

1장

그림 문제

그림 1.3 이 그림에 나타난 특징들 중에서 잔디깎이는 순서, 조절, 에너지 교환만을 보여준다. **그림 1.6** 사람 손에서 손가락과 마주보는 엄지는 손톱과 복잡한 신경계, 근육과 더불어 능숙하게 물건을 잡고 조작하게 해준다. **그림 1.13** 물질 B는 끊임없이 생성되어 많은 양이 축적된다. C나 D는 전혀 만 들어지지 않는다. **그림 1.27** 산호백의 서식 여부와 상관없이 모든 지역에서 갈색 인공백이 공격받은 비율은 인공 왕백이 공격받은 비율보다 더 높을 것이다. **그림 1.28** 심실 사이의 구멍 때문에 혈액이 일부 섞이게 될 것이다. 결과적으로 좌심실에서 신체 각 부위로 전달되는 혈액이 폐에서 산소를 제대로 공급받지 못하게 되고, 폐로 가는 혈액의 일부는 이미 산소를 가진 상태가 된다.

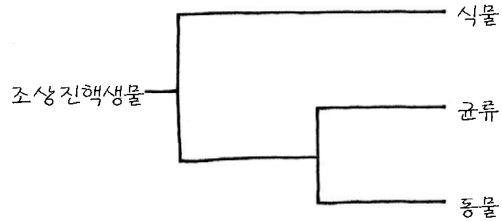
개념 확인 문제 1.1

1. 보기: 분자는 서로 결합된 원자로 구성된다. 각 세포소기관은 규칙적으로 배열된 분자들을 가진다. 광합성을 하는 식물세포는 엽록체라 불리는 세포소기관을 가진다. 조직은 유사한 세포그룹으로 구성된다. 심장과 같은 기관은 몇 가지 조직으로 구성된다. 식물과 같은 복잡한 생물체는 잎과 뿌리 등을 포함하는 여러 종류의 기관을 가진다. 개체군은 같은 종의 생물체의 집합이다. 군집은 특정 지역에 거주하는 여러 종의 개체군으로 구성된다. 생태계는 생명체에 중요한 무생물적 환경, 즉 공기, 토양, 물 등과 더불어 생물학적 군집으로 구성된다. 생물권은 지구상의 모든 생태계로 이루어진다. **2.** (a) 구조와 기능은 연관되어 있다. (b) 세포는 생물체의 기본단위이고, 생명의 연속성은 DNA 형태로 존재하는 유전 정보에 기초한다. (c) 생물체는 물질과 에너지를 교환하면서 환경과 상호작용한다. **3.** 가능한 해답: 진화: 모든 식물체는 엽록체를 가지는데 이는 공통조상에서 유래했음을 의미한다. 창발적 특성: 인간의 심장이 혈액순환을 하기 위해서는 완전한 형태를 갖추어야 한다. 심장의 조직이나 세포가 혼자서 작동해서는 그 기능을 수행할 수 없다. 환경과 물질 및 에너지 교환: 쥐가 먹이를 먹고 그 영양분으로 성장을 하며, 활동을 위한 에너지를 얻는다. 먹이성분의 일부는 오줌과 변으로 방출되고, 일부 에너지는 열로서 환경에 방출된다. 구조와 기능: 늑대의 강력하고 날카로운 이빨은 먹이를 붙잡고 찢기에 적합하다. 세포: 먹이의 소화는 소화기관의 세포에 의해 생성된 화학물질(주로 효소)에 의해 일어난다. DNA: 인간의 눈 색깔은 양 부모로부터 물려받은 유전자의 조합에 의해 결정된다. 되먹임 조절: 위가 가득차면 여러분의 뇌는 식욕을 떨어뜨리도록 신호를 보낸다.

개념 확인 문제 1.2

1. 주소는 넓은 범주에서 좁은 범주, 즉 도, 시, 구, 동, 건물번호로 쪼아감으로써 위치를 찾는 방법이다. 이것은 점점 더 좁은 그룹을 묶어 나가는 생물학적 분류 구조와 유사하다. **2.** 자연선택은 적응이 가능한 변이를 '창조'해 내는 것이 아니라 자연적인 변이를 보이는 개체군에서 특정 유전형질을 선택함으로써 '편집'하는 것이다.

3.



개념 확인 문제 1.3

1. 귀납적 추리는 특별한 경우에서 일반화를 이끌어 내는 것이고, 연역적 추리는 일반 명제에서 특정한 결과를 예측하는 것이다. **2.** 가설에 비해 과학적 이론은 대개 보다 더 일반적이고 훨씬 더 많은 증거에 의해 입증된다. **3.** 그림 1.27에 나타난 결과에 따르면, 색깔 있는 인공백이 단지 더 쉽게 눈에 띄기 때문에 갈색 인공백보다 더 많은 공격을 받게 될 것이다. 이러한 예측은 여러분이 연구하는 버지니아 지역에 색깔 있는 인공백을 닮은 비독성 백을 공격하는 포식자가 있음을 가정한다.

자기 확인 퀴즈

1. 그림에서 다음을 보여야 한다: (1) 생물권은 지구에서 화살표로 열대 바다가 나오게, (2) 생태계는 멀리 떨어진 산호초의 경관을, (3) 군집은 산호초 동물과 조류, 산호와 물고기, 일부 바닷말, 그 외 생각할 수 있는 동물들의 집합을, (4) 개체군은 동종의 물고기 그룹을, (5) 생물체는 개체군내 한 마리의 물고기를, (6) 기관은 물고기의 위를, 기관계는 전체 소화계(41장)를, (7) 조직은 위에서 유사한 세포 그룹을, (8) 세포는 조직에서 핵과 몇 개의 세포소기관을 보이는 하나의 세포를, (9) 세포소기관은 대부분의 DNA가 들어 있는 핵을, (10) 분자는 DNA 이중나선을 보여라. 그림은 대략적으로 그려도 무방하다.

2장

그림 문제

그림 2.2 가장 크게 차이가 나타날 결과는 정원 안의 두 *Cedrela* 묘목에서 유사한 정도로 잎이 죽어갔을 것이다. 왜냐하면 *Duroia* 나무에서 분비되는 독성 화학물질이 작용하였다면 이 화학물질은 공기나 토양 등을 통해 묘목에 전달되었을 것이고 이러한 화학물질의 전달은 곤충 방어막으로는 차단될 수 없기 때문이다. 정원의 바깥쪽에 심어진 *Cedrela* 묘목은 *Duroia* 나무 근처에 심이지 않는 한 영향을 받지 않을 것이다. 또한 정원내 방어막이 설치되지 않은 *Cedrela* 묘목에서 발견되는 개미들이 나뭇잎을 찢어 무엇인가를 주입하는 것이 관찰되지 않을 수도 있다. 그러나 대부분의 개미에서 그렇듯이 이 개미의 분비선에서 여전히 폼산이 발견될 가능성이 높다.

그림 2.9 원자번호=12; 12개의 양성자, 12개의 전자; 3개의 전자껍질; 원자가전자에 2개의 전자.

그림 2.16

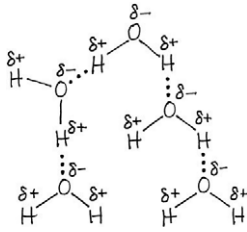


그림 2.19 이 식물은 물(H₂O)에 잠겨 있으며 물속에는 CO₂가 녹아 있다. 태양에너지가 당을 만들기 위해 이용되고 이 당은 식물에서 발견되며 식물을 섭취하는 동물뿐만 아니라 식물 자신의 양분으로 작용한다. 산소(O₂)는 공기방울로 보이고 있다.

개념 확인 문제 2.1

1. 음식에 사용하는 소금은 두 원소로 이루어져 있는 반면 산소는 하나의 원소로 이루어져 있다. 2. 그렇다. 왜냐하면 생물체는 비록 적은 양이라고 하더라도 미량원소를 필요로 한다. 3. 철분이 부족한 사람은 피로 같은 혈액에 산소가 낮아서 나타나는 증상을 보일 것이다. (이런 증상을 빈혈이라고 하며 적혈구수가 적거나 헤모글로빈이 비정상일 때에도 나타난다.)

개념 확인 문제 2.2

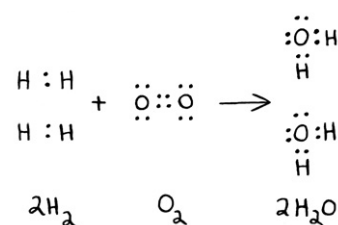
1. 7 2. ¹⁵N 3. 9개의 전자; 2개의 전자껍질; 1s, 2s, 2p(3개)의 오비탈; 원자가껍질을 채우기 위해 하나의 전자가 필요하다. 4. 같은 가로열에 있는 모든 원소는 같은 숫자의 전자껍질을 가지며 같은 세로열에 있는 모든 원소는 원자가껍질에 동일한 개수의 전자를 갖는다.

개념 확인 문제 2.3

1. 각 탄소원자는 4개의 공유결합이 필요한데 이 경우 3개의 공유결합만을 가지고 있다. 2. 반대 전하를 갖고 있는 이온들 사이의 인력에 의해 이온결합이 형성된다. 3. 과학자들이 이러한 신호물질의 구조와 유사한 물질들을 만들 수 있다면 이러한 신호물질을 만들어 내지 못해 유발되는 질병이나 증상들을 치료할 수 있게 될 것이다.

개념 확인 문제 2.4

1.



2. 평형 상태에서는 정반응과 역반응의 속도가 동일하다. 3. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{에너지}$. 포도당과 산소가 반응하여 이산화탄소와 물, 에너지를 만들어 낸다. 사람은 이 반응이 일어나게 하기 위해 산소를 들이마시며 이 반응에서 생기는 부산물인 이산화탄소를 내뿜는다. 한편, 이 반응은 세포호흡이라 하며 9장에서 자세히 다룰 것이다.

자기 확인 퀴즈

1.

a. $\ddot{\text{O}} : \text{C} : \text{H}$ 탄소의 원자가껍질이 다 채워지지 않아 이 구조는 성립되지 않는다. 탄소는 4개의 결합을 형성할 수 있다.

b. $\text{H} : \ddot{\text{O}} : \text{C} : \text{O} : \ddot{\text{O}}$ 원자가껍질이 완전히 채워져 있고 모든 결합은 정확한 수의 전자를 가지고 있어 이 구조는 성립이 된다.

c. $\text{H} : \ddot{\text{O}} : \text{H} : \text{C} : \ddot{\text{O}}$ 수소원자는 공유할 수 있는 전자를 한 개만 가지고 있어서 두 개의 원자와 결합할 수 없으므로 이 구조는 성립되지 않는다.

d. 다음과 같은 여러 이유로 이 구조는 맞지 않다.

