

The University of the State of New York
REGENTS HIGH SCHOOL EXAMINATION

생명 과학: 생물

2026년 6월 18일 목요일 — 오전 9시 15분 - 오후 12시 15분까지만 실시

학생 이름 _____

학교명 _____

이 시험 중에는 모든 통신 장비의 소지나 사용을 철저히 금지합니다. 잠시라도 통신 장비를 소지하거나 사용할 경우, 시험은 무효화되며 시험 점수를 받을 수 없게 됩니다.

자신의 이름과 학교명을 위 칸에 인쇄체로 기입하십시오.

본인의 **생명과학: 생물** 지식을 사용하여 이 시험의 모든 문제에 답하십시오.

이 시험의 모든 파트의 모든 문제에 답하십시오. 문제를 풀 때 연습 용지를 사용할 수 있으나 모든 답은 답안지와 시험 책자에 기입해야 합니다. 선다형 문제를 위한 별도의 답안지가 제공되었습니다. 감독관의 지시에 따라 답안지에 학생 정보를 기입하십시오. 서술형 문제의 답은 시험 책자에 기입하십시오.

시험 책자에 답안을 작성할 때는 반드시 펜을 사용해야 하고 그래프나 그림을 그릴 때는 반드시 연필을 사용하십시오.

시험을 마친 후, 별도의 답안지에 인쇄된 진술문에 서명함으로써 이 시험을 치르기 전에 문제나 답에 대한 불법적인 지식이 없었으며 시험을 치르는 동안 도움을 주지도 않고 받지도 않았음을 표시하십시오. 이 진술문에 서명하지 않은 학생의 답안지와 시험 책자는 인정하지 않습니다.

참고...

이 시험을 치르는 동안 사용할 수 있도록 사칙 계산기나 과학용 계산기가 반드시 준비되어 있어야 합니다.

별도로 표시되지 않는 한, 도표는 실제 비율과 다릅니다.

지시가 있을 때까지 이 시험 책자를 열지 마십시오.

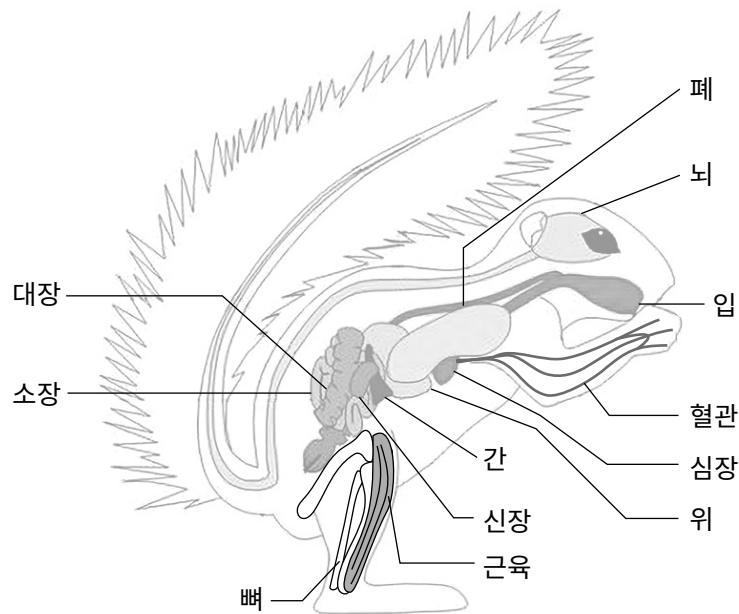
아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 1번부터 5번까지의 문제에 답하십시오. 반드시 제공된 별도의 답안지에 선다형 문제의 답을 기입하십시오. 서술형 문제의 답은 시험 책자에 기입하십시오.

계절별 생존 전략

추운 기후에 서식하는 특정 생물 종은 겨울철 동안 에너지를 보존하기 위해 독특한 적응 방식을 진화시켜 왔습니다. 이 생물들은 동면 상태에 들어가는데, 이는 생명 활동이 느려지는 비활동 기간입니다. 이 비활동 기간은 자원이 제한된 경우 생물들이 약 70~100배 적은 에너지를 사용하게 하는 것으로 추정됩니다. 일부 땅다람쥐 종은 동면합니다.

아래 모형에는 다람쥐의 신체 체계의 일부 구성 요소가 포함되어 있습니다.

땅다람쥐의 해부 구조



동면하는 동물을 연구하는 연구원들은 동면과 관련된 일부 생리적 변화가 혈전 형성으로 이어질 수도 있다는 것을 발견했습니다. 이 동물들은 동면하지 않을 때와 비교하여, 동면할 때의 혈소판 수에 상당한 차이가 있었습니다.

혈소판은 다리와 같은 뼈의 골수 내에서 형성되는 혈액 성분입니다. 혈소판은 혈액 응고를 돕습니다.

아래 정보는 동면하는 동물에게 일어나는 몇 가지 변화를 요약한 것입니다.

동면하는 동물에게 나타나는 생리적 변화의 예

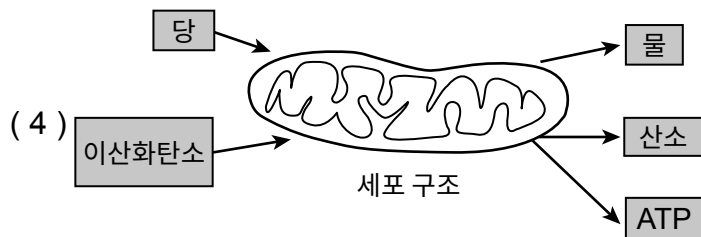
동물	상태	평균 심박수 (BPM)	평균 호흡수 (호흡/분)	평균 체온 (°C)	혈소판 수 (#/L)
13줄 땅다람쥐	동면 중이 아닐 때	250	100	37	445×10^9
	동면 중일 때	5	3	6	47.9×10^9
스칸디나비아 불곰	동면 중이 아닐 때	45	6	37	262×10^9
	동면 중일 때	10	1	32	174×10^9

1 다음 중 땅다람쥐의 해부 구조 모형에 나타난 신체 체계 간의 상호 작용 중 다람쥐가 동면하는 동안 혈전이 형성되지 않게 하기 위해 사용되는 상호작용을 가장 잘 설명하는 진술은 무엇입니까?

- (1) 근육계의 근육은 움직임을 증가시켜 혈전 형성을 막기 위해 호흡계의 폐로부터 더 많은 CO_2 를 공급받아야 한다.
- (2) 순환계에 의해 운반되는 혈액은 혈전 형성을 막기 위해 골격계의 뼈에서 생성되는 혈소판 수를 증가시켜야 한다.
- (3) 골격계의 골수는 순환계로 방출되는 혈소판의 생성을 감소시켜, 혈전이 혈류를 방해하는 것을 막는다.
- (4) 신경계는 체온을 상승시켜 호흡계의 폐가 흡수하는 O_2 의 양을 감소시켜, 혈전 형성을 막는다.

2 연구원들이 수집한 데이터를 활용하여, 환경 온도가 낮아짐에 따라 동면하는 동물의 피드백 기작이 항상성을 유지한다는 주장을 뒷받침하는 증거를 제시하십시오. [1]

3 다음 중 물질과 에너지가 땅다람쥐 세포에 사용할 수 있는 형태로 전환되는 화학 과정의 투입물과 산출물을 가장 잘 나타내는 모형은 무엇입니까?



동면 연구 중에 연구원들은 포유류의 면역계 기능이 영향을 받을 수 있다는 사실도 발견했습니다.

아래 도표는 조사를 통해 수집된 데이터를 보여줍니다.

동면 중 대략적인 백혈구 감소량

동물	감소율
스칸디나비아 불곰	40%
열세줄땅다람쥐	90%
북부윗수염박쥐	45%

- 4 제공된 데이터를 바탕으로, 다음 중 다람쥐나 곰과 같은 동물이 동면 중 어떻게 면역계의 변화를 통해 항상성을 유지하는지 가장 잘 나타낸 설명은 무엇입니까?

- (1) 동물들이 동면할 때 백혈구 생성이 증가하며, 이는 항상성을 유지하기 위해 더 많은 에너지를 사용한다.
- (2) 동면하는 동물은 백혈구 생성이 감소하여 에너지를 보존할 수 있다.
- (3) 동면 중에는 동물의 백혈구 생성이 감소하여 질병 퇴치 능력이 향상된다.
- (4) 동물들이 동면할 때 백혈구 생성은 영향을 받지 않으며 질병 퇴치 능력이 감소한다.

또 다른 포유류인 박쥐에서도 동면 동안 유사한 면역반응이 나타납니다. 이는 박쥐가 감염과 싸우는 방식에 영향을 미칠 수 있습니다.

한 곰팡이가 일부 박쥐 군체에 영향을 미쳐 박쥐 개체수가 크게 감소했습니다. 동면 동안 주기적으로 깨어나는 박쥐들은 면역계를 재활성화한다는 주장이 제기되었습니다.

- 5 진화 과정의 결과로 주기적으로 깨어나는 박쥐의 개체수가 증가할 것이라는 설명을 증거를 들어 구성하십시오. [1]

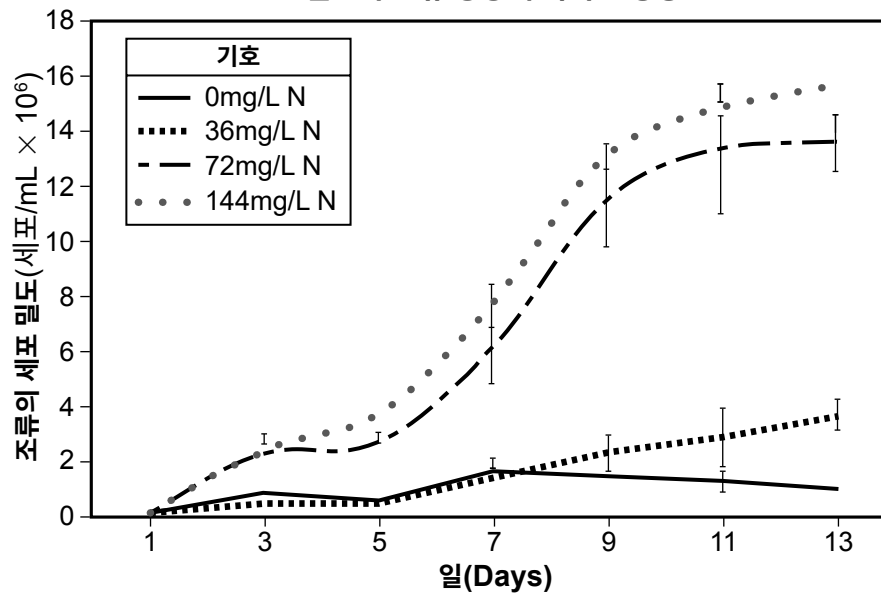
아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 6번부터 9번까지의 문제에 답하십시오.

질소: 친구인가 적인가?

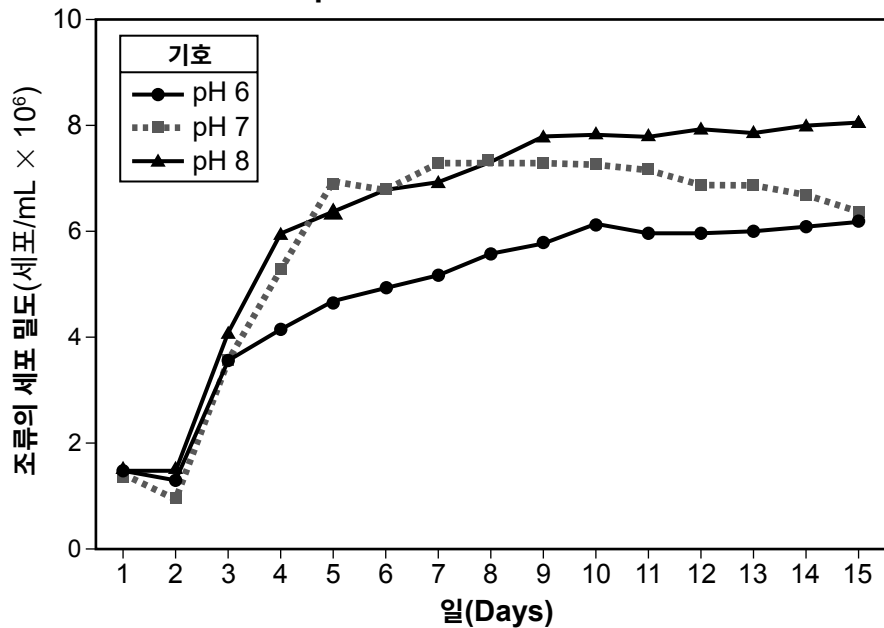
조류는 많은 수생 생태계에서 필수적인 역할을 하는 단순한 식물 유사 유기체입니다. 그러나 모든 조류의 성장이 생태계에 유익한 것은 아닙니다.

연구원들은 조류가 포함된 물 표본에 다양한 양의 질소(N)를 첨가하여 질소가 조류 성장에 미치는 영향을 실험했습니다. 수집한 데이터가 다음 그래프에 나와 있습니다.

질소가 조류 성장에 미치는 영향



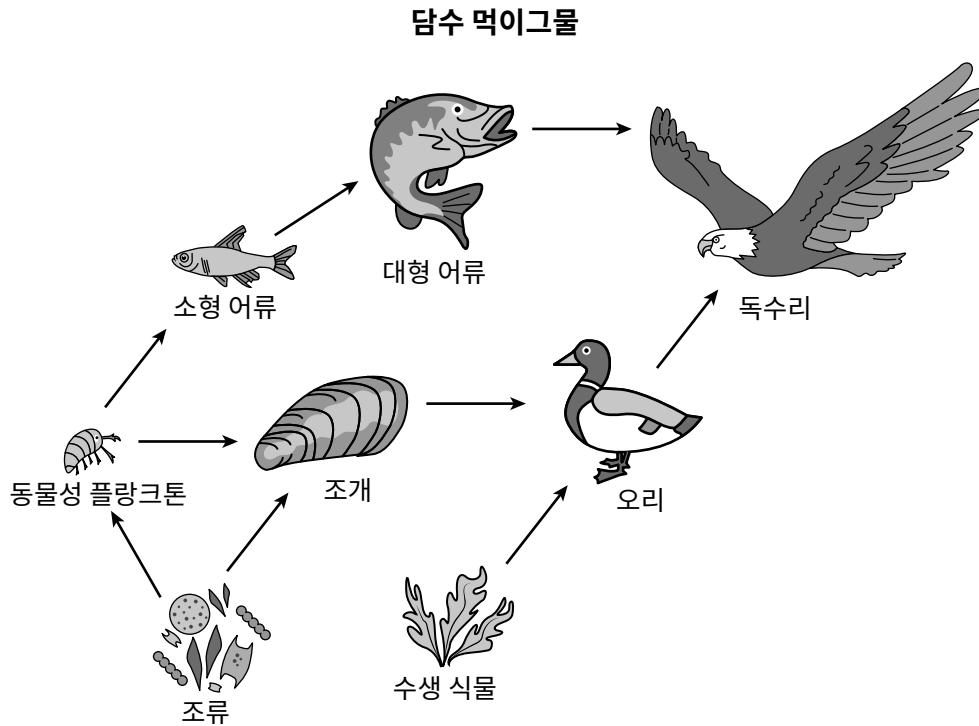
pH가 조류 성장에 미치는 영향



6 그래프의 데이터를 활용할 때 조류 개체군 크기에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 무엇입니까?

- (1) 질소 36mg/L에 노출된 조류 개체군이 13일 동안 가장 많이 성장했다.
- (2) pH 8에 노출된 조류 개체군이 7일이 되기 전 최대 밀도에 도달했다.
- (3) 질소 144mg/L에 노출된 조류 개체군이 13일에 최대 밀도에 도달했다.
- (4) pH 7에 노출된 조류 개체군이 7일 이후에 꾸준히 증가했다.

