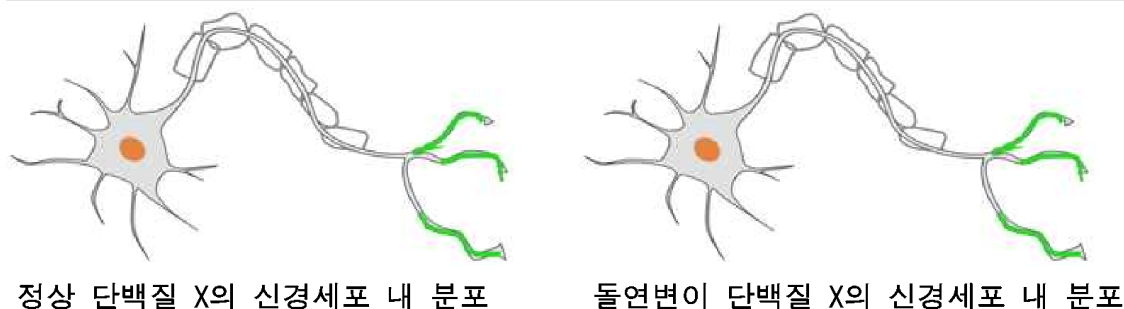
우리나라에서 캐나다산 유채를 수입해서 키우기 시작했다. 하지만 얼마 지나지 않아 유채를 먹는 애벌레가 급격히 증가해 유채 잎에 큰 피해를 주었다. 이 애벌레는 캐나다에도 있지만 그곳에서는 문제가 되지 않았다. 그 이유는, 애벌레가 유채 잎을 먹기 시작하면 방출되는 식물 향기 물질 X를 도마뱀이 감지해서 애벌레의 위치를 파악해 먹어치우기 때문이다. 이 도마뱀이 우리나라에는 살지 않는다.

- (1) 식물이 독성물질을 만들어서 초식곤충을 쫓아내는(혹은 죽이는) 상호관계 1의 전략보다, 초식곤충을 먹는 동물(도마뱀)을 부르는 상호관계 2의 전략이 식물의 생존에 더 유리하다면 어떤 이유 때문인지 설명하시오. (2점)
- (2) 애벌레가 유채 잎을 갉아 먹으면 식물 향기 물질 X가 잎 표피세포에서 방출된다는 것을 알았다. 하지만 잎 표피세포에서 나온 분비 소낭이 세포막과 융합하지 못하면 물질 X가 합성되지 않는다. 물질 X가 잎 세포의 어디에서 합성되는지 설명하시오. (1점)

문제 17 축삭 말단의 미토콘드리아와 흥분 전도

소문항 3개

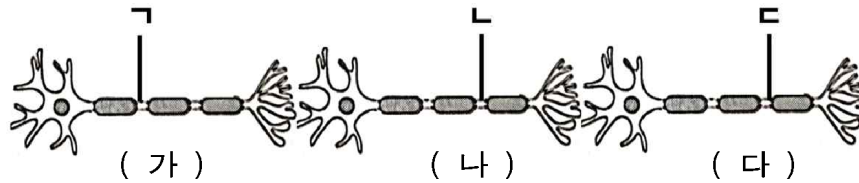
카이스트 대학원생 넙죽이는 신경세포 내 미토콘드리아의 분포를 조사해 보았다. 정상 신경세포에서는 미토콘드리아가 축삭돌기 말단에 풍부하게 분포하였으나, 유전자 X에 돌연변이가 발생한 신경세포에서는 축삭돌기 말단에서 미토콘드리아가 관찰되지 않았다. 한편 유전자 X의 이 돌연변이는 유전자 중간에 염기 4개가 삽입된 것이며, 정상 단백질 X와 돌연변이 단백질 X의 세포 내 분포를 비교한 결과는 아래 그림과 같다.



정상 단백질 X와 돌연변이 단백질 X의 신경세포 내 분포

- (1) 위의 정보들을 바탕으로 단백질 X의 기능을 제시하고 돌연변이 단백질 X에 어떠한 기능적 장애가 발생하였는지 설명하시오. (1점)

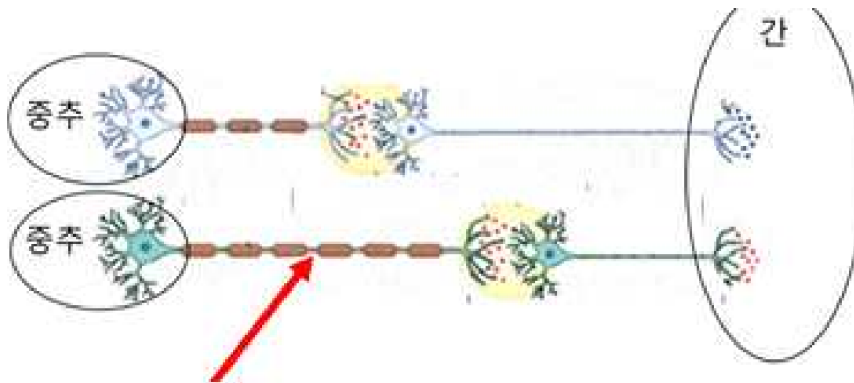
- (2) 아래 그림은 시냅스로 연결된 뉴런 가-나-다를 나타낸 것이다. 정상 신경세포들(위)과 유전자 X에 돌연변이가 발생한 신경세포들(아래)의 ㄱ 위치에 역치 이상의 자극을 준 다음 ㄴ와 ㄷ 위치에서 시간 경과에 따라 형성되는 막전위를 측정한 값이 아래 표와 같다. 돌연변이 유전자 X가 신경세포의 흥분 전도 속도에 어떠한 변화를 유도하였는지 이유를 설명하시오. (1점)



경과시간(ms)		1	2	3	4	5	6	7	8
막전위(mV)									
정상	ㄴ	-70	+35	-80	-70	-70	-70	-70	-70
	ㄷ	-70	-70	-70	-70	+35	-80	-70	-70
X변이	ㄴ	-70	-70	-70	+35	-80	-70	-70	-70
	ㄷ	-70	-70	-70	-70	-70	-70	-70	+35

뉴런 가-나-다의 자극 위치 ㄱ과 측정 위치 ㄴ·ㄷ, 그리고 시간에 따른 막전위

- (3) 아래 그림은 중추신경으로부터 간에 연결된 자율신경을 나타낸다. 화살표로 표시된 부분에 역치 이상의 자극을 주면 정상 생쥐와 유전자 X에 돌연변이가 발생한 생쥐의 혈당 조절에 어떠한 차이가 발생하는지 비교하고 이유를 설명하시오. (2점)



중추신경에서 간에 이르는 두 자율신경 경로와 자극 위치(화살표)

문제 18 능동수송과 적혈구·백혈구의 세포 호흡

소문항 2개

적혈구는 우리 몸의 산소를 운반하는 중요한 역할을 하는 세포로 잘 알려져 있다. 적혈구가 제 기능을 하기 위해서는 세포의 삼투압이 정상적으로 유지가 되어야 한다. 적혈구 삼투압 유지에 필요한 무기질 이온의 농도를 알아보기 위해, 사람 혈액에서 적혈구와 백혈구를 분리하고, 이들 세포 내 이온 농도를 혈장과 비교하여 다음과 같은 값을 얻었다.

