

2022학년도 수시 면접·구술고사

## 생명과학 기출

문항 · 예시 답안

한국과학기술원 (KAIST)

## 문제 1. 세포 호흡과 호흡률

### 문항 및 제시문

세포 호흡 과정 중 호흡 기질이 분해될 때 산소가 소비되고 이산화 탄소가 발생한다. 소비된 산소의 부피에 대해 발생한 이산화 탄소의 부피 비를 호흡률이라고 한다. (총 4점)

- (1) ATP, NADH, 이산화 탄소, 산소 중 해당과정을 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) 해당과정에 작용하는 효소 중 한 가지에 돌연변이가 생겨 효소의 활성이 저하되었을 때 포도당의 호흡률이 어떻게 변화하는지 말하고, 그 이유를 설명하시오. (1점)

## 예시 답안

[4점 만점]

(1) (1점)

정답: 생성되는 것: ATP, NADH; 생성되지 않는 것: 이산화 탄소, 산소

(2) (2점)

정답: 피루브산

$$\text{호흡률} = \frac{\text{발생한 이산화 탄소의 부피}}{\text{소비된 산소의 부피}}$$

임.

산화적 인산화 단계에서 NADH가 산화될 때 방출된 전자는 산소와 결합하여 물을 합성한다. 즉, 세포 호흡 과정 중 생성된 NADH가 많을수록 소비되는 산소의 양이 많다. 해당과정에서 포도당이 피루브산으로 분해되는 과정 중 NADH 2분자가 만들어지고 이산화 탄소는 발생하지 않는다. 따라서 포도당 1분자와 피루브산 2분자가 세포 호흡을 통해 분해될 때 발생한 이산화 탄소의 부피는 같고 (호흡률 식에서 분자가 같다), 포도당이 피루브산보다 NADH를 더 많이 생성하여 소비되는 산소의 양이 많다 (호흡률 식에서 포도당의 분모가 더 크다). 즉 피루브산의 호흡률이 포도당보다 높다. 부분 점수 없음.

(3) (1점)

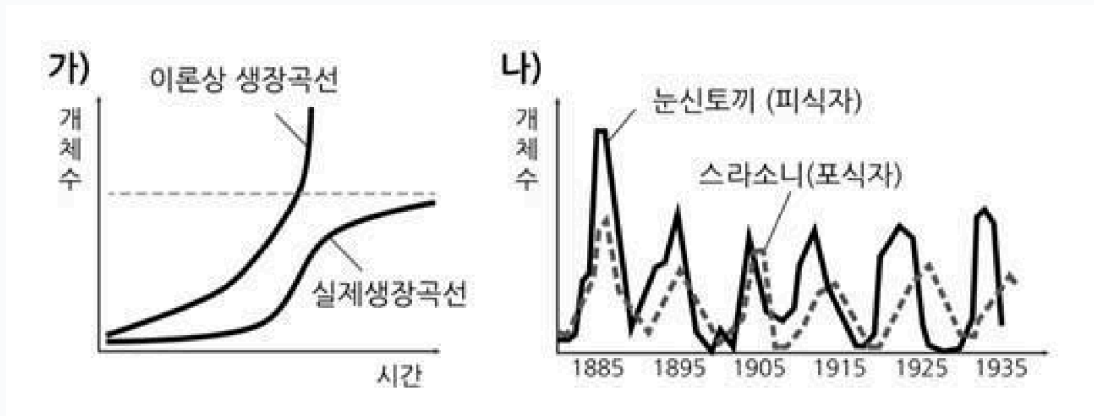
정답: 변화 없다.

효소의 활성이 저하되면 세포 호흡의 속도가 늦어질 뿐 소비되는 산소와 발생하는 이산화 탄소의 부피가 변하는 것은 아니다.

## 문제 2. 개체군의 성장과 상호작용

### 문항 및 제시문

논산토끼는 북아메리카에 북방림에서 주로 서식하며 여러 관목을 먹으며 살아가는데, 매 10년마다 개체수가 팽창과 감소를 반복한다. 매 2배 이상 늘어난다고 알려져 있다. 그림 (가)는 위 조건에 따른 논산토끼의 이론상 성장곡선과 논산토끼를 봄에 넣어 겨울에 잡아내는 실험한 여러 해에 걸친 실제성장곡선의 차이를 나타내고 있다. 그림 (나)는 자연 상태에서 피식자인 논산토끼와 포식자인 스라소니 개체군의 변동을 나타내는 그래프이다. (총 3점)