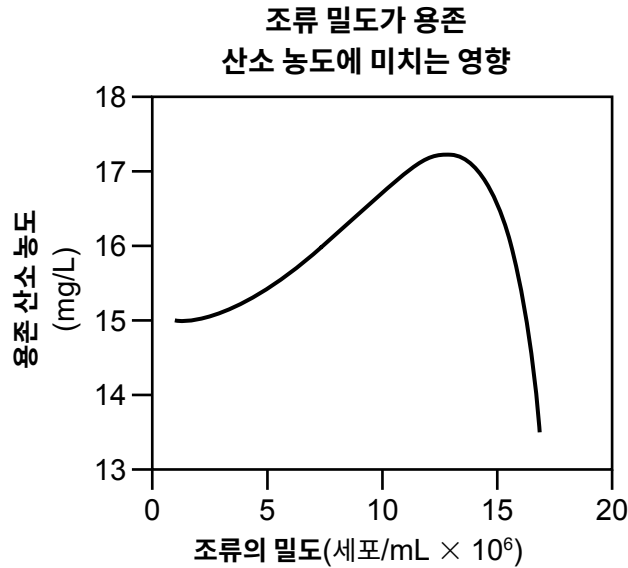
아래 모형은 담수 먹이그물의 한 예를 보여줍니다.



7 과학자들은 적은 양의 질소를 첨가하면 전체 먹이그물에 속한 모든 종의 환경수용력에 영향을 미칠 것이라고 주장합니다. 주어진 정보를 활용하여 과학자들의 주장을 가장 잘 뒷받침하는 설명은 무엇입니까?

- (1) 생산자가 증가하면서 먹이그물의 나머지 유기체가 사용할 수 있는 에너지가 늘어나, 이들의 환경수용력이 증가할 것이다.
- (2) 조류 개체군의 환경수용력이 감소하면서 수생 식물이 사용할 수 있는 에너지가 더 많아지고 식물과 소비자의 환경수용력이 증가하게 된다.
- (3) 증가한 조류 개체군이 모든 가용 에너지를 흡수함에 따라 생산자를 제외한 먹이그물 속 모든 유기체의 환경수용력이 감소할 것이다.
- (4) 조류는 포식자 식단의 주요 구성 요소이기 때문에 포식자의 환경수용력이 증가할 것이다.

조류 번식(HAB)은 뉴욕주의 호수를 비롯한 전 세계 담수역에서 문제가 되고 있습니다. 농부들은 자기 농지에서 종종 질소가 함유된 화학 비료를 사용합니다. 과도한 비료는 담수 생태계로 흘러 들어가 HAB로 이어질 수 있습니다. 아래 그래프는 HAB가 담수 생태계의 산소 농도에 미치는 영향을 보여줍니다.



- 8 과학자들은 144mg/L의 질소가 담수 생태계 유기체 간의 복잡한 상호 작용에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 주장합니다. 아래의 타당함 또는 타당하지 않음 칸 중 하나에 체크 표시(✓)를 하여 이 주장이 타당한지 여부를 평가하십시오. 자신의 평가를 뒷받침하는 데이터를 제시하십시오. [1]

☐

타당함

☐

타당하지 않음

- 9 다음 중 인간 활동으로 인해 발생하는 유해 조류 번식 가능성을 가장 효과적이고 안전하게 **줄일 수 있는** 대책은 무엇입니까?

- (1) 농민들에게 담수역으로의 유출을 최소화하는 농업 방식을 사용하도록 요구한다.
- (2) 조류 개체수를 조절하기 위해 조류를 섭취하는 외래종을 물에 추가한다.
- (3) 물 속의 질소의 영향을 제거할 수 있는 추가 화학 물질을 수역에 추가한다.
- (4) 모든 담수역 주변에 콘크리트 장벽을 건설하여 영양분 유출이 수로로 유입되는 것을 막는다.

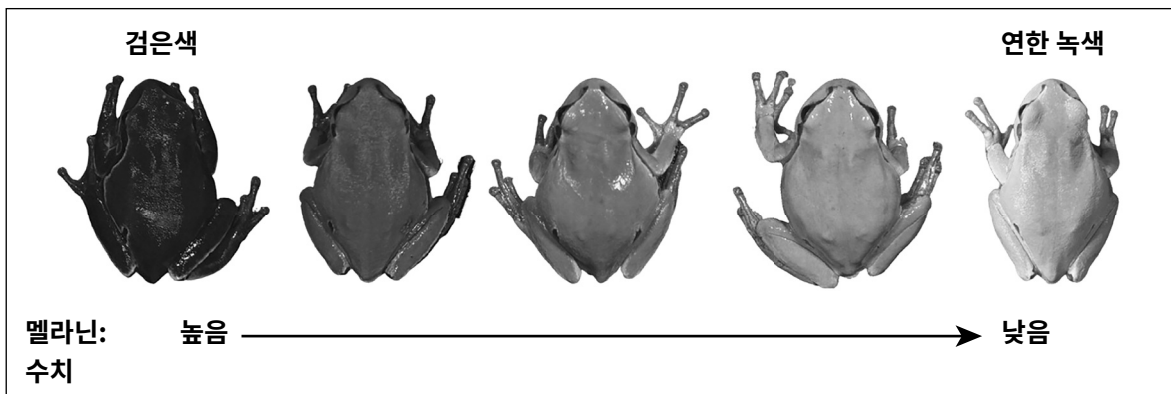
아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 10번부터 14번까지의 문제에 답하십시오.

초록색 개구리와 검은색 개구리

1986년, 동유럽에 위치한 체르노빌의 원자로에서 대량의 방사성 물질이 대기 중으로 방출되었습니다. 주변 지역은 오늘날까지도 인간이 거의 거주할 수 없는 상태로 남아 있습니다. 방출된 방사선이 자연적으로 안전한 수준으로 돌아오려면 몇 년이 걸릴 것입니다.

동부 청개구리(*Hyla orientalis*)는 체르노빌 재해 현장 주변 지역에 서식합니다. 동부 청개구리는 피부 세포에 존재하는 색소 멜라닌 수치의 차이로 인해 다양한 색상 변이가 나타납니다. 재해가 발생하기 전에는 대부분의 동부 청개구리가 녹색이었고 소수의 개구리만이 검은 피부 세포 특질을 보였습니다. 2022년에 진행된 체르노빌 주변 지역에 대한 연구에 따르면, 현재 개구리 개체군은 이전보다 훨씬 어두워졌으며, 검은색 개구리가 증가하고 연한 초록색 개구리는 감소했습니다. 이 개구리들의 색상 변이는 아래에 나와 있습니다.

동부 청개구리(*H. orientalis*)의 색상 변이



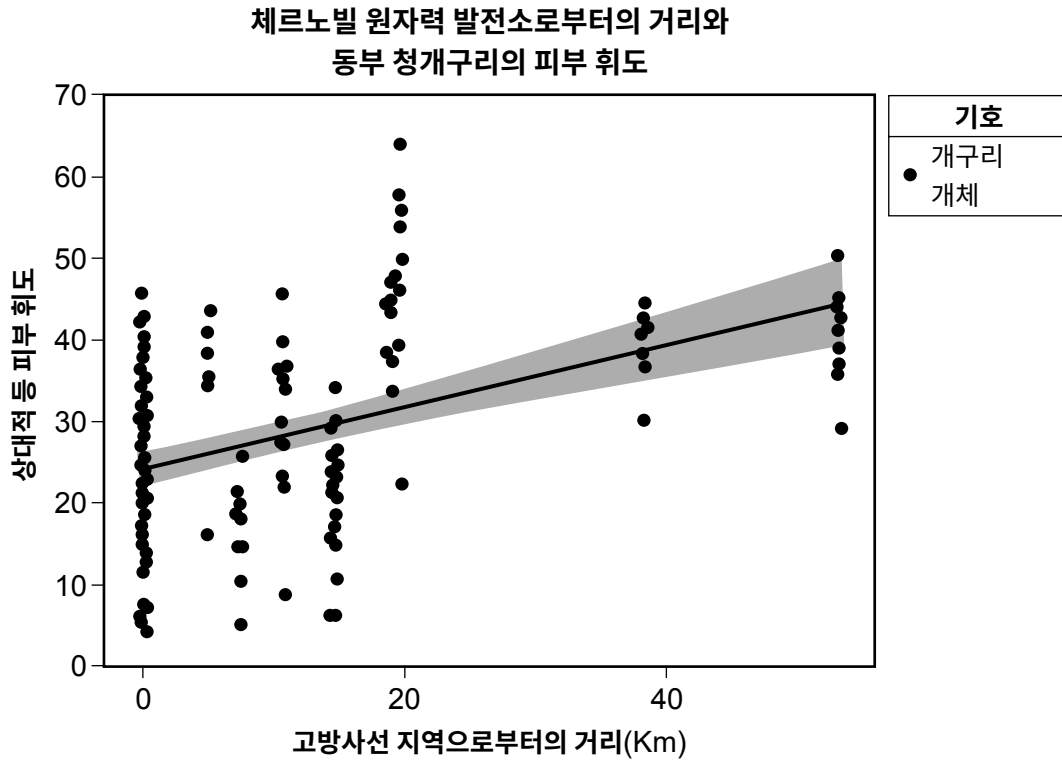
10 다음 중 개구리의 피부색 유전에서 변화를 일으키는 DNA의 역할을 가장 잘 설명하는 질문은 무엇입니까?

- (1) 왜 개구리 피부 세포의 DNA는 색소를 생성하지 않는 다른 체세포의 DNA와 다른 염기서열을 갖는가?
- (2) 같은 종의 모든 개구리는 어떻게 부모로부터 동일한 색소 단백질을 물려받는가?
- (3) 개구리가 부모로부터 받은 색소 생성 대립유전자의 조합이 개구리의 피부색을 어떻게 결정하는가?
- (4) 왜 색상이 다른 청개구리가 부모로부터 다른 양의 DNA를 물려받는가?

11 다음 중 체르노빌 재해 이전 개구리 개체군의 색상 분포와 빈도가 자연선택의 결과라는 주장을 가장 잘 뒷받침하는 증거는 무엇입니까?

- (1) 녹색 색소는 검은색 색소보다 햇빛을 더 잘 흡수하여 개구리를 더 따뜻하게 했다.
- (2) 검은색 개구리는 초록색 개구리보다 포식자를 피하는 데 더 효과적이었다.
- (3) 초록색 색상 덕분에 개구리는 나무에서 더 잘 위장할 수 있었다.
- (4) 검은색 색상 덕분에 개구리는 더 많은 짝을 유인하고 더 많은 자손을 낳을 수 있었다.

세포 내 멜라닌의 양이 증가함에 따라 휘도(등 피부에서 감지되는 밝기)는 감소합니다. 2022년 연구에서 연구원들은 체르노빌 지역로부터 서로 다른 거리에서 개구리의 등 피부 휘도를 측정했습니다. 아래 그래프는 그 연구 결과를 보여줍니다.

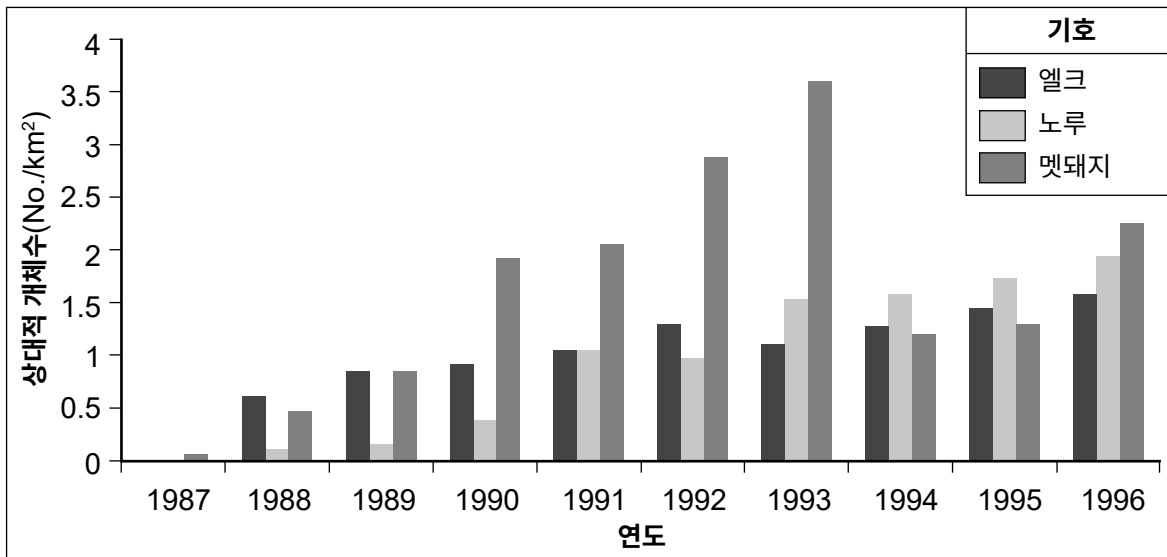


12 다음 중 제공된 정보에서, 체르노빌 주변 환경으로 방출된 방사선이 동부 청개구리 개체군의 색소에 변화를 유발했다는 증거는 무엇입니까?

- (1) 고방사선에 노출된 개구리들이 휘도가 더 높고 가장 연한 녹색을 나타냈다.
- (2) 원자로에 가장 가까운 개구리들이 휘도가 가장 낮고 멜라닌 수치가 가장 높았다.
- (3) 낮은 방사선에 노출된 개구리들이 피부 휘도가 더 높고 멜라닌 수치가 더 높았다.
- (4) 원자로에서 가장 멀리 떨어진 개구리들이 휘도가 가장 낮고 색상이 가장 어두웠다.

방사선 방출 후, 체르노빌 지역 근처의 평방 킬로미터당 동물 개체수(No./km²)는 수년 간 모니터링되었습니다. 현재 개체수는 체르노빌 방사선의 영향을 받지 않는 자연 보호 구역의 개체군과 비슷한 규모이며, 일부 개체군은 오염되지 않은 지역보다 더 규모가 큼니다. 연구에 따르면, 한 지역에서 방사선 수치와 연구된 동물의 상대적 개체수 사이에는 상관관계가 없는 것으로 나타났습니다. 아래 그래프는 재난 발생 후 처음 몇 년 간의 세 개의 동물 중에 대한 데이터를 보여줍니다.

체르노빌 재해 지역의 동물 개체수



13 다음 중 방사선 방출 이후 데이터로 가장 잘 뒷받침되는 체르노빌 동물 개체군의 복잡한 상호 작용에 대한 주장은 무엇입니까?

- (1) 멧돼지는 노루와 먹이를 놓고 경쟁했기 때문에 가장 마지막으로 개체수가 회복됐다.
- (2) 엘크는 같은 일반 지역에 서식하기 때문에 서식지 경쟁에서 항상 노루에게 패배했다.
- (3) 처음에는 모든 종들이 영향을 받았으며, 이들 중 누구도 새로운 환경에서 성공적으로 경쟁할 방법을 찾지 못했다.
- (4) 처음에는 모든 종들이 영향을 받았으며, 세 종 모두 동일한 서식지에서 먹이를 얻고 살아갈 방법을 찾을 수 있었다.