이온	적혈구	백혈구	혈장
Na ⁺	10 mM	10 mM	140 mM
K ⁺	150 mM	145 mM	5 mM

또한, 원심분리를 이용한 세포분획법을 활용해 적혈구와 백혈구를 구성하는 물질의 특성을 분석해 보았다.

<백혈구>

	분획 1	분획 2	분획 3	분획 4
산소 소비량	1	100	2	1
DNA양	100	20	1	0
지질양	60	70	0	100

<적혈구>

	분획 1	분획 2	분획 3	분획 4
산소 소비량	1	1	1	1
DNA양	0	0	0	0
지질양	1	0	0	100

- (1) 적혈구에서 Na⁺와 K⁺의 농도가 혈장과 다르게 나타나는 이유를 설명하시오. (1점)
 (2) 적혈구와 백혈구에 다음의 약물을 처리하였을 때 이들 세포 각각에서 Na⁺와 K⁺이온의 농도 변화를 설명하시오. (2점)
 ① 비소(Arsenic) — 해당과정 억제제 ② 안티마이신-에이(Antimycin A) — 전자전달계 억제제

2022학년도 · 문제편

문제 1	세포 호흡과 호흡률
문제 2	개체군의 생장과 상호 작용
문제 3	리소좀과 가수 분해 효소의 pH 의존성
문제 4	실험 설계의 평가와 항생제 내성
문제 5	낮 모양 적혈구 빈혈증과 집단 유전
문제 6	미토콘드리아의 ATP 합성과 흥분의 전도

단원	세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어 · 진화와 계통 · 생태와 환경
핵심 개념	해당 과정의 산물과 호흡률(RQ), 환경 저항과 포식자-피식자 개체군 순환, 리소좀의 pH 유지와 효소의 최적 pH, 대조군이 있는 실험 설계, 항생제 내성과 자연 선택, 낮 모양 적혈구 빈혈증의 전기 영동과 유전적 평형, 화학 삼투와 ATP 합성, 활동 전위와 이온 통로
문항 수	6문항 (소문항 16개)

I. 문제

문제 1 세포 호흡과 호흡률

소문항 3개 · 4점

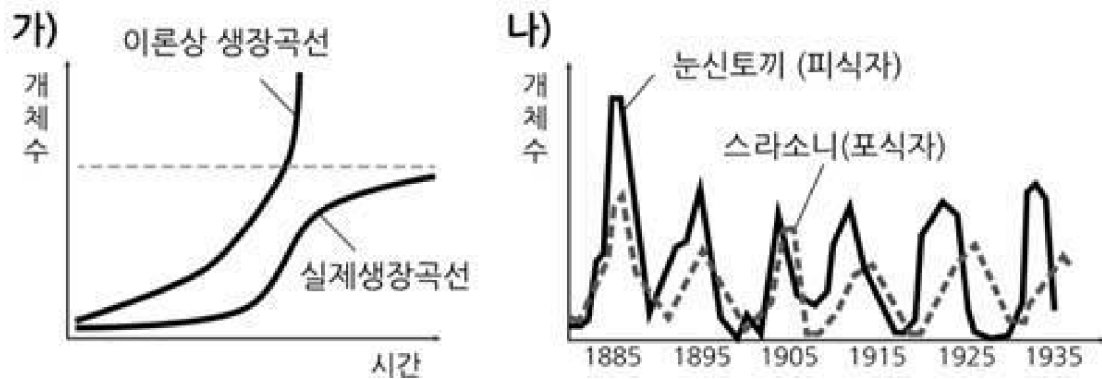
세포 호흡 과정 중 호흡 기질이 분해될 때 산소가 소비되고 이산화 탄소가 발생한다. 소비된 산소의 부피에 대해 발생한 이산화 탄소의 부피 비를 호흡률이라고 한다.

- (1) ATP, NADH, 이산화 탄소, 산소 중 해당 과정을 통해 포도당이 피루브산으로 분해될 때 생성되는 것과 생성되지 않는 것을 말하시오. (1점)
- (2) 산소가 있는 조건에서 세포 호흡이 일어날 때 포도당과 피루브산 중 호흡률이 높은 물질을 말하고, 그 이유를 설명하시오. (2점)
- (3) 해당 과정에 작용하는 효소 중 한 가지에 돌연변이가 생겨 효소의 활성이 저하되었을 때 포도당의 호흡률이 어떻게 변화하는지 말하고, 그 이유를 설명하시오. (1점)

문제 2 개체군의 성장과 상호 작용

소문항 2개 · 3점

눈신토끼는 북아메리카의 북방림에 주로 서식하며 여러 관목을 먹고 살아가는데, 약 10년을 주기로 개체 수의 팽창과 감소를 되풀이한다. 그림 (가)는 이 개체군의 이론상 성장 곡선과 실제 성장 곡선의 차이를 나타낸 것이고, 그림 (나)는 자연 상태에서 피식자인 눈신토끼와 포식자인 스라소니 개체군의 변동을 나타내는 그래프이다.