$\ddot{\text{O}} :$ 산소의 원자가껍질이 불완전하고 산소는 두 개의 결합을 형성할 수 있다.

$\text{H} : \text{N} : \text{H}$ 수소는 공유할 수 있는 전자를 하나만 가지고 있어 이중결합을 형성할 수 없다.

질소는 보통 3개의 결합만 형성한다. 원자가전자의 개수가 충분치 않아 2개의 단일결합과 하나의 이중결합을 통해 원자가껍질을 완전히 채울 수는 없다.

3장

그림 문제

그림 3.6 수소결합이 없다면 물은 다른 작은 분자와 비슷한 행동을 보일 것이다. 그러면 고체가 액체보다 밀도가 높게 되고, 이 고체(얼음)는 액체 아래쪽으로 가라앉게 될 것이고, 더 이상 바깥 차가운 기온으로부터 액체를 보호할 수 없게 된다. 남극은 큰 바다여서 어는데 시간이 걸리겠지만 영하 50도 정도의 기온에서는 결국 모두 얼게 될 것이고 크릴새우는 살 수 없게 된다.

그림 3.7 용액을 가열하면 물의 증발이 상온에서보다 빨리 일어난다. 어느 시점에 이르면 더 이상 모든 용질을 녹일 만한 양의 물이 남아 있지 않게 되고 그러면 열질은 용액에서 벗어나 결정을 이루게 된다. 결국에 물이 모두 증발하고 나면 원래처럼 염의 층만 남게 된다. **그림 3.11** Ca^{2+} 와 CO_3^{2-} 는 결합하여 CaCO_3 를 형성하게 되고 따라서 $[\text{Ca}^{2+}]$ 의 농도가 골화에 영향을 준다. 바다와 같은 자연상에서는 $[\text{Ca}^{2+}]$ 의 농도는 일정하므로 상대적으로 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 의 농도가 골화의 정도에 더 심각한 영향을 준다고 볼 수 있다.

개념 확인 문제 3.1

1. 전기음성도는 원자가 공유결합하고 있는 전자를 얼마나 강하게 끌어당기는가의 척도이다. 산소가 수소에 비해 전기음성도가 크므로 산소원자 쪽이 상대적으로 전기적으로 음성이 되고 수소원자 쪽이 상대적으로 전기적 양성 상태가 된다. 물분자의 상반되는 전기적 성질을 가진 부분들이 서로 끌려서 수소결합을 하게 된다. 2. 한 분자 내의 수소원자는 상대적으로 전기적 양성을 띠게 되어 다른 분자의 수소원자를 밀어내게 된다. 3. 물분자가 극성을 가지지 않게 될 것이고 수소결합이 생기지 않게 된다.

개념 확인 문제 3.2

1. 수소결합이 인접한 물분자들을 엮어 준다. 이러한 응집현상으로 물분자들이 중력에 견딜 수 있게 된다. 물분자와 물관세포의 벽 사이의 흡착도 중력을

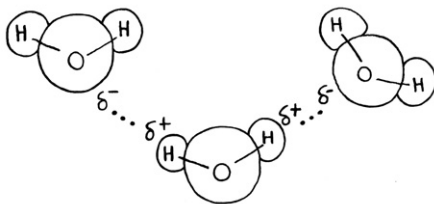
건디는 데 도움을 준다. 앞에서 물이 증발하면서 물분자의 사슬이 물관 속에서 위쪽으로 이동하게 된다. **2.** 높은 습도로 인해 땀의 증발이 방해받는다. **3.** 물이 얼면서 결정을 형성하는 과정에서 분자 간의 거리가 멀어져 부피가 늘어난다. 바위의 틈에 물이 들어가 얼게 되면 그 팽창으로 인해 바위가 깨질 수 있다. **4.** NaCl의 분자량은 58.5이다. 1몰은 58.5 g이고 0.5몰은 29.3 g이 된다. 이 양의 소금에 물을 천천히 더해 주면서 녹을 때까지 저어준다. 그 후 1 L가 되도록 부피를 맞춘다. **5.** 가소성 물질은 물을 밀어내고 발의 끝이 물에 싸여 물속으로 빠지게 되는 것을 막아줄 수 있을 것이다. 만약 발이 친수성 물질로 싸여 있다면 물 위를 걷기 힘들 것이다.

개념 확인 문제 3.3

1. 10^5 , 100,000 **2.** $[H^+] = 0.01 M = 10^{-2} M$ 따라서 pH는 2이다. **3.** $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ CH_3COOH 는 산(수소이온 제공자)이고 CH_3COO^- 는 염기(수소이온 수용자)이다. **4.** 물의 pH는 7에서 약 2로 바뀌게 된다. 아세트산 용액의 pH는 조금만 바뀌게 되는데 이는 문제 3에서 본 바와 같이 반응이 왼쪽으로 치우치게 되어 CH_3COO^- 가 수소이온을 받아들이게 되어 수소이온 농도의 증가가 많지 않기 때문이다.

자기 확인 퀴즈

1.



4장

그림 문제

그림 4.2 2장에서 배운 것처럼 반응물의 농도가 평형 상태에 영향을 미치지 때문에 CH_2O 에 비해 HCN 이 더 많아질 것이다. 질소를 가진 반응기체의 농도가 더 높기 때문이다.

그림 4.4

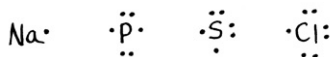


그림 4.7

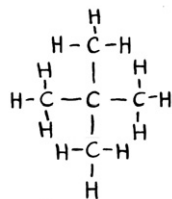


그림 4.10 분자 b, 카르복실 그룹에는 전기음성도가 산소 두 개가 있을 뿐만

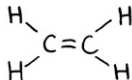
아니라, 옆의 카르보닐 그룹의 탄소에도 하나의 산소가 있기 때문.

개념 확인 문제 4.1

1. 아미노산은 살아 있는 생물체에게는 필수적인 분자이다. 지구의 원시대에 존재하는 기체로부터 아미노산이 합성된 것은 생명의 분자가 비생물분자로부터 합성될 수 있었음을 입증한다. **2.** 방전은 대기 중 무기분자에 에너지를 제공하여 서로 반응하게 만든다. (여러분은 에너지와 화학반응에 대해 8장에서 배우게 될 것이다.)

개념 확인 문제 4.2

1.

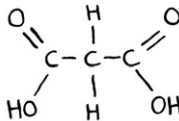


2. 그림 (b)의 C_4H_{10} 의 형태들은 구조이성질체이며, 그림 (c)의 부텐도 마찬가지이다. **3.** 둘 다 크게 보아 탄화수소 사슬로 이루어져 있다. **4.** 아니다. 원자에는 다양성이 충분치 않다. 3개의 탄소가 서로 연결되는 데는 오직 한 가지 방법밖에 없기 때문에 구조이성질체를 형성할 수 없다.

개념 확인 문제 4.3

1. 이것은 아미노 그룹($-NH_2$)과 카르복실 그룹($-COOH$)을 모두 가지고 있어서 카르복실산이 된다. **2.** ATP 분자는 인산을 하나 잃고 ADP가 된다.

3.

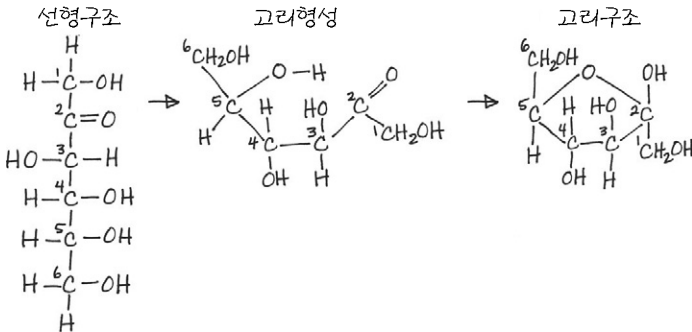


염기로 작용할 수 있는 화학그룹이 산으로 작용할 수 있는 그룹으로 대체되어 분자의 산성을 증가시켰다. 분자의 형태 또한 변화하여 반응할 수 있는 분자를 변화시킬 것이다.

5장

그림 문제

그림 5.4



4개의 탄소는 과당 고리에 위치하지만, 2개는 고리에 위치하지 않는다. (2개의 탄소는 고리를 형성하는 2번째와 5번째 탄소로부터 떨어져 나와 있다.) 5개의 탄소가 고리에 위치하고, 1개의 탄소가 고리에 위치하지 않는 포도당과는 구조가 다르다. (이 과당분자의 방향은 그림 5.5b의 과당분자와 비교할 때 뒤집혀 있다는 사실에 주목하라.)

그림 5.18

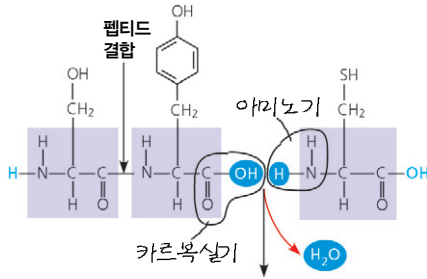


그림 5.25 녹색 나선은 α 나선구조이다.

개념 확인 문제 5.1

1. 단백질, 탄수화물, 지질 그리고 핵산. 2. 9개, 연결되어 있는 각 단위체 쌍을 가수분해하는 데 한 분자의 물이 필요하다. 3. 푸른 콩 단백질의 아미노산은 가수분해에 의해 분해되고, 탈수반응에 의해 다른 단백질로 합쳐진다.

개념 확인 문제 5.2

1. $C_3H_6O_3$ 2. $C_{12}H_{22}O_{11}$ 3. 이런 원핵생물의 부재는 음식물로부터 에너지를 얻는 소의 능력을 방해하여, 체중의 감소를 가져올 수 있고, 죽게 할 수도 있다.

개념 확인 문제 5.3

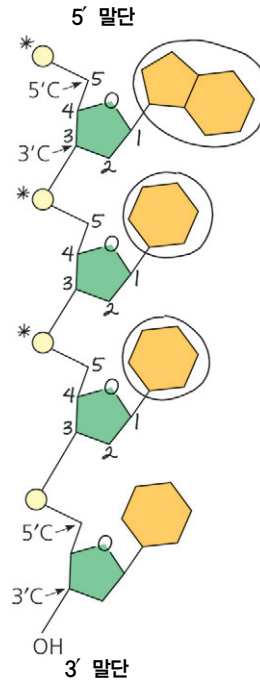
1. 둘 다 지방산과 결합하는 한 개의 글리세롤 분자를 갖고 있다. 인지질의 글리세롤에는 2개의 지방산과 1개의 인지질 그룹이 결합하지만, 지방의 글리세롤은 결합되는 3개의 지방산을 갖고 있다. 2. 인간의 성호르몬은 소수성 물질인 스테로이드이다. 3. 막 인지질의 소수성 꼬리가 기름분자의 탄소화물 지역과 접하는 배열이 보다 안정하기 때문에, 기름방울막은 인지질의 이중층보다는, 단일층으로 구성될 것이다.

