

## 생명과학 - 개념과 현상의 이해 제9판

### 1장

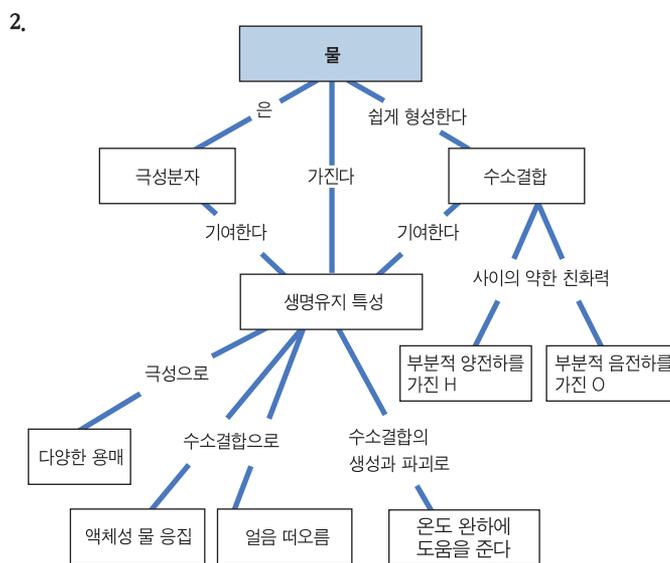
- a. 생명; b. 진화; c. 자연선택; d. 생명의 통일성; e. 생태계
- b 3. c 4. b 5. b 6. d 7. c 8. d(여러분은 a 군집 수준을 고르는 경향이 있을 지도 모른다. 그러나 박테리아는 종종 다른 박테리아와 화학적으로 소통하거나 상호작용할 수 있다. 그러나 박테리아는 기관이 없다).
- d
- 에너지와 화학영양소는 두 가지 모두 생산자에서부터 소비자, 분해자까지 생태계를 통과한다. 그러나 에너지는 태양에너지의 형태로 생태계에 들어와 열의 형태로 생태계를 떠난다. 화학영양소는 무생물인 흙이나 대기에서 식물이나 소비자, 분해자를 거쳐서 재순환되며 흙과 물로 돌아간다.
- 다윈은 자연선택이 유전되는 다양한 특성을 가진 개체들로 구성된 집단에 작용한다는 가설을 세웠다. 자연선택이 한 집단의 특정한 개체들이 다른 개체들보다 생식에 더 큰 성공을 거두는 것을 선호한다면 그 집단에서 유전되는 변이의 비율이 변하여 점차적으로 집단은 환경에 적응한다.
- 자연에 대한 질문에 답을 찾기 위하여 과학자들은 핵심 요소, 즉 자연현상에 대한 관찰, 관찰로부터 유도된 질문, 질문에 대한 임시적 설명을 한 가설, 가설이 옳을 경우 실험 결과의 논리적 예측 등을 포함한 논리적 사고의 절차를 사용한다. 과학적 연구는 융통성 없는 과정이 아니다. 왜냐하면 과학자는 반드시 각 연구마다 특정한 조건에 이러한 핵심적인 요소들을 적용시켜야 하기 때문이다. 직관과 우연, 행운도 과학의 한 부분이다.
- 기술은 과학 지식의 응용이다. 예를 들어, 계산기를 작동시키거나 집을 데우는 데 태양력을 사용하는 것은 빛에너지가 다른 형태의 에너지로 전환되는 과정에 바탕을 둔 것으로 에너지의 한 형태로써 빛의 성질에 관한 과학적 지식을 응용한 것이다. 또 다른 예는 새로운 유전자를 작물에 끼워 넣는 것이다. 유전공학은 많은 종류의 생명체에서 유래한 DNA의 구조와 기능에 대한 수십 년 동안의 과학적 연구로부터 나온 것이다.
- 생명과학의 수직적 범위는 생명과학을 구성하는 수직체계를 말하는 것이다. 즉, 생명과학의 구성체계는 분자에서 소기관, 세포, 조직, 기관, 기관계, 개체, 집단, 군집, 생태계, 생물권까지를 포함한다. 생명의 구성체계를 이루고 있는 각 단계마다 구성요소들이 조직화되고 상호작용하여 창발적 특성이 나타난다. 생물의 수평 범위는 과거와 현재까지 살았던 생물의 놀라운 다양성을 말하는 것이다. 생물학자는 그들의 진화적 유연관계를 반영하여 생물들을 분류하고자 한다.
- 자연선택은 다른 개체들에 비해서 특정한 개체들의 생식적 성공을 선호하는 방법으로 유전적 변이를 걸러낸다. 자연선택은 집단 안에 존재하는 변이들을 선택할 뿐이며 새로운 유전자나 변이를 만들어내는 것이 아니다.
- a. 가설: 쥐에게 보상을 하면 학습능력을 향상시킬 것이다. 예측: 만일 쥐가 먹이로 보상을 받는다면, 미궁을 빠져나가는 것을 빨리 배울 것이다.  
b. 대조군은 보상받지 않은 쥐이다. 보상이 없다면 보상된 쥐가 미궁을 빠져나가는 시간을 단축시킨 것이 오직 연습에 의한 것인지 알기 어려울 것이다.  
c. 두 그룹의 쥐는 대략 같은 나이여야 한다. 두 실험은 반드시 같은 날, 같은 조건에서 동시에 실시되어야 한다.  
d. 그렇다. 보상된 쥐가 3일까지는 더 빨리 미로를 달리기 시작하며 대조군보다 더 빨리 달리는 능력이 그 이후로 매일 향상된다는 것을 자료로 보여 주어야 한다.
- 연구자는 각 서식처에서 공격받은 비율을 어두운 모형에서 결정할 필요가 있다. 단순히 해안가 서식처보다 내륙 서식처에 더 많은 포식자가 있었을지도 모른다. 그 실험은 적절한 자료 분석이 필요하다.
- 만일 세포분열을 조절하는 유전자가 더 큰 토마토를 생산하는 것과 연관되어 있다면, 그 유전자를 다른 과일이나 채소에 옮겨주었을 때 비슷한 효과를 낼 것이다. 암은 세포분열이 조절되지 않는 결과이다. 만일 인간의 발생

이나 질병과 연관된 사람의 유전자와 토마토 유전자에 상동성이 있음을 알게 된다면, 세포분열의 조절이 성장, 수선, 무성생식과정과 연관된 생물학에서 매우 중요한 주제이며 기본적인 과정이라는 것을 알게 되는 것이다.

- 실제적으로 어떤 뉴스나 잡지는 주로 생물학에 대해서나 혹은 생물학과 연관된 이야기를 많이 포함하고 있다. 광고와 생물학의 연관성은 어떠한가?

### 2장

- a. 양성자; b. 중성자; c. 전자; d. 다른 동위원소; e. 공유결합; f. 이온결합; g. 극성공유결합; h. 수소결합



- b 4. 각 C는 이들의 원자가 껍질을 채우는데 필요한 4개가 아닌 단 3개의 결합을 가지고 있다. 5. b 6. d 7. c 8. b (황은 원자가 전자각에 6개의 전자를 가지고 있다. 두 수소 원자가 각각 하나씩 한 쌍의 전자를 공유하면 최외각 전자껍질에 8개의 전자가 채워진다. 그리고 각 H는 2개의 전자로 원자가 전자각을 채우게 된다.)
- 요오드(갑상샘호르몬의 구성원소)와 철(혈액 헤모글로빈의 구성원소)은 모두 미량원소로 매우 적은 양만 요구된다. 칼슘과 인(뼈와 치아의 구성원소)은 더 많은 양이 요구된다.
- 각 원소의 원자는 원자번호로 불리는 핵에 특징적인 수의 양성자를 가지고 있다. 탄소의 경우는 6개이다. 질량수는 원자의 질량과 거의 비슷하며, 양성자 수와 중성자 수를 더한 것과 동일하다. 탄소-12는 6개의 중성자를 그리고 6개의 양성자를 가지므로, 질량수는 12이다. 원자가는 일반적으로 원자의 최외각을 채우는 데 필요한 전자의 수(짝을 이루지 못한 전자의 수)다. 탄소의 원자가 또는 결합능은 4이며 4개의 공유결합을 이룰 수 있다. 즉, 원자의 원자가는 화학적 특성과 가장 연관성이 있다.
- 비극성공유결합에서, 전자는 두 원자가 공평하게 공유된다. 극성공유결합은 전기음성도가 더 큰 원자가 공유결합 전자를 자신 쪽으로 끌어당길 때 형성된다. 끌어가는 쪽 분자 부위는 약간의 음전하를 전자가 끌려가는 원자는 약간의 양전하를 띤다. 한 원자의 전자가 다른 원자로 완전히 끌려가 빼앗겼을 때 양전하와 음전하를 띤 이온이 생긴다. 반대의 전하를 가진 이온은 친화력으로 이온결합을 할 수 있다.
- 불소는 최외각을 8개로 채우기 위해 1개의 전자만 있으면 된다. 반면 칼륨은 하나의 전자를 잃으면 최외각이 8개를 가지게 된다. 칼륨은 하나의 전자를 잃고(양이온이 됨), 불소는 하나를 얻는다(음이온이 됨). 이온들은 이온

2 ■ 해답

- 결합을 형성할 수 있다.
- 같은 열에 있는 원소는 동일한 수의 전자각을 가진다. 같은 열에 있는 원소는 최외각에 같은 수의 전자를 가진다. 동일 열에 있는 원소들은 화학적 특성이 비슷하다. 이들은 동일한 원자가 또는 결합능력을 가지고 있고 그 결과 동일한 수의 공유결합을 할 것이다. 또는 만약 최외곽 전자껍질에 1개 또는 2개의 전자를 가지고 있거나 7개의 전자를 가지고 있다면, 이러한 원소들의 원자들은 전자를 잃거나 얻는 경향이 있고, 이온을 형성하며 이온결합을 형성할 것이다.
  - 물의 O—H 공유결합은 비극성이고 물의 극성이나 수소결합과 연관된 특수한 특성들이 없을 것이다.
  - 결과를 보아 낮은 pH와 높은 온도는 산호초 폴립 성장에 나쁜 영향을 미친다. pH와 온도가 동시에 변하면 성장이 훨씬 더 감소한다. 대기의 CO<sub>2</sub> 수준이 상승하면 해양을 산성화시키고 해양온도를 올려주므로, 두 인자가 어떻게 상호작용하는지를 살펴보면 좋을 것이다.
  - 물을 가열하면 물 분자가 자신들의 운동을 증가시키고 온도가 올라가기 전 대부분의 열은 수소결합을 깨는 데 사용된다. 반면 물이 식으면, 많은 수소결합이 형성되면서 상당한 열을 방출한다. 열의 방출로 식물의 잎이 어는 것을 다소 막아주고, 세포가 손상되는 것도 막아준다.
  - 이러한 극단적인 환경은 다른 행성에서 발견되는 것과 유사한 환경이다. 지구의 극단적인 환경에서도 일부 형태의 생물이 진화하고 번창하는 것으로 보아, 다른 행성에서도 어떤 형태의 생명체가 진화했을 것으로 추측할 수 있다. 화성이나 다른 행성에서 과거에 또는 현재 물의 존재를 찾는 것과 더불어, 과학자들은 과거에는 생명이 살지 못했을 것으로 생각하던 환경도 조사하고 있다.

3장

- a. 포도당; b. 에너지 저장; c. 셀룰로스; d. 지방; e. 세포막 성분; f. 스테로이드; g. 아미노기; h. 카르복실기; i. R기; j. 효소; k. 구조단백질; l. 이송; m. 막수송단백질; n. 방어; o. 인산기; p. 질소성염기; q. 리보스 또는 디옥시리보스; r. DNA; s. 단백질 암호
- d (두 번째 종류의 분자는 첫 번째 중합체이다.) 3. c 4. c 5. d 6. a 7. a 8. d 9. a
- 순환 NH<sub>2</sub>, 아미노기; COOH, 카르복실기 및 OH, R기의 하이드록실기. 이것은 단백질의 단량체인 아미노산이다. OH기는 극성 아미노산을 만든다.
- 소수성 R기를 가진 아미노산은 주위의 수분으로부터 보호되는 단백질 내부에 함께 모여 있다.
- 이것은 물이 사용되는 가수분해반응이다. 그것은 과당이 포도당과 다른 모양을 가지고 있다는 것을 제외하고는 본질적으로 그림 3.5의 다이어그램의 역이다.
- DNA 두 가닥의 상보적인 염기쌍은 세포가 분열될 때마다 DNA의 정확한 복제를 가능하게 하여 유전정보가 충실하게 전달되도록 한다. 상보보완적인 염기쌍은 DNA로부터 RNA로 정보를 전달하여 폴리펩타이드 내의 아미노산 순서를 지정하는 것과 관련되어 있다. RNA의 일부 유형에서는 상보적 염기쌍을 통해 RNA 분자가 다양한 기능을 촉진하는 특정 3차 구조를 형성할 수 있다.
- 폴리펩타이드 2차 구조인 α 나선과 β 병풍 구조는 폴리펩타이드 골격의 산소와 수소 원자 사이의 수소결합에 의해 유지된다. 3차 구조는 구성하고 있는 아미노산의 R기 간 상호작용에 의해 형성되고 수소결합, 이온결합, 소수성 R기의 클러스터링 및 일부 아미노산의 황 원자 사이의 공유결합에 의해 안정화된다.
- 탄소는 다른 탄소 원자와 함께 4개의 공유결합을 형성하여 다양한 길이와 모양의 사슬 또는 고리를 만들거나 분자에 특정 성질을 부여하는 특정 화학 그룹과 같은 다른 원자와 결합한다. 이 결합 능력은 유기 화합물의 놀라운

다양성을 위한 기초이다. 유기체는 소수의 단량체를 서로 다른 배열로 연결하여 거대한 종류의 중합체를 생산할 수 있다.

- 단백질에서 발견되는 20개의 아미노산은 많은 다른 길이의 사슬로 배열될 수 있다. 세포 유전자 내의 DNA 염기 서열은 폴리펩타이드 사슬의 아미노산 서열을 결정한다.
- 발달 중인 병아리는 빠르게 성장하여 세포 수를 증가시킨다. 새로운 세포를 만들기 위해서는 콜레스테롤과 지질을 포함한 세포막 성분의 큰 저장 공간과 단백질을 만들기 위한 아미노산이 필요하다. 또한 이 모든 구조를 만들기 위해 에너지가 필요하다. 지방 분자는 분해될 때 많은 에너지를 얻을 수 있으므로 에너지원으로서 지방 형태를 사용할 수 있다.
- a. A: 약 37°C; B: 약 78°C  
b. A: 인간으로부터 (인체 온도는 약 37°C이다.); B: 호열성 박테리아  
c. 40°C 이상에서는 인체 효소가 변성되어 그 형태와 기능을 잃어버리게 된다. 증가된 열에너지는 효소에서 2차 및 3차 구조를 유지하는 약한 결합을 파괴한다.
- 이 결과는 식단 내의 포화 지방 또는 트랜스지방을 불포화 지방으로 대체하면 관상동맥질환 위험을 감소시킨다는 것을 나타낸다. 포화 지방으로 대체된 트랜스지방의 에너지양이 5%가 아니라 2%라 할지라도 이득(지방 감소된 위험)은 크다.

4장

- a. 조면소포체; b. 핵; c. 인; d. 리보솜; e. 피옥시솜; f. 중심체; g. 세포뼈대; h. 미토콘드리아; i. 원형질막; j. 리소솜; k. 골지체; l. 활면소포체. 기능에 관해서는 표 4.22 참고. 중심체는 미세소관형성체이다.
- c 3. b (작은 세포는 부피에 대한 표면적의 비가 더 크다.) 4. b 5. a
- 유전물질로서의 DNA, 리보솜, 원형질막, 세포기질
- 섬모는 세포가 환경을 뚫고 앞으로 나가게 하거나 액체를 끌어낸다.
- d 9. b 10. a 11. c
- 서로 분리된 막으로 둘러싸인 구획 안에서는 다른 상태와 서로 상반되는 과정들이 동시에 일어날 수 있다. 또한 대사과정을 수행하는 데 필요한 막결합 효소들이 자리 잡을 수 있는 표면적을 증가시킨다.
- 부분적으로는 사실이며, 부분적으로는 맞지 않다. 동물세포와 식물세포는 모두 미토콘드리아를 가지고 있지만 동물세포에는 엽록체가 없다. 두 소기관 모두 에너지를 처리한다. 미토콘드리아는 화학에너지를 다른 형태의 화학에너지인 ATP로 전환한다. 이 과정으로 진행세포는 세포가 일을 하는 데 필요한 ATP를 얻는다. 엽록체는 빛에너지를 화학에너지(당 분자)로 전환한다. 당 분자는 식물세포의 미토콘드리아에 에너지를 제공할 수 있고, 식물 세포에 저장되어 식물을 먹는 동물로 전달될 수 있다.
- 원형질막은 인지질 2중층으로 친수성 머리는 막 양쪽의 물 부분을 향하고, 소수성 지방산 꼬리는 막의 가운데로 모여 있다. 또한 단백질들이 이러한 막 속에 박혀 있거나 부착하고 있다. 미세섬유는 원형질막 바로 안쪽에서 3차원 망상구조를 이룬다. 막의 바깥에 있는 세포외바탕질은 당단백질이 주성분으로 이들 단백질은 인테그린이라 불리는 막단백질과 결합하고 있다. 인테그린은 세포외바탕질로부터의 정보를 막의 다른 쪽에 있는 미세섬유로 전달한다.
- 세포 1: S = 1,256 μm<sup>2</sup>; V = 4,187 μm<sup>3</sup>; S/V = 0.3. 세포 2: S = 5,024 μm<sup>2</sup>; V = 33,493 μm<sup>3</sup>; S/V = 0.15. 작은 세포는 부피에 비해 상대적으로 더 넓은 표면적을 가지고 있어 충분한 양분과 산소를 흡수할 수 있으며, 노폐물을 더 잘 배출할 수 있다.
- mRNA 분자가 인슐린 유전자로부터 전사되어 세포기질로 이동한다. 세포 기질에서 조면소포체(결합리보솜)의 바깥쪽에 있는 리보솜과 결합한다. 리보솜이 소포체 안으로 들어가는 폴리펩타이드를 합성한다. 폴리펩타이드는 소포체 안에서 접히고 변형될 수 있다. 그 후 수송소포에 포장되어 이동한다. 소포가 골지체와 합쳐져 인슐린단백질이 골지체로 들어가고, 골지체를

따라 이동하는 동안 필요에 따라 추가로 변형된다. 수송소포가 골지체의 '발송'면에서부터 떨어져 나와 원형질막과 융합함으로써 세포로부터 인출된 이 분비된다.

- 내부공생설에 따르면 진핵세포 조상이 호기성 박테리아를 삼켰지만(섭취함), 먹잇감인 박테리아를 소화시키지는 않았다. 원핵생물은 세포 내에 자리를 잡고 거주하게 되었으며, 호기성 대사활동을 통해 숙주세포에 ATP를 제공하였다. 세포가 여러 세대를 지나면서 숙주와 내부공생체는 상호의존적이 되어 혼자만으로는 존재할 수 없게 되어, 결국 하나의 생물이 되었다. 미토콘드리아를 함유하는 세포 중 하나가 광합성 원핵생물을 섭취만 하고 소화시키지 않았다면 위의 경우와 유사한 과정이 일어났었을 것이다.
- 원발섬모이상증(PCD)을 가진 사람은 디네인 운동단백질의 결핍으로 인해 기능이 없는 섬모와 편모를 가지게 된다. 이러한 결함이 있는 경우, 배의 왼쪽-오른쪽 패턴 형성에 관여하는 섬모가 체액의 흐름을 정상적으로 일으키지 못해 기관이 정상적으로 배열되지 못하게 된다.
- 염색체가 극쪽으로 이동함에 따라 표시된 곳으로부터 염색체 쪽에 있는 미세소관 절편이 짧아졌고, 극쪽의 미세소관 절편은 길이가 그대로 있었다. 따라서 세포가 분열할 때 극을 향한 염색체의 이동은 염색체가 부착된 끝에 있는 미세소관이 짧아진다(분해). 방추사가 분해되는 위치가 항상 같은지를 결정하려면 다른 생물들로부터 확보한 서로 다른 유형의 세포들을 이용하여 반복해서 실험해야 한다. 실제로 일부 세포의 경우 미세소관이 극쪽의 방추사에서부터 분해되는 것으로 나타난 실험 결과도 있다.