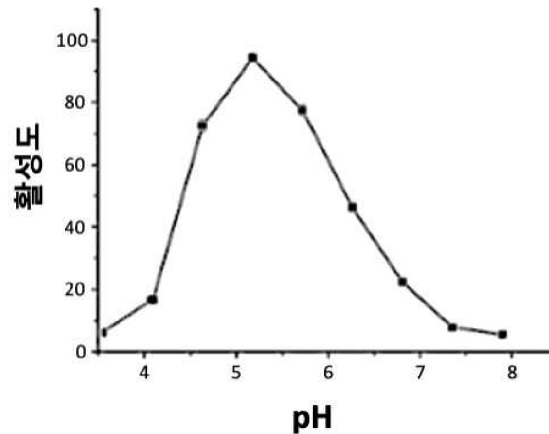
(가) 이론상 성장 곡선과 실제 성장 곡선, (나) 1885~1935년 눈신토끼(피식자)와 스라소니(포식자)의 개체 수 변동

- (1) 그림 (가)와 그림 (나)의 눈신토끼 성장 곡선이 다른 가장 큰 이유 하나를 들고 설명하시오. (1점)
- (2) 눈신토끼와 스라소니 개체군의 변동은 10년 주기의 순환을 보여 준다. 이 현상을 잘 설명하는 포식자-피식자 관계에 의한 상호 작용 이외에, 이러한 순환에 영향을 줄 수 있는 다른 요인들을 제안하고 그 이유를 설명하시오. (2점)

문제 3 리소좀과 가수 분해 효소의 pH 의존성

소문항 3개 · 3점

진핵 세포에 존재하는 리소좀 내에는 단백질, 지질, 당을 분해하는 다양한 가수 분해 효소가 들어 있다. 이러한 가수 분해 효소의 pH 변화에 따른 활성이 아래의 그래프에 나타나 있다.



리소좀 가수 분해 효소의 pH에 따른 활성 변화

- (1) 리소좀 내부의 pH를 예측하고, 그 pH를 유지하기 위해 리소좀 막에 존재할 것이라고 생각되는 단백질의 기능을 추측해 보시오. (1점)
- (2) 리소좀의 가수 분해 효소 X를 세포에서 분리하여 pH가 낮은 리소좀 내부 조건과 pH가 높은 세포질 조건에서 각각 효소 활성을 측정하였을 때 어떻게 다를지 추측해 보시오. (1점)
- (3) 체내에 침입한 세균은 백혈구의 식세포 작용을 통해 포집된 후 리소좀에서 분해된다. 그런데 최근 몇몇 병원성 세균들이 인체 백혈구의 리소좀 내 pH를 낮게 유지할 수 없게 만든다는 사실이 밝혀졌다. 이러한 세균이 리소좀의 내부 pH를 6.5 정도로 유지시킬 수 있다면 세균에게 어떤 점에서 유리한지 그 이유를 들어 보시오. (1점)

문제 4 실험 설계의 평가와 항생제 내성

소문항 3개 · 4점

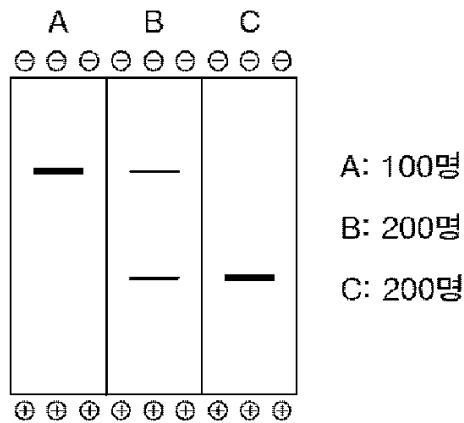
살모넬라균은 식중독을 유발하는 주요 원인균으로 알려져 있으며, 최근에는 항생제 내성이 생긴 살모넬라균이 증가하는 사례가 관찰되고 있다. 이에 새로운 물질 A를 개발하고 그 효과를 확인하고자 하였다. 살모넬라균에 의한 식중독으로 진단받은 500명의 환자에게 물질 A를 투여한 결과, 80%의 환자가 일주일 후 완치되는 것을 확인했다. 또한 물질 A는 인체에 아무런 부작용을 일으키지 않았다. 이러한 근거로 물질 A는 살모넬라균과 관련된 식중독 치료제로 등록되고자 한다.

- (1) 물질 A의 기능을 검증하기 위해 세운 위 실험 설계를 평가하고, 이러한 실험 설계에 문제가 있다면 문제점을 찾아 보완하시오. (2점)
- (2) 항생제를 맞은 적도 없고 항생제를 투여한 가축과 접촉한 적도 없는 야생 동물에서 수집한 살모넬라균 중 0.1% 정도가 항생제 내성을 가지고 있었다. (참고로 항생제 사용 빈도가 높은 가축에서 수집한 살모넬라균은 항생제 내성을 가진 비율이 훨씬 높다.) 이 야생 동물에서 항생제 내성을 가진 살모넬라균이 좀 더 낮은 비율로 존재하는 이유를 설명하시오. (1점)
- (3) 물질 A는 원핵생물의 세포벽을 망가뜨려 원핵생물을 죽인다고 알려져 있다. 하지만 물질 A는 진핵생물인 곰팡이의 생장은 억제하지 못한다. 물질 A가 곰팡이의 생장을 억제하지 못하는 이유를 설명하시오. (1점)

문제 5 낫 모양 적혈구 빈혈증과 집단 유전

소문항 2개 · 3점

낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이로 인해 헤모글로빈 단백질의 여섯 번째 아미노산이 글루탐산에서 발린으로 치환된 열성 유전병이다. 어떤 닫힌 집단에서 무작위로 선정한 500명으로부터 뽑아 낸 혈액 샘플을 단백질 이동 분석 장치에 넣고 전하량에 따라 분리하였더니, 아래 그림과 같이 A, B, C 세 가지 유형이 나타났다.



단백질 이동 분석 결과 — 위쪽이 음극(-), 아래쪽이 양극(+)이며 A 유형 100명, B 유형 200명, C 유형 200명

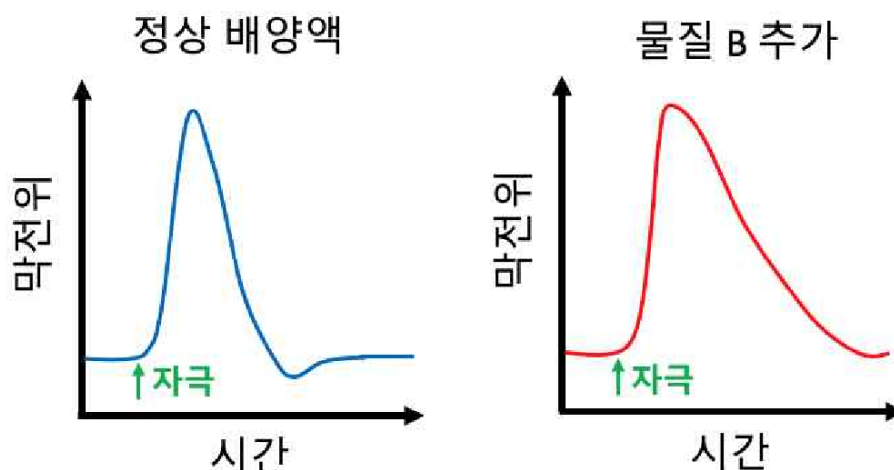
- (1) 음전하가 강한 단백질일수록 양극 쪽으로 빨리 이동한다고 할 때, 그림에 표시된 A, B, C 중 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자의 샘플을 고르시오. (1점)
- (2) 이 집단 내에서 낫 모양 적혈구 빈혈증에 관해 유전적 평형이 이루어졌을 때, 이 집단 1000명당 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자 수를 계산하시오. (2점)

문제 6 미토콘드리아의 ATP 합성과 흥분의 전도

소문항 3개 · 3점

뇌는 우리 몸 전체 무게의 약 2%밖에 차지하고 있지 않지만, 뇌의 에너지 소모량은 몸 전체 에너지 소모의 약 20% 이상을 차지하고 있다.