- (1) 그림 (가)와 그림 (나)의 논산토끼 성장곡선이 다른 가장 큰 이유 하나를 들고 설명하시오. (1점)
- (2) 논산토끼와 스라소니 개체군 그가 변동은 10년 주기 순환을 보여준다. 이 현상을 잘 설명하는 포식자-피식자 관계에 의한 상호 작용 이외에도 이러한 순환에 영향을 줄 수 있는 다른 요인을 제안하고 설명하시오. 단, 그림 (나)의 것을 답에 포함시킬 수 있다. 포식자-피식자 관계 이외에 그러한 순환의 변화에 영향을 줄 수 있는 요인들을 선정하고 그 이유를 설명하시오. (2점)

## 예시 답안

(1) 그림 (가)의 논산토끼 성장곡선은 이론상 성장곡선과 무작위로 잡아낸 조사법으로 얻은 실제성장곡선의 차이를 보여준다. 이 자료로부터 논산토끼의 이론상 성장곡선과 실제성장곡선이 다른 이유를 논산토끼 개체군을 인위적으로 조작하거나 성장을 억제하는 경우에 관해 설명할 수 있다. 그림 (가)의 논산토끼 성장곡선은 무작위 채취법에 의해 얻어졌기 때문에 개체군의 이론상 성장곡선과 차이가 나며, 이러한 차이는 개체군이 서식지의 환경저항에 의해 실제 생장이 억제되어 나타난다.

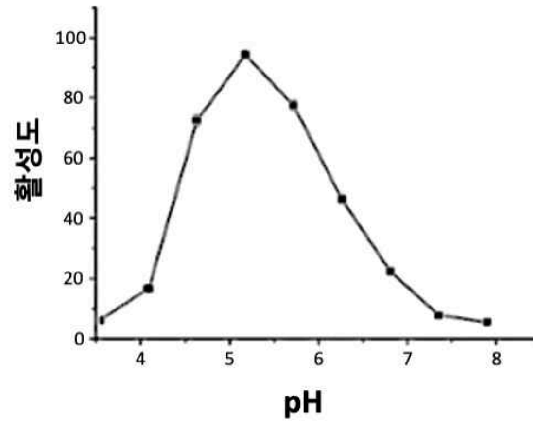
(2) 자연 상태에서 논산토끼와 스라소니 개체군의 순환 변동에 영향을 미치는 여러 요인을 제안할 수 있다. 예를 들면 다음과 같은 요인들을 들 수 있다.

- 먹이 자원(관목·식물)의 양: 논산토끼의 먹이가 되는 식물 자원이 계절적·주기적으로 변동하면, 이에 따라 논산토끼 개체수가 영향을 받고 다시 스라소니 개체수에도 영향을 준다.
- 전염병(질병)·기생충: 개체수가 높은 밀도로 밀집되면 전염병이 퍼지기 쉬워 개체수가 급감할 수 있다.
- 기후·계절 등 비생물적 환경 요인의 주기적 변동.

### 문제 3. 리소좀과 효소의 pH 의존성

#### 문항 및 제시문

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. (총 3점)



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

## 예시 답안

- (1) 리소좀 내부의 pH는 가수분해 효소 활성이 가장 높은 pH인 5.0 근처일 것이다. 세포질의 pH는 7.0 근처이므로 리소좀 내부의 pH는 세포질보다 훨씬 낮다. 이렇게 낮은 pH를 유지하기 위해서는 리소좀 막에 H<sup>+</sup>을 세포질에서 리소좀 내부로 능동 수송하는 막 단백질(양성자 펌프)이 있어야 한다.
- (2) 낮은 pH(리소좀 내부, pH 5 부근)에서는 가수분해 효소가 높은 활성을 나타내지만, 세포질과 같이 높은 pH(pH 7 부근)에서는 효소의 활성이 크게 낮아진다. 따라서 리소좀 내부 조건에서는 활성이 매우 높고, 세포질 조건에서는 활성이 매우 낮게 나타난다.
- (3) 리소좀의 내부 pH가 높아지면(6.5 정도) 리소좀 내 가수분해 효소들의 활성이 크게 저하되어, 식세포 작용으로 포집된 세균을 효과적으로 분해하지 못하게 된다. 따라서 이 세균들은 백혈구 내에서도 분해되지 않고 살아남아 감염을 지속·확산시킬 수 있다.