14 체르노빌 재해 직후, 노루 개체군은 거의 0마리까지 감소했습니다. 체르노빌 재해 이후 자연선택이 어떻게 노루 개체군의 증가로 이어졌는지에 대한 설명을 구성하십시오. [1]

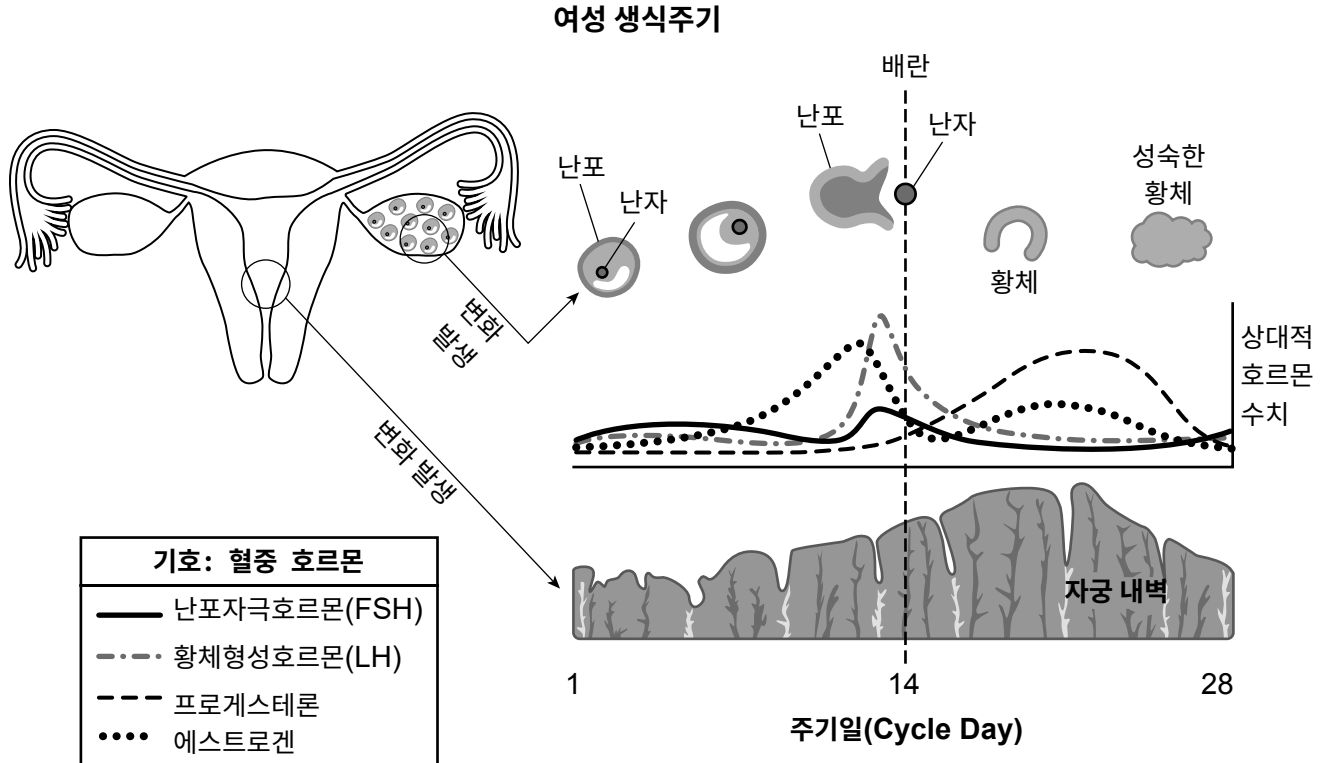
아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 15번부터 18번까지의 문제에 답하십시오.

다낭성 난소 증후군(PCOS)

인간의 난자는 유성생식 기능에 고도로 특화되어 있습니다. 난자는 장기, 분비선, 호르몬 간의 상호작용에 의해 조절되는 일련의 변화를 경험합니다.

다낭성 난소 증후군(PCOS)은 가임기 여성 8~13%에 영향을 미치는 질환입니다. PCOS가 있는 여성은 PCOS가 없는 여성보다 임신하기가 더 어렵다고 느끼는 경우가 많습니다.

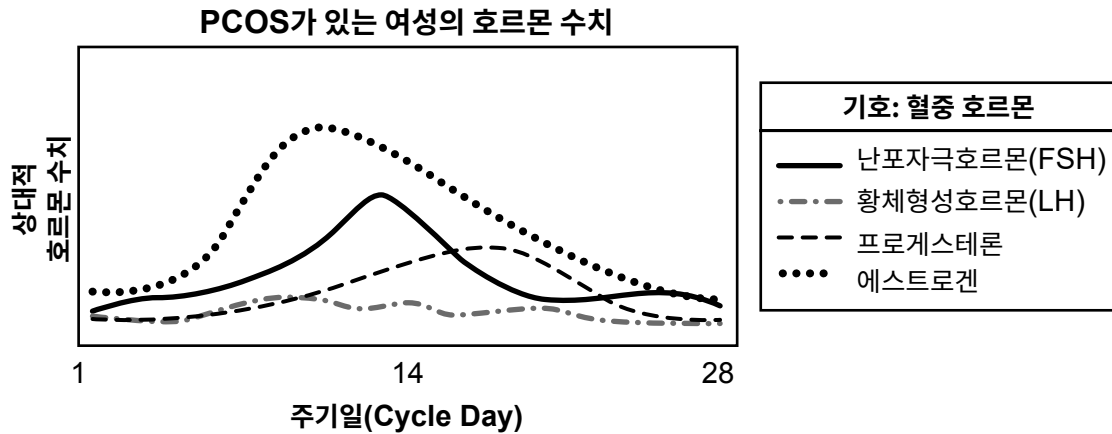
아래 모형은 28일 동안의 여성 생식주기를 나타냅니다.



- 15** 모형의 정보를 활용하여 특정 호르몬이 여성 생식계의 구조에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 기술하십시오. [1]

연구에 따르면, PCOS 환자는 PCOS가 없는 여성보다 난포 수가 두 배나 많지만, 대부분은 미발달 상태입니다.

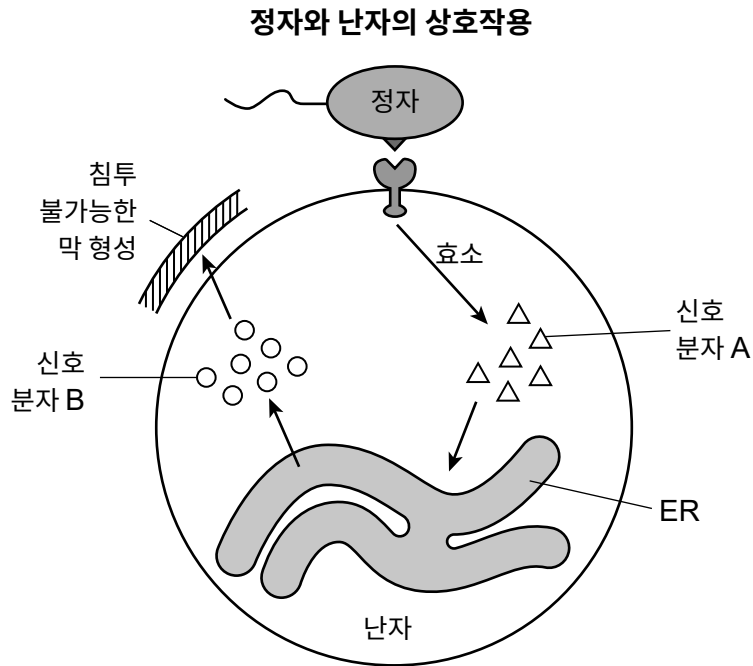
아래 그래프는 연구원들이 PCOS를 조사하는 동안 수집한 데이터 일부를 요약한 것입니다.



16 다음 중 PCOS가 난자와 관련된 피드백 기작의 실패로 인해 발생한다는 주장을 뒷받침하는 증거를 나타내는 진술은 무엇입니까?

- (1) PCOS 환자는 PCOS가 없는 여성에게서 나타나는 난포 자극호르몬(FSH) 생성이 최고치에 이르는 현상을 겪지 못하여 월경 주기에 지장을 준다.
- (2) PCOS 환자는 황체형성호르몬(LH) 수치가 낮아 배란이 일어나지 않는다.
- (3) PCOS가 있는 여성의 프로게스테론과 황체형성호르몬(LH) 수치는 14일차 이후에도 높게 유지되어 월경 주기가 불규칙해진다.
- (4) PCOS가 있는 여성은 에스트로겐과 난포 자극호르몬(FSH) 수치가 높아, 이미 형성된 여포가 과도하게 발달한다.

난자가 방출되면 난자 내의 여러 기작이 단 하나의 정자만 접합자에게 유전 정보를 전달하도록 합니다. 정자가 난자와 결합하면, 난자 내 세포소기관인 소포체(ER)가 난자 내에서 변화를 일으키는 신호를 방출합니다. 이는 다른 정자가 난자에 결합하지 못하도록 합니다. 아래 모형은 제안된 한 가지 기작을 나타냅니다.



17 다음 중 모형의 구조와 침투 불가능한 막 형성을 유도하는 기능을 올바르게 연결한 진술은 무엇입니까?

- (1) ER은 신호 분자의 생성을 자극하여, 정자가 난자에 결합하고 접합자가 형성되도록 하는 일련의 변화를 일으킨다.
- (2) 신호 분자는 정자 세포와 반응하여 ER을 자극하고 난자 주위에 침투 불가능한 막을 형성하는 데 필요한 효소를 방출하여 여러 개의 정자가 난자에 들어오는 것을 방지한다.
- (3) 난자 막 내의 수용체는 정자 세포와 결합하여 ER이 신호를 방출하도록 자극하는 일련의 반응을 일으키고, 이로 인해 침투 불가능한 막이 형성됩니다.
- (4) 정자 세포막에는 난자에 부착되는 수용체가 있어, 이를 통해 정자 내에서 효소가 방출되어 다른 정자가 난자에 부착되는 것을 방지할 수 있다.

PCOS는 난임 가능성이 높아지는 것 외에도, 비생식 증상을 유발할 수 있습니다. 연구원들은 PCOS의 증상을 치료하는 데 사용할 수 있는 방법들을 조사하고 있습니다. 이 중 두 가지 치료 계획이 아래에 설명되어 있습니다.

계획 1: 특정 증상을 관리하기 위한 약물 치료.

계획 2: 증상 완화를 위한 운동 및 식단 개선.

- 18** 주어진 치료 계획 중 어떤 것이 PCOS의 증상을 가장 효과적으로 **줄일** 수 있는지 식별하십시오. 다음 제약 조건들 중 **두 가지**를 고려할 수 있습니다: 비용, 안정성, 신뢰성. 표를 완성하여 답변을 기록하십시오. [1]

계획 번호: _____

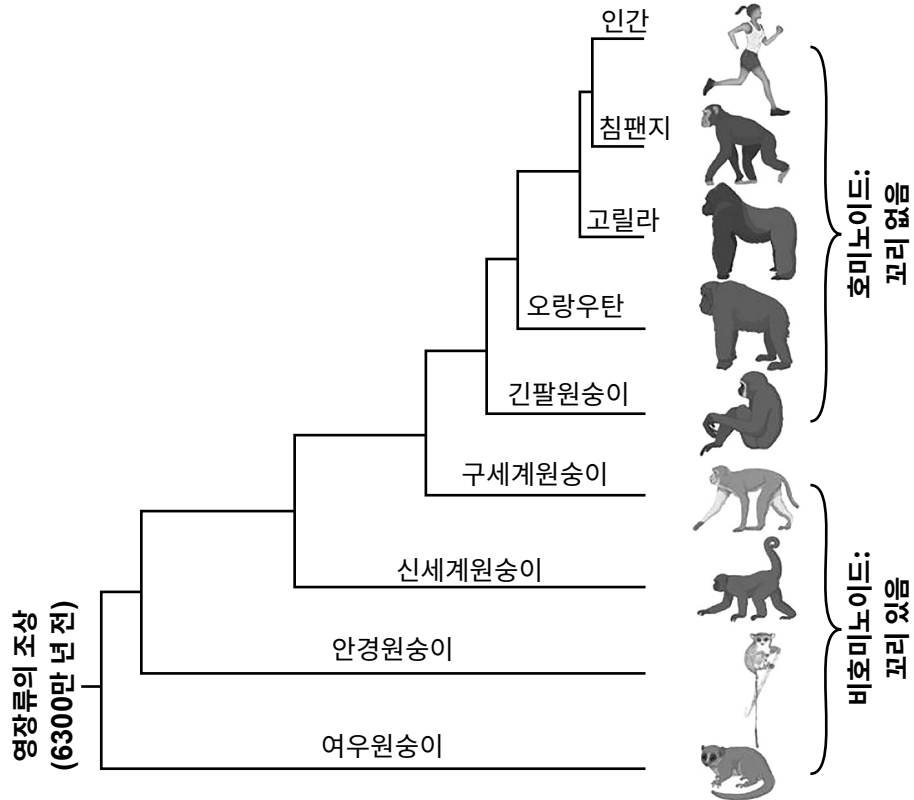
제약 조건	장단점	이유
	장점	
	단점	

아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 19번부터 22번까지의 문제에 답하십시오.

꼬리없는 인간

인간은 다른 영장류와 매우 높은 비율의 DNA를 공유합니다. 호미노이드라고 불리는 한 그룹은 아래 모형에서 볼 수 있듯이 1500만~2000만 년 전 원숭이와 유사한 영장류로부터 갈라져 꼬리 없이 진화했습니다.

영장류 진화 계통도

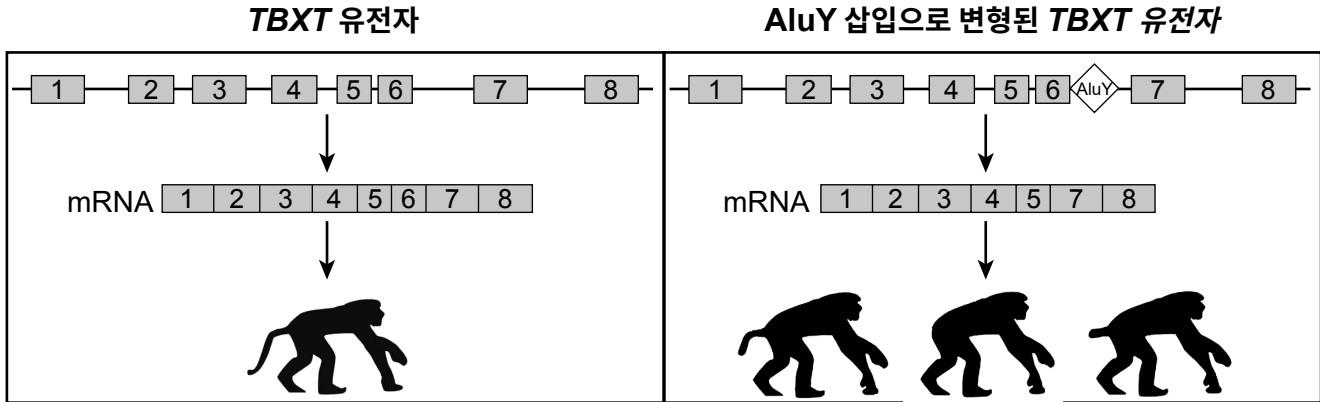


과학자들은 꼬리 발달에 관여하는 *TBXT* 유전자를 확인했습니다. *TBXT* 유전자는 많은 동물의 초기 배아 발달 동안 꼬리 생성에 관여하는 유전자를 포함하여 많은 유전자를 활성화시키는 역할을 하는 전사인자(단백질의 일종)를 암호화합니다.

19 다음 중 진화 계통도 도표에서 침팬지와 인간의 위치를 결정하는 데 사용할 수 있는 경험적 증거를 제공하는 진술은 무엇입니까?