- (1) 뇌 내부에 존재하는 신경 세포 미토콘드리아의 내막에서는 어떠한 방식의 에너지 전환을 통해 ATP 합성이 일어나는지 설명하시오. (1점)
- (2) 신경 세포 내에서 ATP가 더 이상 공급되지 않는다면 신경 세포의 막전위는 어떻게 변화하며, 그 이유는 무엇인가? (1점)
- (3) 독버섯 A에서 추출한 신경 독성 물질 B를 신경 세포의 배양액에 추가한 뒤 신경 세포에 자극을 가했더니 막전위의 변화가 아래와 같이 나타났다. 이 실험 결과로부터 물질 B가 어떤 단백질에 어떻게 작용하는지 그 이유와 함께 설명하시오. (1점)



정상 배양액(왼쪽)과 물질 B를 추가한 배양액(오른쪽)에서 자극 후 나타난 막전위의 변화

2021학년도 · 문제편

문제 1	집단 유전학과 하디·바인베르크 법칙
문제 2	젓당 오페론과 유전자 발현 조절
문제 3	바이러스 감염과 백신, 그리고 면역
문제 4	개체군의 생존 곡선과 씨앗 전략
문제 5	생식세포 분열 과정과 염색체 비분리
문제 6	신경 흥분의 화학적 전달과 심장 박동

단원	유전과 발현 · 항상성과 방어 · 진화와 계통 · 생태와 환경
핵심 개념	하디·바인베르크 법칙과 멘델 집단, 젓당 오페론의 전사 조절과 2단 생장, 체액성·세포성 면역과 기억 세포, 생존 곡선의 유형과 씨앗 수-크기 절충, 감수 분열의 DNA 상대량과 염색체 비분리, 신경 전달 물질에 의한 심장 박동 조절
문항 수	6문항 (소문항 15개)

I. 문제

문제 1 집단 유전학과 하디·바인베르크 법칙

소문항 2개 · 4점

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 300마리 거위의 색깔별 개체 수를 나타낸다. 지금부터 이 연못은 “하디·바인베르크 법칙”이 성립하는 “멘델 집단”이 된다고 가정한다.

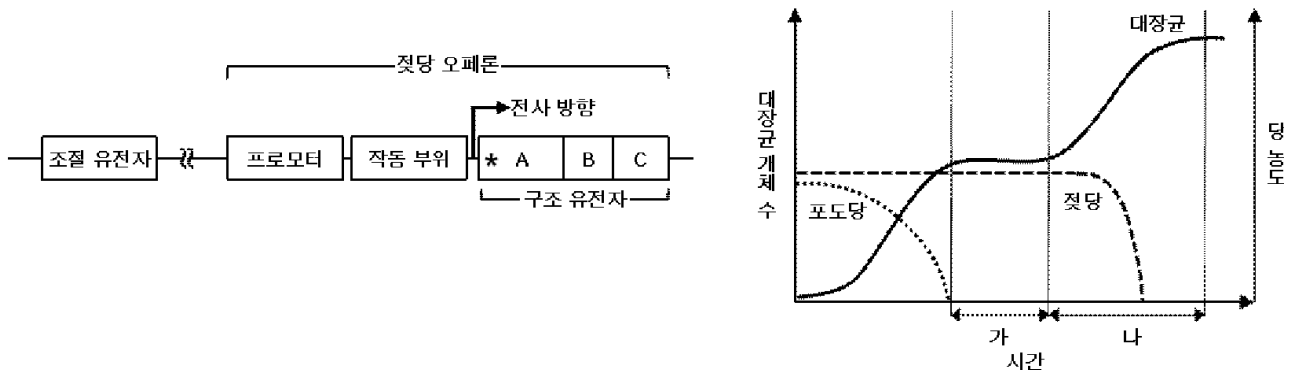
거위 색깔	개체 수 (2020년)	개체 수 (수집 년 후)
흰색 (WW)	120	
검은색 (BB)	60	
갈색 (WB)	120	

- (1) 수집 년 후 연못에서 300마리 거위 깃털의 색깔을 무작위로 조사하였을 때 색깔별 개체 수를 예측하시오. (2점)
- (2) 그 값이 현재 개체 수와 동일한지 아닌지를 답하고 그 이유를 설명하시오. (2점)

문제 2 젖당 오페론과 유전자 발현 조절

소문항 3개 · 3점

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.



젖당 오페론과 조절 유전자의 구조(왼쪽), 배양 시간에 따른 대장균 개체 수와 두 당의 농도 변화(오른쪽)

- (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) 그림에서 별표(*)로 표시한 위치, 즉 구조 유전자 A의 5' 부위에 종결 코돈이 생기는 돌연변이가 일어난 대장균을 같은 조건에서 배양하였다. 이때 젖당 농도가 어떻게 변할지 예측하고, 그 이유를 설명하시오. (1점)
- (3) 조절 유전자가 없어진 돌연변이 대장균을 동일 조건에서 배양하였을 때, “가” 구간의 변화를 설명하시오. (1점)

문제 3 바이러스 감염과 백신, 그리고 면역

소문항 2개 · 3점

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.

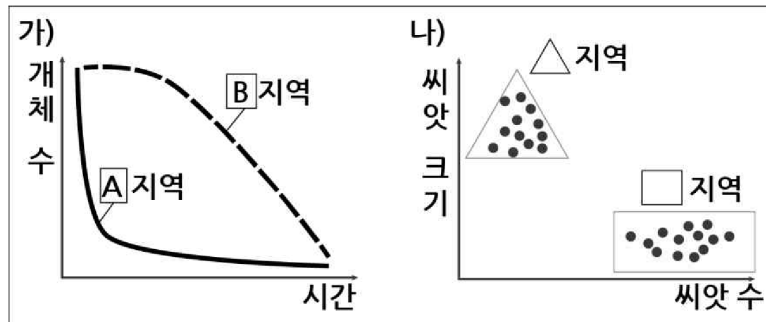
세계 각국에서 코로나바이러스를 예방하기 위한 백신 개발에 박차를 가하고 있다. 백신을 제작하는 한 가지 방법은 불활성화된 바이러스를 인체에 투여하여 면역 반응을 유도하는 것이다.