개념 확인 문제 5.4

1. 단백질의 기능은 단백질이 변성되면 없어지게 되는, 단백질의 특이적 구조 때문이다. 2. 2차 구조는 폴리펩티드 골격 원자 간에 형성되는 수소결합을 포함하고 있다. 3차 구조는 아미노산 소단위의 R기 원자 간에 형성되는 결합을 포함하고 있다. 3. 아미노산 서열인 1차 구조는 2차 구조에 영향을 주고, 이는 3차 구조에 영향을 미치며, 이는 4차 구조가 존재한다면, 4차 구조에 영향을 미친다. 요약하면, 아미노산 서열은 단백질의 구조에 영향을 준다. 단백질의 기능은 단백질의 구조에 의존하기 때문에, 1차 구조에서의 변화는 단백질의 기능을 없앨 수 있다.

개념 확인 문제 5.5

1.

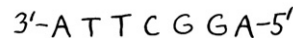


2. 5'-TAGGCCT-3'
3'-ATCCGGA-5'

3. (a)

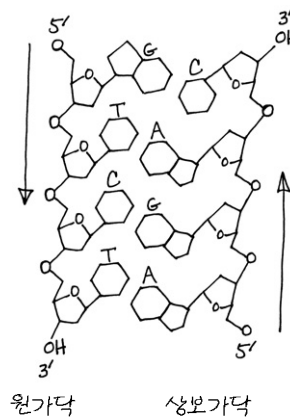


(b)



자기 확인 퀴즈

1.



6장

그림 문제

그림 6.7 인지질은 일종의 지질로서, 글리세롤 분자에 2개의 지방산과 하나의 인산기가 결합하여 만들어진다. 여기에 글리세롤과 인산 말단 부분은 친수성인 인지질의 “머리” 부분을 구성하며, 지방산의 탄화수소 사슬은 소수성인 “꼬리” 부분을 형성한다. 한 분자 내에 친수성과 소수성인 지역이 동시에 존재하기 때문에 인지질은 막을 형성하는 기초구조(main building block)로서의 역할을 수행하는 매우 이상적인 분자구조를 하고 있다. **그림 6.22** 각각의 중심립은 3개로 구성된 미세소관 복합체의 9개 세트에 구성되어 있다. 따라서 중심체는 54개의 미세소관을 가지고 있다. 각각의 미세소관은 튜블린(tubulin) 이량체가 나선형으로 정렬된 구조로 이루어져 있다.

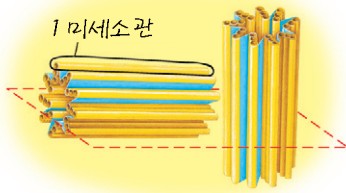


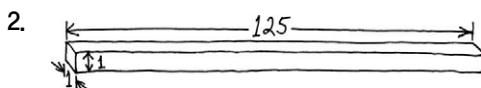
그림 6.29 미세소관은 새롭게 방향을 설정할 것이다. 또한 앞선 실험 결과에 비추어 볼 때, 셀룰로오스 합성 단백질은 그들의 경로를 바꿔 재배치된 미세소관을 따라서 방향을 설정할 것이다.

개념 확인 문제 6.1

1. 광학현미경을 통해 관찰하기 위해 사용되는 염색액은 색을 띠는 분자로 이 분자는 세포의 구성성분에 결합하여 빛이 통과하는 데 영향을 준다. 반면에 전자현미경을 통해서 관찰하기 위해 사용되는 염색액은 중금속으로, 전자빔(beams of electron)이 통과하는 데 영향을 준다. 2. (a) 광학현미경(LM), (b) 주사전자현미경(SEM), (c) 투과전자현미경(TEM).

개념 확인 문제 6.2

1. 그림 6.9를 참조하라.



이러한 세포는 2, 3번째 열의 세포들과 부피는 같지만, 2번째 열의 세포보다는 표면적이 넓고, 3번째 열의 세포보다는 표면적이 작다. 따라서 부피당 표면적의 비율은 1.2보다 크고, 6보다는 작을 것이다. 표면적의 넓이를 구하기 위해서 6면의 면적을 더하면, $125 + 125 + 125 + 125 + 1 + 1 = 502$ 를 얻을 수 있고, 따라서 부피당 표면적의 비율은 $502 \div 125 = 4$ 이다.

개념 확인 문제 6.3

1. 세포질에 있는 리보솜은 핵에 있는 DNA로부터 mRNA를 거쳐 폴리펩티드 사슬로 전달되는 유전 정보를 번역한다. 2. 인은 세포질로부터 유입된 단백질뿐만 아니라, DNA와 그것의 지시에 따라 만들어진 rRNA(ribosomal

RNA)로 구성되어 있다. 더불어, rRNA와 단백질은 결합하여 크고 작은 두 종류의 리보솜 소단위체가 된다. (이것은 핵공을 통해서 세포질로 방출되고, 폴리펩티드 합성 과정에 참여한다.) 3. 핵 속의 염색체상에 있는 유전자의 정보는 mRNA를 합성하는 데 사용된다. 합성된 mRNA는 핵공을 통해서 세포질로 운반된다. 세포질에서 mRNA는 단백질로 번역되며, 이 단백질은 역으로 핵공을 통해서 핵 안으로 들어오고, 핵 안에서 다른 단백질, DNA와 결합하여 염색사를 형성한다.

개념 확인 문제 6.4

1. 조면소포체와 활면소포체의 1차적인 차이는 소포체에서의 리보솜의 존재 여부로 조면소포체에는 리보솜이 붙어 있다. 두 형태의 소포체들이 인지질을 합성하는 반면에 막단백질과 분비 단백질은 조면소포체의 리보솜에서만 만들어진다. 활면소포체는 또한 해독작용, 탄수화물 대사, 칼슘이온의 저장에 관여한다. 2. 수송낭은 막과 이들이 감싸고 있는 물질을 내막계의 다른 성분들 사이로 이동시킨다. 3. mRNA는 핵에서 합성되며, 핵공을 통과해 세포질로 이동한 후 조면소포체에 붙어 있는 리보솜에서 번역된다. 단백질은 소포체의 내강 속으로 합성되어 들어가며 그곳에서 변형된다. 수송낭이 단백질을 골지체로 운반한다. 골지체에서 좀 더 변형된 후 다른 수송낭이 단백질을 다시 소포체로 되돌려 운반한다. 소포체에서 이 단백질은 세포 기능을 수행한다.

개념 확인 문제 6.5

1. 두 세포소기관인 미토콘드리아와 엽록체는 각각 세포호흡과 광합성을 통해서 에너지 전환에 관여한다. 이 두 세포소기관은 여러 막으로 되어 있으며, 이러한 막을 통해서 그들의 내부를 구획 짓는다. 미토콘드리아의 가장 안쪽 막인 크리스타는 접혀 있으며, 엽록체의 틸라코이드막도 접혀 있어 넓은 표면적을 제공하며, 여기에 주요한 기능을 수행할 여러 효소들이 파묻혀 있다. 2. 미토콘드리아, 엽록체 그리고 퍼옥시좀은 소포체로부터 생성되지 않으며, 물리적으로 연결되어 있지 않고, 수송낭을 통해 내막계로 된 소기관으로 연결되지도 않는다. 소포체로부터 생성된 수송낭은 단일막으로 둘러싸여 있다는 점에서 미토콘드리아, 엽록체와는 구조적으로 상당한 차이를 가지고 있다.

개념 확인 문제 6.6

1. 운동에 관여하는 두 시스템은 긴 섬유를 가지고 있는데 이들 섬유(filament)들은 인접한 다량체를 잡고, 놔주고, 다시 잡고, 놔주는(grip and release) 운동 단백질의 성질을 이용해 서로에 대해서 움직인다. 2. 디네인(dynein) 팔은 ATP 에너지를 이용해 작동하는데 미세소관의 이웃하는 두 이중체들 사이에서 이들이 상대적으로 움직이도록 한다. 이들은 소기관 안에 그리고 서로 간에도 서로 끼여 있기 때문에 이중체는 서로 간에 슬라이딩하는 대신에 굽어진다. 3. 이러한 질병에 걸린 개체들은 미세소관을 기반으로 하는 섬모와 편모의 움직임에 문제가 있다. 따라서 그들의 기도가 손상된다. 배 발생 시기 동안에 신호전달 과정은 섬모가 정상적으로 작용하지 못하기 때문에 정확하게 진행되지 못하고, 정자는 기능을 수행할 수 없는 편모 때문에 제대로 움직일 수 없다.

개념 확인 문제 6.7

1. 식물세포와 동물세포가 단세포 생물과 가장 큰 차이가 나는 것은 식물세포에서는 세포질을 직접 연결시켜 주는 원형질연락사(plasmodesmata)가,

동물세포의 간극연접(gap junction)이 나타난다는 것이다. 이러한 연결 고리는 이웃세포가 세포질을 통해 연속적으로 연결되도록 해준다. **2.** 세포벽이나 세포외기질은 세포와 세포의 외부환경이 물질을 교환할 수 있도록 투과성을 가져야 하므로, 투과성이 없는 세포는 적절한 기능을 수행하지 못할 것이고, 아마도 곧 죽게 될 것이다. 세포의 외부 환경에 대한 정보를 제공하는 분자들뿐만 아니라, 에너지의 생산 및 사용을 수행하는 분자들도 세포 안으로 들어올 수 있어야 한다. 또한 배출을 위해서 세포가 합성한 산물이나 세포 호흡의 부산물들과 같은 다른 분자들은 세포 밖으로 나갈 수 있어야 한다.

자기 확인 퀴즈

1. 그림 6.9를 참조하라.