## 문제 4. 자연선택과 항생제 내성

### 문항 및 제시문

원핵생물(세균)이 살모넬라균과 식중독을 유발하는 주요 원인으로 알려져 있다. 최근에는 간세포 대량으로 흡수를 유발하는 물질 A로 인해 항생제 내성이 생긴 살모넬라균이 증가하는 사례가 관찰되고 있다. 이러한 가수분해 효소의 대량으로 활성을 위한 새로운 물질 A를 개발하고 그 효과를 확인하고자 하였다. 살모넬라균에 의한 식중독으로 진단 받은 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. (총 4점)

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

## 예시 답안

[4점 만점]

(1) (2점) ‘물질 A는 살모넬라균에 의한 식중독 환자를 치료한다’는 가설을 세우고 실험을 하였지만 이 실험에는 대조군이 없다. 즉, 80% 완치된 환자가 물질 A의 투여 때문인지 자연적으로 나은 것인지를 알 수 없다. 따라서 물질 A가 들어있지 않은 약을 투여한 환자의 일주일 후 완치율 데이터가 필요하다. (가설만 세울 경우 부분점수 1점)

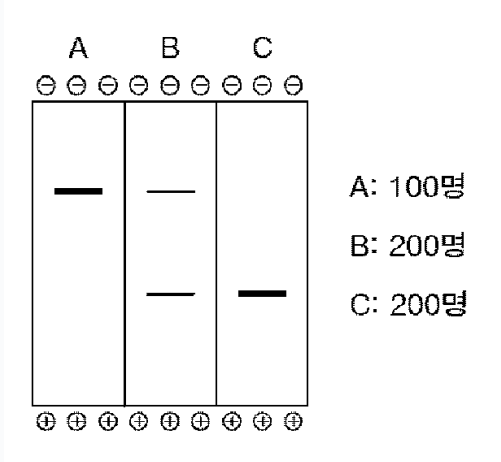
(2) (1점) 정상적인 환경에서는 항생제 내성이 없는 균이 있는 균보다 훨씬 생존에 유리하다. 항생제 내성을 나타내기 위해서는 많은 경우 항생제 내성 유전자를 추가로 유지해야 하고 그에 따른 부담이 따른다. 따라서 항생제가 없는 환경에서는 항생제 내성균이 추가적인 부담으로 인해 생장이 더디기 때문에 야생동물에서는 좀 더 낮은 비율로 존재할 것이다.

(3) (1점) (세포벽을 망가트린다는 설명을 근거로) 물질 A가 같은 원핵생물의 세포벽은 망가트릴 수 있지만 다른 분류군에 속하는 곰팡이(진핵생물)의 세포벽은 원핵생물의 세포벽과 다른 물질로 이루어진 것이어서 망가트릴 수 없었을 것이다.

## 문제 5. 낫 모양 적혈구 빈혈증과 집단유전

### 문항 및 제시문

낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이로 인해 헤모글로빈 단백질의 여섯 번째 아미노산이 미노산이 글루탐산에서 발린으로 치환된 열성 유전병이다. 어떤 닫힌 집단에서 다양한 원인에 의해 이 열성 유전병에 걸린 환자 500명과 보인자 1000명이 포함된 대립유전자 검사 결과가 나왔다. (총 3점)



- (1) 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이로 무작위로 잡아낸 500명으로부터 뽑아 낸 혈액 샘플을 단백질 이동 분석 장치에 전하량에 따라 분리하면 무작위 위로 이동하는 상황을 가정할 때, 모든 샘플 중 그림에 표시된 A, B, C 중 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자의 샘플을 선택하시오. (1점)
- (2) 집단 내에서 낫 모양 적혈구 빈혈증에 관해 유전적 평형이 이루어졌을 때 이 집단 1000명당 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자 수를 계산하시오. (2점)

## 예시 답안

(1) (1점)

정답: A 샘플

낮 모양 적혈구 빈혈증은 열성 유전이므로 2개의 헤모글로빈 유전자 모두에 돌연변이를 가진다. 따라서 단백질 이동 분석 장치에서 환자의 헤모글로빈은 한 곳에 위치한다. 돌연변이 헤모글로빈은 정상 헤모글로빈에 비해 음전하가 약하므로 단백질 이동 분석 장치에서 정상 헤모글로빈보다 양전하 쪽으로 천천히 움직인다.