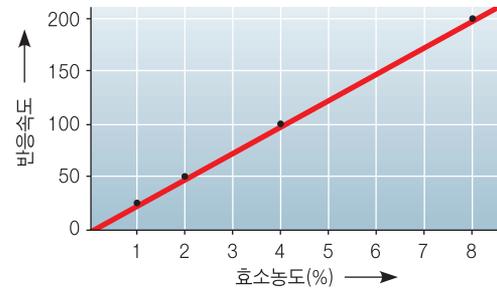
5장

- a. 능동수송; b. 농도 기울기; c. 작은 비극성 분자; d. 촉진확산; e. 수송단백질
- a. 효소; b. 효소의 활성부위; c. 기질; d. 활성부위에 있는 기질; 유도적응에 의해 기질 결합이 뒤늦음; e. 기질이 생성물로 전환; f. 생성물이 방출되고 효소는 다음 반응을 준비함.
- b 4. d 5. c (능동수송만이 농도 차에 역행해서 용질을 이동시킬 수 있다.)
- a 7. b
- 세포의 일은 세 가지 주요한 유형, 즉 화학적 일, 수송, 기계적 일로 나뉜다. ATP는 세포가 일을 하는데 필요한 에너지를 제공한다. ATP가 가수분해될 때 기질(화학적 일)이나 단백질(수송과 기계적 일에 관여)에 인산기를 전달한다.
- 에너지는 세포 유기 분자의 화학결합에 저장된다. 활성화에너지 장벽은 이들 분자가 자발적으로 분해되어 에너지를 방출하는 것을 막아준다. 기질이 유도적응을 통해 활성부위에 잘 맞게 되면, 결합이 비틀어져 더 쉽게 분해될 수 있으며, 활성부위에 있는 아미노산이나 보조인자가 촉매반응을 촉진하거나 반응에 참여 혹은 생성물로의 전환이 촉진될 수 있도록 활성부위가 2개의 기질을 잘 자리 잡게 해준다.
- 에너지는 창조나 파괴되지 않지만 전달되거나 전환될 수는 있다. 식물은 태양에너지를 유기물에 저장된 화학에너지로 전환한다. 거의 모든 생명체는 광합성에 의해 생성된 물질을 에너지원으로 한다. 모든 에너지 전달이나 전환 시 일부 에너지는 열에너지의 무작위운동으로 손실되고 열로 방출된다.
- 세포막은 유동성인 인지질 2층층에 다양한 단백질이 박혀 있다. 인지질의 친수성 머리는 막의 양쪽에 있는 물을 향하고 지방산 꼬리는 막의 소수성 내부에 모인다. 막은 세포와 세포를 둘러싸는 환경 사이(또는 세포 소기관과 세포기질 사이)에 선택적 투과성 경계를 형성한다. 단백질은 효소작용과 수송 외에도 부착과 신호전달과 같은 막의 많은 기능들을 수행한다.
- 독소나 독과 같은 억제자는 주요 세포내 효소들을 비가역적으로 억제한다. 약으로 고안된 억제자들은 유익한데, 예를 들어 박테리아나 바이러스 같은 침입자나 암세포들의 효소작용을 저해한다. 세포들은 대사경로에서 되먹임 억제 기작으로 효소를 억제함으로써 자원을 보존한다.
- 아쿠아포린은 세포막을 통해 물이 매우 빠르게 확산하게 하는 물수송 통로이다. 무더운 날에 달리기를 한 후 우리 몸은 소변으로부터 물을 재흡수하여 탈수를 예방하는 것이 가장 중요하다.

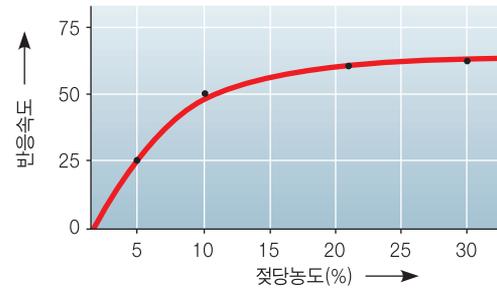
- 아쿠아포린 RNA가 주입된 난자는 높은 물 투과성을 보였다. (5.7절에서 이 난자가 3분 후에 부풀어 오르고 파열되었다는 사실을 기억하자.) 염화수은으로 처리하면 아쿠아포린이 억제되어 난자의 물 투과성이 감소한다. 예상한 대로, 수은농도가 높을수록 물 투과성이 억제되고 감소한다.

ME로 처리하여 억제를 역전시키면, 통로가 다시 작용하였고 물 투과성이 난자가 억제되지 않을 경우와 거의 동일한 수준까지 증가했다. 대조군 난자는 아쿠아포린 RNA가 주입되지 않았으므로 아쿠아포린이 존재하지 않았다. 따라서 물 투과성은 매우 낮아야 하며 수은 처리의 영향을 받지 않아야 한다. 실제로, 대조군 난자의 물 투과성은 RNA가 주입된 어떠한 난자보다 훨씬 낮았다.

- a. 효소가 많을수록 효소와 기질이 만날 기회가 많아지므로 반응속도가 빨라진다.



- b. a 경우와 같은 이유 때문에 기질이 많이 있을수록 반응이 빨라진다. 그러나 기질농도가 어느 한계에 이를 때까지 비례하며, 효소가 포화(최고 속도로 작용)되면 기질을 많이 넣어주어도 반응속도가 증가하지 않는다.



- 고려해야 할 쟁점과 문제: 많은 사람들이 충분한 식량을 얻지 못하는 세상에서 농작물 수확량을 증가시키는 것이 가장 중요한가? 이러한 화합물이 빠르게 분해된다는 사실은 사람에게 대해서 위험이 적다는 것을 의미하는가? 농업에 종사하는 사람과 벌이나 곤충과 같은 그 밖의 수분매개 곤충, 새, 그리고 작은 포유류와 같은 개체들에 대한 이들 화합물들의 위험은 어떠한가? 현재로서는 예측하기 불가능한, 생태계에 부정적인 효과들이 있지 않을까?

6장

- a. 해당작용; b. 피루브산염의 산화와 시트르산 회로; c 산화적 인산화; d. 산소; e. 전자전달계; f. CO<sub>2</sub>; g. H<sub>2</sub>O
- d 3. d 4. c. 5. b 6. a 7. c (전자전달에 의해 재생되는 NDA\*와 FAD의 세포 내 공급이 제한적임.) 8. b (동시에 NADH가 NAD\*로 산화됨)
- 해당과정은 모든 살아 있는 세포에서 일어나며 산소나 막으로 둘러싸인 소기관을 필요로 하지 않으므로 제일 원시적인 물질대사인 것으로 생각된다.
- 근육세포에서 일어나는 젓산발효에서 피루브산염은 NADH에 의해 환원되어 젓산염이 되며 NAD\*가 재생된다. 알코올 발효에서는 NADH가 NAD\*로 산화되면서 피루브산염이 CO<sub>2</sub>와 에탄올로 분해된다. 2종류의 발효과정 모두 NAD\*를 재생시켜주므로 해당과정에서 계속해서 포도당 1분자당 2 ATP를 생산할 수 있게 해준다.



4 ■ 해답

11. 탄수화물이 해당과정에서 분해되고 피루브산염이 산화되면서, G3P로부터 글리세롤이 만들어지고 아세틸 CoA로부터 지방산이 만들어진다. 질소 원자를 포함한 아미노기가 해당작용이나 시트르산 회로의 중간산물에 반드시 공급되어야만 아미노산이 만들어진다.
12. 하루에 100 kcal씩 일주일이면 700 kcal이다. 표 6.4에 따르면 약 3 mph의 속도로 걷는 데는  $700/245 =$  약 2.8시간, 수영은 1.7시간, 달리는 0.7시간이다.
13. NAD<sup>+</sup>와 FAD는 조효소로서 포도당이 산화되는 동안 소모되는 것이 아니라 재생되는 것이다. NADH와 FADH<sub>2</sub>가 가지고 있던 전자를 전자전달계에 넘기면서 NAD<sup>+</sup>와 FAD가 재생된다. 손실되는 NAD<sup>+</sup>와 FAD를 대체할 수 있도록 약간 더 많은 양이 필요하다.
14. 식량 분자에서 나온 전자가 전자전달계를 통해서 NADH나 FADH<sub>2</sub>를 거쳐 산소로 이동되는 동안, 산화환원반응에서 방출된 에너지를 이용하여 수소 이온을 미토콘드리아 내막을 넘어서 막사이공간으로 이동시킨다. 수소 이온이 농도 기울기에 의해 ATP 합성효소를 통해서 되돌아오려는 힘에 의해서 ADP를 인산화시켜서 ATP를 만든다.
15. a. 청색이 점점 더 진해지므로 정답이 아니다. 이 반응은 청색염료를 탈색시킨다.  
b. 염료가 점점 탈색되기는 하지만 3개의 반응에서 초기 값이 다르므로 정답이 아니다. 각 반응에서 사용한 염료의 농도가 동일하기 때문에 초기 색깔이 동일해야 한다.  
c. 정답이다. 세 가지 반응이 모두 동일한 값에서 시작하였으므로 반응물인 말산의 농도가 더 높은 곳에서 탈색 속도가 더 빨라진다.
16. 원핵생물의 세포막과 미토콘드리아 내막에서 모두 ATP 합성효소가 존재한다는 사실은 공생설, 즉 유기호흡을 하는 원핵생물이 세포 내로 휩쓸려 들어와서 미토콘드리아가 되었다는 가설을 지지해 준다(4.15절 참고).
17. 체지방 함량(%)이 독립적인 변수이므로 X축에 놓고, 갈색지방의 활성은 변수에 따라 달라지므로 Y축에 놓는다. 또한 갈색지방의 활성과 체지방 함량이 음의 상관관계가 있도록 그래프를 그려야 한다. (즉, 체지방 함량이 낮을 때 갈색지방 활성이 더 높았다가 체지방 함량이 증가하면서 갈색지방의 활성이 감소한다.) 한 가지 가설은 마른 체형의 사람에게서는 활성화된 갈색지방이 많아서(체지방을 낮추어서) 날씬하게 유지시켜 준다는 것이다. 또 다른 가설은 뚱뚱한 사람은 체지방이 많아서 절연효과가 크므로 추울 때 체온을 유지하기 위해 갈색지방이 활성화될 필요가 없다는 것이다.
18. DNP 같은 짝퉁염제를 복용한 사람은 전자전달과정에서 생성된 수소 이온 기울기가 더 이상 ATP 합성과 맞물리지 않는다. 그 결과 세포호흡과정에서 포도당이 산화되면서 생성되는 ATP가 아주 적는데, 왜냐하면 ATP는 수소 이온이 미토콘드리아 내막의 ATP 합성효소를 통해 되돌아 나오려는 힘에 의해 만들어지기 때문이다. ATP가 많이 만들어지지 않으면 생합성도 일어날 수 없고 따라서 새로운 유기 분자들이 합성될 수 없다. 또한 ATP 수준이 낮으면 우리 몸에서 물질을 분해해서 세포호흡에 투입하라는 신호를 보내게 되므로 체중이 크게 줄고, 심한 발열과 땀을 흘리며 탈수증상을 보이게 된다. 이런 요인들이 합쳐지면 죽음에 이를 수도 있다.
19. 갈색지방세포의 미토콘드리아에는 톨로단백질이 있어서 미토콘드리아 막에서 수소 이온이 새어 나오게 만들기 때문에 DNP 약제와 비슷한 효과를 가진다. 이 톨로가 활성화되면 갈색지방이 ATP를 만들지 않고 연료를 태워버리게 된다. 만약 갈색지방을 활성화시키는 약물이 있다면 환자들에게 더 많은 칼로리를 태워버릴 수 있게 해줄 것이다. 따라서 여분의 칼로리가 지방으로 전환되지 않으며 몸에 축적된 지방이 감소할 것이다. 그러나 만약 이 약물이 우리 몸의 모든 세포의 미토콘드리아에 영향을 준다면 DNP와 마찬가지로 큰 재앙이 될 것이다.

7장

1. a. 빛에너지; b. 명반응; c. 캘빈 회로; d. 산소발생; e. 전자전달계; NADPH; g. ATP; h. G3P (당).
2. c 3. b 4. a 5. c (명반응에서 생성된 NADPH와 ATP가 캘빈 회로에 필요하다) 6. d 7. b 8. c
9. 6 CO<sub>2</sub>, 9 ATP, 6 NADPH.
10. 호흡과정에서 생성되는 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O는 광합성의 반응물이다. 호흡에서는 포도당이 CO<sub>2</sub>로 산화되면서 포도당에서 나온 전자가 전자전달계를 통해서 산소에 전달되면서 물이 생성된다. 광합성에서는 물이 제공한 전자가 빛에 의해 활성화된 후 NADPH에 임시 저장되었다가 CO<sub>2</sub>를 환원시켜 탄수화물을 만드는 데 사용된다.
11. 명반응이 일어나려면 ADP와 NADP<sup>+</sup>가 필요한데 캘빈 회로가 멈추면 ATP와 NADPH에서 재생되지 않기 때문이다.
12. 식물은 세포호흡에서 당을 분해하여 에너지를 얻거나, 셀룰로스 같은 유기 화합물을 만드는데 당을 이용한다. 여분의 당은 녹말의 형태로 저장된다.
13. 색소 분자가 흡수한 빛에너지가 물에서 나온 저에너지 전자를 NADPH로 끌어 올린다. 빛에 의한 전자전달과정에서 화학삼투작용에 의해 ATP를 생성한다. NADPH와 ATP는 화학에너지를 저장하였다가 캘빈 회로에서 CO<sub>2</sub>를 환원하여 당을 만드는 데 이용된다.
14. a. 전자전달계; b. ATP 합성효소; c. 틸라코이드 공간(수소 이온 농도가 높은 쪽); d. 스트로마; e. ATP.  
미토콘드리아의 막사이공간과 엽록체의 틸라코이드 공간 쪽에서 수소 이온 농도가 더 높다.
15. 미토콘드리아에서: a. 전자는 식량 분자에서 온다. b. 전자는 유기 분자의 결합에서 전자는 높은 위치에너지로 갖는다. c. 전자는 산소로 전달되며, 산소는 수소 이온과 결합하여 물이 된다.  
엽록체에서: a. 물이 분해되면서 전자가 나온다. b. 빛에너지가 전자를 활성화시켜 더 높은 에너지 준위로 보낸다. c. 물이 분해되면서 나온 전자는 광계 II의 반응중심 엽록소와 광계 I의 반응중심 엽록소를 지나 NADPH로 전달된다.  
미토콘드리아와 엽록체 모두: d. 전자전달계의 산화환원반응에 의해 방출된 에너지가 막을 투과해서 수소 이온을 수송하는데 사용된다. 수소 이온이 ATP 합성효소를 통해 되돌아나가면서 그 에너지가 ADP를 인산화하여 ATP를 합성하는 데 이용된다.
16. 가설: CO<sub>2</sub>는 광합성의 원료물질이므로 CO<sub>2</sub> 농도가 올라가면 돼지풀의 생장이 빨라지고 화분도 더 많이 생성될 것이다. 화분 생성과 CO<sub>2</sub> 농도는 양의 상관관계를 가지므로 실험 결과가 가설을 지지해준다. CO<sub>2</sub> 농도의 증가는 지구온난화와 관계가 있으므로 온도가 돼지풀의 화분생성에 미치는 효과에 대한 실험도 가능할 것이다. 또한 식물의 생장기가 더 길어지는지를 측정해보는 것도 좋은데, 왜냐하면 건조열로 고생하는 사람들이 돼지풀의 화분에 노출되는 기간이 길어지게 될 것이기 때문이다. CO<sub>2</sub> 농도가 높은 조건에서 자란 돼지풀의 화분은 알레르기 반응을 더 심하게 일으키는지 조사하는 것도 흥미로운 일이다. 실제 이런 실험들이 수행되었는데, 예측한 바 대로 돼지풀의 생장기간이 길어지고 있으며 CO<sub>2</sub> 농도가 높은 조건에서는 화분의 양도 많이 만들어지고 알레르기 반응도 더 심하다.
17. 과학자들은 지구온난화와 기후변화의 영향과 원인을 규명할 뿐만 아니라 온실가스 방출을 효과적으로 줄이거나 기후변화를 완화시킬 수 있는 효율적인 전략을 찾는 연구를 지속해야 할 것이다. 정치가들은 온실가스를 감축하고 개발도상국이 단기간의 경제 성장과 장기간의 이익 사이에 균형을 맞출 수 있도록 경제적 지원을 하겠다는 약속을 이행할 수 있는 방법을 협상해야 할 것이다. 시민들은 스스로 에너지 사용을 절제하고, 정치가와 사업가에게 건강한 지구를 책임질 수 있도록 요구하는 방법에 대해서 고민해야 할 것이다.



8장

1.

	유사분열	감수분열
염색체 복제 횟수	1	1
세포분열 횟수	1	2
생성된 딸세포의 수	2	4
딸세포에 있는 염색체 수	2배체(2n)	반수체(n)
중기에 염색체가 배열하는 방식	단독으로	4분체(감수 1분열 중기에) 그 이후 단독으로(감수 2분열 중기)
딸세포와 부모세포의 유전적 관계	유전적으로 동일	유전적으로 독특
사람 몸에서의 기능	성장, 발달, 손상복구	배우자 생성

2. b 3. c 4. b 5. b 6. b 7. a 8. b 9. d (2배체 세포는 짝수의 염색체를 갖는다. 따라서 염색체 수가 홀수라는 것은 감수 1분열이 완료되었음을 암시한다. 감수 2분열에서 자매염색분체들은 전기와 중기에만 함께 있다.) 10. c 11. d
12. 대부분의 세포들이 간기에 있다. 간기는 성장, DNA 합성, 활발한 물질대사가 되는 시기로, 아직 응축한 염색체가 만들어지지 않았다. 전기에는 염색체가 굵고 짧아지며(왼쪽 모퉁이에 있는 세포) 방추사가 형성된다. 중기에는 염색체가 세포의 중앙에 배열(첫 번째 줄의 두 번째 세포, 상단의 왼쪽 모퉁이 부근)하고 후기에 자매염색분체들이 분리됨에 따라 염색체가 두 무리(하단의 오른쪽 모퉁이 부근에 있는 2개의 세포에서 볼 수 있음)로 나누어진다. 말기에는 염색체들이 양극에 도착하여 있으며(제일 상단의 오른쪽에서 다섯 번째 세포), 염색체를 주변에 딸핵이 형성되고 통상적으로 세포질분열이 일어난다.
13. 세포질분열 없이 유사분열을 하면 2개의 핵을 가진 하나의 세포가 만들어진다. 이와 같은 유사분열을 여러 번 하게 되면 '거대세포'가 생성된다.
14. 감수 1분열 중기에 상동염색체가 어떻게 배열하는가에 따라 배우자의 염색체 조합이 달라진다. 감수 1분열 전기에 일어나는 교차에 의해서도 염색체 일부가 교환되어 새로운 유전자조합이 생기며, 난자와 정자의 무작위 수정에 의해서도 자손의 변이가 더 증가된다.
15. 세포 배양 시에 정상적인 세포는 표면에 접촉할 때에만 분열한다. 그러나 모든 면이 다른 세포와 접촉하게 되면 분열하지 않으며, 대개 단일층을 형성할 때까지만 자란다. 세포분열의 밀도 의존성 억제제는 성장인자로 불리는 물질이 국소적으로 결핍되어 생긴다. 성장인자는 특정 세포에서 분비되는 단백질로서 다른 세포의 분열을 촉진시킨다. 성장인자는 신호전달경로를 통해 영향을 받는 세포의 세포주기조절계에 신호를 보내 검문지점을 계속 통과해 나아가도록 한다. 암세포의 세포주기조절계는 적절히 작동하지 못한다. 일반적으로 암세포는 세포주기를 완성하기 위해 외부로부터 성장인자를 공급 받을 필요가 없으며 무한정 분열한다(정상적인 포유류 세포들은 20~50회 분열 후에 분열을 멈춘다). 이 두 가지가 암세포를 실험실에서 배양하기 쉬운 이유이다. 더욱이 암세포는 종종 단단한 표면에 접촉하지 않고도 자랄 수 있으므로 액체배지에서懸濁배양이 가능하다.
16. 고리 모양의 미세섬유가 동물세포를 2개로 나누며 이를 분할이라고 한다. 식물의 경우 막성 세포가 부모세포의 중앙에 원관 모양의 세포판을 형성하며, 이 세포판의 막이 원형질막과 융합하고 세포벽이 자라 딸세포를 분리시킨다.
17. 그림 8.18 참고.
18. a. 아니다. 이러한 현상이 생기기 위해서는 융합한 두 배우자의 염색체가 제공자의 염마염색체 완전한 세트(제공자의 염마로부터 온 것)와 제공자의 아빠염색체(제공자의 아빠로부터 온 것) 완전한 세트를 가져야만 한다. 그러나 확률상 접합자는 하나 또는 그 이상의 염마염색체가 없고, 대신 더 많은 수의 아빠염색체를 가지거나 혹은 그 반대가 될 가능성이 크다.

b. 그렇다. 배우자 제공자와 유전적으로 동일한 접합자를 생성하고자 한다고 가정해 보자. 이 경우 접합자는 제공자로부터 완벽한 한 세트씩의 염마염색체와 아빠염색체를 가져야 한다. 이러한 경우 첫 번째 배우자는 염마와 아빠의 어떠한 혼합도 가질 수 있다. 그러나 일단 첫 번째 배우자가 '선택되면' 두 번째 배우자는 첫 번째 배우자가 제공하지 않은 조합을 공급할 수 있는 특정 조합의 염색체를 가져야만 한다. 예를 들어, 만약 배우자의 처음 3개의 염색체가 염마, 염마, 아빠염색체라면, 두 번째 배우자의 처음 3개의 염색체는 아빠, 아빠, 염마염색체가 되어야 한다. 23개 염색체 쌍 모두가 이런 식으로 보완될 기회는 2<sup>23</sup>분의 1(8,388,608분의 1)이다. 이처럼 독립적인 분류로 인해 접합자는 제공자의 아빠와 염마로부터 예상치 못한 염색체 조합을 갖게 될 가능성이 크다.

c. 아니다. 첫째, 접합자는 배우자 제공자와 유전적으로 동일할 수 없다(답 b 참고). 둘째, 제공자는 단지 자기의 한쪽 부모의 유전물질 중 절반만을 가지고 있기 때문에 접합자는 배우자 제공자의 부모 중 어느 하나하고만 같을 수는 없다. 예를 들어, 접합자가 아빠염색체만을 갖고 있는 2개의 배우자에 의해 만들어진다면 하더라도 합쳐진 염색체 세트는 제공자 아빠염색체와 동일할 수 없다. 그 이유는 아빠염색체의 절반이 여전히 없기 때문이다.

d. 아니다. 답 c 참고.