7장

그림 문제

그림 7.6 같은 종의 세포막내 단백질의 이동을 배제할 수 없다. 약간의 불화합성 때문에 한 종의 막지질과 막단백질은 다른 종의 그것과 서로 섞일 수 없었다고 가정할 수도 있다. **그림 7.9(f)**에 있는 인테그린 이량체와 같은 막관통 단백질은 특정한 세포외기질 분자와 결합을 하면서 그 모양이 변화될 수 있다. (c)에서 보여주는 것처럼, 그러한 새로운 모양은 단백질의 내부 쪽 부분이 두 번째 세포질 단백질에 결합하게 하여 세포의 안쪽으로 정보를 전달할 수 있다. **그림 7.12** 오렌지색 색소는 막의 양쪽 면의 용액에 골고루 분포하게 된다. 오렌지색 용질은 막을 통해 확산될 수 있고 농도가 균일하게 되기 때문에 용액 수면의 높이는 영향을 받지 않는다.

개념 확인 문제 7.1

1. 그들은 수송 소낭막의 안쪽 면에 있다. **2.** 저온 환경에 적응된 식물들은 그들의 막이 낮은 온도에서도 액체로 남아 있기 때문에, 막에는 더 많은 불포화지방산을 갖고 있을 것으로 기대된다. 고온 환경에 적응된 식물들은 지방산들이 빈틈없이 “쌓일(stack)” 수 있는 포화지방산을 더 많이 갖고 있을 것으로 기대되며, 이로써 막은 덜 유동적이게 되어 높은 온도에서도 손상되지 않고 유지될 수 있다.

개념 확인 문제 7.2

1. O_2 와 CO_2 는 둘 다 막의 소수성 중심부를 쉽게 관통할 수 있는 작은 비극성 분자들이다. **2.** 물은 극성인 분자로서, 인지질 이중층의 중간에 있는 소수성 지역을 매우 신속하게 통과할 수는 없다. **3.** 히드로늄이온은 전하를 띤 반면에 글리세롤은 띠지 않는데, 아쿠아포린 채널이 배척한다는 관점에서 보면, 아마도 크기보다는 전하가 더 중요하다.

개념 확인 문제 7.3

1. CO_2 는 세포막을 통과하여 확산될 수 있는 작고 비극성인 분자이다. 이산화탄소는 확산되어 나가버려서 세포 바깥쪽의 그 농도는 낮은 상태이며, 이렇듯 계속적으로 세포 밖으로 빠져나간다. (이번 절에서 설명한 O_2 와는 반대 경우이다.) **2.** 물은 식물세포에 저장성이어서 세포는 물을 흡수하고, 채소의 세포들은 원형질 분리가 되기보다 팽만한 상태로 있게 된다. 채소류(예를 들어, 상추나 시금치)는 시드는 것이 아니라 싱싱한 상태를 유지한다. **3.** *Paramecium*의 수축포의 활성화는 감소한다. 액포는 세포 안으로 흘러들어오

는 과다한 물을 퍼내는데, 이렇게 흘러들어오는 것은 저장성 환경에서만 일어난다.

개념 확인 문제 7.4

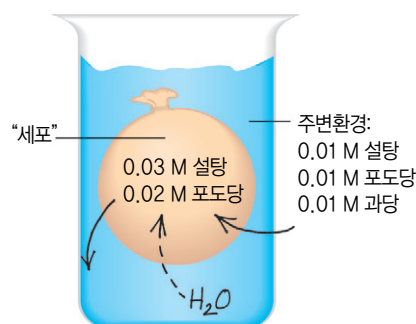
1. 펌프는 ATP를 사용한다. 전압을 구축하기 위해, 이온들은 그 농도기울기를 거슬러서 퍼 올려야만 되는데, 이것에는 에너지가 필요하다. **2.** 각 이온은 전기화학적 기울기를 거슬러 수송된다. 어느 한 이온이 그의 전기화학적 기울기를 따라서 흐른다면, 이것은 공동 수송으로 간주될 수 있다. **3.** 양성자 펌프가 ATP를 사용하고 양성자를 이동시키기는 하지만, 양성자 기울기는 형성되지 않는다. ATP 합성뿐만 아니라 설탕의 공동 수송과 같은 과정들이 양성자 기울기 형성에 달려 있기 때문에, 이는 세포에 심각한 결과를 초래하게 된다.

개념 확인 문제 7.5

1. 세포외배출작용. 수송 소낭이 세포막과 융합될 때, 소낭막은 세포막의 일 부분이 된다. **2.** 수용체 매개 세포내섭취작용. 이 경우에는 하나의 특정 종류의 분자체가 특정 시간에 받아들여져야 한다. 음세포작용은 비특이적인 방식으로 물질들을 받아들인다.

자기 확인 퀴즈

1. a.



- b. 바깥쪽 용액은 저장성이다. 불투과성 용질인 설탕을 적게 갖는다.
c. 답 (a)를 참조.
d. 모조세포는 더 팽만하게 된다.
e. 결국 두 용액은 같은 용질 농도를 갖는다. 설탕은 같은 농도가 될 수는 없지만 물의 흐름(삼투현상)은 등장 상태에 도달하게 한다.

8장

그림 문제

그림 8.14

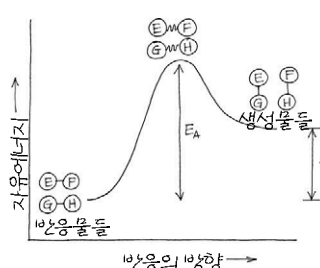


그림 8.18

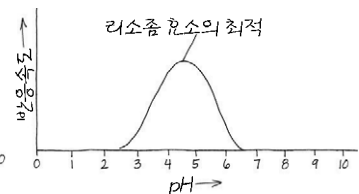


그림 8.21 억제제에 대한 카스파제의 친화력은 매우 낮기 때문에(다른 자리 입체성으로 억제되는 효소에서 기대되는 것처럼), 억제제는 확산되어 갈 것이다. 억제화합물의 부가적인 원료가 없기 때문에(억제제의 농도가 매우 낮음), 억제제는 공유결합이 일단 절단된 효소에 다시 붙지는 않을 것이다. 따라서 효소의 활성은 거의 영향을 받지 않을 것이다. (이 실험은 연구자들에 의해서 수행되었으며 억제제 방출에 따라 효소에 어떠한 영향이 없다는 것이 관찰되었다.)

개념 확인 문제 8.1

1. 제2법칙은 무작위로 향하는 경향성이다. 막의 양쪽 면에서 어떤 물질의 동일한 농도는 불균등한 농도보다 더 무작위적인 분포이다. 초기에 저농도가 있던 영역으로 물질이 확산되는 것은 제2법칙에 의해 설명된 대로 엔트로피를 증가시킨다. **2.** 사과는 나무에 매달려 있는 위치에서 위치에너지가 가지며, 사과에 포함된 당과 다른 영양분들은 화학에너지를 갖는다. 사과는 나무에서 땅으로 떨어지면서 운동에너지를 갖는다. 마지막으로 사과가 소화되고 그 분자들이 분해됨에 따라 약간의 화학에너지는 일을 하는 데 사용되며 나머지는 열에너지로 소실된다. **3.** 설탕이 물에 녹고 무작위로 퍼지게 됨에 따라, 설탕 결정체는 질서가 덜한 상태가 된다. 시간이 지남에 따라, 물은 증발되어 물의 부피가 설탕을 더 이상 용액에 있게 하기에 불충분하게 되기 때문에 결정체는 다시 형성된다. 설탕 결정체가 다시 나타나는 것은 “자발적인” 질서의 증가로 볼 수 있으나, 이는 비교적 뾰뾰한 용액 상태의 물의 배열이 훨씬 더 느슨하고 무질서한 형태의 수증기로 변환된 물분자의 감소에 의해 균형을 이룬 것이다.

개념 확인 문제 8.2

1. 세포호흡은 자발적이며 발열 과정이다. 포도당에서 방출된 에너지는 세포 내에서 일을 하는데 사용되거나 혹은 열로 소실된다. **2.** 수소이온들은 그들의 농도가 막 양쪽에서 차이가 있을 때만 작업을 수행할 수 있다. 수소이온 농도가 같을 때, 계는 평형 상태에 있고 어떠한 일도 할 수 없다. **3.** 반응은 에너지를 방출하기 때문에—이 경우에는 빛의 형태로— 발열반응이다. (이는 그림 8.1에서 보여주는 생물발광의 화학적 번역본이다.)

개념 확인 문제 8.3

1. 인산화에 의해서 인산기의 첨가: 다른 분자를 인산화시킴으로써 ATP는 흡열 과정에 에너지를 전달한다. **2.** 한 세트의 연계된 반응들은 첫 번째 조합을 다른 그룹으로 변환시킬 수 있다. 전체적으로 이것은 발열 과정이기 때문에, ΔG 는 음의 값이며 첫 번째 그룹은 더 많은 자유에너지를 갖고 있어야 한다(그림 8.10).

개념 확인 문제 8.4

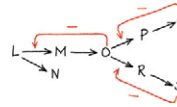
1. 자발적인 반응은 발열반응이다. 하지만 만약 그 반응이 좀처럼 도달되지 않는 높은 활성화 에너지를 갖는다면 반응의 속도는 낮을 것이다. **2.** 단지 특정한 기질(들)만 촉매작용을 수행하는 효소의 부분인 활성 부위에 적합할 것이다. **3.** 숙신산 탈수소효소의 정상적인 기질인 숙신산의 농도를 높여서 반응의 속도가 빨라지는지를 관찰하라. 만약 빨라진다면, 말론산은 경쟁적 억제제이다.

개념 확인 문제 8.5

1. 활성지는 효소의 활성적인 형태를 안정화시키는 방법으로 결합하는 반면 억제자는 불활성 형태를 안정화한다. **2.** 다른 자리 입체성 조절 부위들은 다른 효소들 간에 유사성이 적기 때문에, 아마 여러분은 그 효소에 다른 자리 입체성으로 결합하는 화합물을 선별하기 위한 방법을 선택할 것이다.