- (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)

문제 4 개체군의 생존 곡선과 씨앗 전략

소문항 2개 · 4점

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.



(가) A·B 두 지역의 생존 곡선, (나) 각 지역 개체가 생산한 씨앗의 평균 크기와 수

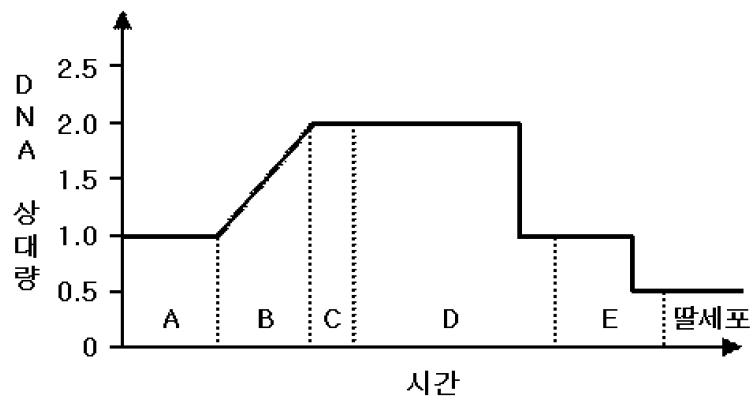
※ A와 B 지역에 다른 식물은 존재하지 않는다. 이 식물은 발아 이후 빠른 속도로 일정하게 성장하고 스스로 씨앗을 만든다. 식물이 발아하기 전 A와 B 지역에는 동일한 영양분이 있었고 이후 동일한 양의 빛과 물이 공급되었다.

- (1) 지역에 따라 생존 곡선의 유형이 다르게 나타나는 이유를 설명하시오. (2점)
- (2) 그래프 (나)의 각 씨앗을 수많은 지역에 뿌렸을 때 각각 어느 지역의 것인지 추측하고 그 이유를 설명하시오. (2점)

문제 5 생식세포 분열 과정과 염색체 비분리

소문항 3개 · 3점

아래는 체세포 염색체 수가 $2n = 4$ 인 생물의 생식세포 1개의 감수 분열 과정을 A ~ E 단계로 나누고, 핵에 들어 있는 DNA 양의 변화를 나타낸 그래프이다. DNA 복제가 일어나기 전 핵에 들어 있는 DNA 상대량은 1이다.



감수 분열 과정 A ~ E 단계에서 핵 1개당 DNA 상대량의 변화

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

문제 6 신경 흥분의 화학적 전달과 심장 박동

소문항 3개 · 3점

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

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

2020학년도 · 문제편

- 문제 1** 유전 암호의 해독과 염기 치환 돌연변이
문제 2 생태계의 질소 순환과 동위원소 추적
문제 3 효소의 저해제와 TCA 회로

-
- 단원** 세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 생태와 환경
핵심 개념 유전자와 형질 발현(전사·번역), 생태계의 질소 순환, 효소의 저해제와 TCA 회로, 아미노산과 단백질의 구조, 세포막과 세포 간 신호 전달, 항상성과 인슐린
문항 수 전형별 3문항, 총 6문항

I. 문제

일반전형

문제 1 유전 암호의 해독과 염기 치환 돌연변이

생명과학 II · 5분 · 2점

유전자 번역과정에서 특정 코돈(AUG)으로부터 단백질 합성이 시작되고, 특정 코돈들(UAA, UAG, UGA)에서 단백질 합성이 종결된다. 이들 코돈을 각각 개시 코돈, 종결 코돈이라 부른다. 다음은 유전자 X로부터 합성된 mRNA 염기서열의 일부로서, 개시 코돈과 종결 코돈을 모두 포함하고 있다.

↓ ↓
5'...UUAACAUGUUUACCCGAGUAAGUAUCUAGUUUCCU...3'

- (1) 이 mRNA로부터 리보솜에 의해 합성되는 폴리펩타이드는 총 몇 개의 아미노산이 연결되어 이루어지는가? 그에 대한 이유를 설명하시오. [1점]
- (2) 사이토신(C)이 유라실(U)로 치환되는 돌연변이가 발생할 수 있다고 가정하자. 위 그림에서 두 화살표가 가리키는 사이토신(C)에 발생하는 돌연변이 중 어느 것이 이 유전자에서 생성되는 단백질에 더 큰 변화를 유발할 수 있는가? 그 이유를 설명하시오. [1점]

문제 2 생태계의 질소 순환과 동위원소 추적

생명과학 I · 5분 · 4점

최근 카이스트 인근 지역의 작물 생산량이 급격히 저하된 원인을 파악하기 위하여 해당 지역의 식물들과 토양을 채집하여, 이들을 포함한 밀폐된 형태의 소규모 온실을 제작하였다. 우선 질소 순환과정의 효율을 살펴보는 것이 가장 중요하다고 판단한 연구자는 온실 내부로 방사성 동위원소 질소 기체 ($^{15}\text{N}_2$ 기체)를 주입하고 아래와 같은 분석과 실험을 수행하였다.

- (1) 온실 내 질소 순환이 정상적으로 이루어지는지 분석하기 위하여 연구자가 토양으로부터 측정할 물질 두 가지는 () 과 ()이다. [1점]
- (2) 작물 생산량이 매우 높은 다른 지역의 비옥한 토양을 구하여 위 온실 내부의 토양과 섞어주었더니 시간이 지남에 따라 질소의 순환 효율이 급격히 증가하였다. 이 현상이 가능한 원인은 무엇인지 설명하시오. [1점]
- (3) $^{15}\text{N}_2$ 기체가 공급된 위 온실 내부에 토끼를 넣어주고 3일간 사육하였다. 연구자는 3일 후 토끼의 근육조직을 소량 추출하였고 화합물 분석을 계획하였다. 다음 보기 중 연구자가 질소 순환과정 효율을 파악하기 위하여 토끼의 근육조직을 이용해 분석하는 물질로 가장 적합한 것을 한 가지 선택하고 이유를 설명하라. [2점]

1. 글리코젠 2. 액틴 단백질 3. 피루브산 4. 중성지방

문제 3 효소의 저해제와 TCA 회로

생명과학 II · 5분 · 4점

TCA 회로를 구성하는 효소 중 하나인 석신산 탈수소효소에 작용하는 것으로 추정되는 약물 X를 발견하였다. 약물 X가 실제로 석신산 탈수소효소 활성화에 영향을 주는지 알아보기 위해 아래와 같이 2가지 실험을 수행하여 결과를 얻었다.