- (1) 화석 기록에 따르면, 침팬지와 인간은 꼬리를 가진 멸종된 영장류 그룹에서 6300만 년 전에 진화했다.
- (2) 침팬지는 다른 어떤 영장류보다 인간과 더 많은 DNA 염기서열을 공유하며, 가장 최근의 공통 조상을 가졌다.
- (3) 침팬지와 인간 모두 꼬리가 없고 배아 발달 과정에서 어떠한 전사인자도 생성할 수 없다.
- (4) 침팬지와 인간은 신체적으로 가장 유사하며 동일한 서식지에 적응해 있다.

최근, 포유류에서 꼬리가 없는 원인이 *TBXT* 유전자의 비암호화 영역에 삽입되는 AluY라는 염기서열에 있는 것으로 밝혀졌습니다. *TBXT* 유전자가 전사되면, 아래와 같이 암호화 영역(아래 도표에서 번호가 매겨진 상자로 표시됨)은 서로 붙여지고, 비암호화 영역(실선으로 표시됨)은 제거됩니다. 그러나 AluY 염기서열이 삽입되면, 암호화 영역 6이 잘려 나가면서 발현되지 않습니다. 그 결과로 생긴 동물들은 꼬리가 짧아지거나 없어집니다.



20 다음 중 *TBXT* 유전자의 구조가 꼬리의 초기 발달 과정에서 기능하는 단백질의 구조를 결정한다는 설명을 가장 잘 뒷받침하는 증거가 포함된 진술은 무엇입니까?

- (1) *TBXT* 유전자의 암호화 영역 6이 발현되면, mRNA는 동물 배아에서 꼬리가 없는 형질에 대한 단백질을 생산하는 데 필요한 암호를 갖게 된다.
- (2) *TBXT* 유전자는 꼬리 있는 동물과 꼬리 없는 동물 모두에서 배아 발달 과정 중 전사된다.
- (3) 동물 배아는 *TBXT* 유전자의 암호화 영역 6이 발현될 때에만 완전한 길이의 꼬리를 생성한다.
- (4) 암호화 영역 6이 전사되지 않으면, *TBXT* 유전자의 다른 암호화 영역이 이를 대신하는데, 이는 암호화 영역 6의 역할이 동물 배아가 꼬리를 발달시키는 데 중요하기 때문이다.

21 다음 중 연구원들이 호미노이드 사이에서 꼬리가 없는 형질을 일으키는, 부모로부터 자손으로 전달되는 변이를 확인하는 데 도움이 되도록 *TBXT* 유전자와 관련해 조사해야 할 질문은 무엇입니까?

- (1) 왜 인간과 침팬지는 서로 다른 *TBXT* 유전자 변이를 가지고 있는데, 두 종 모두 꼬리가 없는 형질을 나타내는가?
- (2) *TBXT* 유전자가 있는 호미노이드와 없는 호미노이드의 배아 발달 염기서열을 비교하는 것이 비호미노이드에 꼬리가 없는 이유를 어떻게 밝히는가?
- (3) 호미노이드의 *TBXT* 유전자 염기서열은 다른 영장류의 *TBXT* 유전자 염기서열과 어떻게 비교되는가?
- (4) *TBXT* 유전자 외에, 영장류에서 꼬리가 없는 형질을 생성하지 않고 변경할 수 있는 유전자는 무엇인가?

연구원들은 쥐에게 AluY를 삽입하는 모형을 개발했습니다. 연구원들은 유전공학 기술을 사용하여 쥐의 한 유전자 사본에서 *TBXT* 유전자 영역 6을 제거했습니다 (*TBXT*⁻⁶). 다른 한 사본은 그대로 두었습니다(*TBXT*⁺).

이 잡종 쥐들을 교배하여 자손을 얻었습니다. 그 결과는 아래와 같습니다.

***TBXT*⁻⁶ / *TBXT*⁺ x *TBXT*⁻⁶ / *TBXT*⁺ 부모 교배의 결과**

자손의 유전자형 (유전적 구성)	살아남은 자손의 수	표현형 (자손의 신체적 모습)
<i>TBXT</i> ⁻⁶ / <i>TBXT</i> ⁻⁶	0	확인 불가
<i>TBXT</i> ⁻⁶ / <i>TBXT</i> ⁺	63	꼬리 없음 또는 짧은 꼬리
<i>TBXT</i> ⁺ / <i>TBXT</i> ⁺	35	긴 꼬리

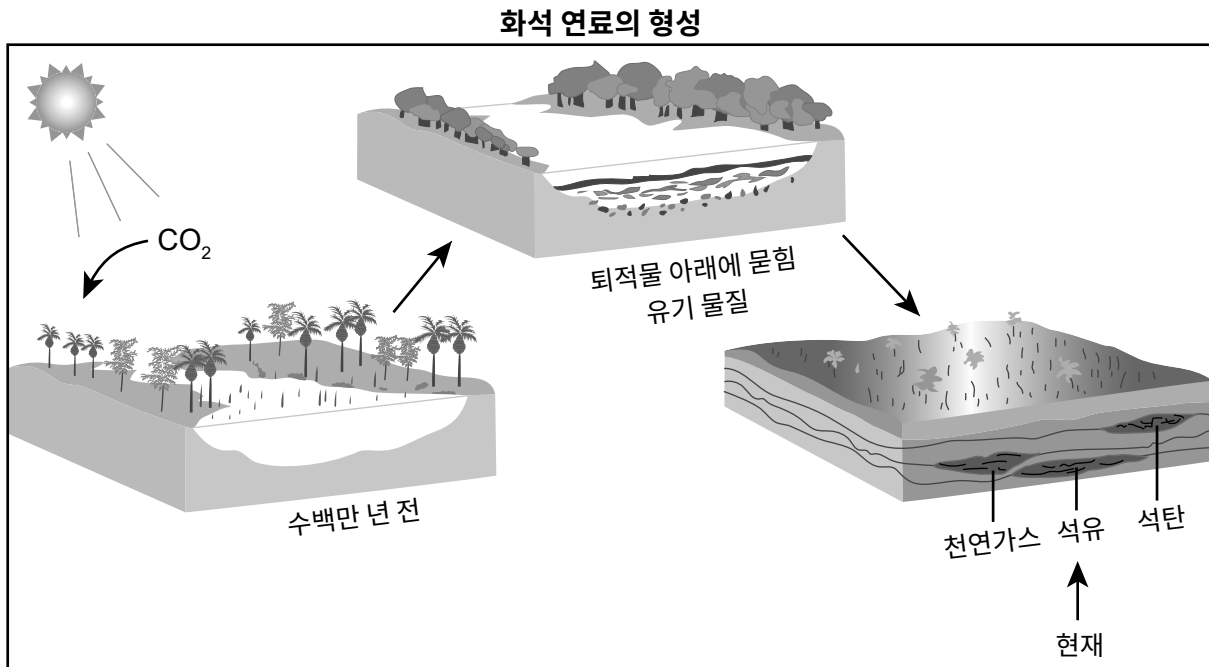
- 22** 유전공학에 의해 생성된 변이가 쥐의 자손에게 유전된다는 주장이 제기되었습니다. 이 주장을 뒷받침할 데이터상의 증거를 제시하십시오. [1]

아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 23번부터 27번까지의 문제에 답하십시오.

화석 연료: 눈에서는 멀어져도, 마음에서는 멀어지지 않아

3억 5900만 년 전에서 2억 9900만 년 전까지의 석탄기(Carboniferous Period)는 식물 생체량의 급격한 증가가 특징이었습니다. 아주 울창한 숲이 지구 열대 지역의 넓은 면적을 뒤덮었습니다. 이 숲의 생체량에 저장된 물질은 여러 과정을 거쳤습니다. 오늘날 작용하는 화학 과정은 고대 지구에 존재했던 것과 동일합니다.

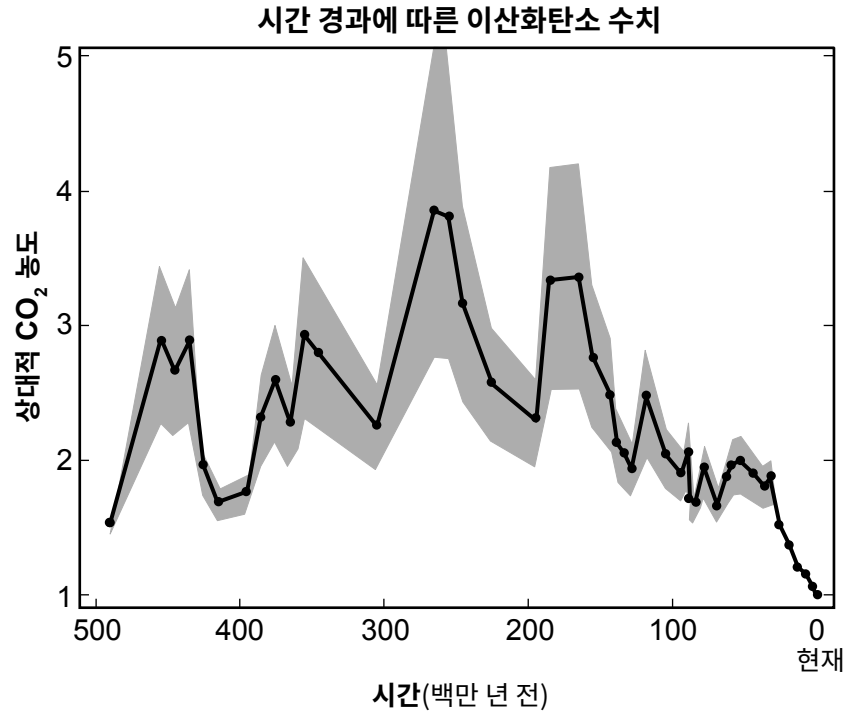
아래 도표는 지구권 구성 요소 간의 일부 상호 작용을 나타냅니다.



23 다음 중 이 모형을 바탕으로, 화석 연료 형성으로 이어진 탄소 순환 과정 중 한 가지 과정의 역할을 가장 잘 나타내는 설명은 무엇입니까?

- (1) 광합성은 대기권에서 식물의 뿌리에 태양에너지를 저장하며, 이는 결국 생물권에서 화석 연료가 형성될 때 환경으로 되돌아간다.
- (2) 화석 연료는 미생물이 식물을 일부분해한 후 생물권의 탄소가 지권으로 이동할 때 형성된다.
- (3) 식물이 대기권에서 흡수한 이산화탄소는 세포 호흡 과정에서 지권으로 다시 순환되어 화석 연료를 형성한다.
- (4) 대기권에서 흡수된 물은 세포 호흡을 통해 지권의 탄소 함유 물질로 전환되며, 이는 화석 연료로 변환된다.

석탄기를 포함하여 지구 역사 전반에 걸쳐 환경 조건에는 많은 변화가 있었습니다. 아래 그래프는 이러한 변화 중 하나를 보여줍니다.



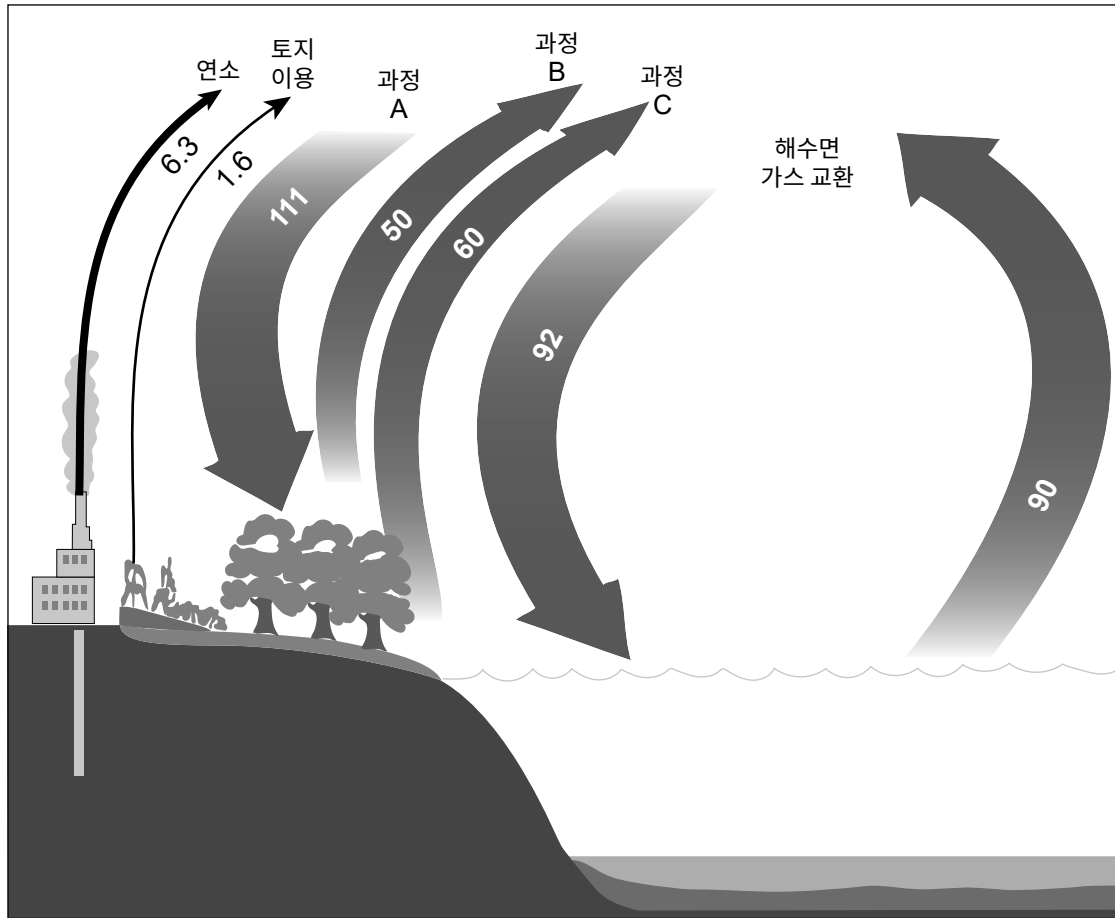
- 24** 제시된 증거를 사용하여 석탄기 동안 식물의 수용력이 오늘날과 크게 달랐던 이유에 대한 설명을 뒷받침하십시오. [1]

- 25** 다음 중 석탄기 동안 생물과 지구 시스템 간 피드백이 공진화했다는 주장을 뒷받침하는 진술은 무엇입니까?

- (1) 식물이 죽고 분해되면서 더 많은 화석 연료를 공급하여 더 많은 식물이 자랄 수 있었다.
- (2) 식물 생명체의 증가로 광합성을 통해 더 많은 물이 방출되었고, 이로 인해 육상 동물이 발달할 수 있었다.
- (3) 식물이 포집하는 탄소가 줄어들면서 대기 중 탄소에 대한 경쟁이 감소하여 동물이 발달하기 시작했다.
- (4) 식물은 광합성을 통해 더 많은 가스를 방출했고, 이로 인해 더 복잡한 동물 생명이 발달할 수 있었다.

탄소는 여러 가지 다양한 과정을 통해 환경 전체에서 순환됩니다. 아래 모형은 탄소 순환에 대한 정보를 보여줍니다.

연간 수십억 톤의 탄소 순환



26 위 모형의 양적 데이터를 활용하여 대기권과 수권 사이의 탄소 순환이 인간의 활동에 의해 어떻게 변화되었는지 기술하십시오. [1]

인간의 화석 연료 사용으로 인한 탄소 순환의 변화는 전 세계적으로 중대한 과제입니다. 이에 대응하여 뉴욕주는 향후 더 많은 전기 승용차(EV)를 판매하거나 임대하도록 장려하고 있습니다.

27 다음 중 화석 연료 과다 사용에 대한 대책을 설계할 때 고려해야 하는 사회적 요구를 고려한 기준 또는 제약 조건을 가장 잘 설명하는 진술은 무엇입니까?