자기 확인 퀴즈

1. c



9장

그림 문제

그림 9.7 효소는 이 반응을 촉매하고 있기 때문에 이 반응은 발열반응이어야 하고 그 반응물은 생성물보다 더 높은 에너지 수준에 있어야 한다. **그림 9.9** 반응의 왼쪽으로 평행 상태가 이루어지기 때문에 아마도 해당과정은 멈추게 되거나 최소한 그 반응속도는 느리게 될 것이다. 만약 글리세르알데히드-3-인산이 덜 생성되면(또는 전혀 생성되지 않는다면) 단계6은 느려질 것이다 (또는 일어날 수 없을 것이다). **그림 9.15** 반대 방향으로의 회전(청색 막대)은 존재하고 있는 일부분의 ATP를 가수분해하여 바탕수준보다 더 낮은 ATP 농도를 가질 것으로 기대된다. 따라서 청색 막대는 회색 막대보다 더 낮은데, 회색 막대는 연구자들이 관찰한 값은 아니다. [가능한 설명: 연구자들이 이 분석시험을 위한 방(chamber)에 ATP 합성효소를 넣었을 때 많은 복합체들이 니켈판 대신에 방의 천장에 부착되었다고 이 논문에서 연구자들은 설명하고 있다. 방천장에 부착된 효소들은 바닥의 니켈판에 있는 효소와는 반대 방향으로 회전할 것으로 기대된다. 바닥에 있는 효소들은 특정한 회전에 따라서(황색 막대) ATP를 생성하지만 천장에 있는 효소들은 ATP를 소모하기 때문에 모든 효소들이 바닥에 부착되어 있을 때 기대한 것보다 황색 막대는 더 낮은 수치를 가진다. 반대 또한 사실이다: 바닥에 부착된 효소가 ATP를 가수분해할 때(청색 막대) 천장에 부착된 효소들은 ATP 합성하여 모든 효소가 바닥에 부착되어 있을 때보다 청색 막대는 더 높은 수치를 가질 것이다. 이러한 현상의 증거는 그래프에서 보여준다: ATP를 가수분해할 것이라고 기대된 회전은 회전이 없을 때(회색 막대)에 비해서 더 높은 ATP 수준을 가지는데 이는 아마도 거꾸로(upside-down) 천장에 부착된 복합체가 ATP를 합성하고 나머지는 바닥에 부착되어 ATP를 가수분해할 것이라는 것을 암시하고 있다.] **그림 9.16** 전자전달은 복합체 III까지 진행되어 H^+ 기울기가 만들어질 수 있기 때문에 처음에는 약간의 ATP가 만들어질 수 있다. 그러나 더 이상의 전자들은 복합체 III을 통과할 수 없는데 이는 전자들이 복합체 IV로 통과함으로써 재산화될 수 없기 때문이다.

개념 확인 문제 9.1

1. 각각의 과정들은 해당과정, 시트르산 회로, 산화적 인산화를 포함한다. 유기호흡에서 최종 전자 수용체는 산소분자(O_2)이고 대조적으로 무기호흡에서 최종전자 수용체는 다른 기질이다. **2.** $C_4H_6O_5$ 는 산화되고 NAD^+ 는 환원된다.

개념 확인 문제 9.2

1. NAD^+ 는 환원제로 작용하는 글리세르-3-인산으로부터 전자를 받으면서 단계 6에서 산화제로 작용한다. 2. 해당과정의 전반적인 과정은 ATP 합성이다; ATP 수준이 크게 증가하면 이 과정이 느리게 되는 것은 당연하다. 따라서 ATP가 인산과당인산화효소를 다른 자리 입체적으로 억제할 것으로 기대된다.

개념 확인 문제 9.3

1. NADH 와 FADH_2 ; 이들은 전자전달계에 전자를 줄 것이다. 2. CO_2 는 해당과정 동안 형성된 피루브산으로부터 방출되고 CO_2 는 또한 시트르산 회로에서 방출된다. 3. 각각의 경우에 선구물질은 1분자의 CO_2 를 잃고 나서 산화단계에서 전자운반체에 전자를 준다.

개념 확인 문제 9.4

1. 산화적 인산화는 완전히 멈춰서 이 과정에 의해서 어떤 ATP도 생성하지 않는다. 전자들을 전자전달계로 끌어당기는 산소가 없이 H^+ 는 미토콘드리아의 막사이공간으로 펌프되지 않고 화학삼투는 일어나지 않을 것이다. 2. pH의 감소는 H^+ 의 추가이다. 전자전달계의 기능 없이 양성자 기울기를 만들 것이고 ATP 합성효소가 작용하여 ATP를 합성할 것이다. (사실 에너지-작물링 기작과 같이 화학삼투에 대한 증거를 제공해 주는 이와 같은 실험이 있다.)

개념 확인 문제 9.5

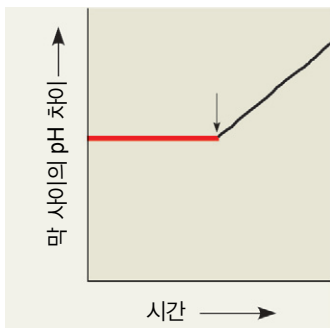
1. 피루브산 유도체-알코올 발효 동안의 아세트알데히드 또는 젖산발효 동안의 피루브산 자체와 같은; 산소. 2. 유기환경에 비해서 세포는 19배의 소모율로 포도당을 소모할 것이다(2분자의 ATP는 발효에 의해서 생성되는 반면 38분자의 ATP는 세포호흡에 의해서 생성된다).

개념 확인 문제 9.6

1. 지방은 보다 환원되어 있다. 지방은 많은 $-\text{CH}_2-$ 단위를 가지고 있고 모든 결합에서 전자들은 동일하게 공유되어 있다. 탄수화물에 존재하는 많은 전자들은 산소와 결합되어 있기 때문에 이미 다소 산화되어 있다(화학결합에서 있어서 전자들이 골고루 분포되어 있지 않음). 2. 물질대사 과정에 필요한 것보다 더 많은 음식을 소모할 때 신체는 나중에 사용하기 위해서 에너지를 저장하기 위한 방법으로 지방을 합성한다. 3. AMP는 축적되어 인산과당인산화효소를 자극하여 해당과정물을 증가시킬 것이다. 산소가 없기 때문에 세포는 젖산발효를 통하여 피루브산을 젖산으로 전환시켜서 ATP를 공급할 것이다.

자기 확인 퀴즈

1.

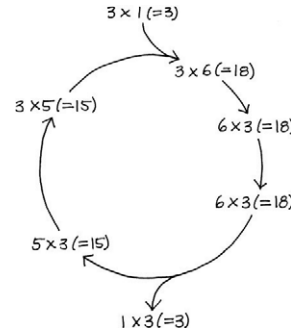


10장

그림 문제

그림 10.9 붉은색 파장은 필터를 통과하지만, 보라색-파란색 파장은 필터를 통과하지 못하기 때문에, 보라색-파란색이 비춰진 곳에는 세균이 모이지 않는다. 필터를 통과한 붉은색 파장은 광합성에 이용되기 때문에, 왼쪽 세균 피크는 관찰되지 않지만, 오른쪽 세균 피크는 관찰된다. **그림 10.11** 왼쪽의 경우, 광자 흡수로 인해 들뜨게 된 대부분의 엽록체 전자는 광합성 작용에 에너지를 공급하는 데 사용된다.

그림 10.18



3개의 탄소원자가 1개의 CO_2 분자형태로 차례차례 회로로 들어가고, 회로가 세 번 돌 때마다 3탄당 분자(G3P) 1개가 회로를 빠져나온다.

개념 확인 문제 10.1

1. CO_2 는 기공을 통해 잎으로 들어가고, 물은 뿌리를 통해 식물로 흡수된 후 관속계를 통해 잎으로 운반된다. 2. 낮은 산소의 동위원소인 ^{18}O 를 표지로 이용하여, 광합성 과정 중 생성되는 산소가 CO_2 로부터 생성되는 것이 아니라, 물로부터 생성된다는 사실을 보여주었다. 3. 캘빈회로에 의해 생성되는 NADP^+ , ADP^+ , P 없이는 명반응에 의해 지속적으로 NADPH 와 ATP가 생성될 수 없다. 따라서 두 반응은 서로 의존적이다.

개념 확인 문제 10.2

1. 초록색 빛은 광합성 색소에 의해 흡수되지 않고 대부분 통과하거나 반사되기 때문에 초록색 빛이 가장 비효율적이다. 2. 엽록체에서, 빛에 의해 들뜬 전자는 1차 전자수용체에 의해 포획되는데, 이는 전자가 바닥 상태로 떨어지는 것을 막아준다. 분리된 엽록체에는, 전자수용체가 없기 때문에 들뜬 전자가 빛과 열을 방출하면서 즉시 바닥 상태로 떨어진다. 3. 물(H_2O)은 첫 전자공여자이며, NADP^+ 는 전자전달계 마지막에서 전자를 받아 NADPH 로 환원된다. 4. 이 실험에서, ATP 합성물은 감소되고 결국 중단된다. 첨가된 화학물질이 막을 경계로 한 양성자 농도구배를 형성하지 못하게 하기 때문에, ATP 합성효소가 ATP 생성을 촉매할 수 없다.

개념 확인 문제 10.3

1. 6, 18, 12 2. 분자에 보다 많은 잠재 에너지를 저장하려면, 그런 분자의 생성에 보다 많은 에너지와 환원력이 필요하다. 포도당은 심하게 환원되어 있고, 포도당 전자에 많은 잠재 에너지가 저장되어 있기 때문에, 유용한 에너지

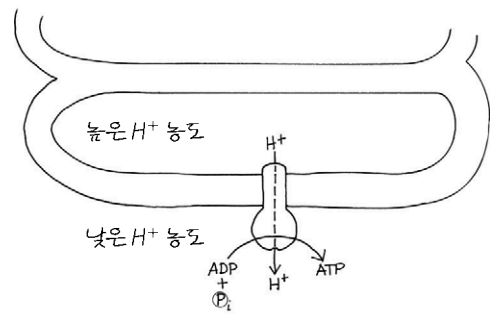
원이다. CO_2 를 포도당으로 환원시키기 위해서는, 다수의 ATP와 NADPH 분자 형태로 존재하는 많은 에너지와 환원력이 필요하다. **3.** 명반응 과정은 ADP와 NADP^+ 를 필요로 하는데, 이들은 캘빈회로가 멈추게 되면, ATP와 NADPH로부터 충분한 양이 만들어지지 못하게 될 것이다.

개념 확인 문제 10.4

1. 광호흡은 CO_2 대신 산소를 캘빈회로에 첨가시켜 광합성 생산을 감소시킨다. 결과적으로, 당이 만들어지지 않고(탄소가 고정되지 않고), O_2 가 생성되는 대신에 사용된다. **2.** 광계 II가 없으면, 다발초 세포에서 O_2 가 만들어지지 않는다. 이는 다발초세포에서 루비스코에 결합하려 CO_2 와 경쟁하는 O_2 문제가 생기지 않게 해준다. **3.** C_4 와 CAM 식물종이 많은 C_3 식물종을 대체하게 될 것이다.

과학적 탐구

2.



ATP는 틸라코이드 바깥에 놓이게 될 것이다. 실험자들이 인위적으로 틸라코이드막을 경계로 양성자 농도구배를 만들었기 때문에, 엽록체는 암 상태에서도 ATP를 생성할 수 있었다. 따라서 명반응은 ATP 합성효소에 의한 ATP 합성에 요구되는 H^+ 농도구배 형성에 필요하지 않았다.