19. 몇몇 가능한 가설: 박테리아가 염색체 DNA를 복제하는 데 소요되는 시간은 진핵세포가 DNA를 복제하는 시간보다 훨씬 짧다. 성장 중인 박테리아의 세포질 양이 대략 2배가 되는 데 걸리는 시간 또한 진핵세포의 경우보다 훨씬 짧으며, 박테리아는 진핵세포보다 훨씬 더 간단한 세포주기조절계를 가지고 있다.
20. 1 cm<sup>3</sup> = 1,000 mm<sup>3</sup>. 따라서 5,000 cm<sup>3</sup>의 피에는 5,000 × 1,000 × 5,000,000 = 25,000,000,000,000, 즉 2.5 × 10<sup>15</sup>의 적혈구가 있다. 매일 교체되는 세포의 수 = 2.5 × 10<sup>15</sup>/120 = 2.1 × 10<sup>11</sup>개. 하루는 24 × 60 × 60 = 86,400초이다. 따라서 초당 교체되는 세포의 수 = 2.1 × 10<sup>11</sup>/86,400 = 약 2 × 10<sup>6</sup> 즉, 200만 개이다. 따라서 손실된 적혈구를 대체하기 위해 매초 200만 번의 세포분열이 일어나야 한다.
21. 유사분열 시 각각의 염색체는 독립적으로 행동한다. 다시 말해, 염색체 복제와 자매염색분체들의 분리는 말 염색체인지 당나귀 염색체인지에 상관없이 독립적으로 일어난다. 그러므로 접합자로부터 시작하는 유사분열은 손상이 없다. 그러나 감수분열에서는 감수 1분열 전기에 상동염색체들이 쌍을 이루어야 한다. 이러한 접합과정은 말과 당나귀의 염색체들이 수와 내용에 있어 일치하지 않으므로 적절히 일어날 수 없다.
22. 3개의 염색체를 가진 경우 감수분열 중에 염색체들이 배우자로 균등하게 나누어갈 수 없다. 따라서 이러한 식물은 꺾꽂이하거나 뿌리내림(클로닝의 한 형태)하여야만 새로운 식물을 생성할 수 있다. 유성생식은 유전적 다양성을 증가시키지만 무성생식은 그렇지 못하다. 유전적 다양성으로 인해 일부 식물은 새로운 해충에 저항성을 갖게 하는 특정 유전자조합을 갖게 될 수 있다. 그러나 이러한 유전자변이는 무성생식으로 번식하는 식물 집단에서는 생길 수가 없다.
23. 유관상피내암(DCIS) 진단을 받은 가능한 많은 여성들을 대상으로 실험을 설계할 수 있다. 먼저 여성들을 3개의 그룹으로 나눈다. 첫 번째 그룹은 유방종양절제수술을 받도록 하고, 두 번째 그룹은 유방절제, 그리고 세 번째 그룹은 아무 처치도 하지 않음으로써 대조군의 역할을 하게 한다. 그 밖에 모든 요인은 동일하게 한다. 그 이후 실험대상자들의 결과(사망률, 암 재발 등)를 관찰하여 어느 그룹이 더 건강하게 사는지 비교한다. 그러나 이러한 연구는 매우 비윤리적이다. 모든 환자는 자신들이 앓고 있는 특정 암에 대해 최선의 치료를 받을 수 있어야 한다. 그러므로 위에 제시한 실험보다는 관찰 연구가 더 적절한 연구 방법이다.

9장

1. a. 대립유전자; b. 좌위; c. 동형접합; d. 우성; e. 열성; f. 불완전 우성
2. c 3. b 4. d (어느 부모도 루비 눈이 아니지만 어떤 자손이 루비 눈을 가졌

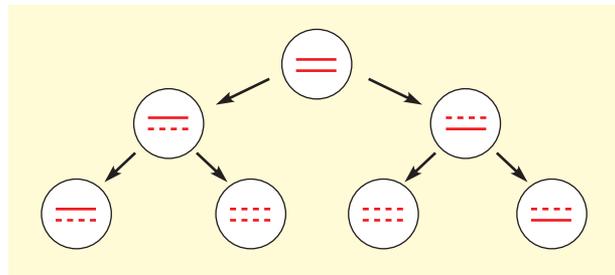
6 ■ 해답

- 다는 것으로 이 유전자는 열성임을 알 수 있다. 암컷과 수컷 자손의 비율이 다른 것으로는 성연관임을 알 수 있다.) 5. d
- 주근깨 형질은 우성이므로 팀과 잔은 둘 다 이형접합자다. 이들 사이에서는 주근깨가 있는 자녀가 태어날 수도 있고 주근깨가 없는 자녀가 태어날 확률도 있다. 다음 두 명의 자녀가 주근깨를 가지고 태어날 확률은  $3/4 \times 3/4 = 9/16$ .
  - 6번 문제에서 팀과 잔은 둘 다 이형접합이었으므로, 마이크는 열성 동형접합자다. 다음 아이가 주근깨를 가질 확률은  $3/4$ . 다음 자녀가 직선형 머리선을 가질 확률은  $1/4$ . 따라서 그 아이가 주근깨와 직선형 머리선을 가질 확률은  $3/4 \times 1/4 = 3/16$ .
  - 검고 짧은 털을 가진 부모 토끼의 유전자형은 *BBSS*. 갈색이고 긴 털을 갖는 부모 토끼의 유전자형은 *bbss*.  $F_1$  토끼는 모두가 검고 짧은 털을 지닌 *BbSs* 토끼일 것이다.  $F_2$  토끼는 검고 짧은 털, 검고 긴 털, 갈색 짧은 털, 갈색 긴 털이 나타날 비율이 9:3:3:1.
  - 유전자가 연관되어 있지 않다면, 자손에서 나타나는 표현형의 비율은 25% 회색 몸 붉은 눈, 25% 회색 몸 보라 눈, 25% 검은색 몸 붉은색 눈, 25% 검은색 몸 보라색 눈. 실제 나타난 비율은 이들 유전자가 연관되어 있고 재조합 빈도는 6%.
  - 재조합 빈도는 다음과 같다. 검은 몸과 짧은 날개 36%, 보라색 눈 짧은 날개 41%, 검은색 몸 보라색 눈 6%(9번 문제 참고). 이들 재조합 빈도는 유전자들 사이의 거리를 반영하므로 순서는 보라색 눈-검은색 몸-짧은 날개(또는 짧은 날개-검은색 몸-보라색 눈).
  - 혈우병에 걸린 아들이 태어날 확률은  $1/4$ , 보인자 딸이 태어날 확률도  $1/4$ 이다. (엄마는 이형접합 보인자 [ $X^{H}X^{h}$ ]이고 아빠는 정상이다 [ $X^{H}Y$ ].)
  - 남자에게는 하나의 X 염색체만 있어 X 연관 유전자는 항상 발현된다. Y 염색체에는 해당 유전자가 존재하지 않기 때문이다. 남자는 열성인 색맹 대립유전자를 하나만 물려받아도(엄마에게서) 색맹이 되는 반면, 여성은 두 부모에게서 모두 색맹 대립유전자를 하나씩 물려받아야 색맹이 되며 이런 확률은 남자에 비해 훨씬 적다.
  - 부모형 배우자는 *WS*와 *ws*이다. 재조합 배우자는 *Ws*, *wS*로 교차에 의해 형성된다.
  - 키는 양적 형질로 사람의 피부색과 같이 다유전자성 유전에 의해 나타난다(9.14절 참고).
  - 어떤 여자가 색맹이라면, 두 부모 모두에게서 색맹 대립유전자를 물려받아야만 한다. 아빠는 단 하나의 X 염색체를 가지므로 그 하나를 딸에게 물려줄 수밖에 없다. 따라서 딸이 색맹이라면 아빠도 색맹인 것이다. 남자는 보인자 엄마에게 색맹 대립유전자를 하나만 물려받아도 색맹이 된다. 이 경우 색맹인 남자 두 부모의 표현형은 정상이다.
  - 고양이를 교배하여 집단을 얻을 수 있다. 만일 귀가 말린 대립유전자가 열성이라면, 두 마리의 귀가 말린 고양이를 교배하였을 때 모두 귀가 말린 새끼 고양이를 얻을 수 있다. 이 대립유전자가 우성이라면, 귀가 말린 고양이 사이에서 '정상' 새끼 고양이가 태어날 수 있다. 귀가 말린 고양이 대립유전자가 성연관이라면, 새끼 고양이의 표현형은 수컷과 암컷에서 다르게 나타날 수 있다. 귀가 말린 대립유전자가 상염색체에 있다면, 언제나 수컷과 암컷에서 나타나는 표현형의 비가 같을 것이다. 귀가 말린 대립유전자가 우성이고 상염색체에 있다는 사실을 알았다면, 특정 한 귀 말린 고양이가 순종(동형접합)인지 확인하기 위해 정상 고양이와 검정교배를 하면 된다. 만약 귀 말린 고양이가 동형접합이라면 검정교배에서 태어나는 모든 새끼 고양이의 귀가 말려 있을 것이다. 만일 이형접합이라면 절반은 귀가 말린 고양이 그리고 절반은 정상 고양이가 태어날 것이다.
  - 유전자가 연관되어 있지 않다면 태어나는 강아지의 표현형 비율은 9:3:3:1이 된다. 90 검은색 털 정상 시력, 30 검은색 털 시각장애, 30 초콜릿색 털 시각장애, 10 초콜릿색 털 시각장애. 두 유전자가 연관되었다면 검은색 털 정상 시력과 초콜릿색 털 시각장애의 비율이 3:1일 정도일 것이고, 두 유전자

사이의 재조합 빈도에 따라 검은색 털 시각장애와 초콜릿색 털 정상 시력의 표현형을 지닌 강아지가 적을 수 태어날 것이다.

10장

- a. 뉴클레오타이드; b. 전사; c. RNA 중합효소; d. mRNA; e. rRNA; f. tRNA; g. 번역; h. 리보솜; I. 아미노산
- b
- 재료: 원래의 DNA, 뉴클레오타이드, DNA 중합효소와 DNA 연결효소를 비롯한 여러 효소 및 다른 단백질.  
단계: 원래의 DNA 가닥은 특정한 지점(복제기점)에서 분리되고, 새로운 뉴클레오타이드가 각 가닥의 뉴클레오타이드와 염기쌍 규칙에 따라 수소결합되면, DNA 중합효소가 새로운 가닥에 해당 뉴클레오타이드를 공유결합시킨다. 하나의 새로운 가닥은 연결된 긴 가닥으로 합성되는 반면, 다른 가닥은 짧은 조각으로 나뉘어 만들어진 다음 DNA 연결효소에 의해 연결된다.  
산물: 2개의 동일한 DNA 분자로 각각 한 가닥은 예전의 가닥 그대로이고, 다른 한 가닥은 새로 합성된 가닥이다.
- 전사; 번역
- d (짜지 DNA만이 숙주세포로 들어가므로 람다 DNA가 새로 합성되는 DNA와 단백질을 결정한다.)
- d
- 유전자는 하나의 폴리펩타이드를 만드는 데 필요한 정보를 지니는 폴리뉴클레오타이드 서열을 말한다. 각각의 코돈은 DNA 또는 RNA상에 3염기 조합으로 이루어지며 이는 각각 하나의 아미노산을 지정한다. 전사는 RNA 중합효소가 DNA 한 가닥을 주형으로 하여 RNA를 합성하는 과정이다. 원핵세포에서 RNA 전사물은 곧바로 mRNA의 기능을 갖는다. 진핵세포에서는 RNA 가공이 일어난다. 모자와 꼬리가 양쪽 말단에 첨부되고 RNA 스플라이싱 과정에 의해 인트론은 제거되고 엑손이 연결되면서 암호화 서열이 이어진다. 리보솜에서 번역, 즉 단백질 합성이 일어난다. tRNA 분자는 유전암호의 통역사 역할을 한다. 각각의 tRNA 분자 한쪽 말단에는 특정한 아미노산이 부착되고 다른 말단에는 3염기 조합으로 이루어진 안티코돈이 존재한다. 개시코돈에서 시작해서, mRNA가 리보솜 안에서 한 번에 하나의 코돈 길이만큼 이동한다. 이때 각각이— 코돈에 대해 상보적인 안티코돈을 지니는 tRNA가 폴리펩타이드 사슬에 아미노산을 하나씩 추가한다. 아미노산은 펩타이드 결합에 의해 연결된다. 번역과정은 종결코돈에 이르면 중지되고 폴리펩타이드 사슬이 방출된다. 폴리펩타이드는 기능을 가진 단백질의 형태로 접히고 때로는 다른 폴리펩타이드와 결합한 형태로 작용한다.
- c
- 9.



- mRNA: GAUGCGAUCCGCUAACUGA; 아미노산: Met-Arg-Ser-Ala-Asn
- 고려해야 할 쟁점과 문제: 모든 사람에게 자연적으로 존재하는 유전자 또는 유전자 산물에 대해 특허가 출원되는 것은 공정한가? 특허는 발견이 아니라 발명된 새로운 것에만 주어져야 하는 것이 아닐까? 또 다른 과학자가 해당 유전자나 단백질을 조금 변형시켰다면, 얼마나 달라야 특허를 침해하지 않는 범위에 해당될까? 특허는 과학 지식의 자유로운 교환을 저해하고 비밀스럽게 연구하는 분위기를 조장하지 않을까? 특허 수혜자가 갖는 이익은 무엇

인가? 연구 결과에 대해 특허를 출원할 수 없다면 과학자들이 연구를 계속 하게 하는 동력은 무엇일까? 연구를 재정적으로 지원하는 기관이나 회사는 어떤 이유로 연구를 지원하게 될까?

12. 박테리오파지는 숙주 박테리아를 쉽게 감염시켜 유전물질을 복제할 수 있다. 가장 중요한 것은 박테리오파지는 매우 단순한 구조로 외부 구조는 전적으로 단백질이고 내부 구조는 DNA로 이루어져 있기 때문에 이 두 가지를 쉽게 구별해 낼 수 있었다는 점이다.

11장

1. a. 원암유전자; b. 억제자(또는 활성화자); c. 암; d. 작동자; e. X 불활성화; f. 전사인자; g. 선택적 RNA 스플라이싱
2. b 3. b 4. b 5. b(서로 다른 세포 유형마다 다른 유전자가 활성화된다.)
6. c 7. 통상적으로 원암유전자는 세포분열을 조절한다.
8. 쥐를 복제 시 사용된 DNA는 검은색 쥐로부터 얻었기 때문에 복제된 아기 쥐는 검은색일 것이다.
9. a. 돌연변이가 된 억제자가 DNA상의 작동자에 계속 결합할 수 있으므로 오펜론은 지속적으로 억제된다. 따라서 젓당의 존재 여부와 상관없이 젓당 사용에 관여하는 젓당분해효소들은 만들어지지 않을 것이다.  
b. 젓당이 존재하던 존재하지 않던 간에 lac 오펜론 유전자들이 지속적으로 전사되어 효소가 만들어질 것이다.  
c. b에서의 결과와 같은 결과를 예측할 수 있다.  
d. 젓당의 존재 여부와 상관없이 RNA 중합효소가 유전자를 전사할 수 없으므로 단백질이 만들어지지 않을 것이다.
10. 흰색, 핵 공여자가 유전정보를 제공하므로.
11. 만일 호미오 유전자 같은 조절유전자에 돌연변이가 일어난다면 하나의 유전자에 단 1개의 돌연변이만 일어나도 다른 많은 유전자들에 영향을 줄 수 있다. 이것은 하나의 조절유전자가 다른 많은 유전자들의 발현을 활성화하거나 억제하는 단백질을 암호화할 수 있기 때문이며, 영향을 받는 유전자들 중 일부는 자신이 또 다른 유전자들 집단에 영향을 주는 조절유전자일 수도 있다. 이러한 단계적인 유전자 발현 조절은 배아 발생과정에서 흔히 볼 수 있는 현상이다.
12. 다이옥신이 세포 내에서 결합하는 단백질은 아마도 여러 유전자들을 조절하는 전사인자(11.3절 참고)일 것이다. 다이옥신의 결합이 전사인자의 활성화에 영향을 준다면(활성화하거나 억제함으로써) 다이옥신은 여러 유전자에 영향을 주게 되며, 이로 인해 신체에 다양한 영향을 미칠 수 있다. 동물마다 다이옥신으로 인한 영향이 다른 것은 생물종들의 유전적 차이 때문일 것으로 설명될 수 있다. 그러나 다이옥신이 어떤 사람의 조직에서 발견되었다고 해서 그 사람이 병을 앓게 된 원인이 다이옥신에 노출되었기 때문이라고 주장하기는 극히 어렵다. 하지만 만약 다이옥신이 유전자 발현 양상에 어떠한 영향을 주는지에 대한 상세한 정보가 있고, 11.9절에 설명한 DNA 마이크로어레이와 같은 방법을 이용하여 그 환자가 다이옥신과 관련하여 비정상적 발현양상을 보인다는 것을 증명할 수 있다면 다이옥신이 특정 질병과 강한 연관성이 있음을 밝혀낼 수 있을 것이다
13. 월머트는 양분을 고갈시킴으로써 공여자와 숙주세포의 세포주기를 통합 조정할 수 있었다. 두 세포는 모두 기아상태가 되면 세포주기의 G<sub>0</sub>기로 진입하였다. 따라서 월머트는 공여세포와 숙주세포를 모두 양분이 풍부한 성장배지로 옮기면 두 세포의 세포주기가 동기화될 수 있다고 확신했다. 이렇게 하여 월머트는 세계 최초로 성체세포로부터 포유류를 성공적으로 복제할 수 있었다.

12장

1. a. PCR; b. 제한효소; c. 전기영동; d. 핵산표지; e. 클로닝
2. d 3. b 4. b 5. c 6. c

7. 전체 유전체를 다 비교하는 것은 비용과 시간이 너무 많이 들기 때문이다. 사람마다 변이가 심한 STR 자리를 선택해서 사용하면 조사자는 전체 유전체의 염기 서열을 다 분석하지 않아도 필요한 정도의 특이성을 얻을 수 있다.
8. 의학: 유전자는 에이즈 연구나 사람의 유전자 치료와 연관된 연구를 위해 형질전환 실험동물을 생산하는 데 사용할 수 있다. 단백질은 호르몬, 효소, 혈액응고인자, 백신의 활성성분이 될 수 있다. 농업: 형질전환 농작물이나 농장동물을 생산하기 위한 식물세포나 동물난자에 외래 유전자를 집어넣을 수 있다. 동물 성장호르몬은 농업에서 재조합 DNA 기술을 사용하여 만들 수 있는 유용한 단백질이다.
9. 그녀는 간세포에서 분리해낸 DNA(전체 유전체)를 가지고 12.1절에서 설명한 과정을 수행해서 간세포 DNA 작은 조각이 들어 있는 각각의 재조합 박테리아 클론을 수집할 수 있다. 원하는 유전자가 들어 있는 클론을 찾기 위해서 유전자의 일부인 GACCUGACUGU 서열과 상보적인 방사선 RNA 표지자를 만든다. 이 표지자는 유전자에 결합하여 표시하므로 유전자를 가지고 있는 클론을 확인할 수 있다. 다른 대체 방법으로는 생화학자는 간세포에서 분리한 mRNA로 시작할 수 있는데, 역전사효소를 사용해 cDNA를 제작하는 틀로 사용할 수 있다. 전체 유전체보다 이러한 DNA를 클로닝하는 것은 간세포에서 활성을 가진 유전자들만 스크리닝하여 더 작은 유전자 도서관을 만들 수 있다. 더욱이 그러한 유전자들은 인트론이 없으므로 분리한 후 원하는 유전자를 쉽게 다룰 수 있다.
10. c(박테리아는 진핵세포의 인트론을 제거하는 데 필요한 RNA 스플라이싱 기구가 없다.)
11. 대장균 배양액에서 플라스미드를 분리한다. 점착성 말단을 가진 분자를 만들기 위해서 플라스미드와 사람 HGH 유전자가 포함된 DNA를 제한효소로 자른다. 플라스미드와 사람 DNA 조각을 연결효소로 연결한다. 대장균이 재조합 플라스미드를 받아들일도록 하면 플라스미드를 복제하고 증식해서 박테리아 세포 클론을 생산할 것이다. 핵산 탐지자를 이용하여 HGH 유전자를 포함하고 발현하는 클론을 확인 후 대량생산하여 배양액으로부터 HGH를 순수하게 분리한다.
12. 핵산서열을 결정하는 것이 첫 번째 단계이다. 일단 연구자가 DNA 책을 쓰면 그것이 무엇을 의미하는지, 즉 염기 서열이 무엇을 암호화하고 있는지 그리고 어떻게 작용하고 있는지에 대해서 알아내야 할 것이다.
13. 고려해야 할 쟁점과 문제: DNA 재조합 실험실에서 잘 알려져 있지 않은 문제들은 어떤 것들인가? 미리 예측하지 못했던 결과나 부정적인 결과가 초래되었을 때 잘 처리할 수 있을 만큼 충분히 알고 있는가? 인류가 가진 이런 힘이 진화에 영향을 미칠지 원하는가? 이러한 결정은 누가 내려야 하는가? 연구하는 과학자가 지침을 만들기 위해 결정을 해야 한다면 어떤 점들이 결정에 영향을 미칠까? 사업가가 지침을 마련하는 결정자라면 어떤 점이 결정에 영향을 미칠까? 일반 대중이 과학의 연구 방향에 목소리를 높일 권리를 가지고 있을까? 일반 대중이 결정 과정에 관여할 만큼 생물학에 대해서 충분히 알고 있을까? 일반 대중이란 도대체 누구를 말하는가?
14. 고려해야 할 쟁점과 문제: 유전자 치료는 치료를 받은 개인 혹은 사회에 어떤 영향을 미칠까? 어떤 환자와 질병에 대해 유전자 치료를 할 것인지는 누가 결정하는가? 비용은 얼마나 들며 누가 지불할 것인가? 질병치료와 인간 종의 개량에 대한 경계선을 어떻게 정할 것인가?
15. 고려해야 할 쟁점과 문제: 유전자 검사는 필수인가? 아니면 지원자에 한해서 실시되어야 할 것인가? 어떤 경우에 실시할 것인가? 왜 고용주와 보험회사가 유전자 검사 결과에 대해서 관심이 있을까? 유전자 특성이 인종과 성별에 따라 다르다면 그런 정보가 인종차별이나 성차별에 악용될까? 이러한 질문들 가운데 어떤 질문이 가장 중요하다고 생각하는가? 이러한 질문들 중 가운데 미래에 가장 심각한 문제가 될 수 있는 논점은 어떤 것이라고 생각하는가?
16. 두 그룹의 지원자를 모으고 한 그룹은 표준량 만큼의 GMO 옥수수를 식사에 섭취하게 하고 다른 한 그룹은 전통적인 옥수수를 섭취하게 한다. 두 그룹의 차이점을 살펴면서 각 개인의 건강을 모니터링한다. 실제 생활에서 그러한 연구는 문제가 있을 수 있는데 왜냐하면 사람들이 먹는 것을 통제하거나 모

8 ■ 해답

니터하기 어렵고 오랜 기간 건강에 미치는 영향을 연구하기 위해서 수년이 걸릴 수도 있으며 사람으로 시험하는 것은 윤리에 위배될 수도 있기 때문이다.