- (1) 이 대책은 대기질 개선이라는 요구를 해결하기 위해 대기 중으로 유입되는 탄소량을 줄이는 기준을 충족해야 한다.
- (2) 모든 EV의 크기는 성인 6명이 탑승할 수 있어야 한다는 기준을 충족해야 하며, 차량이 지구 대기로 배출하는 탄소량을 제한해야 한다.
- (3) 전기 자동차의 가격이라는 제약 조건은 사람들이 대중 교통을 이용하도록 장려하기 위해 화석 연료 차량보다 높아야 한다.
- (4) EV 구매 시 소비자의 선택권을 유지하기 위해 차량 스타일 및 색상 수라는 제약 조건이 현재 제공되는 수준과 비슷해야 한다.

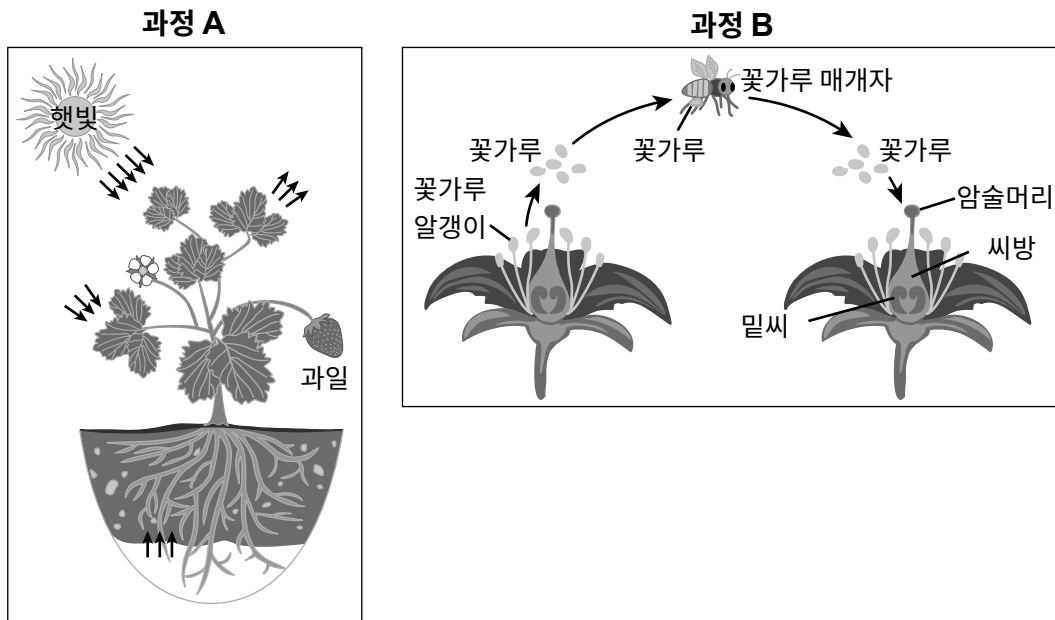
아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 28번부터 32번까지의 문제에 답하십시오.

윙윙거리는 벌들

꿀벌은 인간에게 생태계 서비스를 제공하는 데 필수적인 역할을 합니다. 꿀벌만으로도 130종 이상의 과일과 채소를 포함하여 모든 꽃식물의 80%를 수분합니다. 꿀벌이 사용하는 집단 행동은 꿀벌이 수분을 효과적으로 하도록 만듭니다. 이 벌들은 벌집을 보호하고 벌집 구성원 모두에게 꿀을 공급할 수 있도록 하는데 특히 능숙합니다.

꿀벌은 여왕벌, 수천 마리의 일벌, 수벌을 포함한 군체에서 서식하는 사회적 곤충입니다. 봄과 여름에는 어린 일벌들이 꽃가루와 화밀을 모으고 군체를 방어합니다. 꿀벌은 화밀과 꽃가루를 사용하여 꿀을 생산해 겨울을 견뎌냅니다.

아래 표시된 두 가지 과정은 벌집이 있는 환경에서 진행 중인 과정입니다.



28 다음 중 꿀벌이 생태계의 에너지 흐름에 중요한 역할을 한다는 주장을 가장 잘 뒷받침하는 설명은 무엇입니까?

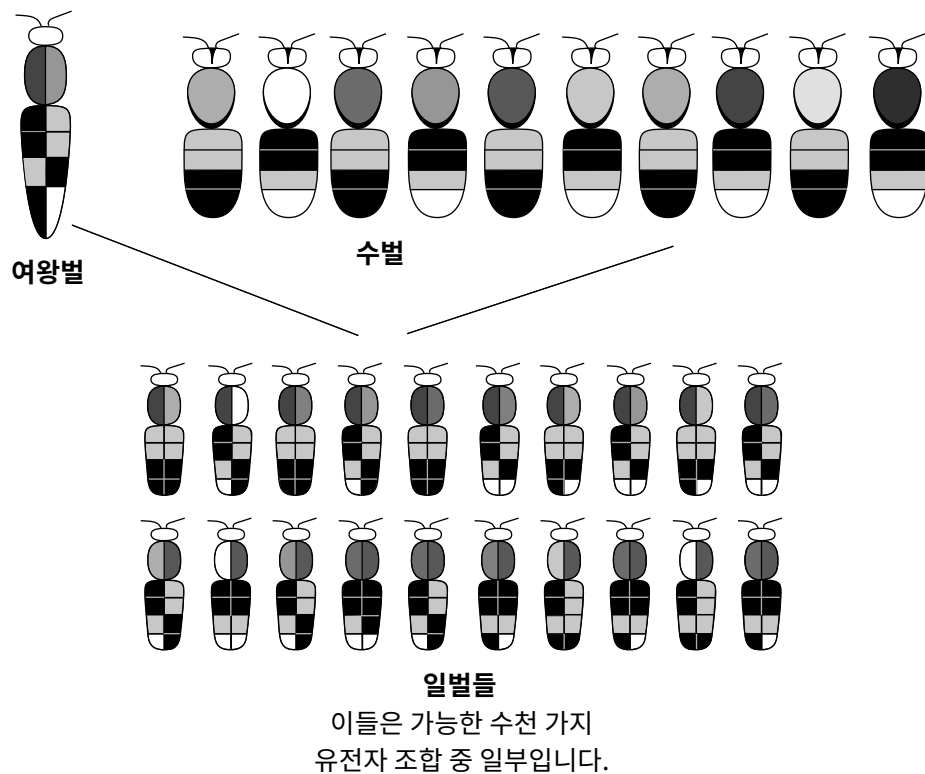
- (1) 식물은 과정 A를 사용하여 햇빛을 잎 속에 저장된 에너지로 전환하며, 이는 꿀벌의 먹이원으로 사용된다.
- (2) 꿀벌은 과정 B를 사용하여 꽃가루를 옮기며, 이로 인해 식물은 다른 유기체의 먹이원으로 사용되는 과일을 생산할 수 있다.
- (3) 식물은 과정 B를 사용하여 꽃가루를 꽃 속의 열매로 전환하며, 이는 꿀벌의 먹이원으로 사용된다.
- (4) 꿀벌은 과정 A를 사용하여 햇빛을 저장된 에너지로 전환하며, 이는 다른 유기체의 먹이원으로 사용된다.

아래 표에 나타난 것처럼, 꿀벌 군체는 벌집 내에서 서로 다른 역할을 하는 구성원으로 이루어져 있습니다. 하단의 도표는 벌집 내에서 교배할 때 나타날 수 있는 결과를 보여줍니다.

꿀벌 종류별 역할

종류	벌집 내에서의 역할
여왕벌 	- 하루에 최대 2000개의 알을 낳음 - 행동과 벌집의 사회적 질서를 제어함
수벌 	벌집의 수컷 꿀벌은 여왕벌과 짝짓기를 함
일벌들 	- 벌집을 짓기 위해 밀랍을 생산함 - 먹이(꿀)를 생산함 - 벌집을 떠나 채집활동을 함(군체를 위해 꿀과 물을 모음) - 페로몬(호르몬)을 분비해 벌집에 경보를 알림 - 침을 사용하여 위협으로부터 벌집을 지키고, 이후에 죽음

여왕벌 짝짓기 결과

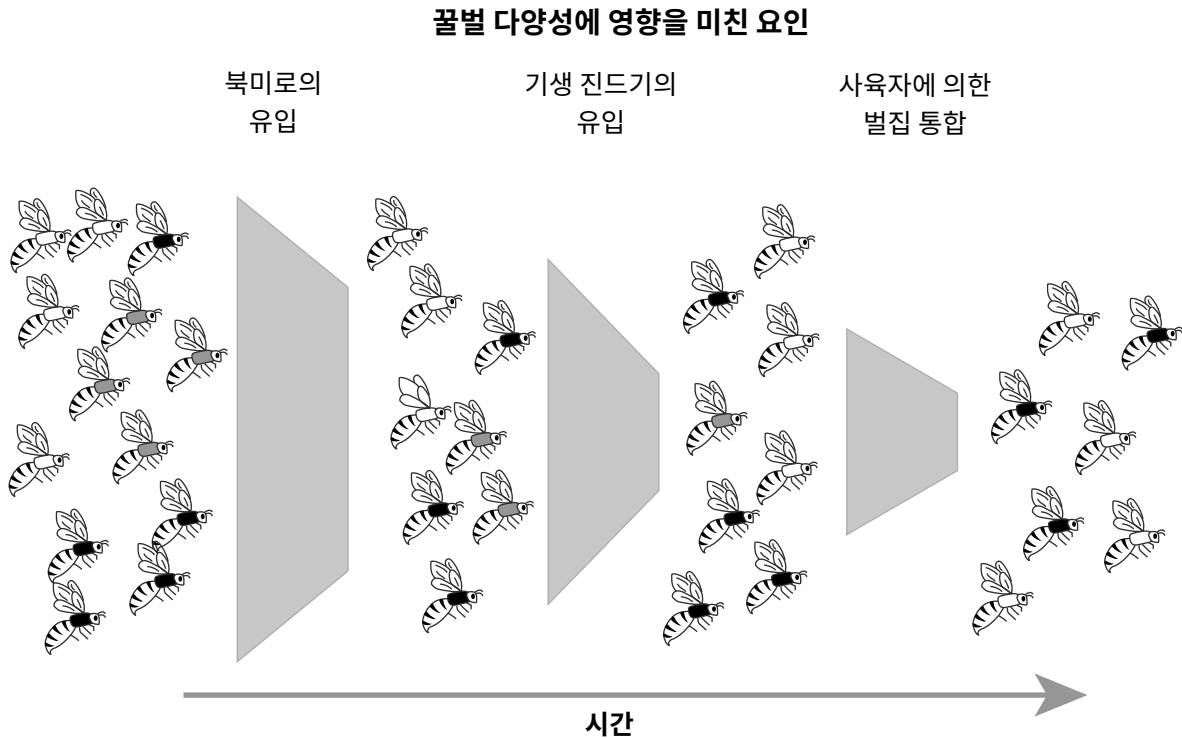


29 증거를 바탕으로 생식이 꿀벌의 진화 과정에 어떻게 기여하는지에 대한 설명을 구성하십시오. [1]

30 다음 중 꿀벌 벌집의 생존율을 높이기 위해 집단 행동을 사용하는 꿀벌의 역할을 가장 잘 뒷받침하는 증거를 나타내는 진술은 무엇입니까?

- (1) 일벌은 페로몬을 분비하여 다른 일꾼들에게 경보를 알리고, 군체가 침입자로부터 스스로를 보호하도록 돕는다.
- (2) 꿀벌은 각자 먹이를 찾고, 꽃가루를 모으고, 스스로를 방어하면서 생존을 위한 본능에 의지한다.
- (3) 수벌은 여왕과 교미하여 더 이상 쓸모 없게 될 때까지 벌집을 지키는 데 기여하고, 그 후에는 추방된다.
- (4) 꿀벌은 나이가 들면서 다양한 역할을 수행하며, 이는 각 꿀벌이 필요한 모든 작업을 스스로 완료할 수 있게 한다.

꿀벌이 복미에 유입된 이후 다양한 사건이 꿀벌 개체군에 영향을 미쳤습니다. 아래 모형은 이러한 사건들 중 일부의 영향을 보여줍니다. 모형에서 꿀벌에 음영처리가 된 부분은 개체군 내 변이를 나타냅니다.



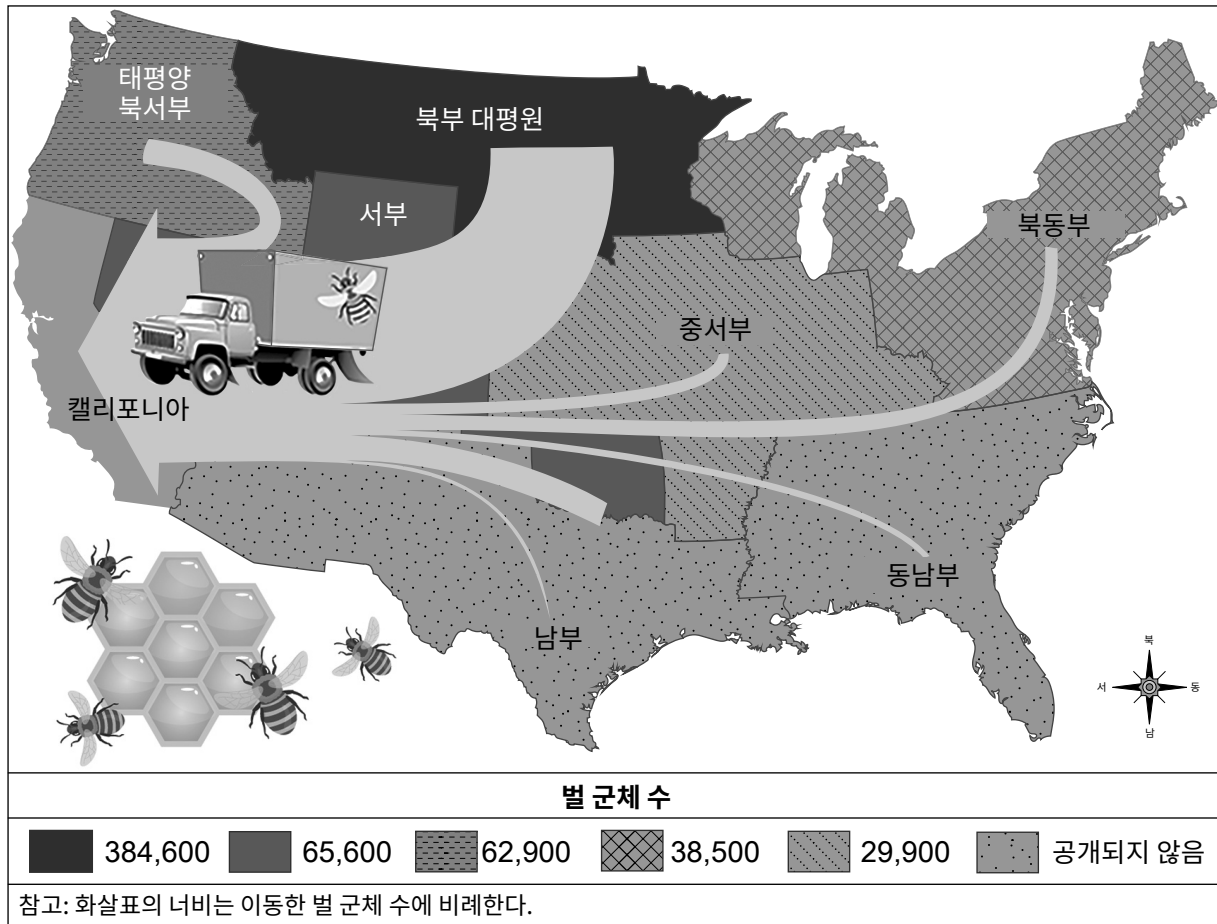
31 다음 중 꿀벌의 환경 변화가 꿀벌의 멸종으로 이어질 수 있다는 증거가 뒷받침하는 주장은 무엇입니까?