실험 1의 조건 — 석신산 농도는 20 마이크로 몰로 고정.

약물 농도	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
효소 활성 (%)	100	91	81	69.5	57.9	49	38.5	27	13	1

실험 2의 조건 — 약물 농도와 함께 석신산 농도도 변화시킴.

약물 농도	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
석신산	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
효소 활성 (%)	100	90.4	80.5	70	58.1	48.5	39	26.9	12.7	0.99

(실험 1, 2의 약물 농도 단위는 마이크로 몰)

- (1) 약물 X와 석신산 탈수소효소의 관계를 답하고, 약물 X가 석신산 탈수소효소에 작용하는 원리를 설명하시오. [2점]
- (2) 약물 X를 빠르게 성장하는 피부세포 배양액에 처리하였더니 피부세포의 성장속도가 느려지는 것을 관찰하였다. 약물 X에 의하여 세포성장이 억제되는 원인이 무엇인지 추론하시오. [1점]
- (3) 자외선에 노출되어 석신산 탈수소효소 유전자에 돌연변이가 유발된 일부 피부세포들은 약물 X를 처리하여도 세포의 성장이 느려지지 않고 정상적으로 잘 자라는 것을 관찰하였다. 이 세포들에서 석신산 탈수소효소 유전자에 어떠한 돌연변이가 발생하였는지 설명해보시오. (참고: 처리한 약물 X는 돌연변이 세포의 내부로 아무 문제없이 잘 수송됨.) [1점]

학교장추천전형 · 고른기회전형

문제 1 아미노산의 결합과 단백질의 소수성

생명과학 I · II · 5분 · 3점

아미노산은 단백질을 구성하는 기본 단위로서, 아미노산들이 연결되어 폴리펩타이드를 구성하고, 폴리펩타이드가 모여 단백질을 이룬다.

- (1) 두 개의 아미노산들이 결합할 때, 아미노산의 어떤 부위들이 반응을 하고, 그 부산물은 무엇인가? [1점]
- (2) 생명체에는 20종의 아미노산이 존재하는데, 각 아미노산은 서로 다른 곁사슬을 가지고 있다. 곁사슬의 물리/화학적 특성은 물과의 친화도에 따라서 친수성, 중성, 소수성으로 구분될 수 있다. 아미노산이 단백질을 이룰 때, 친수성 곁사슬이 많은 부위는 친수성을 띠고 소수성 곁사슬이 많은 부위는 소수성을 띤다. 어떤 단백질이 만드는 3차원 구조의 표면에 소수성을 띠는 부분이 많다면, 이 단백질은 세포의 어느 부분에 위치할 가능성이 큰가? 그 이유를 설명하시오. [2점]

문제 2 세포 간 정보 전달 방식의 규명

생명과학 I · II · 5분 · 4점

세포간의 정보 전달을 연구하기 위해 세포 A와 B를 따로 배양하기도 하고 또 함께 섞어서 배양하여 보았다. 이 실험 결과 세포 A와 B를 함께 섞어서 배양하였을 때만 세포 B의 기능이 변화하는 현상을 발견하였다.

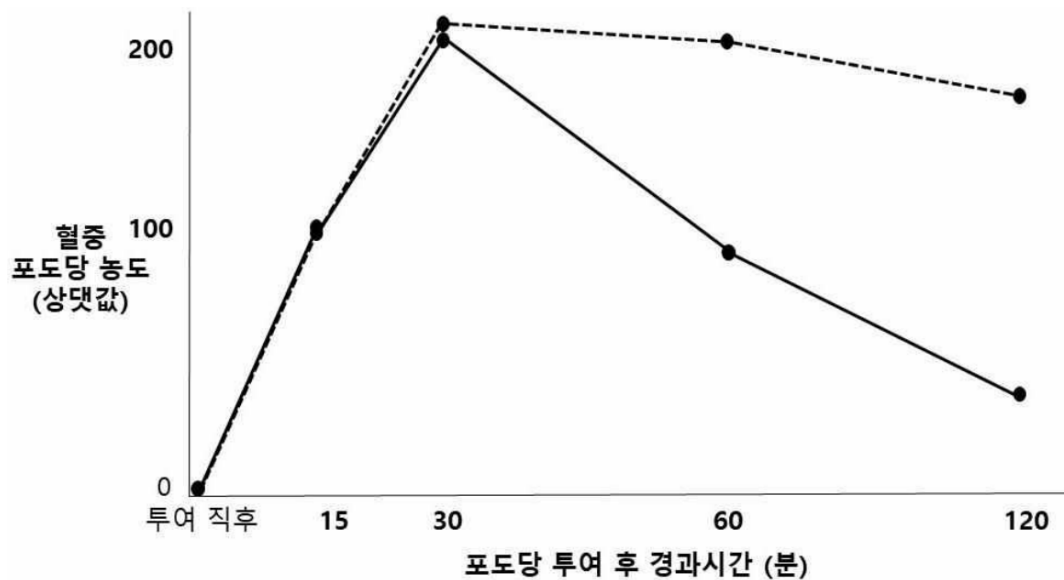
- (1) 추가적인 세포배양 실험을 통하여 세포 A가 어떠한 방식으로 세포 B에 정보를 전달하는지 알아보려고 한다. 정보를 전달하는 방식을 파악하는 데 도움이 되는 서로 다른 원리의 세포배양 실험 방법을 2가지를 제시하시오. [2점]
- (2) 세포 A가 세포 B의 기능을 변화시키기 위해 사용한 물질이 단백질이라는 사실을 알게 된 후, 이 단백질의 정체를 밝히기 위해서 세포 A에서 발현한다고 알려진 모든 단백질의 정체를 조사하였다. 하지만 조사 결과 세포 A에서 발현하는 단백질의 종류가 너무 많아서 그 범위를 좁히고자 한다. 어떠한 단백질 종류 군을 우선 조사해야 할까? [1점]
- (3) 앞에 (1)번의 실험 결과에 따라 (2)번에서 우선 조사해야 하는 단백질 종류 군이 달라질 수 있다. 이를 설명하시오. [1점]