13장

1. 변화의 유전에 대한 다윈의 이론에 따르면 모든 생명체는 자연선택에 의해 공통조상의 형태에서 온 것이다. 개체군내 개체는 유전적인 다양성을 가지고 있다. 자원이 부족한 상태에서 개체가 많이 생산될 경우 생존 경쟁이 일어난다. 환경에 잘 적응된 개체들은 다른 개체보다는 더 많은 자손을 낳게 되어 개체군이 속한 지역 환경에서 점차적으로 적응이 축적된다.
2. a. 유전적 부동 b. 유전자 흐름 c. 자연선택 d. 소집단 e. 창시자 효과 f. 병목 효과 g. 서로 다른 번식의 성공
3. d 4. a 5. b (불규칙한 강수와 번식의 성공이 서로 달라서 개체군내 두 가지 형태가 혼합되어 남아 있을 것이다.) 6. d 7. d 8. c
9. 깊은 바위의 층상이 노출되면 오래된 화석을 쉽게 발견할 수 있도록 한다.
10. 화석과 화석기록, 상동구조, 분자의 상동성, 인위선택, 자연선택의 사례 등의 증거를 기술하면 된다.
11. 생명체가 진화한다는 라마르크의 가설을 강력히 지지하는 증거가 있다. 하지만 유전학에 대한 이해는 진화의 기작에 대한 그의 가설을 반박한다.
12.  $q^2 = 0.0025$ 이면  $q = 0.5$ 이다.  $p + q = 1$ 이므로  $p = 1 - q = 0.95$ . 이형접합자의 비율은  $2pq = 2 \times 0.95 \times 0.05 = 0.095$ . 미국 흑인의 9.5%가 보인자를 갖고 있다.
13. 2배체성과 균형선택이 개체군 내의 유전적 다양성을 유지시켜준다. 이형접합자에서 열성 대립유전자는 자연선택으로부터 감춰져 있다. 따라서 적응력이 떨어지거나 심지어 해로운 대립유전자도 유전자 풀 안에 남아 있다가 환경 조건이 바뀌면 나타날 수 있다. 이형접합자의 이점으로 인해 개체군 내에 대립유전자를 유지하게 된다.
14. 고래류의 육상조상은 폐가 있어서 공기로 호흡한다. 진화란 물속에서 숨 쉬는데 필요한 호흡계를 새롭게 만들어낸 것이 아니라 기존에 존재하던 외부 구조가 적응한 것이다. 예를 들어, 폐와 연결된 기도도 열린 숨구멍에 해당하는 콧구멍이 머리보다 위쪽에 위치했다. 고래는 물속에서 있을 때는 콧구멍을 닫는다. 고래는 산소를 얻고 이산화탄소를 배출하기 위해 물 표면 위로 콧구멍을 주기적으로 내밀어야 한다. 포유류와는 달리, 고래의 호흡계는 소화계와 만나지 않으므로 수중의 먹이를 섭취할 수 있다.
15. 줄무늬가 없는 달팽이가 더 잘 적응하는 것으로 보인다. 줄무늬가 있는 달팽이는 살아있는 개체군의 47%를 차지한 반면 껍데기가 깨진 개체군에서는 56%를 차지했다. 껍데기가 깨진 것이 모두 새 때문이라고 가정한다면 새들이 달팽이를 사냥함에 따라 줄무늬 개체들의 빈도수는 줄어들고 줄무늬가 없는 개체들의 빈도수는 늘어날 것을 예측할 수 있다.
16. 고려해야 할 쟁점과 문제: 교육과정을 누가 결정해야 하는가? 그 분야의 과학전문가가 아니면 그 부분의 관계자들인가? 이것이 과학적 생각의 원리주의적 해석인가? 무엇이 과학적인지 누가 판단할 것인가? 원리주의적인 것을 더 공평하게 여긴다면 모든 원리적인 것을 개방해야 하는가? 헌법상 개념(정교분리)이 포함되어야 하는가? 선생은 학생들이 동의하지 않는 생각을 강제로 가르칠 수 있는가? 학생들은 틀렸다고 생각하는 개념을 배워야 하는가?

14장

1. 이지역성 종분화: 지리적으로 격리된 2개의 개체군 사이에서 환경에 대한 각 개체군의 적응과 관련된 유전적 변화의 산물이나 유전적 흐름, 돌연변이의 결과로서 생식적 장벽이 진화할 수 있다.  
동지역성 종분화: 자원이용에서의 변화나 암컷의 배우자 선택이 생식적 장벽을 일으킬 수 있으며, 그 결과 지리적으로는 격리되지 않는 이 두 개체군의 유전자 풀이 격리된다. 일단 유전자 풀이 격리되면 각각의 종은 서로 다른 진화

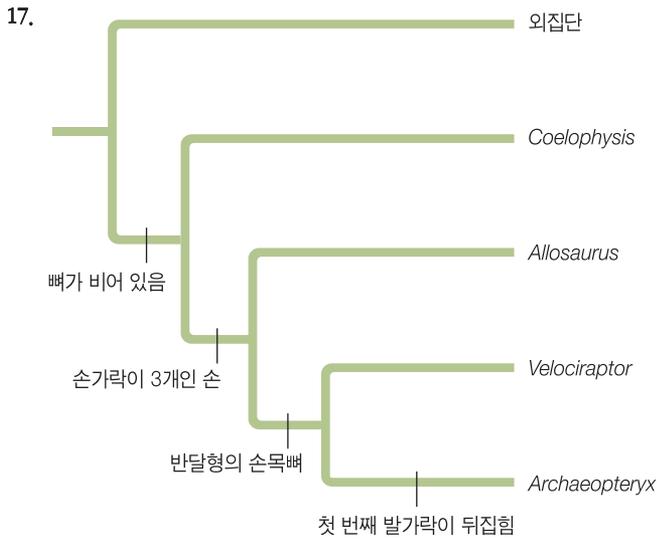
의 길을 가게 될 것이다. 만일 배수성으로 인해 종분화가 일어나면(식물에서는 흔히 동물에서는 드물다), 새로운 종은 즉시 부모종으로부터 격리된다.

2. a. 잡종 지역; b. 강화; c. 섞임; d. 안정성; e. 강화; f. 약화되거나 제거
3. c 4. b 5. b 6. d 7. c 8. b 9. c 10. a 11. d 12. d
13. 신체적 외형이 다른 이유는 종이 다르기 때문일 수도 있으나 같은 종 내에서도 차이가 날 수 있다. 격리된 개체군에서 중간교배가 일어날 수도 있고 일어나지 못할 수도 있다: 교배실험이 이것을 결정하는데 필요할 것이다. 무성생식만 하는 생물과 화석생물은 중간교배를 할 수 없고 생식력 있는 자손을 생산할 수 없다. 그러므로 생물적 종개념은 이들에게는 적용되지 않는다.
14. 본토와 주변섬에 사는 개체군들 간에는 유전자 흐름이 일어날 기회가 더 많다. 이러한 중간교배가 이루어지면 두 개체군에 따로 발달하여 분리되는 생식적 격리가 더 어려워질 것이다.
15. 단속평형은 화석기록에서 흔히 볼 수 있는 유형을 말한다. 화석기록에서 대부분의 생물종은 마치 이들이 조상종에서 생긴 후 멸종에 이르기까지 거의 변함없이 유지되듯이 비교적 빠르게 분기가 일어난다.
16. 그렇다. 배수성, 배우자 선택, 서식지 특수화와 같은 인자들이 생식적 장벽을 유도하여 동지역성 개체군과 이지역성 개체군의 유전자 풀을 격리시킬 것이다.
17. 넓은 의미의 가설은 경작된 미국 목화가 일련의 잡종교배, 세포분열의 오류, 자가수정의 결과 생겨난 것으로 본다. 이것을 최소한 세 가지 실험 가능한 가설로 나눌 수 있다. 가설 1: 경작된 미국 목화의 기원의 첫 번째 단계는 야생의 미국 목화(소형 염색체 13쌍)와 유럽대륙의 목화(대형 염색체 13쌍) 사이의 잡종이었다. 이 가설이 맞다면, 잡종 자손이 13개의 소형 염색체와 13개의 대형 염색체를 가졌을 것으로 예상할 수 있을 것이다. 가설 2: 경작된 미국 목화의 기원의 두 번째 단계는 모든 염색체가 복제되는 것과 같이(대형 염색체 26개와 소형 염색체 26개) 잡종 자손에서 세포분열의 오류가 발생하는 것이다. 이 가설이 옳다면, 각각 13개의 대형 염색체와 13개의 소형 염색체를 가진 배우자가 생성될 것으로 기대할 수 있을 것이다. 가설 3: 경작된 미국 목화의 기원의 세 번째 단계는 배우자들의 자가수분이다. 이 가설이 옳다면, 13쌍의 대형 염색체와 13쌍의 소형 염색체, 즉 52개의 염색체를 가진 잡종식물을 예상할 수 있을 것이다. 이것이 경작된 미국 목화의 유전적 구성이다.
18. 암컷이 같은 종의 수컷을 구별하는 능력이 떨어짐에 따라 오염된 혼탁한 물은 생식적으로 격리되었던 종들 간의 교배 빈도를 증가시켰다. 잡종 어류의 수가 증가하면서 부모종의 유전자 풀이 섞이게 되어 둘로 구분되었던 부모종은 사라지고 새로운 잡종이 생겨났다. 이제는 암컷이 수컷의 교배색을 근거로 배우자를 선택할 수 없으므로 앞으로 빅토리아 호수의 시클리드에게는 종분화가 일어나지 않을 수도 있다. 호수의 오염을 줄이는 것이 이러한 현상을 막을 수 있다.
19. 고려해야 할 쟁점과 문제: 두 가지 방법으로 이 문제를 생각해 볼 수 있다: 만일 생물적 종개념을 엄격히 따른다면, 붉은늑대와 코요테는 같은 종이라고 주장할 수 있을 것이다. 왜냐하면 이들은 중간교배가 가능하기 때문이다. 코요테는 수가 많기 때문에 결국 이런 주장은 붉은늑대를 보호할 필요가 없다는 것이다. 한편, 붉은늑대와 코요테는 여러 가지 면에서 다르기 때문에 다른 종개념에 따르면 다른 종으로 볼 수 있다. 코요테와 남아 있는 붉은늑대가 교배하는 것을 막으면 이들 2종의 특징적인 상태를 보존할 수 있다. 모든 멸종 위기종을 보호하기 위한 근거는 유전적 다양성을 보존하기 위한 것이다. 사회를 위한 일반적인 질문은 다음과 같다: 특정한 종과 유전적으로 분명히 다른 아종들의 가치는 무엇인가? 우리는 어느 정도로 희귀하고 특징적인 생물군을 보존하려고 애쓰는가? 다른 공공사업을 수행하는 데 드는 비용과 유전적 다양성을 보존하는 데 드는 비용을 비교하면 어떤가?

15장

1. a. 대기 중 단순 화학물질로부터 중요한 분자를 에너지원으로 번개나 자외선을 이용한 무생물적인 합성

- b. 아마도 뜨거운 바위에서 단량체사 중합체를 형성함
  - c. 지질막으로 둘러싸여 확실한 내적 환경을 유지함
  - d. RNA 분자가 자가복제를 하는 것으로 전달을 시작함. 자연선택은 자가복제를 하는 RNA를 둘러싼 원시세포로 작용
2. a. 계통발생 b. 상동성 c. 형태 d. 상사성 e. 계통수 f. 외집단 g. 공통파생형질
3. b 4. a 5. d 6. c 7. d 8. a 9. c 10. b
11. 소진화는 한 세대에서 다음 세대로 개체군의 유전자 풀에서 일어나는 변화이다. 대진화는 긴 시간대에 걸쳐 진화적인 변화가 일어나는 유형이며 대량 멸종과 같은 새로운 종의 탄생과 진화적인 특성을 포함한다.
12. 유전적인 변화가 적더라도 다양한 신체 형태가 나타날 수 있기 때문에 후자가 답이 된다. 그러나 유전자가 너무 많이 변하면 과거 어느 시점에서 계보로부터 분리되었을 수 있으며, 유사한 형태는 상동이 아닌 상사일 수 있다.
13. 복잡한 구조는 이들 구조의 초기 형태가 점차 섬세해지면서 진화할 수 있으며 조상에게 유용했던 모든 기능을 갖추고 있다.
14. 중요한 발생유전자가 배 발생 중에 어디에서 언제 발현되는지는 몸의 형태와 구조를 크게 변화시킬 수 있다. 조절유전자의 발현은 이들 유전자가 특정부위에는 계속해서 발현되도록 하고 다른 부위는 발현을 억제시켜서 발생과정 중 서로 다른 시간대에 발현되도록 한다.
15. rRNA 유전자는 리보솜의 RNA 일부를 암호화한다. 이들은 매우 느리게 진화하여 연관성이 별로 없는 개체 사이에서도 상동성이 여전히 발견된다. 기타 상동 유전자의 분석도 이용된다.
16. 22,920년, 4번의 반감기의 결과



18. 답에는 다음과 같은 과학과정의 측면이 포함되어야 한다: 과학자들이 가설을 세우고 예측을 시험하는 방법; 신중한 실험 설계의 중요성; 대체 가설을 만들고 시험하기; 새로운 기술을 이용하기; 새로운 증거와 수정된 가설을 통합하려는 의지

**16장**

1. 세포벽: 세포 형태의 유지; 물리적 보호; 저장액에서 파괴되는 것을 억제. 헴막: 고체 표면이나 집락의 다른 세포에 부착을 도와줌; 숙주의 방어세포로부터 병원체를 보호. 편모: 운동성 제공하여 세포가 환경의 화학적 물리적 신호에 반응하여 영양물질이나 동일 종의 다른 세포들이 있는 곳을 향하여 또는 독성 물질을 피하여 이동하도록 해준다. 섬모: 세포가 숙주세포나 다른 세포 등 표면에 부착하도록 도와준다. 내생포자: 어려운 환경조건을 견디게 해준다.
2. a. 아키플라스티드; b. 차축조류; c. 유니콘타; d. 곰팡이; e. 동정편모충류; f. 동물

3. d (조류는 독립영양생물이다. 점균류는 종속영양생물이다.) 4. d 5. b 6. d 7. b
8. 좋은 서식지에서는 원핵생물은 빠른 증식속도로 빠르게 집락을 형성한다. 빠른 증식 중 많은 수의 돌연변이로 유전적 다양성이 증가한다. 환경이 변한다 해도 일부 개체는 생존하고 다시 집락을 형성할 것이다.
9. 다세포 생물은 세포의 특수화와 세포 간 상호의존성이 훨씬 더 높다. 새로운 생물들은 알이나 포자가 아닌 하나의 세포에서 생성된다.
10. *Chlamydomonas*는 진핵세포로 원핵세포인 박테리아보다 훨씬 더 복잡하다. 이것은 독립영양생물이며 아메바는 종속영양생물이다. 이는 단세포로 다세포성 파래와는 다르다.
11. d
12. b. 항생제는 박테리아를 죽인다. 위궤양이 박테리아로 인하여 생긴다면, 위궤양 환자들은 항생제로 치료해야 한다. (위궤양을 일으키는 것으로 생각하는 박테리아를 효과적으로 죽이는 항생제를 사용한다는 가정하에서) 만약 위궤양이 지속한다면 박테리아가 위궤양의 원인은 아니다.
13. 산호가 자신들을 유지하고 산호초 생성을 지속할 수 있도록 독립영양생물인 쌍편모류는 대부분의 에너지를 공급한다. 이러한 에너지원이 없다면, 산호는 죽을 것이고 산호초는 산호초에서 먹이와 서식처를 의존하는 심각한 군집이 될 것이다.
14. FDA의 홈페이지 화면에서 식품보조제에 접속하여 식품보조제가 규제되고 있는지 아닌지에 대해 알아보시오. 의약품은 이들이 시판되기 전 FDA에 허가를 받아야 하지만, 식품보조제에 대해서는 허가과정이 없다. 생산자가 상품이 안전하고 표지에 들어 있는 내용이 진실이라는 것을 책임을 져야 한다. 이 웹페이지는 특정 보조제에 대한 정보를 제공하며 먹을 것인지 아닌지에 대한 결정에 도움을 줄 것이다. 이러한 정보에 익숙해진다면, 프로바이오틱스 제품을 평가하고 선택하면 된다.
15. 좋은 생각은 아니다; 모든 생물은 박테리아에 의존한다. 환경에서 모든 박테리아를 제거한다면 독성 폐기물과 사체가 쌓이게 될 것이며(이 모두가 박테리아가 분해하는 것이다), 모든 화학적 순환이 멈추고, 결과적으로 모든 생물이 죽게 될 것이다.
16. 고려해야 할 쟁점과 문제: 정말로 철이 원하는 효과를 보여줄 것인지 미리 알 수 있는가? 어떻게? '비료'를 반복적으로 주어야 할 것인가? 문제를 해결하는 것일까, 아니면 단순히 증세를 완화시키는 것일까? 철을 처리하는 데 부작용은 없을까? 어떤 것이 예상될까?

**17장**

1. a. 비관다발식물(선태식물); b. 비종자 관다발식물; c. 갈색식물; d. 속씨식물; 1. 정단분열조직과 모체 식물에 붙어 있는 배; 2. 리그닌으로 단단해진 관다발조직; 3. 배를 보호하고 널리 퍼지게 하는 종자
2. a. 이것은 소나무의 솔방울에서 구름처럼 퍼져 나오는 수백만 개의 꽃가루이다. 꽃가루를 만들어내는 구과에서는 반수체인 포자가 반수체인 수배우체인 꽃가루를 생성한다.  
b. 이것은 말벌버섯에서 만들어진 반수체 포자들이다. 각각의 포자는 발아하여 반수체인 균사를 만들게 된다.
3. b 4. b (보기 중에 이것만이 배우체에 해당) 5. a 6. d. 7. c 8. b 9. c
10. 조류는 물에 둘러싸여 지지받는 생물이다. 지지구조, 관다발계 또는 물을 유지하고 운반하는 특별한 적응기관이 없다. 몸 전체가 광합성을 하고 배우자와 배가 물을 통해 운반된다. 종자식물에는 리그닌화된 관다발조직이 있어서 중력에 견디고 양분과 물을 이동해 줄 수 있다. 종자식물에는 물과 무기영양을 흡수하는 특화된 기관이 있고 (뿌리) 지지작용(줄기와 뿌리)과 광합성 기능(잎과 줄기)도 있다. 이들은 방수체인 큐티클로 덮여 있고 가스교환을 위한 기공도 있다. 정자는 꽃가루에 의해 운반되고 배는 모식물체에서 발달하여 종자에 의해 보호되고 양분을 제공받는다.



10 ■ 해답

11. 동물이 꽃에서 꽃으로 꽃가루를 운반하여 식물의 수정을 돕는다. 또한 동물들은 열매를 먹거나 털에 붙여서 멀리 퍼뜨리기도 한다. 반대로 영양분(넥타, 꽃가루, 열매)을 얻는다.
12. 식물은 독립영양생물이다. 엽록소가 있어서 광합성을 하고 유기물을 만든다. 균류는 종속영양생물로서 외부로부터 영양분을 흡수해야 한다. 또한 구조적인 차이도 있다. 예를 들어, 균류의 실 같은 균사는 식물체와 다르고 세포벽의 구성 성분도 다르다. 식물은 녹조류에서 진화했고 균류의 조상은 단편모원생생물이다. 분자생물학적 증거를 보면 균류는 식물보다는 동물과 가까운 것으로 보인다.
13. 균류는 포자를 통해 퍼진다. 트러플의 생식구조가 땅속에 있기 때문에 그 포자는 다른 균류처럼 바람에 의해 퍼지기는 어렵다. 그런데 동물이 그것을 먹으면 포자가 동물의 소화관을 지나고 결국엔 원래 균류가 있었던 곳에서 떨어진 곳에 퍼질 수 있다. 속씨식물의 과육이 있는 열매들도 이런 방식으로 퍼진다.
14. 이끼의 배우체는 생활사에서 우세하며 이는 반수체 식물이다. 다른 대부분의 식물에서는 2배체 세대(포자체)가 우세하다. 2배체 생물의 열성 돌연변이의 경우는 그 유전자가 상동염색체 양쪽에 모두에서 변이되지 않으면 겉으로는 표현되지 않는다. 그러나 반수체 생물에는 염색체가 한 벌만 있기 때문에 열성 돌연변이는 표현형으로 그대로 드러난다. 실험을 고안하는데 고려해야 할 사항: 실험실 또는 야외에서 수행하는 실험의 장단점은 무엇인가? 조절해야 하는 중요한 변수는 무엇인가? 얼마나 많은 식물을 사용해야 하나? 식물을 광원으로부터 얼마나 멀리 배치해야 하나? 이 실험에 사용되는 대조군은 어떤 것인가? 얼마나 키운 식물을 사용해야 하나?
15. 두 가지 가능한 가설은 (1) 오늘날의 이끼류로 진화한 계통은 식물과 균류가 근근관계를 형성하기 전에 분지되었거나 (2) 초기 이끼류에는 존재하던 근근이 이후의 진화과정에서 소실되었을 수 있다.