- (1) 꿀벌이 복미에 유입되어 다양한 환경 변화를 겪으면서 개체수와 유전적 다양성이 증가했다.
- (2) 기생 진드기가 꿀벌 군체에 유입되었을 때 개체군 크기가 증가하고 유전적 다양성이 감소했다.
- (3) 꿀벌 사육자들이 군체들을 합쳐도 꿀벌 벌집의 크기나 다양성은 영향을 받지 않았다.
- (4) 꿀벌은 시간이 지남에 따라 많은 변화를 겪으면서 유전적 다양성과 개체군 크기가 감소했다.

수분이 필요한 지역에 벌이 없을 수 있습니다. 벌이 없다면 인간이 이용할 수 있는
식량 공급이 크게 제한될 것입니다. 양봉가들은 벌집을 안전하게 트럭으로 장거리
운송하여 수분 서비스를 제공합니다.

지도와 표는 꿀벌 군체 운송에 대한 정보를 제공합니다.

2017년 7월 1일~2018년 1월 1일, 캘리포니아로의 꿀벌 군체 이동



꿀벌 군체 운송의 장점과 단점

장점	단점
• 화밀이 풍부한 지역에 지속적으로 접근 가능 • 2028년까지 세계 꿀 시장 10억 달러 돌파 예상 • 벌집이 들어 있는 벌통은 트럭에 쉽고 깔끔하게 쌓을 수 있음 • 아몬드 나무와 같은 많은 작물에 수분 제공 • 꿀 생산을 위해 다양한 식물에서 채집 활동 가능 • 양봉가는 벌통을 최적의 기온, 습도 및 기타 환경 조건을 갖춘 지역으로 옮길 수 있음 • 꿀 생산량(수확량) 증가	• 군체의 자연스러운 생활 리듬을 방해함 • 군체 통합으로 인해 질병 발생률 증가 • 지역 벌집과의 경쟁 심화 • 군체의 농약 노출 증가 • 이동 중 높은 온도, 소음, 바람, 환기 부족, 군체의 물 부족 등은 스트레스를 유발함 • 벌은 이동 중 추가 먹이와 건강 검진을 받아야 함 • 그물망과 방수포가 달린 트럭의 외관은 시각적으로 보기 좋지 않을 수 있음

32 벌통 운송이 식용 작물의 수분을 위해 효과적인 해결책인지 아닌지 아래의 효과적임 또는 효과적이지 않음 칸 중 하나에 체크 표시(✓)를 하여 평가하십시오. 비용, 안전성, 환경적 영향이라는 각각의 구체적인 기준과 장단점을 활용하여 자신의 평가를 뒷받침하십시오. [1]

☐

효과적임

☐

효과적이지 않음

아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 33번부터 37번까지의 문제에 답하십시오.

숲의 정원사

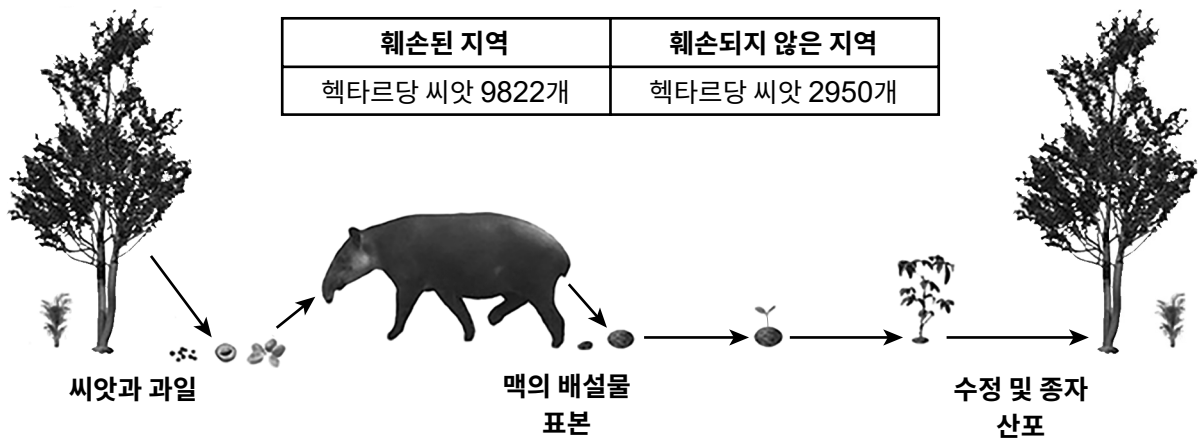
맥(Tapirs)은 열대 우림에 서식하는 포유류의 일종입니다. 베어드맥(Baird's tapir)이라는 종은 중앙 아메리카 코스타리카의 정글에 서식합니다. 베어드맥은 최소 5000만 년 동안 존재했으며, 말과 코뿔소와 가장 가까운 친척 관계입니다.

맥은 다양한 식물과 과일을 섭취합니다. 맥은 “숲의 정원사”로서 생태계에서 산림 재생과 영양소 순환에 기여하며 중요한 역할을 합니다. 맥은 나무 열매를 먹고 그 열매의 씨앗을 자신의 배설물을 통해 배출합니다. 이를 통해 씨앗들은 아래 도표에서 볼 수 있듯이 숲 전역으로 퍼지게 됩니다.

한 연구에 따르면, 숲이 훼손되었을 때(부정적인 영향을 받았을 때), 산림 재생에서 맥의 역할은 더욱 중요합니다.

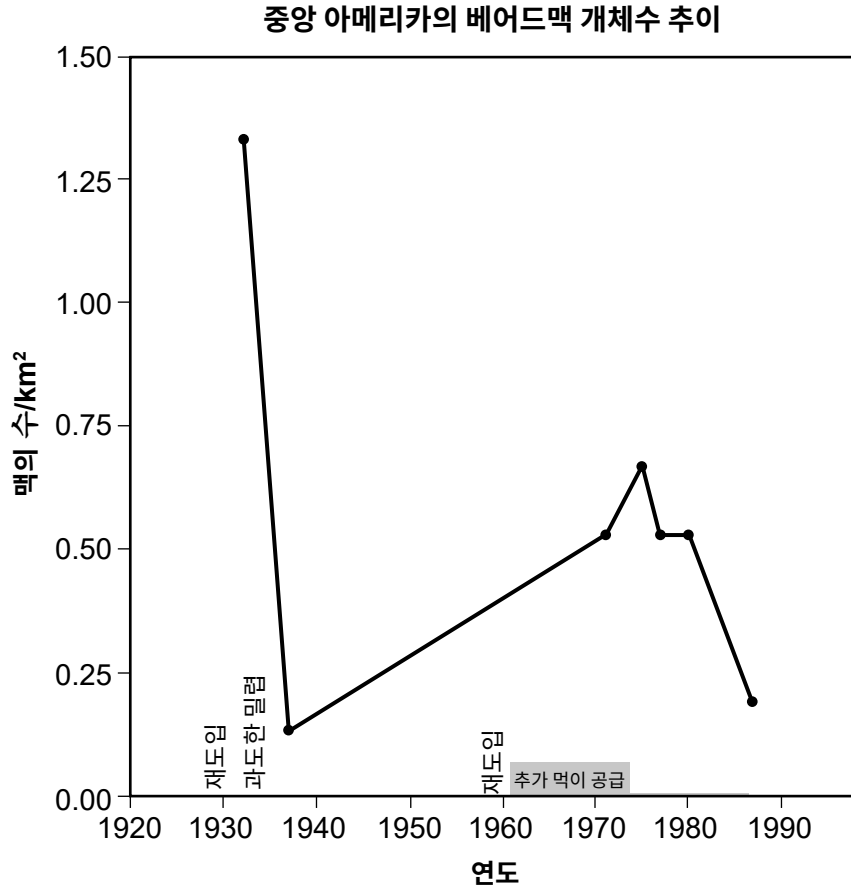
중앙 아메리카에서 맥은 낮은 번식률, 서식지 파괴, 밀렵(불법 사냥)으로 인해 개체수가 감소하고 있습니다. 맥은 현재 멸종위기종으로 등록되어 있습니다.

맥에 의한 종자 산포



과학자들은 베어드맥을 보전하는 것이 열대우림 생태계의 생물 다양성에 기여하기 때문에 중요하다고 주장합니다. 1929년, 중앙 아메리카의 한 섬에 개체군을 재건하기 위한 노력의 일환으로 여러 마리의 맥을 다시 도입했습니다. 이후 60년 간 데이터를 수집하여 이 섬의 베어드맥 개체군의 추이를 관찰했습니다.

아래 그래프는 베어드맥 개체군과 관련 인간 활동에 대한 정보를 보여줍니다.

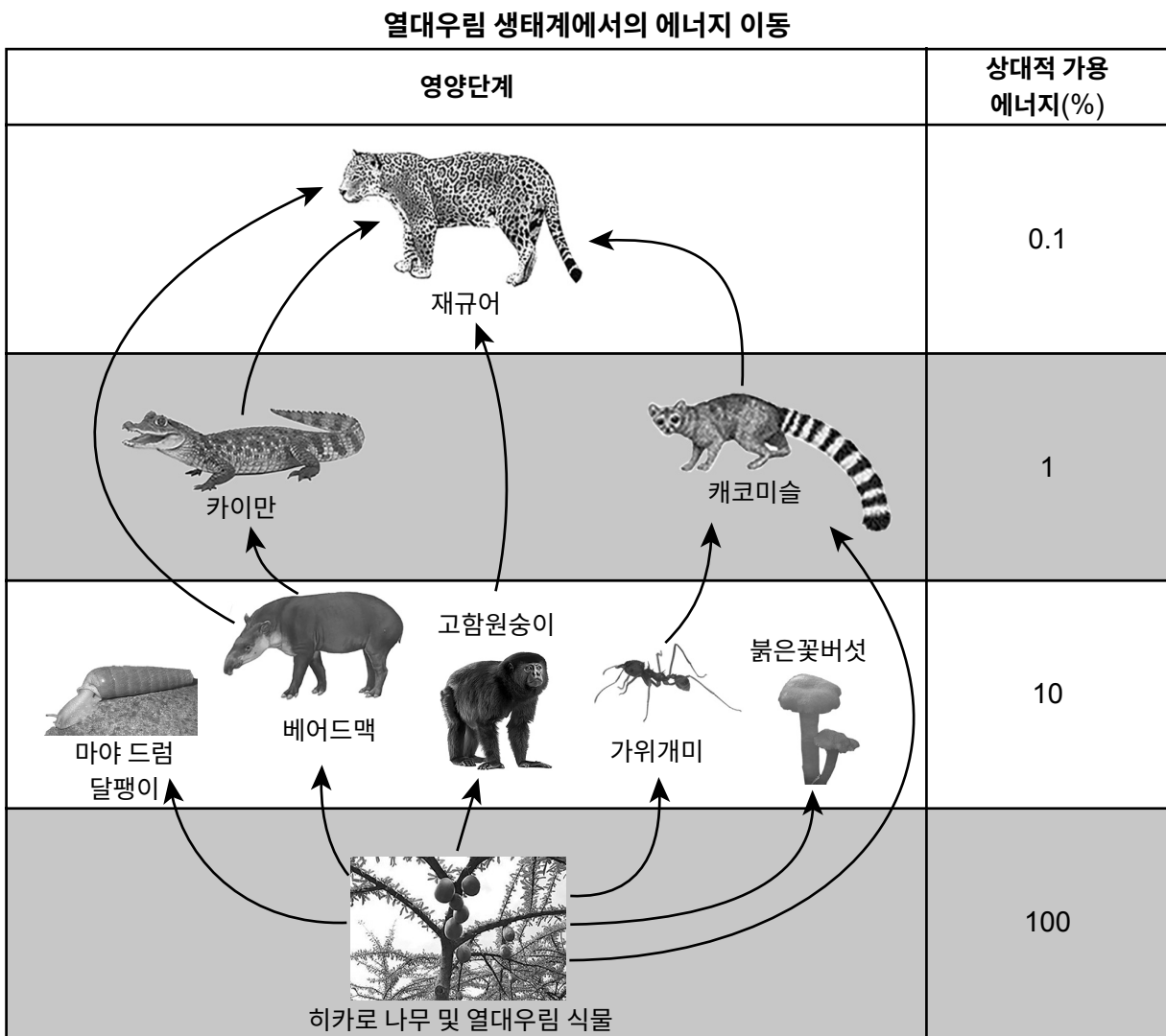


- 33 증거를 기반으로 왜 맥 개체군이 감소함에 따라 숲의 탄소 순환이 변화하여 이산화탄소 수치가 증가하는지에 대한 설명을 구성하십시오. [1]

34 다음 중 인간이 이 베어드맥 개체군에 미치는 영향을 줄이기 위해 과학자들이 사용한 대책들을 평가하는 데 사용할 수 있는 진술은 무엇입니까?

- (1) 맥을 재도입할 때마다 개체수가 10년 이내에 감소했기 때문에 맥의 재도입은 성공적이지 못했다.
- (2) 맥을 재도입했을 때, 맥의 개체군 크기가 증가하고 이후에 안정적으로 유지되었기 때문에 맥을 재도입하는 것은 성공적이었다.
- (3) 추가로 먹이를 제공했음에도 불구하고 개체수가 감소했기 때문에 추가 먹이 공급은 맥 개체수를 성공적으로 증가시키지 못했다.
- (4) 먹이가 제공되자 개체수가 남은 연구 기간 동안 안정적으로 유지되었기 때문에 추가 먹이 공급은 성공적이었다.

아래 모형은 열대우림 생태계에서 맥과 다른 생물 간의 상호작용을 보여줍니다.



35 다음 중 이 열대우림 생태계에서 재규어보다 벼어드매크이 더 많은 이유를 설명하는 주장을 나타낸 진술은 무엇입니까?

- (1) 재규어는 벼어드매크보다 카이만을 더 많이 먹는데, 이는 카이만이 벼어드매크보다 사용할 수 있는 에너지가 더 많기 때문이다.
- (2) 재규어는 벼어드매크보다 영양단계가 더 높으므로, 자신의 개체군을 부양하는 데 사용할 수 있는 에너지의 비율이 더 높다.
- (3) 벼어드매크는 자신의 영양단계에서 사용할 수 있는 에너지원이 재규어가 자신의 영양단계에서 사용할 수 있는 것보다 더 적다.
- (4) 벼어드매크는 재규어보다 영양단계가 더 낮기 때문에, 더 많은 에너지를 이용할 수 있어 더 큰 개체군을 부양할 수 있다.

36 1930년에서 1990년 사이에 맥 개체군에서 관찰된 전반적인 추이가 계속된다면 생태계 안정성을 유지하는 데 필요한 복잡한 상호작용이 변경되어야 한다는 주장이 제기되었습니다. 이 주장에 대한 평가를 기술하고, *더불어 열대우림 생태계에서의 에너지 이동 모형 및 그래프의 증거를 활용하여* 자신의 평가를 뒷받침하십시오. [1]

평가: _____

증거를 활용한 뒷받침: _____

37 다음 중 이 산림 생태계의 에너지 흐름에 대한 설명을 올바르게 나타내는 진술은 무엇입니까?

- (1) 맥은 광합성 과정을 통해 생태계 전반에 에너지를 전달한다.
- (2) 광합성 과정에서 에너지가 히카로 나무에 의해 포착되어 생태계 전반으로 전달된다.
- (3) 세포 호흡 과정에서 에너지가 재규어에 의해 전환되고 이후에 생태계 전반으로 전달된다.
- (4) 세포 호흡 과정에서 버섯이 태양 에너지를 흡수하여, 생태계 전반으로 흐른다.