문제 3 혈당 조절과 호르몬 X의 작용

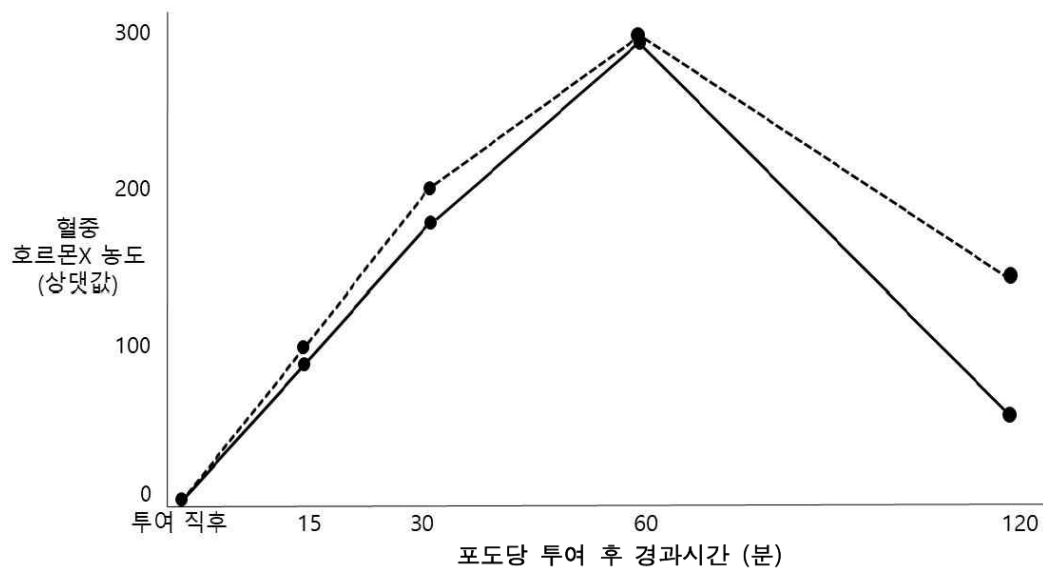
생명과학 I · 5분 · 3점

생쥐의 에너지 항상성 연구를 수행하던 중, 매우 흥미로운 실험 결과를 보이는 돌연변이 생쥐를 발견하였다. 정상 생쥐와 돌연변이 생쥐에게 음식을 주지 않은 공복 상태에서 포도당을 투여한 후 혈액 속의 포도당의 농도와 호르몬 X의 농도를 각각 아래 두 개의 그래프로 나타내었다.

(실선: 정상 생쥐의 실험 결과) / (점선: 돌연변이 생쥐의 실험 결과)



그래프 1 — 포도당 투여 후 혈중 포도당 농도의 변화



그래프 2 — 포도당 투여 후 혈중 호르몬 X 농도의 변화

- (1) 호르몬 X의 정체에 대해 추정하고 그 이유를 설명하시오. [1점]
- (2) 생체 기관 중 간은 혈중 포도당을 흡수해서 다른 물질로 전환하는 능력이 있는 것으로 알려져 있다. 돌연변이 생쥐에서는 호르몬 X와 관련하여 간세포의 포도당 흡수와 전환의 측면에서 어떠한 문제가 발생하였는지 설명하시오. [2점]

2019학년도 · 문제편

- 문제 1** 산소해리곡선 — 미오글로빈과 헤모글로빈
문제 2 젓당 오페론 돌연변이 대장균의 효소 기능 추론
문제 3 광합성 명반응과 암반응 — 순환적·비순환적 광인산화
-

- 단원** 세포와 물질대사 · 유전과 발현 · 항상성과 방어
핵심 개념 산소해리곡선과 헤모글로빈, 젓당 오페론, 광합성 명반응·암반응과 광인산화, 발생 단계별 유전자 발현 조절, DNA 복제와 수선, 능동 수송과 세포 호흡, 세포 분획법
문항 수 전형별 3문항, 총 6문항

I. 문제

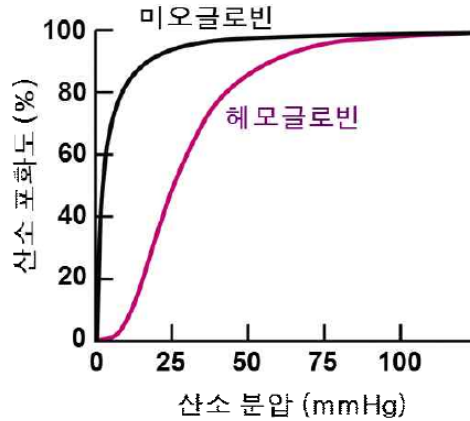
일반전형

문제 1 산소해리곡선 — 미오글로빈과 헤모글로빈

생명과학 I · 5분 · 3점

다음은 한 개의 글로빈 단백질로 구성된 미오글로빈과 네 개의 글로빈 단백질로 구성된 헤모글로빈의 산소 분압에 따른 산소 포화도를 나타낸 그래프이다.

이를 바탕으로 우리 몸에서 미오글로빈 보다 헤모글로빈의 산소 전달 능력이 훨씬 효율적인 이유를 설명하시오. 또한 헤모글로빈이 S자형 그래프를 나타내는 이유를 설명하시오. [3점]



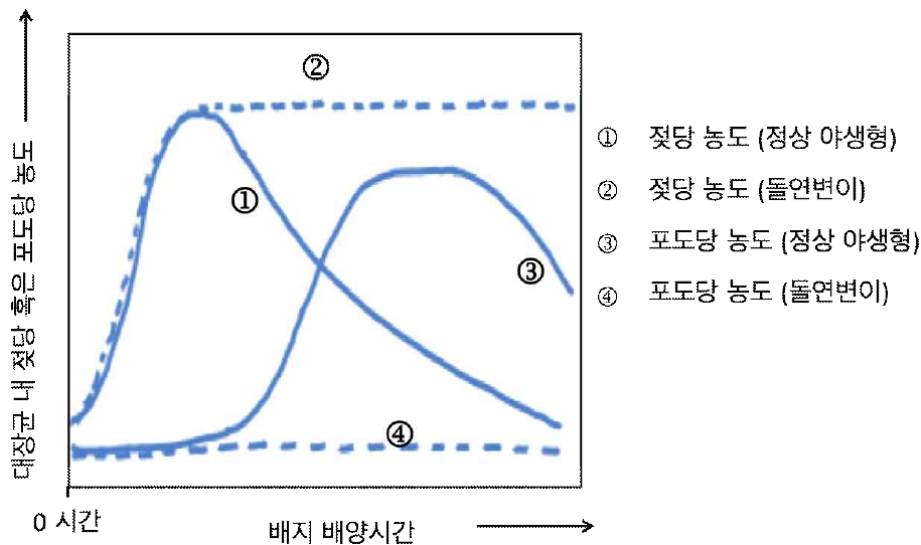
미오글로빈과 헤모글로빈의 산소해리곡선

문제 2 젖당 오페론 돌연변이 대장균의 효소 기능 추론

생명과학 II · 5분 · 3점

한 과학자가 배지에 젖당만을 공급하였을 경우에는 생존하지 못하는 대장균 돌연변이를 발견하였다. 그 이유를 밝히기 위해 젖당만을 포함한 배지에 대장균을 배양하면서 시간별로 대장균 내 젖당과 포도당의 양을 측정하여 아래와 같은 결과를 얻었다. 아래 젖당과 포도당 농도 그래프를 근거로 하여 이 돌연변이 대장균은 젖당 오페론에서 발현되는 효소들 중 어떤 효소를 정상적으로 생산하고 어떤 효소를 돌연변이형으로 생산하고 있는지 예측하고, 그 이유를 설명하시오.