18장

1. 해면동물: 고착성, 구멍이 많은 주머니처럼 생긴 몸, 부유물 포식자; 해면  
 자포동물: 방사대칭, 위수강, 자포세포, 폴립형 또는 메두사형의 체형; 히드라, 말미잘, 해파리, 산호  
 편형동물: 좌우대칭, 위수강, 체강이 없다; 자유생활 플라나리아, 흙충류, 촌충류  
 선형동물: 위수강, 큐티클로 덮여 있다, 완전소화관, 어느 곳이나 있으며 자유생활, 기생성; 회충, 사상충, 십이지장충, 선모충  
 연체동물: 근육성 발, 외투막, 내장부, 순환계, 대부분 껍질을 가지고 있다, 일부는 치설이 있다; 달팽이, 민달팽이, 조개류, 두족류(오징어, 문어)  
 환형동물: 체절, 폐쇄 순환계, 각 체절마다 반복된 기관; 지렁이, 관형성 벌레, 거머리  
 절지동물: 겹뿔대, 관절로 된 부속기관, 체절, 개방 순환계; 절지동물 협각류(거미류), 갑각류(바닷가재, 게), 노래기류 및 지네류, 곤충  
 극피동물: 성체 시기가 방사대칭, 관축을 가진 수관계, 속뿔대, 가시가 있는 피부; 불가사리, 성게  
 척삭동물: (1) 척삭, (2) 등쪽 속이 빈 신경다발, (3) 인두열, (4) 항문 뒤꼬리; 창고기, 피낭류, 먹장어, 모든 척추동물(칠성장어, 상어, 방사형지느러미 어류, 나뭇잎형지느러미 어류, 양서류, 파충류(조류 포함), 포유류)
2. a. 2층의 배엽: 자포동물  
 b. 원구동물: 편형동물, 연체동물, 환형동물, 선형동물, 절지동물  
 c. 후구동물: 극피동물, 척삭동물
3. c 4. d 5. a (무척추동물은 척추동물을 제외한 모든 동물이다.) 6. c 7. c 8. i 9. f 10. b 11. c 12. a 13. d 14. h 15. e 16. g
17. 편형동물의 위수강은 불완전한 소화관이다. 먹이를 섭취하고 배설물을 배출하는 구멍이 동일하다. 지렁이는 완전한 소화관이다. 먹이가 한 방향으로 움직이며, 각기 다른 부위들은 다른 기능들을 위해 특수화되어 있다. 편형동

물의 몸은 단단하고 체절로 나누어져 있지 않다. 지렁이는 체강이 있어서 내부기관이 자라고 외부 체벽과 독립적으로 움직일 수 있다. 체강액은 내부기관을 보호하고 뼈대와 같이 작용하며 순환을 돕는다. 체강을 포함하여 지렁이의 체절은 유연성과 운동성이 더 커지도록 도와준다.

18. 자포동물과 대부분의 성체 극피동물은 방사대칭이다. 그러나 절지동물이나 척삭동물과 같은 대부분의 다른 동물들은 좌우대칭이다. 대부분의 방사대칭동물들은 한 장소에서 살거나 수동적으로 떠다닌다. 대부분의 좌우대칭동물들은 더 활동적이고 머리가 먼저 나아간다.
19. 예를 들어, 투구게의 다리는 걷는 데 사용되고, 메뚜기의 더듬이는 감각 기능을 한다. 가재의 복부에 있는 부속기관의 일부는 수영하는 데 사용되며, 전 같은 부속기관으로 먹이를 잡는다. (전갈의 침과 곤충의 날개는 관절로 된 부속기관이 아니라는 데 주의하라.)
20. 중요한 특성은 대칭성, 체강의 유무, 체절, 소화관의 형태, 뼈대의 종류와 부속기관이다.



절지동물과 우단지렁이가 동일 조상에서 (화살표) 분화되어 나올 때, 이들은 동일한 호미오 유전자들을 가지고 있었다. 우단지렁이 체절의 부속지는 동일한 것으로 보아, 아마도 조상형 그대로일 것이다. 절지동물의 체형이 절지동물 계열에서 생성된 새로운 유전자에서 나왔다면, 우단지렁이는 이러한 유전자가 없을 것이다. 결과를 보면 절지동물이 우단지렁이에서 발견되지 않은 호미오 유전자를 가진 것으로 나오고, 가설을 지지한다.

19장

1. a. 구대륙원숭이; b. 긴팔원숭이; c. 오랑우탄; d. 고릴라; e. 침팬지. 모두 진원류이다; 긴팔원숭이, 오랑우탄, 고릴라, 침팬지, 사람은 유인원이다.
2. a. 머리; b. 턱; c. 허파와 허파 유도제; d. 나뭇잎형 지느러미; e. 다리; f. 양막성 알; g. 젖
3. c 4. c 5. b 6. b 7. b 8. b 9. a
10. 양서류는 육상생활의 이동에 적합한 네 발과 몸을 지지할 수 있는 뼈대구조, 허파를 가졌다. 그러나 대부분의 양서류는 물에 묶여 있는데, 얇고 축축한 피부로 통해서 산소를 얻기 때문이며 수정과 발생에 물이 필요하다. 파충류는 완전히 육상에서의 생활에 적응하였다. 그들은 배 발생에 필요한 양분과 물을 포함하고 있는 양막알을 가지고 있으며 탈수로부터 보호해 주는 껍질을 가지고 있다. 파충류는 탈수를 막아주는 방수성 비늘로 덮여 있다. (좀 더 효율적인 허파가 피부를 통한 기체교환의 필요성을 제거하였다.)
11. 화석 증거에 따르면 새의 진화는 작고 두 발로 걷는 깃털이 있는 공룡에서 기원하였으며, 아마 공룡은 내온동물이었을 것이다. 조류와 포유류의 마지막 공통조상은 원시 양막류였다. 새와 포유류의 4개의 방을 가진 심장은 독립적으로 진화하였다.
12. 영장류의 계통수에서(그림 19.10A), 침팬지와 사람의 가장 최근의 공통조상은 600만 년 이전에 살았다. 이후 이 계열은 사람과 침팬지로 각각 독립하여 진화하였다.
13. 여러 영장류의 특성은 우리가 도구를 만들고 사용하기 쉽도록 해주었다: 움직이는 손가락, 마주보는 손가락과 엄지, 그리고 촉각의 민감함. 영장류는 앞을 바라보는 눈을 가지고 있어서 깊이 인식과 눈-손의 조율이 향상되었고 비교적 큰 뇌를 가지고 있다.
14. 자외선은 열대지역에서 가장 강하고 북쪽으로 갈수록 감소한다. 피부색은 열대지역의 토착인들이 가장 검고 북쪽 위도로 갈수록 밝다. 과학자들은 피부색이 흐려지는 것은 비타민 D 합성을 촉진하는 자외선에 충분히 노출되기 위해서 적응한 것이며 비타민은 엄마와 태아의 뼈를 위해 필요한 칼슘 흡수



에 필요하다고 가설을 세웠으며, 진한 피부색은 정상적인 배발생에 필수적인 엽산의 파괴를 막기 위한 것이라고 가설을 세웠다.

15. 틱타알릭을 발견한 고생물학자들은 판테릭티에스와 같은 물고기 같은 사지동물과 아칸토스테가와 같은 사지동물 같은 물고기 사이에 전이 형태가 존재한다는 가설을 세웠다. 이용 가능한 증거로부터 그들은 물고기 같은 사지동물과 사지동물 같은 물고기가 살았던 시기를 알아냈다. 화석이 발견된 바위로부터 이러한 생물이 서식했던 서식지의 종류와 지역을 알아냈다. 이러한 지식으로부터 그들은 전이 형태의 화석이 발견될지도 모르는 바위 층을 예측하였다.
16. 축적되고 전수되는 지식, 신념, 예술, 생산품의 모습으로 나타나는 지적인 능력과 문화로 인간은 신체적인 한계를 극복하고 우리의 필요와 욕구를 위하여 환경을 변화시켰다.
17. 대부분의 고인류학자들은 인간과 침팬지가 600만~700만 년 전에 공통조상에서 갈라져 나왔다고 생각한다. 400만~800만 년 전의 지층에서 발견되는 영장류 화석은 인간 계통이 처음에 어떻게 진화되었는지를 이해하는 데 도움을 준다.
18. *H. floresiensis*의 뇌와 체중의 비율이 *Australopithecus afarensis*와 가장 유사하다. 만약 *H. floresiensis*가 *H. erectus*의 난쟁이형이라면, 이들의 비율이 거의 유사해야 한다. 이러한 결과로 보아 *H. floresiensis*의 조상은 *H. erectus*가 아닌 초기 호미닌으로 추측된다. (그러나 증거는 매우 빈약하며, 단 하나의 머리뼈에서 나온 것임을 상기할 필요는 있다.)

## 20장

1. a. 상피조직; b. 결합조직; c. 민부근육조직; d. 결합조직; e. 상피조직.  
각 조직에 있는 특수화된 세포들은 기능에 적합한 구조를 가지고 있다. 예를 들어, 원주상피세포는 흡수와 분비기능을 수행하기에 적합하며, 결합조직의 섬유와 세포는 조직들을 지지해주고 연결시켜준다. 세포로부터 조직과 기관에 이르는 조직화는 이 그림에 명확하게 나타나 있다. 조직이나 기관의 기능적 특성은 구성이 구조적으로 조직되고 협동함으로써 생성된다. 작은창자 내벽의 많은 돌기들은 영양분을 흡수하기 위해 표면적을 크게 증가시킨다.
2. 그렇지 않다. 각각의 세포는 세포사이액 속에 담겨져 있으며, 반면에 혈액은 혈관 안쪽을 흘러 다닌다.
3. d 4. a
5. 중층편평상피는 많은 세포층으로 구성되어 있다. 바깥층 세포는 케라틴 단백질로 차 있는 납작한 죽은 세포이며, 몸을 보호하고 방수기능을 한다. 뉴런은 긴 가지를 가진 신경세포로서 뇌에서 만나는 다른 세포로 신호를 전달한다. 단층편평세포는 단층으로 구성되어 있으며, 허파 내벽을 통과하는 가스의 확산을 돕는다. 뼈세포는 섬유와 무기염류로 된 기질로 둘러싸여 있으며, 뇌 주위를 덮는 단단한 보호기능을 담당한다.
6. 교환에 적합한 넓은 표면이 몸 안에 위치해 있다. 소화계, 배설계와 허파의 표면에는 주름과 갈라진 부분이 많아 물질교환에 필요한 표면적을 증가시킨다. 이러한 표면들은 많은 혈관들과 접하고 있다. 모든 동물이 넓은 교환표면을 가진 것은 아니다. 생물의 크기가 작으면 작을수록 부피 대 표면적의 비율이 높으며, 세포들은 표면 가까이에 위치해서 세포와 외부 환경의 직접적인 물질교환이 일어나도록 한다.
7. c (염의 배출로 혈액의 염 농도가 낮아지면 일정한 내부 환경이 유지된다.)
8. 가로막은 골격근이기 때문에 의식적으로 조절할 수 있다.
9. “완벽하게 설계되었다”는 말은 진화가 목적 지향적이라는 것을 뜻하는데 그렇지 않다. 구조는 조상종으로부터 적응해 오는 것이며 ‘완벽한’ 형태가 아니다. 기린의 후두신경을 보라. 기린의 신경은 이전의 어류 조상으로부터 적응한 것이기 때문에 한 발짝 거리의 짧은 경로 대신에 4.57 m의 긴 경로를 선택한다.
10. 크립 사용자인 실험군과 미사용자인 대조군을 실험에 포함시키는 것은 잘

계획된 연구의 필수 요소이다. 그러나 어떤 사람들은 시간이 지남에 따라 여드름이 저절로 나올 수 있기 때문에 각 참가자 얼굴의 한쪽 볼을 실험군, 다른 한쪽 볼을 대조군으로 나누어 연구하는 것이 더 나올 것이다. 실험 참가자들은 자신의 크립 사용 여부를 알 것이기 때문에 참가자들에게 여드름의 정도를 물어 데이터를 수집하는 것은 편파성을 떨 수가 있다. 모든 참가자들이 크립을 사용하고 그 크립 중 반만이 효과적인 약이라면 참가자들은 선입견을 갖지 않을 수 있다. 어떤 참가자들이 치료를 받는지 과학자들이 알지 못한다면 연구 전, 연구 중, 연구 후 여드름 개수를 측정하여 데이터를 모으는 것이 공정한 것이다. [참가자와 과학자 모두가 치료제 사용여부를 모를 때 이것을 이중맹검(double-blinded) 연구라고 한다.]

11. 피부 표면 가까이 있는 피부와 혈관은 얼음에 의해 빨리 식기 때문에 가만히 기다리는 것보다 찬물이 체온을 낮추는데 더 효과적일 거라는 가설이 그럴 듯하다. 운동 후 몇 분마다 가만히 앉아서 기다리거나(대조군) 찬물을 사용했을 때(실험군)의 체온을 측정하고 비교해서 가설을 조사할 필요가 있다.
12. 험한 언덕길을 일정한 속도로 운전하는 것은 항상성 개념의 예시가 될 수 있다. 이 예시의 경우 속도가 시간당 88 km로 설정되어 있어 운전자는 이 속도를 유지하기 위해 여러 기작을 사용한다. 언덕 아래로 내려갈 때는 중력으로 인해 차의 속도가 증가하기 때문에 브레이크를 밟아야 하는 반면, 언덕을 올라갈 때는 차의 속도가 느려지므로 시간당 88 km를 맞추기 위해 엑셀러레이터를 밟아야 한다. 이와 비슷하게 항상성 기작은 혈당, 호르몬과 산소 농도 등 수많은 내부 환경을 일정한 상태로 유지시킨다.

## 21장

1. a. 구강—음식 섭취 및 씹기; b. 침샘—침 생성; c. 간—쓸개즙을 생성하고 창자로부터의 영양소가 많은 혈액을 처리; d. 쓸개—쓸개즙 저장; e. 이자—소화효소와 중탄산염을 생성; f. 곧창자—배설 전의 변을 보관; g. 인두—식도 및 기관으로 들어가는 곳; h. 식도—연동운동으로 위에 음식 덩어리를 운반; i. 위—음식을 저장하고 위산과 혼합하고, 단백질의 소화를 시작; j. 작은창자—소화 및 흡수; k. 큰창자—물을 흡수하고, 대변을 압축; l. 항문—대변 배설
2. a. 연료, 화학에너지; b. 원료, 단량체; c. 필수영양소; d. 과영양 또는 비만; e. 비타민 및 무기물; f. 필수아미노산; g. 영양실조
3. d 4. b 5. a 6. b 7. d
8. 여러분은 샌드위치를 먹는다. 입안에서 씹는 일은 기계적 소화를 시작하고 녹말에 대한 타액 아밀레이즈 작용은 화학적 소화를 시작한다. 여러분이 삼킬 때, 음식은 인두와 식도를 통해 위로 전달된다. 위는 HCl이 음식 세포를 분해하고 펩신이 단백질을 소화하는 곳으로서 기계적 및 화학적 소화가 계속된다. 작은창자에서는 이자와 창자벽의 효소가 녹말, 단백질 및 핵산을 단량체로 분해한다. 간과 쓸개로부터의 쓸개즙은 효소의 작용을 위해 지방 방울을 유화시킨다. 대부분의 영양소는 작은창자의 용모를 통해 혈류로 흡수된다. 지방은 림프혈관을 통해 이동한다. 큰창자에서는 물의 흡수가 완료되고, 소화되지 않은 물질과 창자 내 세균이 항문을 통해 대변으로 압축되어 항문을 통해 제거된다.
9. a. 15% (제공되는 크기는 2/3컵이므로 1회 제공량은 10% × 3/2 = 15%이다.)  
b. 2,000칼로리 식단에 기초한 이 제품은 매일 칼로리의 약 11.5%를 공급하며 비타민 D 10%와 칼슘 20%를 공급한다. 소비된 모든 음식이 비슷한 양으로 공급되면 비타민 D의 1일 요구량이 거의 충족되고 칼슘의 1일 요구량이 충족된다.  
c. 이 제품에서 포화 지방 1 g은 1일 값의 5%를 나타낸다. 따라서 1일 값은 20 g (1/0.05 = 20)이어야 한다. 이것은 하루에 포화 지방으로부터의 180칼로리를 나타낸다.
10. 지방 음식에 대한 우리의 갈망은 조상 시기의 잔치와 기린이 존재했기 때문에 진화했을 것이다. 자연선택은 기근에서 살아남을 확률이 높기 때문에 고에너지 분자를 고집하고 저장한 개인을 선호했을지도 모른다.

12 ■ 해답

- 탄산음료, 칩, 쿠키 및 사탕은 많은 칼로리(고에너지)를 제공하지만 비타민, 무기질, 단백질 또는 기타 영양소는 거의 없다. 과일과 채소 같은 가공되지 않은 신선한 음식은 영양이 풍부한 것으로 간주된다. 그것들은 상당량의 비타민, 무기질 및 기타 영양소와 비교적 적은 칼로리를 제공한다.
- 고려해야 할 몇 가지 쟁점과 질문: 영양 정보를 제공하는 광고, 미디어 및 정부의 역할은 무엇인가? 이용 가능한 정보가 어떻게 개선될 수 있는가? 어떤 종류의 과학적 연구가 다양한 영양 주장 표시의 기초를 형성하는가?
- 고려해야 할 쟁점과 문제: 부유한 국가에서 일부 사람들이 충분한 식량을 확보하기가 어려워지는 요인은 무엇인가? 여러분의 지역 사회에서 배고픈 사람들을 먹이기 위해 어떤 종류의 도움이 필요한가? 최근 다른 두 나라의 식량 위기와 그 원인에 대해 생각해 보자. 다른 국가 또는 국제기구가 원조를 제공했는가? 어느 것을 제공했고 어떻게 도왔는가? 그 원조는 재난 지역의 영양실조와 기아의 근본 원인을 해결했는가 아니면 일시적인 구제 조치만을 제공했는가? 식량난에 대해 보다 영구적인 해결책을 제공하기 위해 그 원조는 어떻게 바뀔 수 있는가?
- 주근깨와 붉은 머리카락은 상관관계가 있다. 하나가 발생하면 다른 하나도 발생하기 쉽다. 그러나 이 두 가지 특징에는 인과관계가 없다. 주근깨는 붉은 머리카락을 일으키지 않으며 붉은 머리카락은 주근깨를 유발하지 않는다. 많은 요인들이 관여하기 때문에 인간 영양 연구에서 특정 요인(예: 지방의 양)을 특정한 건강 척도(예: 고혈압)와 연관시키는 것은 어려울 수 있다. 인간의 경우에는 엄격하게 통제된 식단만으로 연구를 수행하는 것은 어렵다.

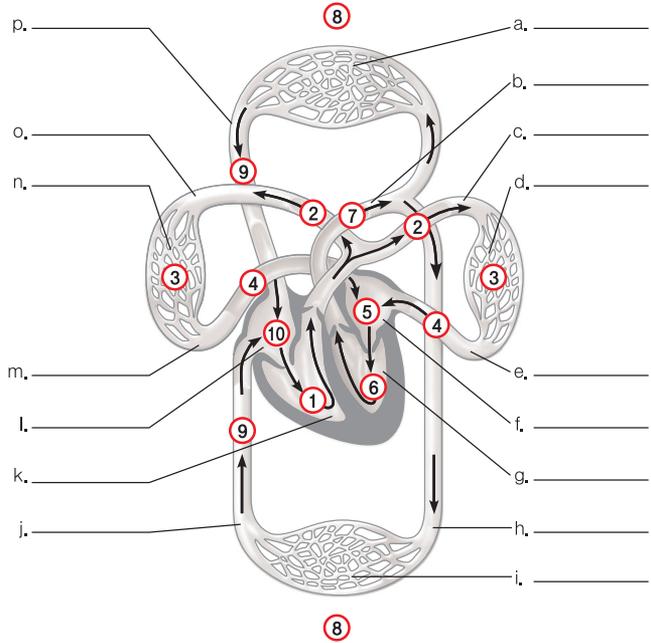
22장

- a. 호흡표면; b. 순환계; c. 폐; d. 헤모글로빈; e. 세포호흡; f. 음압호흡; g. O<sub>2</sub>
- a. 콧속 공간; b. 인두; c. 후두; d. 기관; e. 폐; f. 기관지; g. 기관세지; h. 가로막
- c 4. a 5. d 6. a 7. d 8. d 9. d
- 공기호흡의 장점: 물보다 산소 농도가 높고 호흡표면을 따라 쉽게 이동할 수 있다. 공기호흡의 단점: 호흡표면의 살아 있는 세포들은 축축한 상태를 유지해야만 하는데 호흡표면이 건조해지기 쉽다.
- 콧속 공간, 인두, 후두, 기관, 기관지, 기관세지, 허파파리, 허파파리의 벽을 지나 혈관, 혈장, 적혈구 안, 헤모글로빈과 결합, 혈액에 의해 심장으로 운반, 근육 내 혈관, 헤모글로빈으로부터 해리, 적혈구 밖, 혈장, 모세혈관벽, 세포사이액, 근육세포.
- 일산화탄소는 세포호흡과 ATP 합성을 방해한다. 일산화탄소는 헤모글로빈과 더 단단히 결합하여 체세포에 전달될 산소의 양을 감소시킨다. 세포호흡은 최종 전자수용체로 작용하는 산소가 충분하지 않으면 느리게 진행된다. 전자전달계에서 전자의 흐름이 차단되면 세포호흡과 ATP 합성은 멈춘다. ATP가 없으면 세포의 활동은 멈추고 세포와 개체는 죽는다.
- 라마의 헤모글로빈은 사람의 헤모글로빈보다 산소에 대한 친화력이 높다. 헤리곡선을 보면 헤모글로빈은 산소분압이 낮은 높은 고도에서도 산소에 포화된다. 산소분압에서 사람의 헤모글로빈은 단지 80% 포화상태이다.
- 선수의 몸은 높은 고도에서 훈련하거나 인위적으로 만든 산소분압이 낮은 곳에서 자는 것에 반응하여 더 많은 헤모글로빈을 생산한다. 따라서, 선수의 혈액은 더 많은 산소를 날라 유산소 능력을 증가시키므로 인내와 성과를 증가시킬 수 있다.
- 곤충은 기관계로 기체교환을 한다. 거대 나방의 경우 모든 체세포에 산소를 공급하기 위하여 기관을 이루는 관은 더 넓어지고(멀리까지 충분한 환기를 제공하기 위해) 커져(큰 비행 근육과 기타 조직에 제공하기 위해) 수분손실과 몸무게가 증가하는 등의 문제가 생긴다. 기관계와 외골격의 무게 모두 곤충의 크기에 제한을 받는다.
- CDC 웹사이트에는 다음과 같은 참조와 연관된 몇 가지 결론이 나와 있다.