11장

그림 문제

그림 11.6 에피네프린이 신호분자로서, 아마도 세포 표면의 수용체 단백질에 결합할 것이다. **그림 11.8** 테스토스테론 분자는 소수성이므로 세포막의 지질 이중층을 통해서 직접 세포 안으로 들어갈 수 있다. **그림 11.9** 단백질 인산화 효소 2의 활성화된 형태. **그림 11.10** 신호분자(cAMP)는 활성화된 형태로 남아 있어 계속 신호를 전달할 것이다. **그림 11.16** 이 모델에서 생장의 방향은 Fus3가 수용체 활성화 부위 주변의 막에 결합하는 것에 의해 결정된다. 따라서 스무(shmoos)의 발달은 심하게 손상되며, 영향 받은 세포는 ΔFus3 와 Δformin 세포와 비슷해질 것이다.

개념 확인 문제 11.1

1. 서로 반대의 교배형(a and α)을 가진 두 세포는 각각 특정한 신호분자를 분비하는데, 이것은 반대 교배형 세포에 있는 수용체에만 결합한다. 따라서 a 교배인자는 다른 a 세포에 결합하여 교배인자를 분비한 세포 방향으로 자라게 하지 못한다. α 세포만이 신호분자를 받을 수 있어 방향성을 가진 성장

을 하게 된다(그림 11.16). **2.** 시냅스에서 신호전달물질의 분비는 국소 신호 전달의 예이다. 긴 신경세포를 따라 이동하며 다음 세포로 전달되는 전기신호는 원거리 신호전달의 예이다. 그러나 다음 세포로 신호가 전달되기 위해서는 두 세포 사이의 시냅스에서 국소 신호전달이 필요하다. **3.** 효소의 활성화는 세포막의 완전한 수용체와 완전한 신호전달경로를 필요로 하므로 포도당 1-인산은 만들어지지 않는다. 효소는 시험관 내에서 신호물질과의 상호작용에 의해서는 직접적으로는 활성화되지 않는다. **4.** 글리코젠가인산분해효소는 에피네프린 신호에 반응하는 세 번째 단계에서 작용한다.

개념 확인 문제 11.2

1. 수용성의 NGF 수용체는 스테로이드호르몬처럼 지질막을 통과하여 세포 내 수용체에 도달할 수는 없다. 그러므로 NGF 수용체는 세포막에 있다. **2.** 잘못된 수용체를 가지는 세포는 신호분자가 있을 때 이들에 대해 적절하게 반응할 수가 없다. 따라서 이 수용체로는 세포의 활성을 조절할 수가 없으므로 세포에 심각한 문제가 생겨날 것이다.

개념 확인 문제 11.3

1. 단백질인산화효소는 ATP로부터 단백질로 인산기를 옮기는 효소로서, 주로 단백질(흔히 다른 단백질인산화효소)을 활성화시킨다. 여러 신호전달경로는 연속적인 이런 상호작용을 포함하고 있어, 각각의 인산화된 단백질 인산화효소가 다음의 단백질 인산화효소를 연속적으로 인산화시킨다. 이러한 인산화 연쇄반응은 세포외부로부터 반응을 담당하는 세포내 단백질까지 신호를 전달한다. **2.** 단백질인산가수분해효소는 인산화효소 효과의 반대작용을 한다. **3.** 정보는 단백질의 입체구조 변형을 유도하는 연속적인 단백질-단백질 상호작용에 의해 전달되며, 단백질의 형태변화는 신호를 다음 단계로 전달하는 수단으로 사용된다. **4.** IP_3 개폐성 통로가 열리면 ER로부터 칼슘이온이 들어와 세포질 내의 칼슘이온 농도가 증가한다.

개념 확인 문제 11.4

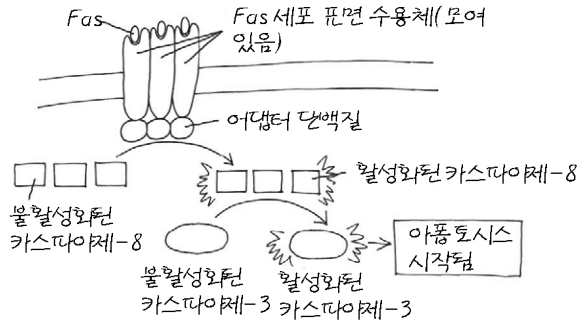
1. 각 단계에서 하나의 분자가 다음 단계에서 기능을 나타내는 여러 개 분자를 활성화하는 연속적인 활성화 연쇄반응에 의해서 일어난다. **2.** 골격 단백질은 신호경로의 구성요소들을 하나의 복합체에 함께 붙들고 있다. 다른 골격 단백질은 다른 단백질과 결합하고 있어 다른 반응을 나타내게 된다.

개념 확인 문제 11.5

1. 포유류의 손이나 발에서 손가락이나 발가락 사이의 세포는 아포토시스가 일어나도록 프로그램되어 있다. 이것이 물갈퀴가 아니라 손이나 발의 형태를 가지게 만든다. **2.** 죽음신호분자에 대한 수용체 단백질에 결합이 생겨서 죽음신호가 없어도 활성화된다면 일어나지 않아야 할 때 아포토시스를 일으키게 된다. 신호전달 과정의 한 분자가 앞 단백질 또는 2차 전달자 없이도 활성화된다면 똑같은 결과를 낳게 된다. 반대로 신호전달경로의 어떤 단백질이 앞의 단백질이나 다른 분자 또는 이온에 대해 반응을 나타내는 능력이 결핍된다면 아포토시스는 정상적으로 일어나야 할 때 일어나지 않게 될 것이다. 예를 들어, 죽음 신호 리간드에 대한 수용체 단백질은 리간드가 결합해도 활성화되지 않을 것이다. 이것은 신호가 세포 내로 전달되는 것을 막아 준다.

자기 확인 퀴즈

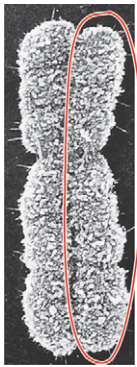
1. 이 그림은 한 가지의 가능한 경로이다. (이와 유사한 그림은 모두 맞다.)



12장

그림 문제

그림 12.4

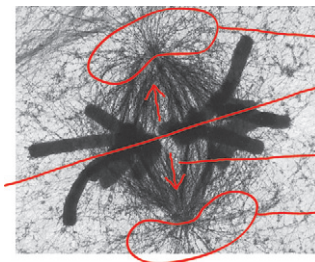


하나의 자매염색분체

반대쪽 자매염색분체를 표시하여도 정답임. 염색체는 네 개의 팔을 가진다.

그림 12.6 12; 2; 2; 1

그림 12.7



성상체

중기판

염색체 이동

성상체

그림 12.8 표식은 가까운 극 쪽으로 이동할 것이다. 그 극과 표식 사이의 형광 미세소관 길이는 줄어드는 반면 염색체와 표식 사이는 같을 것이다. **그림 12.13** 두 가지 경우 모두 G_1 핵은 정상적인 경우 S기에 들어갈 시간에 계속 G_1 에 머물러 있을 것이다. 염색체의 응축과 방추체 형성은 S기와 G_2 기가 완전히 끝날 때까지 일어나지 않는다. **그림 12.15** 세포는 분열하지 않아야 하는 조건에서도 분열할 것이다. 만일 딸세포와 그 자손이 검문지점을 무시하고 분열한다면 곧 비정상적인 세포 덩어리가 생겨날 것이다. (이러한 부적절한 세포의 분열은 암 발생을 유발할 것이다.) **그림 12.16** 대조군 실험 결과 *cdc2* 단백질 인산화효소가 이 실험에서 확인된 주요 인산화효소 활성이라는

점을 고려하면 실제로는 인산화효소 활성이 거의 없는 것이다. *cdc2* 인산화효소 없이는 유사분열을 할 수 없기 때문에 분열하는 세포의 비율은 거의 0이다. **그림 12.18** PDGF가 있는 용기의 세포는 성장인자 신호에 대해 반응할 수 없으므로 분열하지 못한다. 배양은 PDGF를 첨가하지 않은 경우와 비슷할 것이다.

개념 확인 문제 12.1

1. 32세포 2. 2 3. 39; 39; 78

개념 확인 문제 12.2

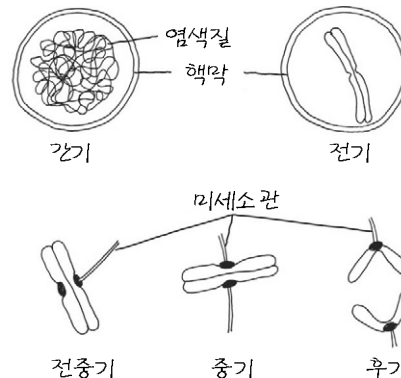
1. 6; 12 2. 세포질분열은 식물과 동물에서 모두 두 개의 유전적으로 동일한 딸세포를 만들어 내지만, 세포질을 나누는 메커니즘은 서로 다르다. 동물세포에서는 세포질분열이 난황에 의해 일어나서, 액틴섬유로 이루어진 수축환에 의해 세포가 두 개로 갈라진다. 식물세포에서는 세포판이 세포의 중간에 생겨 자라나서 원형질막과 융합된다. 새로운 세포벽이 세포판의 안에서 생겨난다. 3. 후기 동안에 세포를 신장시킨다. 4. 예시 답안: 각 염색체는 단백질이 결합된 하나의 DNA 분자이다. 이것이 풀리면 DNA 분자는 이들이 들어 있는 세포보다 훨씬 더 길어진다. 세포분열 동안에는 각 염색체의 두 복제본이 능동적으로 갈라져 각각이 딸세포에 도달하게 된다. 5. 진행세포의 분열 동안에 튜불린은 방추체 형성과 염색체의 이동에 관여하며, 액틴은 세포질의 분열에 필요하다. 박테리아의 이분법 분열에서는 이와 반대이다. 튜불린 유사 단백질이 딸세포를 분리시키는 역할을 하며, 액틴 유사분자는 박테리아 염색체가 양끝으로 이동시키는 작용을 하는 것으로 여겨진다. 6. 간기의 S기 끝에서 분열기의 중기 끝까지.