(2) (2점)

정답: 160명

돌연변이 대립유전자 빈도를  $q$ 라고 한다면,

$$q = 100/500 + (200/500)/2 = 0.4$$

오랜 시간이 지나 유전적 평형이 이루어졌다면, 1000명 중 열성 동형 접합성인 낮 모양 적혈구 빈혈증 환자 수는

$$1000 \times q^2 = 1000 \times (0.4)^2 = 160 \text{ 명.}$$

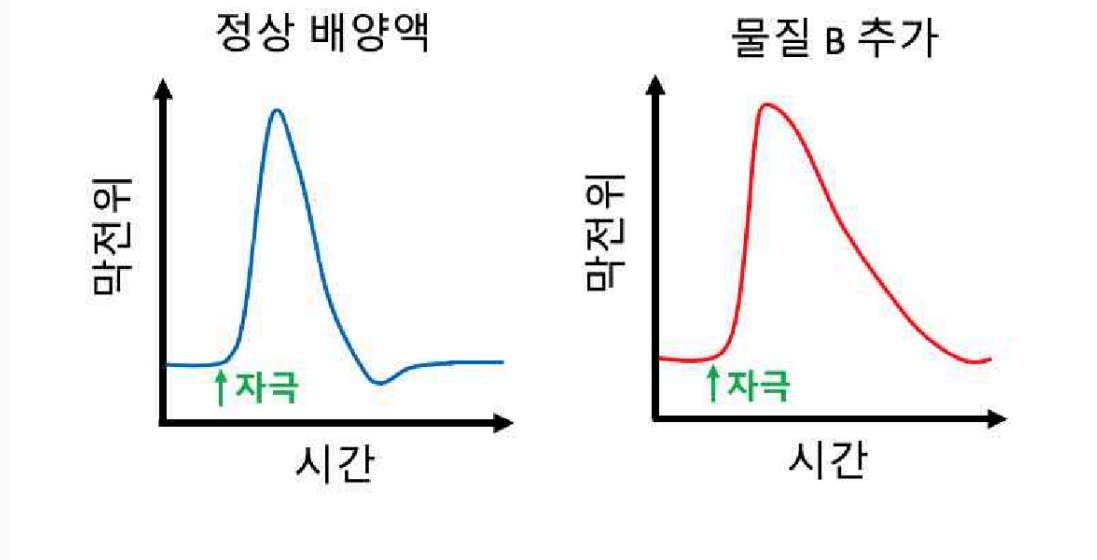
부분 점수 없음.

## 문제 6. 미토콘드리아와 흥분의 전도

### 문항 및 제시문

뇌는 우리 몸 전체 무게의 약 2% 밖에 차지하고 있지 않지만, 뇌의 에너지 소모량은 몸 전체 에너지 소모의 약 20% 이상을 차지하고 있다. (총 3점)

↑를 설명하십시오. (1점)



- (1) 뇌 내부에 존재하는 신경세포 미토콘드리아의 내막에서는 어떠한 방식의 에너지 전환을 통해 ATP 합성이 일어나는지 설명하십시오. (1점)
- (2) 신경세포 내에서 ATP가 더 이상 공급되지 않는다면 신경세포의 막전위는 어떻게 변화하며, 그 이유는 무엇인가? (1점)
- (3) 독버섯 A에서 추출한 신경독성을 유발 신경세포의 배양액에 추가한 뒤, 신경세포에 자극을 주는 자극을 가했더니, 막전위의 변화가 다음과 같이 나타났다. 이 실험 결과에서 물질 B가 어떤 단백질에 어떻게 작용하는지 그 이유를 설명하십시오. (1점)

## 예시 답안

- (1) 신경세포 내의 전자전달계에서 일어나는 산화환원 반응을 통해 막 양쪽의  $H^+$  농도 기울기가 발생하고,  $H^+$  이온 이 농도 기울기를 따라 이동하는 경향을 이용하여 ATP 합성 효소가 ATP를 합성해 낸다. 즉,  $H^+$  농도 기울기를 이용해 ATP 합성으로의 에너지 전환이 일어난다. ( $H^+$  농도 기울기를 이용한다는 개념이 반드시 포함되어야 함)
- (2) 신경세포가 없으면  $Na^+-K^+$  펌프가 작동하지 못하며  $Na^+$ 를 세포 밖으로,  $K^+$ 를 세포 안으로 지속적으로 이동시키지 못한다. 따라서 세포 밖의  $Na^+$  이온 위치가 줄어들어 막전위가 올라간다. ( $Na^+-K^+$  펌프의 작동 활동과 휴지전위의 상승이 둘 다 포함되어야 함)
- (3) 물질 B는  $K^+$  통로의 열림을 억제하는 물질이다. 실험 결과에서 물질 B를 배양액에 추가한 경우, 활동 전위는 정상적으로 발생하여 막전위가 상승하지만, 재분극의 속도가 현저하게 느려진다. 이는 물질 B가  $K^+$  통로의 열림을 억제하여 재분극에 필수적 요소인  $K^+$  이온의 세포 외 배출이 정상적으로 이루어지지 않았기 때문이다.