또한 여러분은 추가 참조를 찾아야 한다. 고려해야 할 요소에는 연구의 규모와 연구기간, 사람에 대한 연구가 전향적인지 또는 후향적인지, 물담배를 피우는 동안 어떤 화학물질들이 흡입되는지, 발암성 또는 기타 유해한 효과가 있는지, 그리고 물을 통과하는 것이 물담배에 어떤 영향을 주는지에 관한 연구이다. 또한 연구 대상 참가자의 흡연 습관, 예를 들어, 흡연 빈도 및 각 세션에서 사용된 담배 양을 고려하시오.

23장

- a. 머리, 가슴, 팔의 모세혈관; b. 대동맥; c. 폐동맥; d. 왼쪽 폐의 모세혈관; e. 폐정맥; f. 좌심방; g. 좌심실; h. 대동맥; i. 복부와 다리의 모세혈관; j. 아래대정맥; k. 우심실; l. 우심방; m. 폐정맥; n. 오른쪽 폐의 모세혈관; o. 폐동맥; p. 위대정맥.



- b. 3. c (두 번째 소리는 심실이 비었을 때 반월판막이 닫히는 것이다.) 4. b 5. b 6. a 7. d 8. b
- 폐정맥, 좌심방, 좌심실, 대동맥, 동맥, 소동맥, 신체조직의 모세혈관망, 소정맥, 정맥, 대정맥, 우심방, 우심실, 폐동맥, 폐의 모세혈관망, 폐정맥
- a
- 혈액은 다리 정맥으로부터 아래대정맥을 지나 우심방, 우심실, 폐동맥을 거쳐 폐모세혈관망으로 간다.
- 모세혈관은 매우 많아서 표면적이 커지므로 체세포 근처에서 물질교환이 쉽게 이루어진다. 모세혈관벽은 얇은 단층상피세포이다. 상피세포 사이에는 틈이 있어서 작은 용질을 가진 액체가 소동맥 쪽 끝에서 나와 모세혈관의 정맥 쪽 끝에서 다시 혈관으로 들어갈 수 있다.
- a. 혈장(담황색 액체)에는 물, 무기염류(나트륨, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 염화물, 중탄산염 같은 이온), 피브리노겐과 면역글로불린(항체)과 같은 혈장단백질, 그리고 영양분(예: 포도당, 아미노산, 비타민), 대사 노폐물, 호흡가스(O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>), 그리고 호르몬처럼 혈액에 의해 운반되는 물질들이 있다.  
b. 붉은색 부분은 적혈구, 백혈구(호산성 백혈구, 호중성 백혈구, 호염기성 백혈구, 림프구와 단핵세포), 혈소판이 포함되어 있다.
- 체순환에서 우심실로 돌아오는 산소가 적은 혈액과 좌심실의 산소가 풍부한 혈액이 섞이므로 산소 함유량은 감소한다.
- 혈액 속의 단백질은 혈액 속으로 액체를 끌어들이는 삼투압을 발생시키는 중요한 용질이다. 단백질의 농도가 감소하면 안으로 잡아당기는 삼투압과 밖

으로 밀어내는 혈압 사이의 균형이 깨질 것이다. 모세혈관의 동맥 쪽 끝에서의 압력차로 인해 액체가 세포사이액을 향해 밀려나간다. 정맥 쪽 끝에서의 압력차는 액체를 안으로 당길 만큼 충분히 크지 않다.

16. 에세이에서 고려할 점: 심장병의 유병률, 심장병의 개인사회적 비용(예: 의료비, 장애 및 사망으로 인한 경제적 손실), 연구비, 효과적인 예방과 치료법 개발로부터 혜택을 받는 사람(예: 이윤, 공익), 타당한 과학적 결과를 이끌어 낼 가능성.
17. 3개의 방으로 된 심장의 경우 폐로부터 돌아온 신소가 풍부한 혈액이 체순환에서 돌아온 산소가 부족한 혈액과 혼합된다. 따라서 공룡의 혈액은 고도의 대사와 높은 수축기 혈압을 만드는 데 필요한 강한 심장근육 수축을 지탱할 충분한 산소를 공급할 수 없었을 지도 모른다. 또한 심실 하나가 폐순환과 체순환을 동시에 담당했을 것이므로, 폐로 운반되는 혈액은 폐를 손상시킬 만큼 높은 압력이었을 것이다.

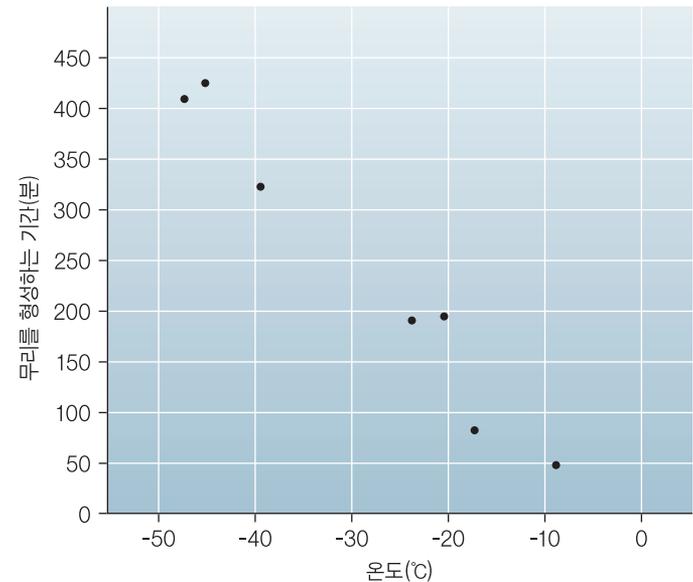
24장

1. a. 내재면역; b. 적응면역; c. B 세포; d. 보조 T 세포; e. 세포독성 T 세포; f. 항체; g. 감염된 조직세포.
2. d 3. b 4. b 5. a
6. HIV는 정액, 혈액, 젖을 통해서 전달된다. 안전한 성관계를 실천하고 정맥주사를 자제하여 체액의 접촉을 피하는 것이 HIV 감염을 방지하는 효과적인 방법이다. HIV가 보조 T 세포에 감염되어 체액성 면역과 세포성 면역에 약화시켜서 다른 감염원에 매우 취약한 상태가 되므로 AIDS는 치명적인 질병이다.
7. 염증은 조직세포의 손상에 의해서 시작된다. 손상된 조직 근처의 비만세포가 히스타민과 다른 화학물질을 분비하여 주변 혈관을 이완시킨다. 따라서 혈장 성분이 유출되고 호중구세포가 감염부위로 이동한다. 혈액의 흐름이 증가하여 조직액이 축적되고 세포가 쌓이면 발진, 발열, 부종이 유발된다. 염증은 상처부위에서부터 감염원이 주변조직으로 확산되는 것을 막아준다. 감염원의 종류와 상관없이 유사한 방법으로 방어작용을 하는 측면에서 염증은 내재적 면역반응의 결과로 볼 수 있다.
8. 항원제시세포; 감염된 조직세포
9. d
10. c
11. 독감바이러스는 지속적으로 변이되므로 독감바이러스의 진화에 따라 매년 독감 백신이 필요하다. 또한 예방접종에 따른 면역력이 시간이 지나면 감소하므로(항체의 양이 감소하므로) 매년 예방접종을 해야만 최적의 면역력을 유지할 수 있다.
12. 아이들이 성장함에 따라 백일해가 증가하는 것은 나이에 따라서 면역력이 감소하는 것을 의미한다. 이 문제는 백신을 추가로 접종하는 것으로 해결할 수 있다. 추가접종을 받은 13세 이하의 이 아들에게서 발병이 낮은 것으로 조사되었다. 따라서 13세 이전에 추가접종은 이 문제의 해결방법이 될 수 있다.
13. 여러분의 룸메이트가 예전에 벌에 쏘임에 의해서 감각화되었을 것이다. 감각화과정 중에 알레르기 항원의 항체가 비만세포의 수용체에 결합하나 알레르기 반응이 나타나지 않는다. 그 후에 다시 룸메이트가 벌에 쏘이면 벌독이 알레르기 반응을 유발하게 된다.
14. 증례 1: 자연적인 면역력이 없거나 예방접종을 하지도 않았으므로 새로운 감염원에 의해서 지역의 많은 수의 사람들이 질환이 발생한다. 증례 2: 예방접종을 대부분 받은 지역사람들에게서는 거의 질환에 걸리지 않을 것이다.
15. 공여자가 이 장기이식을 강하게 원했다면 존중받아야 한다고 생각할 수 있다. 반대로 가족들이 종교적인 신념 등에 의해서 장기이식에 대해 인정하거나 거부할 수도 있을 것이다.
16. 고려해야 할 쟁점과 질문: 많은 나라에서 생명을 유지하거나 이익이 되는 등 새로운 약제의 개발에 의해서 도움을 받을 사람이 얼마나 많은가? 새로운 약제 연구 참여자의 위험을 최소화하면서 HIV 감염자에게 잠재적인 도움이

최대로 될 수 있도록 수정할 수 있는 연구 방법은 무엇일까? 그러한 문제를 상호 보완하는 건 불가능한가? 사람을 연구대상으로 하는 실험은 완전히 금지되어야 하나?

25장

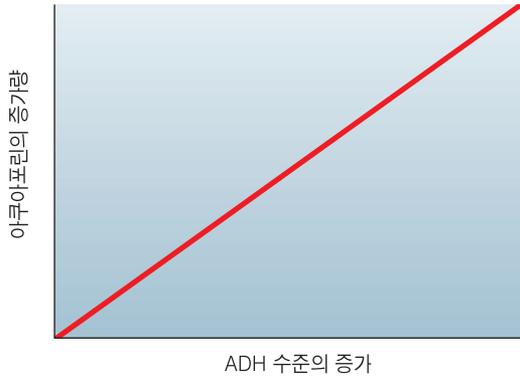
1. a. 체온조절; b. 외온동물; c. 행동적; d. 물; e. 용질; f. 여과; g. 재흡수; h. 분비; i. 배설; j. 암모니아; k. 요소; l. 요산; m. 물; n. 육지.
2. a. 여과: 물, NaCl, 다른 이온, 요소, 포도당이나 아미노산 등의 영양분; b. 재흡수: 물, 포도당이나 아미노산 등의 영양분, NaCl, 다른 이온; c. 분비: 일부 약물과 독성 물질, H<sup>+</sup> 등의 이온; d. 배설: 물, 요소 및 과잉의 이온을 포함할 소변.
3. b 4. a 5. d 6. c 7. b 8. c 9. c 10. b 11. d 12. b 13. a 14. b 15. c
16. 바닷물에서 어류는 삼투현상에 의해 수분을 잃어버린다. 물속에 염을 마시게 되고 아가미를 통해 염을 방출한다. 콩팥은 수분을 보존하고 많은 양의 이온을 배설한다. 담수에서 어류는 삼투현상에 의해서 수분이 유입된다. 콩팥에서 다량의 희석된 소변을 배설한다. 아가미는 염을 받아들이고 어떠한 이온들은 음식물과 함께 섭취된다.
17. 옳은 설명이다. 열대의 바다나 심해와 같은 안정된 환경에서 서식하는 외온동물은 일정한 체온을 안정적으로 유지한다. 육상의 외온동물은 행동적 선택에 의해서 상대적으로 안정된 체온을 유지한다.
18. 육식동물은 단백질 섭취가 많으므로 단백질의 가수분해에 의한 질소 노폐물의 생성이 많다.
19. 이노제는 소변의 수분량을 증가시킨다. 이노제를 오남용하는 운동선수는 조직무게의 감소 없이 빠르게 몸무게를 감소시킬 수 있다. 레슬링과 같은 운동경기는 경기직전에 이노제를 사용해서 몸무게를 빠르게 줄여 낮은 체급으로 되면 동일 몸무게의 근육량이 적은 선수와 시합을 하게 되므로 유리해진다. 이렇게 정당하지 못한 이노제의 오남용은 심한 탈수에 의해 사망에 이르게 될 수 있다.
20. 파충류를 실험실로 가져와서 다른 환경온도에서 체온을 측정해 본다.
21. 두 변인 모두 연속적으로 변하므로 산점도(scatter plot)로 그리는 것이 적당하다. 두 변인 간의 관계를 조사할 수 있다. (변인 중 하나는 연속적으로 변하지 않는 범주에 속할 때 사용하는 막대그래프는 이 경우에 적당하지 않다.) 이 결과가 적은 표본을 조사되었으나 따뜻한 온도보다는 추운 온도에서 무리지어 있는 시간이 길다는 경향을 알 수 있다.



14 ■ 해답

22. 돌고래 지느러미에서 역류열교환에 의해서 몸 전체에서 열 손실을 감소시킨다고 생각할 수 있다. 이것은 서로 다른 위치에서 혈액의 온도를 측정함으로써 실험적으로 알 수 있다. 아마 지느러미에서 몸통 쪽으로 흐르는 혈액온도는 몸통에서 지느러미 쪽으로 흐르는 혈액온도보다 약간 낮은 것으로 측정될 것이다.
23. 먼저 고위도에 사는 조류와 포유류는 몸집이 크다. 다음으로 (1) 조류와 포유류는 내온동물이다. (2) 고위도에 사는 동물은 저위도에 사는 동물보다 추위를 견디어야 한다. (3) 표면적 대 부피의 비율은 큰 동물이 작은 동물보다 낮다. (표면적 대 부피 사이의 관계는 4.2절과 20.13절에서 참고한다.) 동일하게 추운 환경에서 큰 동물은 작은 동물보다 주변 환경으로 복사에 의해서 대사열이 소비되는 양이 적으며 따라서 생존과 생식에 더 많은 에너지를 사용할 수 있을 거라고 볼 수 있다.
24. 생각할 수 있는 장점: 경제적인 면에서 더 많은 건강한 공여자들이 장기매매에 대해서 관심을 갖게 될 수 있다. 따라서 콩팥 공여자가 많아지면 수여자가 콩팥이식까지 기다리는 시간이 단축될 것이고 오랜 시간 투석에 따른 국민건강보험의 부담이 줄어들게 된다. 생각할 수 있는 단점: 빈곤한 공여자는 절박한 경제적인 어려움에서 벗어나기 위해 자신의 건강을 위험에 빠뜨리게 될 수 있을 것이다. 공여자와 중개인은 돈을 목적으로 건강하지 않은 콩팥을 매매할 수 있고 이는 다시 공여자를 위험에 빠뜨리게 된다. 콩팥을 목적으로 범죄가 증가되므로 공여자와 수여자를 보호하기 위한 복잡한 규제가 있어야 될 것이다.

25.



탈수 시 ADH 농도는 증가하고 여액에서 집합관 주변의 세포사이액으로 수분 재흡수가 증가된다. ADH 증가로 집합관 상피세포 표면에 아쿠아포린의 수가 증가된다. 소변량은 감소된다. 수화 시 ADH 농도는 감소로 아쿠아포린의 수는 감소하므로 여액의 수분이 남아 있게 되어 소변량이 증가된다.

26장

1. a. 신경계; b. 호르몬; c. 수용체; d. 표적세포 내; e. 내분비샘; f. 뇌하수체 전엽; g. 부신 속질
2. d(갑상샘호르몬은 갑상샘에서 생성되고, 프로락틴은 젖 생성을 촉진하고, 안드로젠은 정소에서 생성된다.)
3. b(갑상샘호르몬이 증가하면 TRH와 TSH를 억제하여 갑상샘호르몬 분비가 감소된다.)
4. 시상하부는 방출호르몬과 억제호르몬을 분비하며, 이들은 혈류를 타고 뇌하수체 전엽에 이른다. 시상하부로부터 온 이 신호에 반응하여 뇌하수체 전엽은 여러 호르몬의 분비를 조절하여 직접 신체활동에 영향을 주거나 다른 분비샘에 영향을 끼친다. 시상하부로부터 뇌하수체 후엽으로 연결된 신경분비세포는 호르몬을 분비하며, 이 호르몬은 혈액으로 방출될 때까지 뇌하수체 후엽에 저장된다.
5. 내분비샘은 이온과 영양물질의 양의 변화, 신경이나 호르몬의 직접 자극에 의하여 자극될 수 있다.

6. 둘 다 포도당 섭취 후 혈당량이 증가한다. 당뇨병 환자는 섭취 몇 시간 후 나타나는 정상인의 혈당량보다 거의 3배나 높은 혈당량에서부터 시작한다.
7. 그렇다. TSH는 갑상샘을 크게 만들고 갑상샘호르몬을 생성하도록 자극한다. 갑상샘종은 과도한 TSH와 관련이 있다.
8. a와 c. 글루카곤과 글루코코르티코이드는 둘 다 신체에게 세포연료를 제공하는 기능을 한다. 글루카곤은 간에서 저장된 글리코젠을 분해하고, 글루코코르티코이드는 단백질과 지방으로부터 포도당의 신생합성을 촉진한다.
9. a. 옳지 않다. 혈당량이 너무 낮아진다. 당뇨병은 식사 후 혈당량을 너무 높게 만든다.  
b. 옳지 않다. 먹이 섭취 후 나타나는 혈당량의 항상성 반응으로 미루어볼 때 인슐린이 작용하고 있음을 알 수 있다.  
c. 옳다. 글루카곤이 없다면 운동이나 절식이 혈당량을 낮추어 세포는 어떤 형태의 당원도 동원할 수 없어 혈당량이 떨어지게 된다. 이때 혈당량을 낮추는 인슐린의 효과는 전혀 없다.  
d. 옳지 않다. 만약 이것이 사실이라면 식후의 혈당량은 매우 높아질 것이다.
10. 아트라진을 만들어 판매하는 기업인 신젠타(Syngenta)가 이 연구에 이익을 제기하였다. 미국 환경보호청이 신젠타가 실행한 많은 여러 연구를 검토하고, 아트라진이 안전하다고 주장한다.

27장

1. A. 난포자극호르몬(FSH); B. 에스트로젠; C. 황체형성호르몬(LH); D. 프로게스테론; P. 월경; Q. 난포 성장; R. 배란; S. 황체 발달  
임신일 경우 배는 hCG를 생산해서 황체를 유지시키고 에스트로젠과 프로게스테론의 수치를 높게 유지시킨다.
2. e 3. g 4. d 5. h 6. f 7. a 8. b 9. c
10. c 11. c(낭배의 바깥층은 외배엽이며 선택문화 중 뇌만 외배엽에서 발달한다.) 12. a 13. c
14. 배외막은 육상 척추동물의 배를 위해 축축한 환경을 제공하고, 배가 영양분과 산소를 흡수하고 노폐물을 방출하게 한다. 어류와 양서류처럼 배가 물에 둘러싸여 있을 때에는 이러한 막이 필요하지 않다.
15. 둘 다 반수체 배우자를 만든다. 정자형성은 4개의 작은 정자를 생산하는 반면, 난자형성은 하나의 큰 난자를 생산한다. 사람의 경우 난소는 태어날 때 제1 난모세포를 가지고 있는 반면, 정소는 일생 동안 제1 정모세포를 만든다. 난자형성과정은 수정 때까지 불완전한 반면, 정자는 난자 없이도 성숙해진다.
16. 신경세포는 근육세포에 대한 화학신호를 따라가며, 특정 표면 단백질을 이용하여 근육세포임을 확인한 후 부착한다.
17. 연구자는 척삭의 화학물질이 근처의 외배엽을 자극하여 신경관이 되도록 하는 유도과정을 성취시켰는지 여부를 알아냈을 것이다. 이식된 척삭조직은 배의 어느 곳에서도 외배엽을 신경조직으로 되게 했을 것이다. 대조군의 경우는 비척삭조직을 복부 외배엽 아래에 이식한다.
18. 고려해야 할 쟁점과 문제: 부모는 어떤 형질을 고르고 싶어 할까? 만약 부모에게 이런 형질을 기초로 배를 선택할 권리가 있다면, 어떤 이득이 있는가? 위험요소가 될 만한 것은 무엇인가? 인구구성의 불균형이 발생할 것인가?
19. 콘돔의 효과를 조사하는 데 사용되는 방법인 관찰연구를 계획할 수 있을 것이다(27.7절 참고). AIDS 환자를 백신처방을 받는 그룹과 그렇지 않은 두 그룹으로 나누어 관찰한 후, 두 그룹간의 감염률을 조사하여 백신의 효과를 평가할 수 있을 것이다.