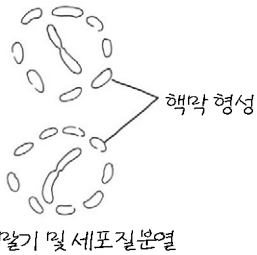
개념 확인 문제 12.3

1. 오른쪽 핵은 원래는 G_1 기이다. 따라서 아직 염색체가 복제되지 않은 상태이다. 왼쪽의 핵은 M기로서 이미 염색체가 복제되었다. 2. G_2 검문지점을 통과하기 위해서는 세포에 충분한 양의 MPF가 축적되어야 한다. 3. 대부분의 체세포는 세포주기에 들어가 있지 않고, G_0 라고 불리는 비분열 상태에 있다. 4. 이 두 가지 종류의 종양은 모두 비정상적인 세포로 구성되어 있다. 양성종양은 원래의 위치에 머물러 있어서 외과적 수술로 제거해 낼 수 있다. 악성종양으로부터 온 암세포는 원래의 위치에서 전이에 의해 퍼져나가서 다른 여러 기관의 기능을 저해할 수 있다. 5. 세포는 PDGF가 없어도 분열할 수 있으며, 이 경우 세포는 배양용기 표면이 가득 차더라도 분열을 멈추지 않을 것이다. 이들은 계속 분열하여 위쪽으로 쌓이게 될 것이다.

자기 확인 퀴즈

1.





13장

그림 문제

그림 13.4 반수체인 n 이 3이다. 세트는 항상 반수체이다. **그림 13.7** DNA의 짧은 가닥을 간단하게 여기서 보여준다. 그러나 각 염색체 또는 염색분체는 대단히 긴 DNA를 가지고 있고 DNA 분자는 접혀 있다.

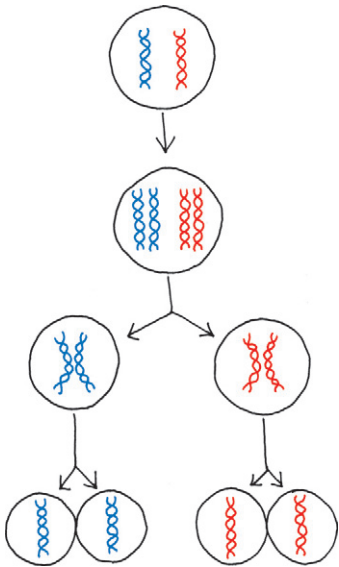


그림 13.9 그렇다. 말기 I에 보이는 각 염색체는 하나의 비제조합 염색분체와 재조합 염색분체를 가지고 있다. 그러므로 왼쪽에서의 세포로 8개의 가능한 염색체 세트가 만들어지고, 오른쪽에도 8개가 만들어진다. **그림 13.10** 표지가 안 된 염색체의 염색분체로부터 나온 염색체는 정확히 표지가 된 염색체의 염색분체를 가질 것으로 예상된다. 그러므로 그래프는 그림에서 보이는 것과 동일할 것이다.

개념 확인 문제 13.1

1. 부모는 유전자를 그들의 자손에 전달한다; 이 유전자는 세포가 특성의 효소와 다른 단백질을 만들도록 프로그램하여 이들의 축적된 행동이 각 개인의 전달받은 특성을 만든다. 2. 그러한 개체는 유사분열로 생식하는데 돌연변이가 없으면 자손의 유전체가 부모의 유전체와 유전적으로 똑같은 복사본인 자손을 생산한다. 3. 그녀는 난의 클론을 만들어야 한다. 이를 개량하는 것은 또 다른 변이를 갖는 자손을 만들 것이고, 그녀는 더 이상 그녀가 얻고자 하는 난을 가지기를 원하지 않는다.

개념 확인 문제 13.2

1. 여성은 두 개의 X 염색체를 가지며 남성은 X와 Y를 가진다. 2. 감수분열에서 염색체수는 이배체에서 반수체로 준다; 수정에서 두 개의 반수체 배우자의 합은 이배체 염색체수로 원래대로 복귀한다. 3. 반수체수(n)는 7; 이배체수($2n$)는 14이다. 4. 이 생물은 그림 13.6c에 보이는 생활주기를 가진다. 그러므로 이 생물은 곰팡이나 원생동물 아니면 조류임에 틀림이 없다.

개념 확인 문제 13.3

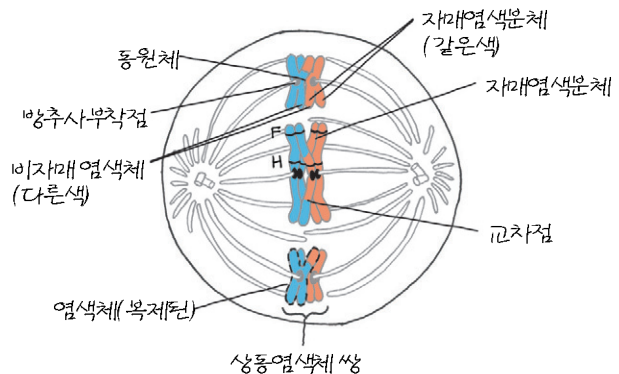
1. 유사한 점은 염색체는 두 개의 자매 염색분체로 이루어진 것과 각 염색체는 중기의 적도판에 유사하게 배열하는 것이 유사하다. 다른 점은 체세포분열하는 세포에서는 각 염색체의 자매염색분체가 유전적으로 동일하나 감수분열하는 세포는 감수분열 I에서 교차가 일어나기 때문에 자매염색분체가 유전적으로 별개인 데에서 다르다. 더욱이 유사분열의 중기에서 염색체는 이배체 세트나 반수체 세트로 구성되나, 감수분열 II의 중기의 염색체는 항상 반수체 세트로 구성된다. 2. 교차가 일어나지 않는다면 두 상동염색체는 어떤 방법으로도 연결되지 않을 것이다. 이는 중기 때에 상동 쌍을 부정확하게 배열시키고 결국은 염색체수가 비정상적인 생식세포를 형성하게 할지도 모른다.

개념 확인 문제 13.4

1. 유전자의 돌연변이는 유전자의 다른 버전(대립유전자)을 초래한다. 2. 교차가 없다고 하더라도 감수분열 I에서의 염색체의 독립적인 분리는 이론적으로 2^n 의 가능한 반수체 배우자를 생성하고 무작위 수정은 $2^n \times 2^n$ 의 가능한 이배체 접합자를 생성한다. 메뚜기의 반수체수는 23이고 초파리는 4이므로 두 마리의 메뚜기가 두 마리의 초파리보다 배우자를 훨씬 다양하게 만들어 낸다. 3. 교차가 일어난 모계와 부계의 염색분체의 조각이 유전적으로 동일하고 따라서 모든 유전자에 동일한 두 대립유전자를 갖는다면 재조합 염색체는 유전적으로 부모의 염색체와 동일하다. 교차는 유전자의 다른 형에 서의 재배열될 때에서만 유전적 다양성에 기여한다.

자기 확인 퀴즈

1. 이 세포는 상동염색체가 서로 결합되어 있기 때문에 감수분열 중임이 확실하다; 이러한 일은 체세포분열에서는 일어나지 않는다. 2. 중기 I 3.



한 색갈의 염색체는 반수체를 구성한다. 모든 붉은 염색체와 푸른 염색체가 같이 이배체를 구성한다.

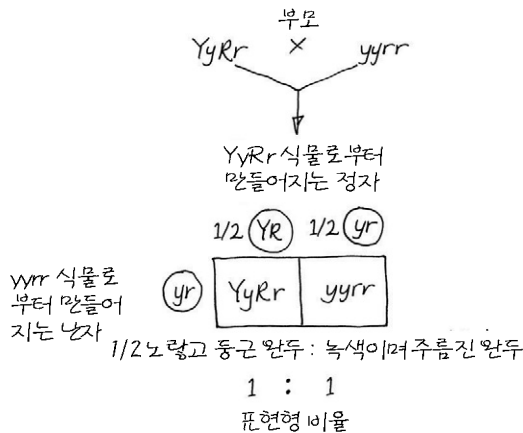
14장

그림 문제

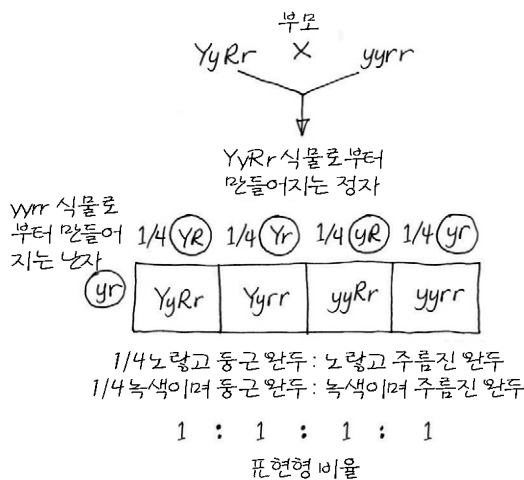
그림 14.3 모든 자손은 보라색 꽃일 것이다. (비율은 보라색 1: 흰색 0) P세대 식물은 순종이므로 두 보라색 식물을 교배하면 자가수분과 같은 결과가 나온다. 모든 자손은 같은 형질을 나타낸다.

그림 14.8

중속 분리인 경우:

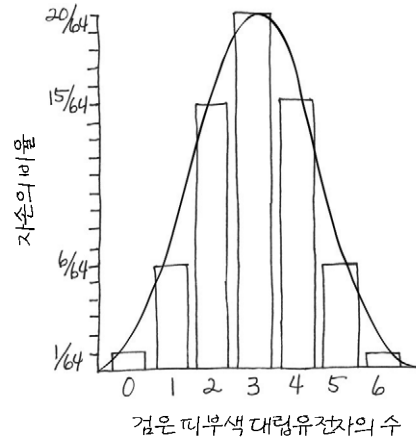


비중속 분리인 경우:



그렇다. 이 교배는 두 가설에 대한 서로 다른 예측을 가능하게 해준다. 따라서 정확한 가설을 구별할 수 있다. **그림 14.10** 여러분의 급우는 혼합가설에 의해 F_1 세대 잡종은 두 부모의 중간 표현형을 나타낸다고 지적할 수 있다. F_1 끼리 교배하여 분홍색인 자손 대신에 흰색 표현형이 다시 나타난 결과를 가지고 혼합가설이 지지되지 않음을 주장할 수 있다. **그림 14.11** I^A 와 I^B 대립유전자는 탄수화물을 부착하지 않는 i 유전자에 대해 우성이다. I^A 와 I^B 대립유전자는 공동우성이며 $I^A I^B$ 이형접합자에서 모두 표현되어 AB형이 된다.