아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 38번부터 41번까지의 문제에 답하십시오.

카페인이 신체에 미치는 영향

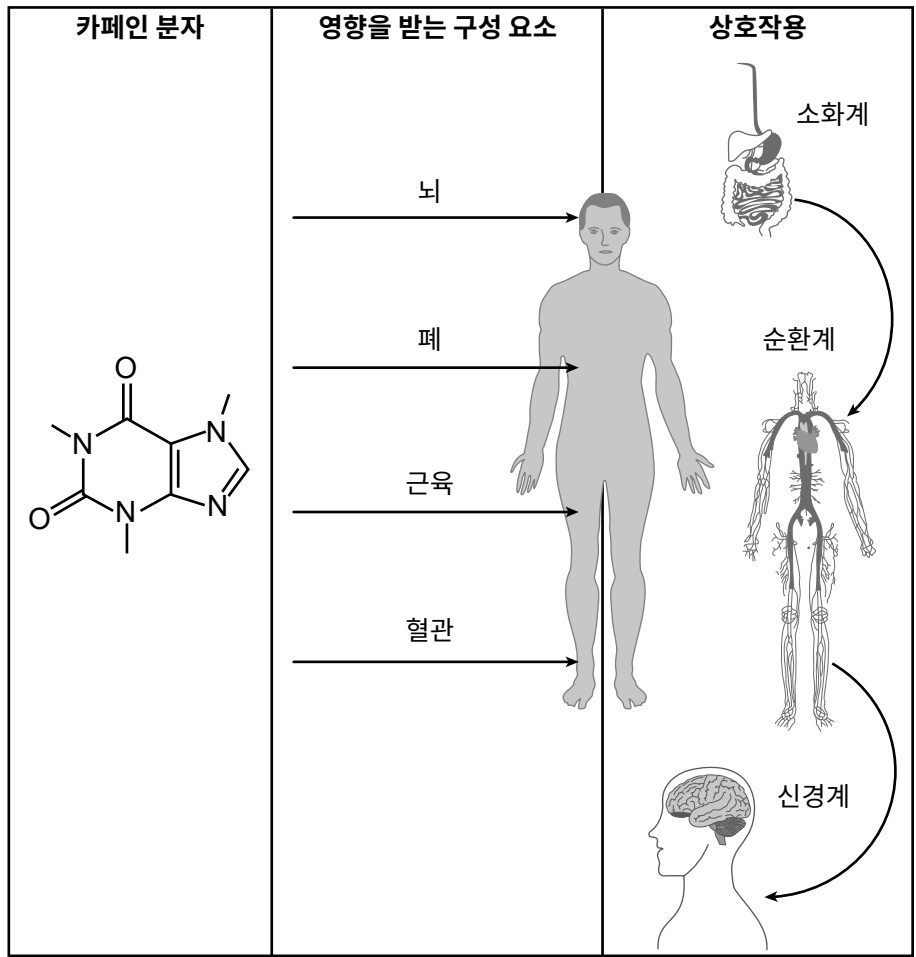
카페인 60종 이상의 식물에서 발견되는 천연 화합물입니다. 이들 식물 중 많은 종류가 식품에 사용됩니다. 그러나 제품 표기에 항상 해당 식품의 카페인 양이 표시되지는 않기 때문에 하루에 얼마나 많은 카페인을 섭취하는지 정확히 알기가 어렵습니다.

카페인 섭취의 부작용으로는 불안감 증가, 수면 장애, 심장 두근거림, 과민성, 탈수, 메스꺼움과 같은 소화 장애 등이 있습니다.

한 소아과 의사 협회는 12~18세 사이의 십대 청소년은 하루에 100mg가 넘는 카페인을 섭취하지 않도록 권장합니다. 안타깝게도 최대 300mg의 카페인을 함유할 수 있는 에너지 음료의 인기가 높아짐에 따라 많은 청소년과 성인들은 이 한도를 훨씬 초과해 카페인을 섭취하고 있습니다.

아래 도표는 카페인의 영향을 받는 신체 체계 일부를 보여줍니다.

카페인의 영향을 받는 신체 체계

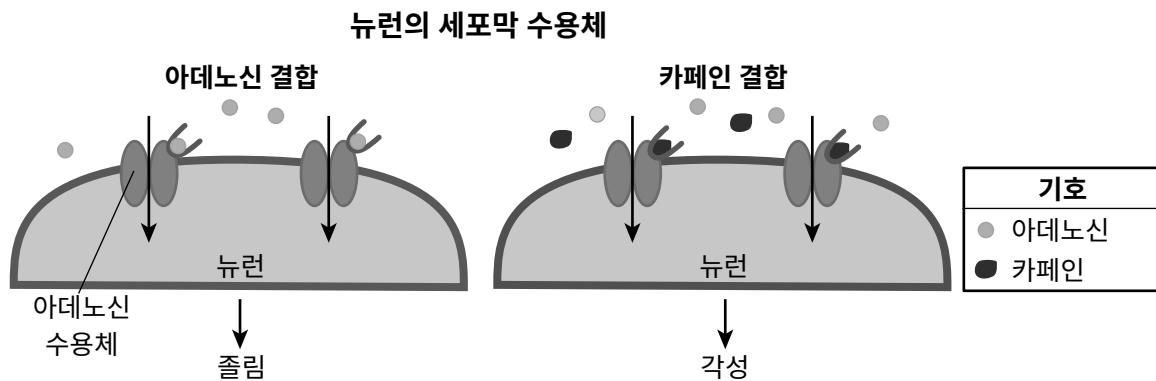


38 다음 중 카페인이 체내에서 활용되도록 하는 모형에 나타난 두 신체 체계 간의 상호작용을 가장 잘 설명하는 진술은 무엇입니까?

- (1) 카페인은 장을 통해 소화계로 들어간 다음, 신경계로 직접 전달되어 에너지를 방출한다.
- (2) 카페인은 소화계의 장에서 순환계의 혈관으로 흡수되어 체내에서 사용된다.
- (3) 카페인은 호흡계의 폐 기낭을 통해 들어와 순환계의 모세혈관으로 확산되어 체내에서 사용된다.
- (4) 카페인은 근육계의 근육을 통해 들어와 소화계로 전달되어 에너지를 방출한다.

사람이 카페인에 어떻게 반응하는지에 영향을 미치는 여러 가지 요인이 있습니다. 이 중 하나는 다양한 유형의 세포막에 있는 아데노신 수용체에 결합하는 카페인의 능력과 관련이 있습니다. 인간의 경우, 아데노신은 산소 소비 및 수면과 같은 많은 과정을 조절하는 데 도움을 줍니다. *ADORA2A* 유전자는 아데노신 수용체를 암호화합니다.

아래 모형은 아데노신과 카페인이 뇌의 신경세포(뉴런)와 상호작용하는 모습을 보여줍니다.



39 제공된 증거를 바탕으로, *ADORA2A* 유전자의 구조가 아데노신 수용체의 구조 및 기능을 어떻게 결정하는지에 대한 설명을 구성하십시오. [1]

ADORA2A 유전자의 조상형(ancestral form)은 특정 위치에 C 염기를 가지고 있습니다. 최근 변이에서는 아래와 같이 한쪽 또는 양쪽 대립유전자 모두에서 C가 T로 대체됩니다. 이러한 변화는 개인의 카페인에 대한 반응에 영향을 미칠 수 있습니다. 반응이 느린 사람은 카페인에 더 민감하며 더 오랜 시간 동안 카페인의 효과를 경험할 수 있습니다. 반응이 빠른 사람은 짧은 시간 동안 카페인의 효과를 느낄 수 있습니다.

***ADORA2A* 유전자의 유전적 변이**

	CC (조상형)	TC/CT	TT
대립유전자 1	G C T A C G C C C	G C T A T G C C C	G C T A T G C C C
대립유전자 2	G C T A C G C C C	G C T A C G C C C	G C T A T G C C C
카페인에 대한 반응	느림	느림	빠름

40 다음 중 *ADORA2A* 유전자에서 최근의 유전 가능한 변이가 발생한 원인을 가장 잘 설명하는 주장은 무엇입니까?

- (1) 환경 요인이 부모 체세포의 DNA와 상호작용하여 *ADORA2A* 유전자의 염기서열을 변화시켰다.
- (2) 부모의 뉴런에서 유사분열 동안 *ADORA2A* 유전자에 새로운 유전자 조합이 발생했다.
- (3) DNA 복제 과정 중 적어도 한 부모의 생식세포에 전달된 *ADORA2A* 유전자에 오류가 발생했다.
- (4) 지속적인 카페인 노출은 부모의 *ADORA2A* 유전자 발현에 변화를 유발했다.

41 카페인이 아데노신 수용체에 결합하면, 주로 CYP1A2 효소에 의해 분해됩니다. 다음 중 DNA가 어떻게 CYP1A2 효소의 형성을 암호화하고 부모로부터 자손에게 전달되는지 가장 잘 설명하기 위해 제기할 수 있는 질문은 무엇입니까?

- (1) 열이 부모의 CYP1A2 효소를 손상시키면, 자녀가 카페인을 분해하는 방식에 영향을 미치는가?
- (2) CYP1A2 효소를 암호화하는 유전자의 변이가 부모로부터 자손에게 전달될 수 있는가?
- (3) 자손이 발달 과정에서 카페인에 노출되면, 카페인을 분해하는 방식에 영향을 미치는가?
- (4) CYP1A2 효소를 암호화하는 유전자가 DNA의 비암호화 영역에 존재하며 부모로부터 자손에게 전달될 수 있는가?

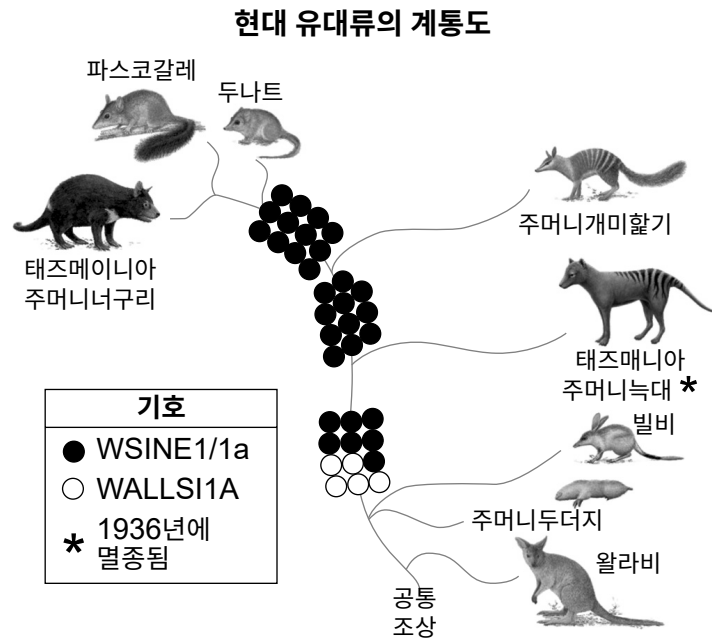
아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 42번부터 45번까지의 문제에 답하십시오.

호주 동물의 적응

호주는 독특한 생물 다양성이 있는 대륙으로, 새끼를 주머니에 넣어 기르는 포유류의 한 유형인 유대류가 많이 서식합니다. 호주는 한때 초대륙의 일부로, 이곳에서 1억 7800만년에서 1억 6800만 년 전 사이에 초기 유대류가 서식했습니다. 호주는 약 1억 3000만 년 전에 더 큰 대륙 덩어리에서 분리되기 시작했으며, 유대류도 함께 이동하게 되었습니다. 약 6500만 년 전에 대멸종이 발생했을 때, 지구의 환경이 바뀌면서 태반류 포유동물이 오늘날까지 유대류가 우세한 호주를 제외한 대부분의 생태계를 장악할 수 있게 되었습니다.

멸종 유대류인 태즈매니아주머니늑대(Tasmanian wolf)가 현대의 유대류와 어떤 관련이 있는지 알아보기 위해 태즈매니아주머니늑대의 게놈이 분석되고 있습니다. 반복적인 삽입을 포함하는 게놈의 특정 부분이 분석되었습니다. 이러한 염기서열에는 WALLSI1A 및 WSINE1/1a 유전자가 포함되었습니다.

아래는 유대류에 대한 정보를 제공합니다.



42 다음 중 유대류의 공통 조상에 대한 증거를 제공하는 진술은 무엇입니까?

- (1) 여러 유전자 삽입이 태즈매니아주머니늑대와 빌비를 구분하기 때문에 빌비는 태즈매니아주머니늑대보다 주머니두더지와 더 최근의 공통 조상을 공유한다.
- (2) 알라비와 태즈메이니아주머니너구리는 같은 유전자가 많이 삽입되어 있기 때문에 더 최근의 공통 조상을 공유한다.
- (3) 태즈매니아주머니늑대와 주머니개미핥기는 유전자 삽입이 없기 때문에 더 최근의 공통 조상을 공유한다.
- (4) 두나트와 태즈메이니아주머니너구리는 더 많은 유전자 삽입을 갖고 있기 때문에 파스코갈레와 두나트는 두나트와 태즈메이니아주머니너구리보다 덜 밀접하게 연관되어 있다.

43 다음 중 제시된 증거에 의해 뒷받침되는 환경 조건 변화의 영향에 대한 주장은 무엇입니까?

- (1) 호주가 다른 대륙에서 분리되면서 더 다양한 유대류가 더 많은 서식지를 이용할 수 있게 되었다.
- (2) 유대류 포유동물은 대멸종 이후 새로운 환경에서 생존하는 데 필요한 유전적 변이가 없었다.
- (3) 호주가 고립되면서 빌비, 주머니두더지, 왈라비가 멸종했고, 이로 인해 태반류 포유동물이 차지할 수 있는 생태적지위가 많이 남게 되었다.
- (4) 태반류 포유동물로 이어진 유전적 변이는 호주의 고립된 유대류 개체군 내에서는 발생하지 않았다.

코알라는 호주에 서식하는 또 다른 유대류로, 주로 유칼립투스 잎을 먹는 독특한 식성을 가졌습니다. 유칼립투스에는 대부분의 동물에게 유독한 화학 물질이 포함되어 있습니다. 코알라는 특별한 소화계를 가지고 있고 신진대사가 느려 유칼립투스를 섭취할 수 있습니다.

자이언트코알라는 현대 코알라와 가까운 친척이었지만 오늘날까지 살아남지 못했습니다.

아래 표는 코알라에 대한 정보를 보여줍니다.