28장

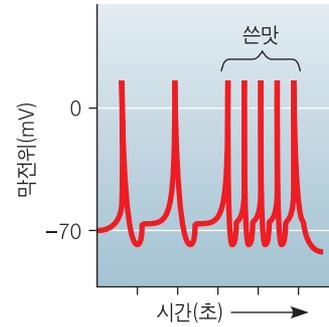
1. a. 감각수용기; b. 감각뉴런; c. 시냅스 d. 척수; e. 사이뉴런; f. 운동뉴런; g. 효과기세포; h. 중추신경계; i. 말초신경계

2. 음전하
3. a. 뇌돌보(뇌량); b. 편도체 ... 변연; c. 대뇌 겉질 ... 대뇌; d. 소뇌; e. 망상체 ... 시상하부
4. 활동전위가 발생한 지점에서, Na<sup>+</sup>가 뉴런으로 들어와 막이 탈분극된다. 그 후 전압 개폐성 K<sup>+</sup> 통로가 열려 막이 재분극된다. 그 사이 Na<sup>+</sup>가 옆으로 확산하여 전압 개폐성 Na<sup>+</sup> 통로가 막의 인접한 부위에서 다시 열리며, 이로 인해 또 하나의 활동전위가 발생된다. 활동전위의 이동 물질 하나 하나는 다음 활동전위를 일으키는 움직이는 신경신호이다. 활동전위 이후에 전압 개폐성 Na<sup>+</sup> 통로가 일시적으로 활성화되므로 활동전위는 앞으로만 진행할 수 있다. 시냅스 전 세포가 시냅스에서 화학 신경전달물질을 방출하며, 이는 시냅스 후 세포의 수용체에 결합하여 시냅스 후 세포로 하여금 신경신호를 유발하게 한다.
5. b
6. b
7. a와 c(왜냐하면 활동전위의 발생을 억제하기 때문); b는 실질적으로 활동전위의 발생을 증가시킨다.
8. 대조군에는 아무것도, 심지어는 위약조차도 제공하지 않으므로 실험군에게서 위약효과를 배제할 수 없다. SSRI 연구 대다수에서 사람들은 자기들이 받는 약이 위약이라고 할지라도 치료에 도움이 된다고 믿는다. 따라서 약은 위약과 서로 비교되어야 하고, 약이 위약보다 더 효과적이어야 한다. 또한, 위약 연구를 이중맹검하여야 한다. 다시 말해, 환자는 자신이 치료약을 처방 받았는지를 알지 못해야 하고, 연구원 또한 환자에게 어떤 약이 주어졌는지 알지 못해야 한다. 아울러 환자 스스로 자신의 기분을 평가하게 하면 참가자들 간에 차이가 너무 크게 된다. 따라서 연구원들이 보고할 내용(수면 시간, 기분 상태의 정량화, 동기부여 등)을 표준화하여 조사하도록 설계하게 한다.
9. 이 결과는 D 뉴런으로 들어오는 모든 신호의 누적효과를 나타낸다. 1, 2번의 실험을 비교해볼 때 D 뉴런이 C 뉴런으로부터 신경신호를 많이 받으면 받을수록 더 많은 신경신호를 전달하므로 C 뉴런은 흥분성이다. 또한 A 뉴런은 변하지 않기 때문에 그 작용은 알 수 없지만 흥분성 또는 억제성일 것이다. 2~3번 실험을 비교해볼 때 B 뉴런이 신호를 전달하는 경우 D 뉴런이 멈추므로 B 뉴런은 강한 억제성 신호를 전달한다.
10. 답에는 대조군과 실험군이 포함되어야 한다. 실험군 택시기사들은 연구 기간 동안 택시기사가 되어 기간 내내 계속 택시를 운전한 사람들이고, 대조군은 택시를 몰도록 선택되지 않은 사람들 그룹일 수 있다. 따라서 두 그룹은 도시 지리에 대한 지식이 서로 다르다. 뉴런 가소성을 조사하려면 회색질의 변화를 측정해야 한다. 도시를 학습한 성공적인 택시기사만이 기억에 관여된 뇌 영역에서 회색질이 측정 가능한 정도로 증가할 것으로 예측할 수 있다. 실제로 2011년 런던 택시기사들을 대상으로 실시한 연구에서 이러한 결과가 나왔다.

### 29장

1. a. 기계적감각수용기; b. 화학수용기; c. 빛; d. 전기; e. 자기; f. 털세포; g. 광수용기
2. d 3. b 4. a 5. a
6. 큰 소리는 큰 진폭을 가진 압력파를 만들어 내어 털세포를 더 많이 움직이게 하고, 활동전위가 훨씬 더 자주 발생하게 한다. 높낮이가 다른 소리는 각각 기저막의 다른 부위에 영향을 줌으로써 뇌의 서로 다른 부분에 활동전위를 전달하는 감각뉴런을 자극한다.
7. c (그는 머리뼈 뒤의 소리굽쇠 소리는 들을 수 있었으므로 달팽이관과 신경, 뇌는 정상이다. 소리가 달팽이관으로 전달이 되는 않는 이유는 뼈에 문제가 있는 것으로 생각된다.)
8. 이 효과를 감각적응이라고 한다. 이 경우 속귀의 털세포가 더 적은 활동전위를 발생하고 뇌로의 신호전달이 감소하므로 소음에 덜 민감하게 된다.
9. 상이 가까워지면 점이 사라진다. 이와 같은 활동으로 망막의 일부분인 광수용체가 없는 맹점을 확인할 수 있다.

10.



11. 일부 거북의 눈을 가려 광수용기 세포를 덮고, 나머지 다른 거북의 눈은 가리지 않는다. 광차단 마스크를 한 거북이 마스크를 하지 않은 거북만큼 바다로 가는 횡수가 많지 않으면, 거북은 달빛을 사용하여 길을 찾는 것으로 생각할 수 있다. 달이 없는 밤에도 관측을 할 수 있다. 달이 없는 밤에 거북이 바다를 잘 찾아가지 못한다면 달빛이 거북의 길찾기를 안내할 가능성이 높다. 인공 달빛을 사용해 알아보는 방법이 있다. 거북이 빛을 향해 (그리고 물에서 먼 쪽으로) 움직인다면, 이것은 거북이 달빛을 이용해 방향을 찾는다는 증거이다. (실제로 플로리다의 많은 해변에는 부화한 새끼들이 길을 잃는 것을 방지하기 위해 바다거북이 등지를 들고 있는 동안 해변가 주민들에게 '불을 소등'하도록 하고 있다.
12. 고려해야 할 쟁점과 문제: 소리가 청각에 손상을 줄 정도로 시끄럽다고 가정하면, 얼마나 오래 큰소리에 노출되어야 귀가 손상될까? 손상은 큰 소리에 한꺼번에 노출될 때가 아닌 노출 누적횟수에 의해서인가? 콘서트를 주최한 사람과 청중 누구에게 책임이 있는가? 콘서트에서의 소리노출과 관련해서 어떤 규제가 있어야 하는가(작업 관련하여 소음이 있기 때문에)? 콘서트에 참석하는 젊은이들이 충분히 성숙하여 그런 경고에 주의를 기울이는가?

### 30장

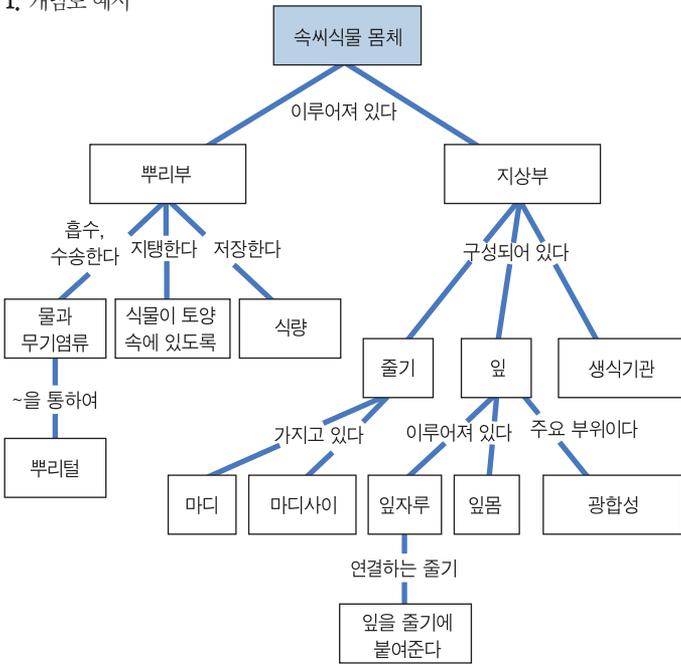
1. a. 뼈대; b. 근육; c. 외골격; d. 근육원섬유마디; e. 뼈와 물렁뼈
2. b 3. d 4. a(물은 수생동물을 지지해 주고 중력 효과를 줄여준다.) 5. c 6. c 7. d 8. a (각각의 뉴런이 조절하는 근섬유의 수가 더 적기 때문에) 9. a(각 뉴런은 보다 작은 수의 근섬유를 조절한다.) 10. d
11. 곤충의 겹뼈대는 강하면서도 몸을 잘 보호할 수 있고, 관절은 유연하며, 수분의 손실도 막아준다. 주로 불리한 점은 성장하면서 주기적으로 탈피를 해야 하므로 일시적으로 체표면이 약해지면서 상처 입기가 쉽다.
12. 새의 날개는 비행기 날개처럼 위 표면은 볼록하고 아래 표면은 평평하거나 오목하게 들어가 있다. 날개를 펴려면 위쪽의 기류가 더 빨리 흐르고, 그 결과 위쪽의 공기입자들이 아래쪽보다 더 성글어지면서 압력이 떨어진다. 따라서 압력이 더 높은 아래쪽에서 위쪽으로 압력이 생긴다.
13. 칼슘은 건강한 뼈의 발달에 필요하다. 칼슘은 뼈를 강화시키고 피로골절이 잘 일어나지 않도록 만든다.
14. 뇌에서 발생한 활동전압은 척수와 운동신경을 따라 근육으로 전달된다. 뉴런은 신경전달물질을 분비하는데 이는 근육섬유막에서 활동전압을 유발하여 세포 내 소포체에서 칼슘 방출이 시작된다. 칼슘은 굵은 필라멘트인 미오신의 머리 부분을 가는 필라멘트에 있는 액틴과 결합시킨다. ATP는 미오신 머리가 이동하는 에너지를 제공하며, 굵은 필라멘트와 가는 필라멘트가 서로 미끄러지면서 근섬유의 길이가 짧아진다. 짧아진 근섬유는 뼈를 당겨서 팔을 굽히게 만든다. 더 많은 운동단위가 활성화되면 수축력은 더욱 강해진다.
15. 척추동물 몸의 기본 형식에는 몸통뼈대와 팔다리뼈대가 포함된다. 생물종마다 척추뼈의 수가 다르고, 서로 다른 형태의 척추뼈 수도 다르다. 예를 들어, 비단뱀은 흉추가 없다. 포유류는 거의 모두 7개의 경추를 갖고 있지만 형태가 다양하다. 예를 들어, 사람의 꼬리뼈는 작고 융합되어 있지만 말과 같이 꼬리가 긴 동물은 꼬리뼈가 여러 개이다. 사지뼈는 날개, 지느러미, 다리 등

16 ■ 해답

- 다양한 형태로 변형되었다. 뱀은 부속지가 없다.
16. 물질 A가 더 잘 작용하는데, 그 이유는 아세틸콜린이 수축을 일으키기 때문이다. 이를 막으면 수축작용은 일어나지 않는다.  $Ca^{2+}$ 는 필라멘트가 미끄러져 들어가도록 신호를 전달하므로 물질 B는 실제로 수축을 증가시킨다.
  17. 지렁이의 체벽에 있는 돌림근육은 각 체절의 직경을 줄이고, 체액을 밀어내 그 체절의 길이를 늘린다. 세로근육은 각 체절을 짧고 굵게 만든다. 지렁이의 한 부분이 길어지면 다른 부분은 짧아져서 기어다니며 움직일 수 있다. 모든 회충은 체절이 짧은 관계로 몸을 한 번에 움직인다. 회충의 몸은 짧아지거나 길어지지 않는다. 왜냐하면 돌림근육이 비교적 적기 때문이다. 그래서 회충은 옆으로만 움직인다.
  18. 칼슘 이온은 미오신 머리가 액틴에 결합할 수 있도록 조절단백질을 이동시키고, 그 결과 근육수축이 일어난다. ATP는 굵은 필라멘트의 미오신 머리 부분이 가는 필라멘트로부터 떨어지게 만든다(그림 30.9B, ①) ATP가 없으면 미오신 머리 부분은 가는 필라멘트와 그대로 붙어 있어서 근섬유는 수축하지 않는다.
  19. 고려해야 할 점: (a) 연구는 일반인과 그 분야에서 최고에 속하는 정예 운동 선수를 비교하였다. 많은 사람은 정상에 도달하지 않더라도 잘 경쟁한다. (b) 힘을 요하는 종목과 지구력을 요하는 종목의 운동선수를 연구하였다. 어떤 스포츠는 힘과 지구력을 모두 필요로 한다. (c) 그 결과는 *ACTN3* 유전자형과 지구력을 요하는 종목간의 상관관계에 대한 최종적인 해답을 제시하지 않았다. (d) 특별히 *ACTN3* 유전자형을 갖고 있는 것이 선수노력의 성과를 보장하지는 않는다. 다른 유전자가 신체적 기량과 관련이 있다는 사실과 더불어 운동선수로서의 탁월함은 적당한 훈련을 필요로 하며, 심리적인 요인도 관여한다.

31장

1. 개념도 예시



2. d 3. f 4. b 5. e 6. a 7. c 8. d

9. d, a, b, c

10. d

11. 꽃가루가 암술의 머리에 닿으면 꽃가루관이 암술의 아래쪽으로 자라 씨방에 다다른다. 정자는 꽃가루관을 타고 이동하여 밑씨에 있는 난자와 수정한다. 밑씨는 자라 씨앗이 되고 씨방은 자라 열매의 육질이 된다(실제 사과

중심부위). 씨앗이 성숙하면 열매는 익어 떨어지거나 수확된다.

12. 셀러리 줄기: 잎줄기(잎자루); 땅콩: 씨앗(밑씨); 딸기: 열매(익은 씨방); 상차: 잎몸(엽신); 사탕무: 뿌리
13. 구근의 절편생장이나 뿌리에서 싹이 트는 것은 모두 무성생식에 속한다. 무성생식은 유성생식에 비해 덜 소모적이고 경제적인데 어린 식물에 덜 위험한 생식방법이다. 무성생식의 주요 단점은 유전적으로 동일한 자손을 만들기 때문에 환경 변화에도 생존할 수 있도록 해주는 유전적 변이가 감소하는 것이다.
14. 현대적인 식물 육종과 재배방법은 작물의 생산성을 높인 반면 유전적 다양성을 감소시키는 결과를 낳게 되어 식물이 전염병에 쉽게 걸리기 쉽게 되었다. 작물의 야생종들은 유전자 은행을 만드는 데 기여하고 새로운 종을 육종하는 데 쓰일 수 있다.
15. 고고학적 증거(고고학적 장소에 남아 있는 식물 유물), 해부학적 증거(야생형과 경작형 품종 간의 형태학적 차이), 현미경적 증거(고대에 이용된 품종이 무엇인지를 구분해줄 수 있는 현미경적 구조), 유전학적 증거(식물 유물에서 작물이 경작과정을 거치는 동안 축적된 돌연변이에 해당하는 DNA 서열의 차이 등)를 예를 들어 각각의 장점과 단점을 논의하면 될 것이다.

32장

1. a. 뿌리; b. 물관; c. 당 공급원; d. 체관; e. 증산작용; f. 당 수용원

2. d 3. d 4. d 5. b

6. 식물이 건조해지기 시작하면 공변세포에서 칼륨 이온이 밖으로 나가고 이에 따라 삼투현상에 의해 물이 빠져나가면서 공변세포가 쪼그라들어 기공이 닫힌다. 이렇게 되면 식물이 시드는 것을 방지할 수 있지만 광합성에 필요한 이산화탄소가 잎 안으로 들어오지 못한다.

7. 만약 습도와 온도가 거의 비슷한 조건에서 증산작용이 빛의 세기에 따라 달라진다면 이 가설을 지지하는 것이다. 이 표에서 두 군대가 이런 조건을 만족한다. 즉, 11시와 12시에 온도와 습도의 기록을 보면 거의 비슷하지만, 빛의 세기와 증산 속도는 11시에 비해 12시에 훨씬 더 증가하였다. 3시와 4시의 기록도 동일한 결과를 보였다. 또한 1시와 2시의 기록 역시 전체적으로 이 가설을 지지하고 있다. 이 경우 온도와 습도가 모두 감소하였다. 온도의 감소폭이 적으므로 증산 속도가 비슷하거나 혹은 오히려 약간 증가할 것으로 예측되지만, 반대로 증산 속도가 크게 감소하였다. 이 결과는 빛의 세기가 감소한 현상과 일치하는 것이다.

8. 항곰팡이제를 너무 많이 사용하면 식물의 뿌리와 곰팡이가 연합한 구조인 균근을 파괴할 수도 있다. 곰팡이의 균사는 식물에게 물과 영양분을 흡수할 수 있는 방대한 표면적을 제공하는 역할을 하므로, 만약 균근이 파괴된다면 물과 영양분이 결핍될 수 있다.

9. 유기농 표시는 생산자가 지속 가능한 농업을 위한 지침을 준수했음을 인증하는 것이다. 그러나 유기농 표시가 있다고 해서 전통재배 방식으로 생산한 농산물보다 영양가가 더 많다는 것을 의미하지는 않는다.

10. 가설: 산성비의 수소 이온이 음전하를 띠고 있는 진흙 입자로부터 양전하를 띠고 있는 영양소 이온을 떼어낸다. 시험: 실험실에서 서로 다른 여과지 위에 동일한 종류의 토양을 같은 양으로 올려놓는다. 이때 녹지 않은 토양입자가 전혀 투과하지 못하도록 여과지의 구멍 크기가 작아야 한다. 비가 내린 것과 유사한 효과를 내기 위하여 토양 시료에 서로 다른 pH 용액(pH 4, 5, 6, 7, 8)을 스프레이로 뿌려준 후 용액 내의 영양소 이온의 농도를 측정하시오. (이때 유일한 변수는 수소 이온 농도뿐이며, 이상적으로 용액 내에는 용해된 영양소가 전혀 없어야 한다.) 토양시료와 여과지를 투과해 떨어지는 용액을 수집해서 수소 이온과 영양소 이온 농도를 측정한다. 결과 예측: 가설이 옳다면 산성비와 유사한 pH 5.6보다 낮은 용액으로 처리한 토양에서 흘러내린 액체에서 양이온 성분의 영양소 이온 농도가 가장 높을 것이다.

11. 고려해야 할 쟁점과 문제: 어떻게 농부들에게 물을 팔 수 있는 '권리'가 주어졌는가? 농부들이 물에 대한 권리를 사거나 팔 때 가격은 어떻게 결정되는가?

- 권리를 '소유한' 사람 모두에게 공급할 수 있을 만큼 물은 충분한가? 농부들이 경작하는 작물은 무엇인가? 도시에서 그 물을 어떻게 사용할 것인가? 야생 동물처럼 권리는 없지만 물이 필요한 존재는 없는가? 도시의 확장 속도를 늦추고 물을 보존하려는 노력을 하고 있는가? 수백만 명의 사람들이 본질적으로 사막인 지역에서 살아야만 하는가? 사막을 경작하려는 이유는 무엇인가?
12. 성장하는 작물을 대상으로 실험할 때 조건을 정확하게 조절하기 어렵다. 정확한 실험을 하려면 대조군 간에 단 1개의 변수(이 경우에는 유기농 작물이나 일반 작물이나)만이 바뀌어야 하는데, 실제 상황에서 거의 불가능한 일이다. 토양조건, 기후 등 여러 가지 조건들이 장소마다 다르기 때문이다.

**33장**

1. a. 옥신; b. 지베렐린; c. 옥신; d. 시토키닌; e. 옥신; f. 에틸렌; g. 지베렐린; h. 앱시스산
2. b 3. b 4. a 5. d 6. b 7. d 8. f 9. e 10. d 11. a 12. b 13. g 14. c 15. c
16. 과일에서 생성되는 에틸렌 가스는 과일의 숙성과 노화를 촉진한다. 환기를 시키면 에틸렌이 축적되는 것을 막을 수 있으므로 이러한 효과를 지연시킬 수 있다.
17. 끝눈에서 생성되는 옥신은 뿌리에서 만들어지는 시토키닌의 효과를 상쇄하여 끝눈의 성장을 억제한다. 옥신을 만들어내는 끝눈을 제거하면 시토키닌의 양이 많아지므로 끝눈생장이 일어난다.
18. 전등 빛에 포함된 적색 파장은 국화의 피토크롬을 P<sub>fr</sub> 형태로 빠르게 전환시키므로 장일식물의 개화를 억제한다. 따라서 경비원이 원적색광을 조작하지 않는 한 국화는 꽃을 피우지 않을 것이다. 원적색 섬광을 한 번 비춰주면 피토크롬이 P<sub>r</sub> 형태로 전환되므로 꽃이 피게 한다.
19. 벌레에게 먹힌 정도가 저마다 다른 잎을 채취해서, 인접한 잎에서 변화가 일어나려면 얼마나 시간이 필요한지를 알아낼 수 있을 것이다. 또는 33.1절의 굴광성 실험에서처럼 '호르몬'을 한천조각에 모은 뒤 벌레가 먹지 않은 식물에 처리해볼 수 있을 것이다. 벌레가 먹은 잎에서 그 옆의 잎으로 호르몬이 이동하는 것을 억제하는 실험도 계획할 수 있다.
20. 고려해야 할 쟁점과 문제: 이 화학물질은 인간이 먹어도 안전한가? 환경에 어떤 영향을 주지는 않는가? 화합물을 만드는 과정에서 해로운 부산물이나 폐기물이 생기지는 않는가? 안전성을 증명하려면 어떤 실험을 해야 하는가? 이 화학물질을 만들고 사용하는 데 드는 비용은 얼마인가? 단지 어떤 식품의 외형을 개선하려는 목적으로 인공화합물을 사용하는 것이 가치가 있는가? 과학자들은 자연환경을 모방한 다양한 실험실 조건에서 화합물의 안전성 문제를 연구할 수 있을 것이다. 실험실에서 화합물과 원료물질 또는 분해산물의 독성을 조사할 수 있을 것이다.
21. 다윈 부자는 식물체 내에서 어떤 신호가 이동하여 성장을 조절한다는 것을 증명하였으며, 보이센-엔센은 이 신호가 확산 가능한 화학물질이어야 한다는 것을 증명하였다. 또한 벤투는 이 화학물질을 옥신이라고 명명하고 식물 줄기의 어두운 곳에 더 높은 농도로 축적된다는 것을 증명하였다. 여러분이 발견의 순간을 어떻게 정의하느냐에 따라서 이 중 어느 누구든 옥신의 발견자라는 논리를 만들 수 있을 것이다.