단, 배지에 포함되어 있는 젖당의 양은 한정되어 있다. [3점]

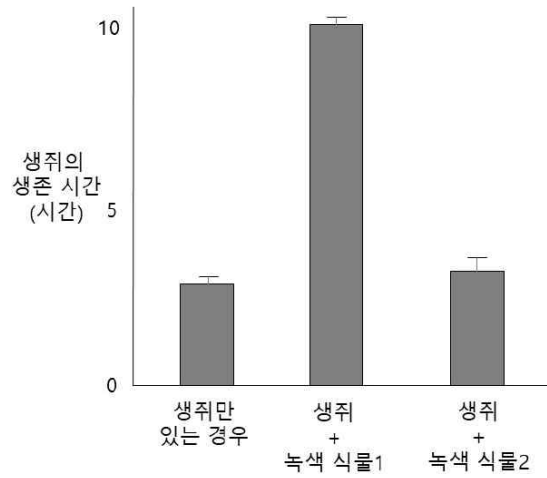


야생형과 돌연변이 대장균의 세포 내 젖당·포도당 농도 변화

문제 3 광합성 명반응과 암반응 — 순환적·비순환적 광인산화

생명과학 II · 5분 · 4점

건강한 녹색 식물1, 녹색 식물2를 야외에서 채취하여 각각 생쥐와 함께 밀폐된 유리통에 넣어주고 자연 조건과 동일한 햇빛과 물을 충분히 제공하였다. 유리통 안에 넣어준 생쥐들의 생존시간을 측정한 결과는 다음과 같다.



조건별 생쥐의 생존 시간

녹색 식물이 어떻게 생쥐의 생존시간에 영향을 주는지에 대한 가설을 제시하고, 본인의 가설에 따라 녹색 식물1과 녹색 식물2의 차이점을 설명하시오.

또한, 녹색 식물1과 녹색 식물2의 암반응 활성을 측정하여 비교한다면 어떤 실험결과가 나올지 예측하고 그 이유를 설명하시오. [4점]

학교장추천전형 · 고른기회전형

문제 1 모체와 태아의 헤모글로빈, 그리고 유전자 발현 조절

생명과학 I · II · 5분 · 3점

임신한 쥐와 그 뱃속에 있는 태아 쥐로부터 채취한 같은 양의 혈액에 각각 산소를 주입하였다. 어느 쪽 혈액에 산소가 더 많이 용해되는지 답하고 그 이유를 엄마 쥐와 태아 쥐 간의 ‘유전자 발현 차이’ 관점에서 설명하시오. [3점]

문제 2 DNA 복제·수선 효소와 반응 결과물

생명과학 II · 5분 · 총 3점

아래 그림과 같이 아래 가닥의 일부가 끊어진 DNA 조각이 있다. (위 가닥 DNA에 표시된 $-OH$ 와 $-PO_4$ 는 각각 양쪽 말단의 수산기와 인산기를 의미함. 위 가닥과 아래 가닥 사이의 선은 염기 간 수소결합을 의미함.)



아래 가닥의 일부가 끊어진 DNA 조각



보기 (가), (나), (다), (라)

- (1) 이 DNA 조각을 대장균 세포 안에 넣은 후 DNA 복제 관련 효소들이 작용하였을 때 어떤 모양의 DNA가 될지 고르시오. (세포 내 DNA 분해 효소들은 작용하지 않았다고 가정함.)
- (2) DNA 중합 반응에 필요한 화학물질과 조건이 갖추어진 시험관에 이 DNA 조각과 대장균에서 순수 정제한 DNA 중합효소들만을 넣어준 후 반응시켰을 때 어떤 모양의 DNA가 될지 고르시오.
- (3) 대장균 세포 안과 시험관 내의 반응 결과물이 다른 이유를 설명하시오.

문제 3 약물의 표적 세포소기관과 능동 수송

생명과학 II · 5분 · 4점

생쥐의 피부세포를 배양하여 아래 약물들을 12시간 동안 처리한 후 세포 안과 세포 밖의 이온분포를 측정하였고 그 결과는 다음과 같다. (농도의 단위는 mM)

	아무것도 처리를 안 함	약물1 처리	약물2 처리
세포 안의 Na ⁺ 농도	9	7	75
세포 밖의 Na ⁺ 농도	140	135	74
세포 안의 K ⁺ 농도	138	139	72
세포 밖의 K ⁺ 농도	5	4.5	71

이에 약물2를 개발한 회사에 문의하여 다음과 같은 정보를 확보하였다.

- 약물2는 막 단백질에 강력하게 결합하는 물질임.
- 약물2 처리 시, 세포 및 세포내 소기관들의 모양과 형태에는 영향이 없음.
- 방사성 동위 원소로 표지한 약물2를 동물세포에 처리한 후에 분쇄기로 세포를 파쇄하여 총 3차에 걸친 원심분리를 이용한 분획을 실시하고 방사성 동위 원소량을 분석하면 아래와 같음.

분획물	약물2가 처리된 피부세포의 파 쇄원액	세포의 파쇄액을 1,000g 회전속도 로 10분간 원심분 리 (1차 원심분리) 침전물	1차 원심분리 후 얻은 상등액을 8,000g 회전속도 로 20분간 원심분 리 (2차 원심분리) 침전물	2차 원심분리 후 얻은 상등액을 100,000g 회전속 도로 60분간 원심 분리 후 침전물
방사성 수치 (%)	100	0.3	99.5	0.2

약물2가 결합하는 단백질이 무엇인지 예측하고 약물2의 결합 때문에 어떠한 변화가 유발되는지 설명하시오. 이러한 추론을 토대로 약물2 처리에 따른 생쥐 피부세포의 Na⁺, K⁺ 이온수송의 변화를 설명하시오. [4점]

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.