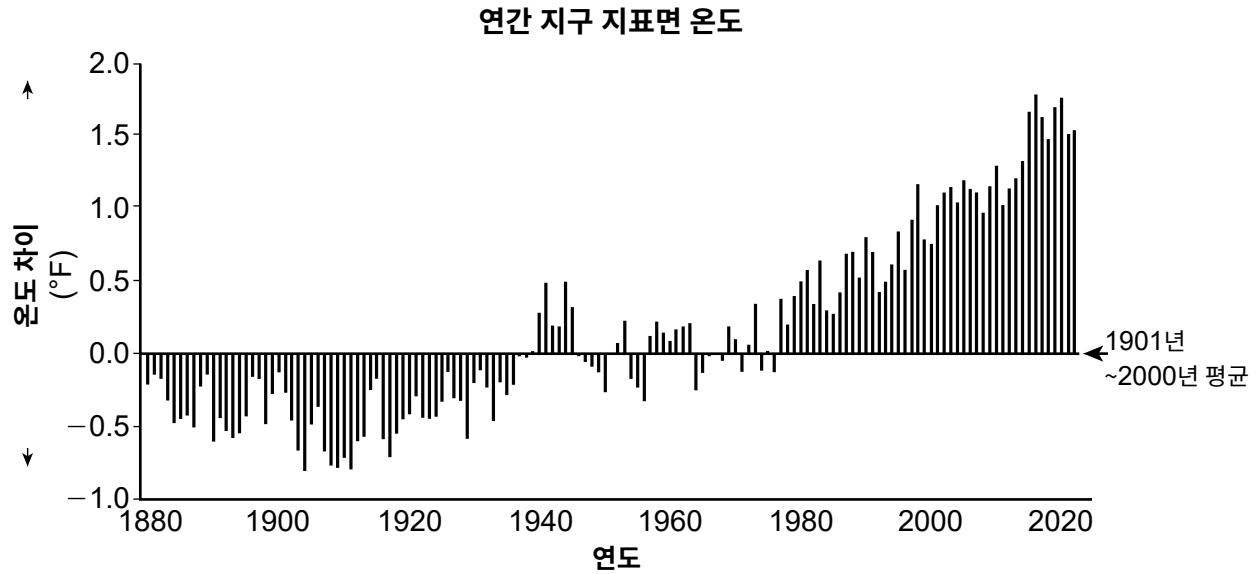
코알라 종의 역사

종	대략적인 시간 범위	환경	식성	평균 무게 (kg)
자이언트코알라	1천 5백만~12,000년 전	- 습한 기후 - 유칼립투스 나무가 있는 광활한 열대우림	주로 유칼립투스 잎	15~20
현대 코알라	2천 5백만 년 전~현재	- 건조한 기후 - 유칼립투스 나무가 풍부한 파편화된 혼합 산림	오직 유칼립투스 잎만	4~15

44 제공된 증거를 활용하여 자이언트코알라가 멸종한 반면 현대 코알라는 살아남을 수 있었던 이유에 대한 설명을 구성하십시오. [1]

1800년대 후반부터 과학자들은 여러 호주 동물에서 체온 조절 기능을 하는 일부 구조의 크기가 증가한 것을 기록해 왔습니다. 예를 들어, 앵무새의 부리, 땃쥐의 꼬리, 박쥐의 날개 같은 부속지는 과거보다 현재 더 길어졌습니다.

아래 그래프는 같은 기간 동안 발생한 환경 변화를 보여줍니다.



45 다음 중 증거로 뒷받침되는 여러 호주 동물의 부속지 변화에 대한 설명은 무엇입니까?

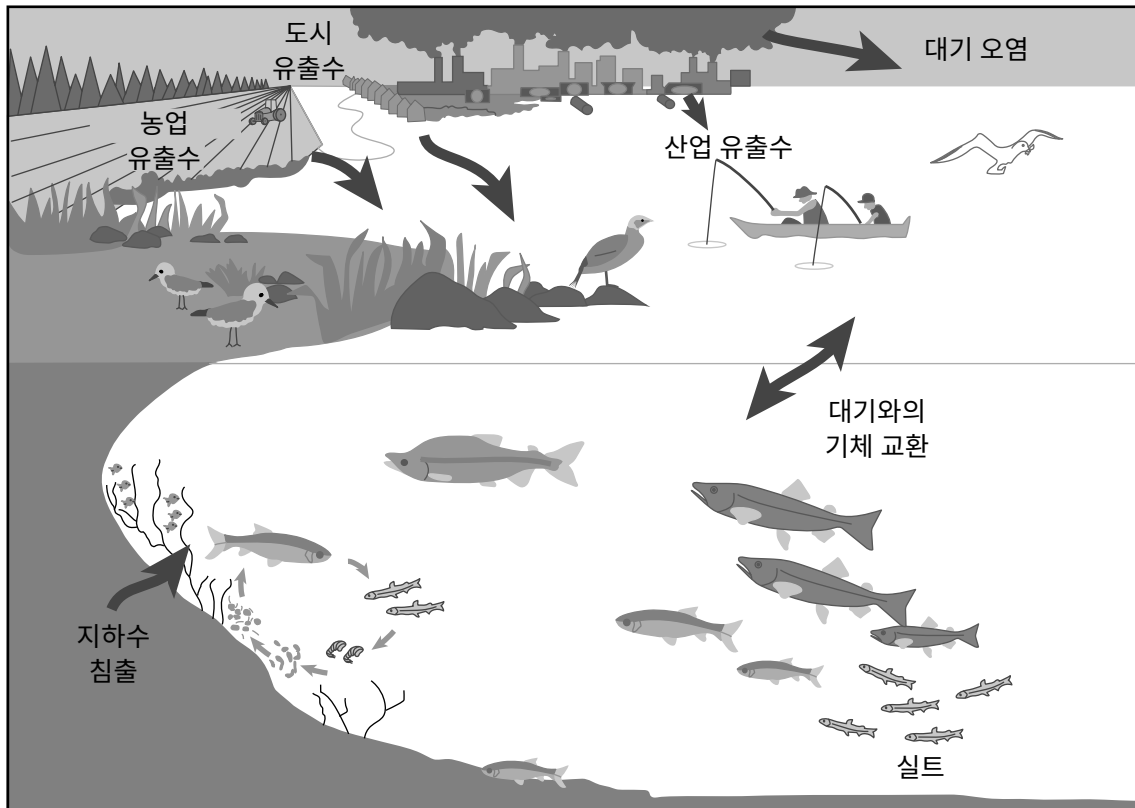
- (1) 앵무새는 먹을 때 열 손실을 줄이기 위해 부리 크기를 줄였다.
- (2) 지구 지표면 온도의 상승은 체온 조절을 돕는 형질의 유전자 빈도를 감소시켰다.
- (3) 지구 지표면 온도의 상승은 체온 조절을 돕는 형질의 유전자 빈도를 증가시켰다.
- (4) 날개가 길면 박쥐가 쉬고 있을 때 체온이 올라가기 때문에 박쥐의 날개 길이가 길어졌다.

아래 정보와 본인의 생명 과학: 생물 지식을 바탕으로 46번부터 49번까지의 문제에 답하십시오.

수은 농도 상승

오논다가 호수(Onondaga Lake)는 뉴욕 시러큐스에 위치합니다. 1880년대부터 호수 근처의 한 산업 회사가 수은으로 오염된 폐기물을 오논다가 호수에 직접 배출하기 시작했습니다. 이러한 배출은 1970년까지 계속되었습니다. 이 기간 동안 수은이 생물의 건강에 미치는 영향에 대한 안전 우려 때문에 낚시와 수영이 금지되었습니다. 호수의 복원 및 정화는 지속적인 토지 복원 노력의 일부이며, 여기에는 복원 조치의 효과를 보장하기 위한 장기적인 유지 관리 및 감시 프로그램의 시행이 포함됩니다. 아래 도표는 오염물질이 호수로 유입될 수 있는 다양한 경로를 보여줍니다.

호수의 오염 경로

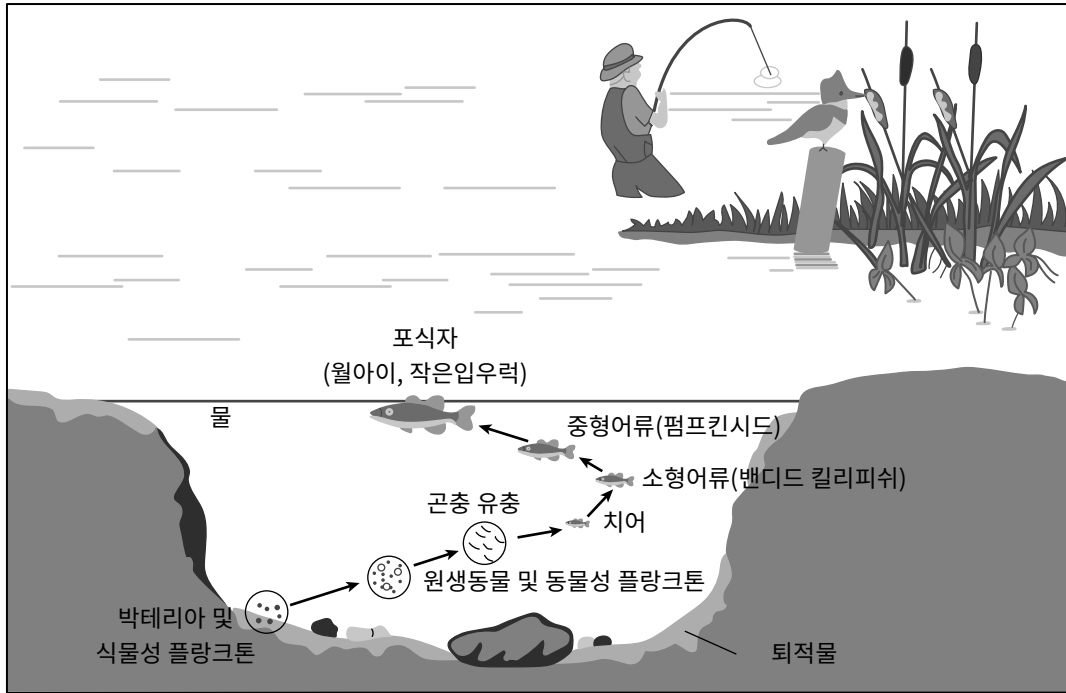


46 다음 중 인간 활동이 오논다가 호수의 환경과 생물 다양성에 미치는 영향을 더욱 **줄일** 수 있는 대책은 무엇입니까?

- (1) 전기 펌프를 설치하여 지하수의 침출 방향을 바꾸어, 호수 밖에서 주변 토양으로 이동하도록 한다.
- (2) 공장에서 수은 폐기물을 화학적으로 고체 화합물로 전환하여, 폐수가 호수로 유입되기 전에 이를 여과로 제거하도록 요구한다.
- (3) 호수 근처의 농장에 화학 비료를 더 추가하여 식량 생산량을 줄인다.
- (4) 더 많은 외래 어종을 호수에 도입하여 대기와의 기체 교환을 늘린다.

복원 계획은 어느 정도 성공적이었습니다. 1970년의 낚시 금지령은 해제되었지만 일부 제한 사항은 여전히 남아 있습니다. 어류 조직에 잠재적으로 위험한 수준의 수은이 축적되어 있기 때문에 오논다가 호수(Onondaga Lake)에서 잡은 생선의 섭취는 제한됩니다. 아래 도표와 표는 일반적인 호수 생태계 먹이사슬에서의 수은 농도 수준을 보여줍니다. 수은은 킬로그램당 나노그램(ng/kg)의 단위로 측정되었습니다.

먹이사슬에서의 수은 농도



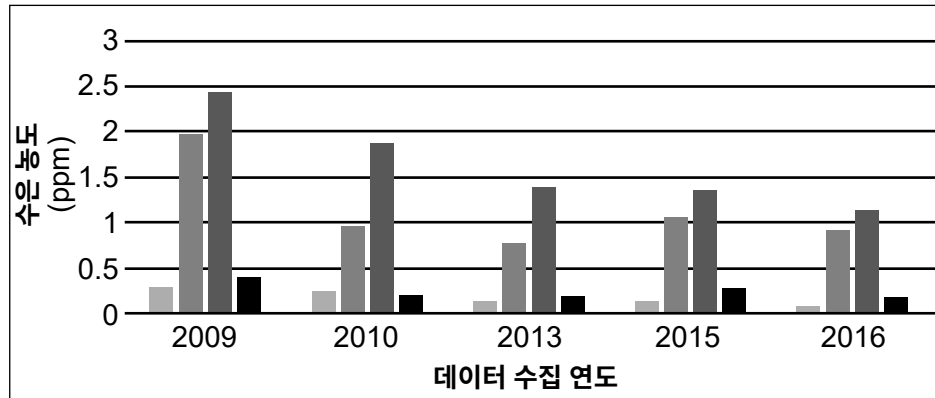
종류	수은 농도 (ng/kg)
포식자(월아이, 작은입우럭)	10,000,000
중형어류(펌프킨시드)	1,000,000
소형어류(밴디드 킬리피쉬)	100,000
치어(어린 물고기)	10,000
곤충 유충	1000
원생동물 및 동물성 플랑크톤	100
박테리아 및 식물성 플랑크톤	10
물	1

47 도표와 표의 수치 정보를 바탕으로, 다음 중 오논다가 호수에서 최상위 포식자가 수은 오염에 특히 취약한 이유를 설명하는 진술은 무엇입니까?

- (1) 소형어류가 대형어류에게 소비되면, 조직 내 수은이 소비자에게 전달되어, 이로 인해 포식자는 먹이보다 10배 높은 수은 농도를 갖게 된다.
- (2) 소형어류를 섭취하면 조직 내 수은이 환경에서 제거되어, 이로 인해 생태계가 10배 더 빠르게 회복된다.
- (3) 영양단계가 낮은 생물들은 생산자를 섭취하면서 자신의 체내 수은 농도 보다 100배 높은 수준의 수은을 섭취한다.
- (4) 영양단계가 높은 생물은 다른 어류에 비해 수명이 더 길고 시간이 지남에 따라 물에서 수은을 10배 더 많이 섭취한다.

성공적인 복원 프로그램은 어류 조직 내 수은 농도를 0.3ppm(백만분율) 미만으로 유지하는 것을 목표로 합니다. 수은을 과도하게 섭취하면 생물의 전반적인 건강뿐만 아니라 생식 건강에도 부정적인 영향을 미칠 수 있습니다. 7년 동안 연구원들은 네 가지 어종의 조직 내 수은 농도를 채집했습니다. 수집된 데이터는 아래와 같습니다.

오논다가 호수 어류의 수은 농도



기호	
물고기의 종류	평균 질량
밴디드 킬리피쉬	1~5g
작은입우럭	2,994g
월아이	10,886g
펌프킨시드	450g

- 48 제공된 데이터를 활용하여 복원 프로그램이 오논다가 호수 생태계의 복잡한 상호작용에 영향을 미쳤고 포식자 종의 개체수 변화로 이어질 수 있다는 주장을 평가하십시오. [1]

낚시꾼들은 오논다가 호수에서 잡은 일부 어류는 섭취하지 말라는 경고를 받았습니다. 보건 당국은 이러한 해로운 어류의 섭취를 막기 위해 대중에게 정보를 제공할 효과적인 계획을 마련하고 있습니다.

기준:

- 가능한 한 많은 낚시꾼에게 정보를 전달해야 함.
- 신뢰할 수 있어야 하며, 사람들이 해당 어류를 섭취하지 않기로 선택할 수 있도록 정보를 제공해야 함.

제약 조건:

- 비용은 가능한 한 적게 들여야 함
- 직원이 항상 상주할 필요는 없어야 함

다음은 가능한 대책들을 나열한 표입니다.

대책	고려 사항
1 – 전단지	– 낚시꾼들에게 유용한 정보를 제공할 것임 – 직원이 전단지를 배포해야 함 – 쉽게 폐기/무시됨
2 – 보트 출항지/선착장에 설치된 표지판	– 낚시꾼들에게 유용한 정보를 제공할 것임 – 표지판 설치 후 직원 불필요 – 일부 낚시꾼만 시간을 내어 정보를 읽을 것임
3 – 법 집행 보트	– 직원이 대화하는 각 개인에게 신뢰할 수 있는 정보를 제공함 – 위험에 처한 낚시꾼을 식별할 수 있음 – 지속적으로 순찰하려면 직원이 필요함

- 49 위험한 수준의 수은이 함유된 어류를 섭취할 때 발생하는 건강 문제를 낚시꾼들에게 효과적으로 알리기 위한 대책 **한 개**를 밝히고, *더불어* 그 대책이 주어진 기준 및 제약 조건을 어떻게 충족하는지 설명하십시오. [1]

대책: _____

설명: _____