**34장**

1. a. 지구의 형태로 인해 지역에 따라 불균등하게 태양열을 받으므로 열대지역은 덥고 극지방은 춥게 된다.
- b. 온대와 극지방에서 겨울과 여름의 계절적 차이가 생기는 이유는 태양을 중심으로 공전하는 지구가 태양 쪽으로 또는 반대 방향으로 기울기 때문이다.
- c. 열대의 강한 태양광으로 인해 수분이 증발하고 따뜻한 공기가 상승하면서 식으면 공기 중의 수분은 비가 되어 내린다. 이어서 이 공기는 순환하고 식어서 남북위 30° 주변에서 하강한다. 하강하면서 공기의 온도가 오르고 육지

- 부터 수분을 증발시켜서 건조한 지역을 만든다.
2. f; 3. g; 4. d; 5. a; 6. c; 7. b; 8. e; 9. a; 10. d; 11. c; 12. a; 13. b; 14. b
15. 열대우림은 덥고 습한 기후로 일 년 내내 생장에 적합한 조건이다. 다양한 식물이 자라서 여러 생물들에게 안식처를 제공한다.
16. 그림 34.8의 지도를 보고 여러분이 속한 생물군계를 찾아 확인한 후에 34.5절에서 다른 기후와 그 생물군계를 설명한 부분(34.9~34.17절)을 복습하십시오.
17. 공기가 따뜻하면 육지와 바다로부터 증발이 더 일어나고 따뜻한 대기는 수분을 더 많이 품게 된다. 결과적으로 폭우가 내리는 지역이 생긴다. 강수량이 적은 지역에서는 증발량까지 늘어나면서 토양은 극심하게 건조해지고 가뭄이 든다.
18. a. 세 지역 모두 태양광과 영양이 풍부하다.
- b. 질소와 인이 연못이나 호수에 들어가면 거기서 사는 조류에 '비료'를 주는 셈이 되어서 조류 개체군이 폭발적으로 성장한다. (보통 수생생태계에서는 이 영양분이 부족하다.) 그 영향으로 생태계는 피해를 입는다. 조류가 표면을 덮어 빛이 잘 투과하지 않는다. 조류가 죽으면 박테리아에 의해 분해되면서 산소가 많이 사용되어 고갈되면 연못과 호수의 동물 군집에도 피해를 준다.
19. a. 사막; b. 초원; c. 열대림; d. 온대림; e. 침엽수림; f. 북극툰드라. 기후도는 연중 평균 강수에 기초한다. 겹치는 부분은 온도와 강수량의 계절적 변화와 관계가 있다.
20. 수렴진화를 통해서 서로 연관성이 없는 동물이더라도 비슷한 환경—온대초원과 사바나에서와 같이—에서 유사하게 적응한다.
21. 다수의 개똥지빠귀가 사라진 것은 DDT를 살포한 것과 연관이 있어 보이지만 증거가 미약하다. 과학자들은 또 다른 대체 가설로 예를 들면 기생성 또는 전염성 질병, 주요 먹이의 갑작스런 감소, 또는 환경의 극심한 변화 등을 고려할 수도 있을 것이다. DDT 사용과의 연계성을 알기 위해서는 과학자들은 지렁이에 존재하는 DDT의 농도, 개똥지빠귀가 평균적으로 잡아먹는 지렁이의 개수, 살아 있거나 죽은 개똥지빠귀 체내에 축적된 DDT의 농도, 개똥지빠귀에게 있어서 DDT의 치사량 등의 요소들을 파악해야 할 것이다. 또한 이러한 상황이 미시건 주립대학 캠퍼스에서 관찰된 경우가 있는지, 또는 이와 유사한 경우가 다른 지역에서도 관찰된 적이 있는지를 알아봐야 할 것이다. 예를 들어, DDT가 사용된 다른 지역과 사용하지 않은 지역에서도 새들이 죽어가는 것이 관찰되었는지도 알아봐야 할 것이다. 다른 조류나 야생에 미치는 DDT의 영향에 대한 논문자료의 증거들도 찾아봐야 할 것이다.

**35장**

1. a. 유전; b. 고정행동양식(FAP); c. 각인; d. 공간학습; e. 연합학습; f. 사회적 학습.
2. d; 3. c; 4. d; 5. a.
6. 주요 이점: 파리의 수명은 짧다. 학습을 거치지 않고 첫 경험에서도 나타나는 선천적 행동을 통해 파리는 긴 시간 동안의 연습을 거치지 않고도 먹이나 짝을 찾을 수 있다. 주요 단점: 이들의 선천적 행동은 고정적이어서 파리는 학습을 통해 특정 상황에 적응하기 어렵다.
7. 예를 들어, 포식자가 많은 긴장된 환경에서 더 조심스럽게 행동하는 쥐들이 오래 살아남아서 번식할 가능성이 커진다.
8. 구애행동을 통해 짝이 될 수 있는 개체 간의 공격을 줄이고 서로가 같은 종인지, 성별이 다른지, 신체 상태가 어떤지 등을 확인하게 된다. 강우, 온도, 낮의 길이 등의 환경적 변화로 인해 개구리가 울기 시작하는 것으로 보인다. 따라서 이런 환경적 변화를 직접적 원인이라 하겠다. 궁극적 원인은 진화와 관련되어 있다. 구애행동을 하는 개구리들의 적응도(번식성공도)가 더 높아지게 된다는 것이다.
9. a. 그렇다. 전체 비상 높이 (떨어뜨린 횡수 × 떨어뜨린 곳의 높이)가 5m 높이

18 ■ 해답

에서 가장 작았으므로 5 m 높이에서 투하하는 에너지에 비해 가장 많은 먹이를 구하게 된다는 것을 알았다. 따라서 까마귀는 최적의 먹이찾기 전략을 이용하는 것으로 보인다.

b. 아직 다 크지 않은 새(juvenile)와 완전히 큰 새(adult)의 평균 먹이 투하 높이를 측정하는 실험에서 개개의 새가 어릴 때부터 성장해가면서 먹이 투하 높이가 변하는가를 추적하는 실험 등이 있다.

- 가능성 있는 가설 하나를 들자면, 도우미 새가 도와주는 한 쌍의 새 중에 어느 한 마리와 가까운 친족관계에 있다는 것이다. 가까운 친족인 개체끼리는 비교적 많은 유전자를 공유하기 때문에 도우미 새가 친족 새들의 새끼 양육을 도움으로써 간접적으로 자신의 적응도를 높이는 것이다. (달리 표현하면 이 행동이 혈연선택에 의해 진화된 것이라는 말이다.) 이 가설을 검증하는 가장 간단한 방법은 DNA 분석법으로, 이 새들의 조직 시료를 비교함으로써 이들의 혈연관계를 비교하는 것이다. 만일 이 새들의 혈연관계가 밀접하다면, 관계가 멀고 적은 새와 비교했을 때보다 이들 간의 DNA 유사성이 높게 나타날 것이다.
- 1년생 쌍둥이는 유전적으로 동일하므로 그들 사이의 차이는 환경에 기인한 것으로 볼 수 있다. 가라서 1년생 쌍둥이 연구를 통해 인간 행동의 '타고난 면(nature)'과 '양육된 면(nurture)'을 구분할 수 있다. 실험 결과는 여러 측면의 인간 행동이 타고난 것이라는 것을 보여 준다. 이러한 연구가 인간의 자유의지나 자신을 개선할 의지를 남기지 않기 때문에 어떤 사람들은 문제시 한다. 이러한 연구 결과가 특정한 사회적 입장을 뒷받침하는 도구로 잘못 쓰일 수도 있다.
- 가설의 예: 침팬지는 짝짓기는 다혼성이다. 이 가설을 실험하려면 침팬지 그룹의 짝짓기 행동을 오랜 기간 동안 관찰해야 한다(성적으로 성숙한 암컷의 여러 차례의 호르몬 주기로부터 데이터를 얻기 위해). 각 개체가 어떻게 그리고 언제 성교를 요청하는지; 각 개체가 성공적으로 접근하는 횟수: 접근하다가 거부당한 횟수; 수컷이 접근하는 시기의 암컷의 호르몬 주기 단계; 어떤 개체들이 서로 짝을 짓는지; 수컷이 암컷에 끌리는지 또는 짝짓기 후에 수컷이 암컷을 지키는지. 만약 한 마리가 몇 마리의 반대 성의 구성원들과 짝짓기를 한다면 이 증거는 가설을 뒷받침한다.

36장

- a. x축은 시간; y축은 개체수(N). 파란 곡선은 기하급수적 성장; 빨간 곡선은 로지스틱 성장  
b.  $G = rN$   
c. 환경수용력(K)  
d. 기하급수적 성장에서 개체군의 크기가 증가하는 만큼 개체군 성장은 계속 증가한다. 로지스틱 성장에서 개체군은 개체군이 수용력의 약 1/2일 때 가장 빠르게 성장한다. N이 커지면 rN이 커지지만 성장을 둔화시키지 않는다. N이 K에 가까워지면  $(K - N)/K$ 로 성장이 둔화된다.  
e. 세계적으로 성장률은 둔화되었지만 여전히 기하급수적 성장곡선이다.
- a. 파란 선은 출생률; 빨간 선은 사망률  
b. I. 출생률과 사망률이 모두 높다. II. 출생률은 높고 위생과 보건이 향상되면서 사망률은 감소한다. III. 종종 여성의 사회진출이 증가하고 산아제한이 가능해지면서 출생률은 감소한다; 사망률은 낮다. IV. 출생률과 사망률이 모두 낮다.  
c. I와 IV  
d. II, 출생률은 여전히 높고 사망률은 낮을 때
- c 4. a 5. c 6. c 7. d 8. a 9. c
- 일부 설치류에서 볼 수 있는 먹이나 등지와 같은 식량과 자원의 제한, 독성 폐기물의 축적, 질병, 포식의 증가, 스트레스 반응 등이다.
- 생존율은 특정 연령대에 속해 있는 개체들 중 다음 연령대까지 살아남은 개체들의 비율을 말한다. 이것은 특정 연령대가 살아 있을 확률의 척도이다. 생존곡선은 전 생존기간 동안 특정 연령대에 살아 있는 개체의 전 집단에 대한 비율을 보여준다. 조개는 자손을 많이 만들지만 대부분은 어려서 죽고 일부

만이 끝까지 살아남는다. 반면 사람은 어린 나이에 사망하는 경우가 거의 없으며, 대부분 늙어서 죽게 된다. 다람쥐는 사망률이 일정해서 모든 연령대의 생존율이 거의 비슷하다.

- 군생형은 가장 흔한 분포형이다. 일반적으로 불균형적인 자원이나 사회성과 연관이 있다. 균등분포는 영역적이거나 식물의 상호역제적 관계와 연관이 있다. 무작위적 분포는 가장 드물다. 생물의 분포에 영향을 주는 인자가 없을 때 일어날 수 있다.
- K-선택적 집단은 비교적 안정된 환경에 사는 경향이 있다. 밀도의존성 제한 요인에 의해 거의 수용력에 가까운 밀도를 유지한다. r-선택적 생물에 비해 늦게 번식하며 자손의 수가 적다. 번식률이 낮으면 인간에 의한 서식지의 파괴로부터 회복되는 것이 느다. K-선택적 생활사를 가진 종은 타입 I의 생존 곡선을 가질 것으로 추정할 수 있다(그림 36.3 참고).
- 실험 가능한 예측은 다음과 같다: 만약 태양흑점 활동이 눈신산토끼의 개체군 주기에 영향을 준다면, 주기는 태양흑점 활동과 상관성을 보여야 한다. 식량의 질에 영향을 주는 화학물질의 존재가 흑점활동과 동일한 주기를 보이는지 실험해볼 수 있다. 식량의 질이 눈신산토끼의 생식에 영향을 준다는 것도 보여주어야 한다.
- 고려해야 할 쟁점과 문제: 개발도상국의 인구성장이 식량공급, 오염, 화석연료와 같은 자연자원의 사용과 어떤 관련이 있을까? 선진국에서 인구 증가는 이런 문제들에 대해 어떤 영향을 미치는가? 위의 요인들 중 어떤 것들이 우리의 생존에 가장 큰 영향을 미치는가? 이들은 개발도상국과 선진국의 중 어느 쪽으로부터 더 큰 영향을 받는가? 개발도상국이 선진국이 되면 어떤 일이 벌어질까?

37장

1.

종간 상호작용	종 1에 대한 영향	종 2에 대한 영향	예
포식	+	-	악어/물고기
경쟁	-	-	다람쥐/흑곰
초식섭식	+	-	애벌레/풀잎
기생과 병원체	+	-	심장사상충/개; 살모넬라/사람
상리공생	+	+	식물/근균

2.

	탄소	인	질소
주요 무생물적 저장소	대기	암석	대기, 토양
무생물적 저장소	이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	암석 속 인	대기 중 N <sub>2</sub> ; 토양의 암모니아(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) 또는 질산(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
생산자가 사용하는 형태	이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	인산(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 또는 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
순환을 변화시키는 사람의 활동	나무와 화석연료의 연소	농업(비료, 목초지, 살충제, 토양의 부식)	농업(비료, 목초지); 화석연료의 연소
변환된 순환의 영향	지구온난화	수생생태계의 부영양화; 영양결핍된 토양	수생생태계의 부영양화; 영양결핍된 토양; 지구온난화, 오존층의 파괴; 산성강우

3. d 4. b 5. b 6. c 7. d
- 식물은 부모로부터 씨를 널리 퍼뜨릴 수 있어서 이익을 얻고, 동물은 씨를 포함한 과실을 먹을 수 있어서 이익이 있다.
  - 급속한 부영양화는 물에 (농경지에서 흘러나오는 등) 영양오염이 일어나면서 일어난다. 이것으로 남새균과 조류가 급격히 증가한다. 이들이 호흡을 하거나 이들을 분해하는 분해자로 인하여 산소가 고갈되면 물고기를 죽인다. 이러한 유형의 오염을 줄이려면 가축이나 비료의 사용과 같은 무기영양의 흐름을 제한해야 한다.
  - 생산 피라미드 꼭대기에 있는 이러한 동물은 2차, 3차 소비자이다. 단계적 에너지 소실로 인하여 이들에게 돌아오는 에너지는 많지 않다. 즉, 이들의 수는 많지 않고 사냥에 넓은 영역이 필요하다.
  - 탄소와 질소와 같은 대기의 기체 형태를 가진 화합물은 전 지구화학적 순환을 한다.
  - 대기 중  $N_2$ 를 암모니아로 고정하는 질소 고정; 암모니아를 생성하는 사체 분해; 암모니아를 질산염으로 바꾸는 질산화; (분해자에 의한) 질산염을  $N_2$ 로 바꾸는 탈질산화
  - 가설: 켈거루쥐는 주요 초식동물이다. (쥐의 초식습식은 특정 식물이 다른 것에 비해 지나치게 우세하게 하는 것을 막는다. 쥐를 제거하면 식물의 다양성이 줄어든다.) 추가적 증거: 쥐는 우세종 식물을 선호하여 섭취한다는 사실과 우세종 식물은 초식동물로 인한 피해로부터 더 빨리 회복된다는 사실
  - a. 1.1% ( $6,585/600,000 \times 100$ ); 1차 순 생산량  
b. 1.2% ( $81/6,585$ ); 세포호흡과 노폐물  
c.  $81 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$ ;  $1.0 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$  (1.2% of  $81 \text{ kcal/m}^2/\text{yr}$ )

### 38장

- a. 절멸의 위험에 처한 생물종; b. 복원생태학; c. 생물정화; d. 개발제한지역
- c; 3. c; 4. a; 5. d; 6. b; 7. c; 8. a
- 유전적 다양성, 종 다양성, 그리고 생태계 다양성. 집단이 작아지면 유전적 다양성이 일반적으로 감소한다. 유전적 다양성은 또한 서식지의 파괴나 기타 이유로 그 지역의 어떤 종이 절멸하거나 종 전체가 사라질 위험에 처한다. 인간의 여러 활동 때문에 생물종의 멸종이 초래된다. 가장 큰 위협은 서식지 파괴, 유입종, 그리고 지나친 남획이다. 생물종의 멸종이나 개체군의 절멸은 전체 군집의 구조를 바꿀 수도 있다. 오염과 농업과 개발 등의 광범위한 교란은 생태계 전체의 손실을 가져올 수 있다.
- 이산화탄소, 메탄, 질소산화물을 포함한 대기 중의 온실가스가 적외선을 흡수하고 지구에서 열이 빠져나가는 것을 늦춘다. 이것을 온실효과라고 한다 (7.13절 참고). 대기에 온실가스가 없다면 지표면의 온도는 훨씬 낮고 생명체가 살기에 적합하지 않을 것이다.
- 화석연료의 사용, 공장, 그리고 농업은 대기 중의  $CO_2$ , 메탄, 질소산화물 같은 온실가스의 양을 증가시켰다. 이것은 더 많은 열을 흡수하고 대기의 온도를

- 를 높인다. 다음 세기에는  $2\sim 5^\circ C$  증가가 예상된다. 농업을 위한 벌목과 숲의 제거는 식물에 의한  $CO_2$ 의 흡수를 감소시켜 지구온난화를 가속한다. (또한 나무를 태우면서 대기 중  $CO_2$ 의 양을 증가시킨다.) 지구온난화로 인해 극지방의 얼음, 영구동토층, 빙하가 녹고 강수량의 양상이 변화되며 봄의 기온이 일찍 오르고 추운 낮과 밤의 빈도가 줄어드는 등 다양한 영향이 나타났다. 미래에 해수면 상승과 많은 동식물 종의 멸종도 일어날 수 있다. 지구온난화는 국제적 문제이다. 즉, 대기와 기후에는 국경의 의미가 없다. 온실가스는 주로 산업화된 나라에서 발생한다. 지구온난화 문제를 해결하기 위해서는 화석연료 소비와 산림파괴를 줄이기 위한 협조와 결의가 필요하다.
- 이 토끼 개체군의 크기와 분포 변화, 토끼 개체군의 변화가 그들의 서식지에 있는 식물 군집에 미치는 영향, 토끼의 포식자들의 개체군에 미치는 영향, 토끼가 먹이로 취하는 대상 개체군에 주는 영향, 타이가 군집의 전반적 종 다양성에 주는 영향, 토끼 개체군의 진화적 변화 등의 연구를 들 수 있다.
  - 고려해야 할 쟁점과 문제: 화석연료의 사용이 환경에 어떤 영향을 주는가? 기름의 유출은? 유전지대와 송유관 건설을 위한 야생생물 서식지의 파괴는? 화석연료의 소비 그리고 지구온난화로 인해 발생할 수 있는 기후변화와 홍수는? 호수의 오염과 사성강수로 인한 재산의 파괴는? 오염된 공기에 의한 인류의 건강은? 화석연료의 사용으로 인한 '부작용'에 대해 어떻게 비용을 지불할 것인가? 세금으로? 의료보험으로? 경제적 방법이 아니라 약화된 건강과 삶의 질로 지불할 것인가? 화석연료 사용의 환경 효과에 대한 추가 비용을 석유회사들이 지불하도록 할 수 있을까? 석유세로 비용이 충당될 수 있을까? 그렇다면 석유 가격에 어떤 영향을 미칠까? 석유가격의 변화가 우리의 에너지 사용이나 생활양식, 그리고 환경에 어떤 영향을 미칠까?
  - 미국과 캐나다의 1인당 방출량은 다른 선진국들처럼 일반적으로 매우 높다. 수송과 에너지의 사용이 주된 탄소발자국에 기여하고 있다. 우리가 하는 모든 대응 방식이 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 가능한 한 계획을 잘 세워서 자동차 운행거리를 줄이거나 (대중교통, 걷기, 자전거 타기) 다른 운송수단을 사용하는 것이다. 에너지 사용량을 줄이려면 전등을 끄고 사용하지 않는 코드를 빼거나 찬물에서 세탁을 하는 것 등을 예로 들 수 있다. 다음의 웹사이트에서는 에너지 효율을 높이는 전구와 함께, 어떤 변화를 줄지에 대해 간단한 방법을 접할 수 있다. <http://www.nature.org/greenliving/carbon-calculator/index.htm>(The Nature Conservancy) <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/ind-calculator.html>(U.S. Environmental Protection Agency)
  - 고려해야 할 쟁점과 문제: 인구 증가, 자원의 소비, 오염, 그리고 생물다양성의 감소가 지속 가능성과 어떤 관계를 갖는가? 가난, 경제성장, 개발, 그리고 외교적 쟁점은 어떻게 지속 가능성과 연관이 되는가? 선진국과 개발도상국은 지속 가능한 사회에 대해 왜 서로 다른 견해를 갖는가? 지속 가능한 사회에서 생활은 어떠할까? 내가 속한 공동체에서 지속가능성을 위해 취한 조치는 무엇인가? 우리 사회에서 지속 가능성에 대한 걸림돌은 무엇인가? 여러분은 지속 가능한 생활양식을 위해 어떤 일을 했는가? 2030년에 여러분의 나이는? 그때 여러분의 생활은 어떤 모습일까?