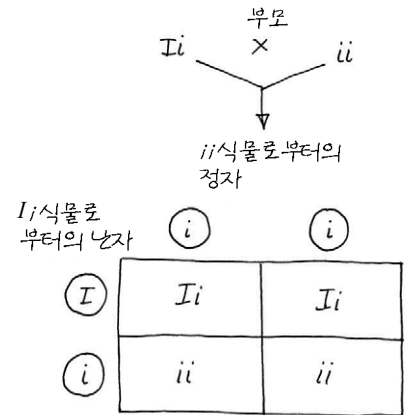
그림 14.13



대부분은 중간 표현형을 나타내고(중간 피부색). 소수가 양끝의 표현형(아주 검거나, 아주 흰 피부)을 나타낸다. (즉, 종 모양의 곡선을 그리며, 정상분포를 나타낸다) **그림 14.16** 퍼넷사각형에서 정상 색깔을 갖는 세 명 중 두 명은 보인자이므로, 확률은 $2/3$ 이다.

개념 확인 문제 14.1

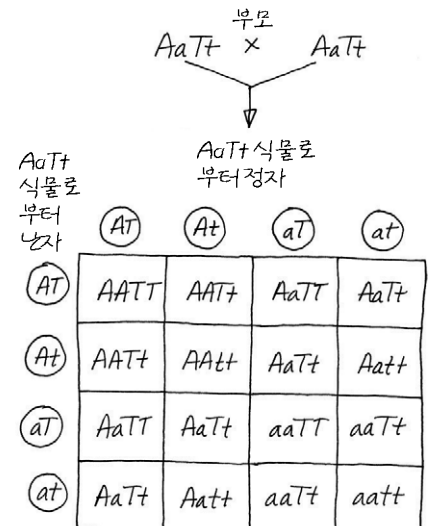
1. $Ii \times ii$ 의 교배로부터 $Ii:ii = 1:1$ 의 유전자형 비율을 갖는 자손들이 나올 것이다(2:2의 비율도 같은 답이다). 표현형의 비는 부른 공각지:수축된 공각지 = 1:1이다(2:2도 같은 답이다).



유전자형의 비율은 $Ii:ii = 1:1$
(2:2도 같은 답이다)

표현형의 비는 부른 공각지:수축된 공각지 = 1:1이다(2:2도 같은 답이다)

2. 독립법칙에 따라 25개의 식물(자손의 $1/16$)이 $aatt$, 즉 두 특징에 대해 열성일 것으로 예상된다. 실제 결과는 이 값과 약간 다를 것이다.



3. 식물은 8종류의 배우자를 만들 수 있다($YRI, YRi, YrI, Yri, yRI, yRi, yrI, yri$). 자가수분에서 모든 가능한 배우자를 쓰기 위하여, 퍼넷사각형은 8개의 줄과 8개의 열이 필요하다. 퍼넷사각형에는 64칸이 있다.

개념 확인 문제 14.2

1. $\frac{1}{2}$ 동형접합의 우성(CC), 0 동형접합의 열성(cc), $\frac{1}{2}$ 이형접합(Cc). 2. $\frac{1}{4} BBDD, \frac{1}{4} BbDD, \frac{1}{4} BBdd, \frac{1}{4} BbDd$. 3. 이 조건에 적합한 유전자형은 $ppyyIi, ppYyii, Ppyyii, ppYYii, ppyyii$ 이다. 곱셈법칙을 사용하여 각 유전자형을 얻을 수 있는 확률을 구하라. 그 다음, 합의 법칙을 사용하여 이 문제의 조건에 맞는 전체 확률을 구하라.

$$\begin{aligned}
 ppyyIi & \frac{1}{2} (\text{probability of } pp) \times \frac{1}{4} (yy) \times \frac{1}{2} (Ii) = \frac{1}{16} \\
 ppYyii & \frac{1}{2} (pp) \times \frac{1}{2} (Yy) \times \frac{1}{2} (ii) = \frac{1}{16} \\
 Ppyyii & \frac{1}{2} (Pp) \times \frac{1}{4} (yy) \times \frac{1}{2} (ii) = \frac{1}{16} \\
 ppYYii & \frac{1}{2} (pp) \times \frac{1}{4} (YY) \times \frac{1}{2} (ii) = \frac{1}{16} \\
 ppyyii & \frac{1}{2} (pp) \times \frac{1}{4} (yy) \times \frac{1}{2} (ii) = \frac{1}{16}
 \end{aligned}$$

적어도 2개의 열성형질을 가질 것으로 예상되는 비율 = $\frac{6}{16}$ 또는 $\frac{3}{8}$

개념 확인 문제 14.3

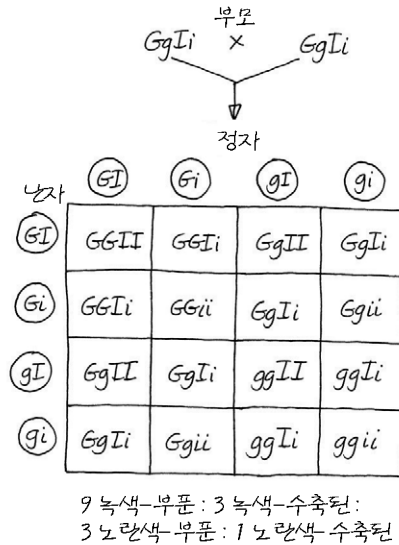
1. 불완전 우성은 하나의 유전자에 대한 두 개의 대립유전자 사이의 관계를 설명한다. 반면에 상위는 두 개의 유전자 사이의 유전 관계를 설명한다. 2. 아이들 중 반은 A형, 나머지 반은 B형을 가질 것으로 기대한다. 3. 이형접합자가 회색이므로, 검은색과 흰색 대립유전자는 불완전 우성이다. 회색 수탉과 검은색 암탉을 교배하면 회색과 검은색 자손이 대략 반씩 나온다.

개념 확인 문제 14.4

1. $\frac{1}{4}$ 낭포성 섬유증은 열성 대립유전자에 의해 나타나므로 낭포성 섬유증을 갖는 베시와 톰의 형제, 자매들은 동형의 열성이어야만 한다. 따라서 부모는 모두 열성 대립유전자에 대해 보인자이다. 베시와 톰은 모두 낭포성 섬유증이 없기 때문에 그들이 보인자일 확률은 각각 $\frac{2}{3}$ 이다. 만일 그들이 모두 보인자라면 자식이 낭포성 섬유증일 확률은 $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 $\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{9}$; 0. 낭포성 섬유증을 갖고 태어나려면 부모가 모두 보인자이어야 하므로 가능성이 없다. 2. 조앤의 유전자형은 Dd 이다. 다지증 대립유전자(D)는 5개의 손가락을 갖고 있는 정상(d)에 대하여 우성이기 때문에 다지증 형질은 DD 또는 Dd 일 경우 표현된다. 만일 조앤의 어머니가 동형의 우성(DD)이라면 모든 자손은 다지증을 가질 것이다. 그러나 조앤의 아버지는 정상이므로 유전자형은 dd 이다. 따라서 조앤은 아버지에서부터 d 를 물려받았을 것이고 다지증을 갖고 있는 그녀의 유전자형은 Dd 이다. 3. 다지증은 우성 형질이기 때문에, 다지증을 갖고 있는 사람의 부모 중 한 명은 다지증을 가질 것이다. 그러므로 이것은 아주 드문 돌연변이임에 틀림없다. 즉, 난자 또는 정자가 만들어지는 동안 돌연변이가 일어나고 그것이 수정되어 피터가 태어났을 것이다.

유전학 문제

1. 유전자, l. 대립유전자, e. 특징, g. 형질, b. 우성 대립유전자, j. 열성 대립유전자, a. 유전자형, k. 표현형, h. 동형접합, c. 이형접합, f. 검정교배, i. 단성교배, d.



3. 부모형 교배는 $AAC^RC^R \times aaC^WC^W$ 이고, F_1 의 유전자형은 AaC^RC^W , 표현형은 모두 액생의 분홍색 꽃이다. F_2 의 유전자형은 $1 AAC^RC^R : 2 AAC^RC^W : 1 AAC^WC^W : 2 AaC^RC^R : 4 AaC^RC^W : 2 AaC^WC^W : 1 aaC^RC^R : 2 aaC^RC^W : 1 aaC^WC^W$ 이다. F_2 의 표현형은 3 액생-빨강 : 6 액생-분홍 : 3 액생-흰색 : 1 정생-빨강 : 2 정생-분홍 : 1 정생-흰색.

4. a. $\frac{1}{64}$
b. $\frac{1}{64}$
c. $\frac{1}{8}$
d. $\frac{1}{32}$

5. 백색증(b)은 열성 형질이고 검은색(B)은 우성이다. 첫 번째 교배: 부모는 $BB \times bb$; 배우자는 B 와 b ; 자손은 모두 Bb (검은색 털). 두 번째 교배: 부모는 $Bb \times bb$; 배우자는 $\frac{1}{2} B$ 와 $\frac{1}{2} b$ (이형접합)와 b ; 자손은 $\frac{1}{2} Bb$ 와 $\frac{1}{2} bb$.

6. a. $PPLl \times PPLl, PPLl \times PpLl$, 또는 $PPLl \times ppLl$.
b. $ppLl \times ppLl$.
c. $PPLL \times 9$ 개 가능한 유전자형 중 하나, 또는 $PPLl \times ppLL, PPLl \times PpLL, PPLl \times PpLL, PPLl \times PpLL$.
d. $PpLl \times PpLl$.
e. $PpLl \times PpLl$

7. 남자 $I^A i$; 여자 $I^B i$; 아이 ii . 아이들의 다른 유전자형은 $\frac{1}{4} I^A I^B, \frac{1}{4} I^A i, \frac{1}{4} I^B i$.

8. a. $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{27}{64}$
b. $1 - \frac{27}{64} = \frac{37}{64}$
c. $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$
d. $1 - \frac{1}{64} = \frac{63}{64}$

9. a. $\frac{1}{256}$
b. $\frac{1}{16}$
c. $\frac{1}{256}$
d. $\frac{1}{64}$
e. $\frac{1}{128}$

10. a. 1
b. $\frac{1}{32}$
c. $\frac{1}{8}$

d. $1/2$

11. $1/9$

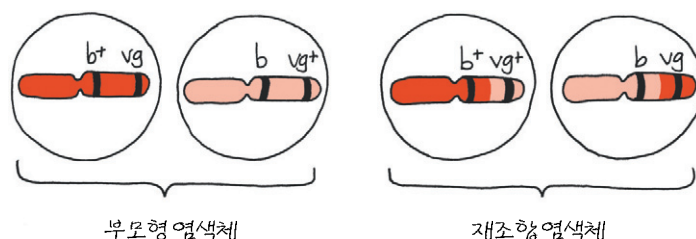
12. 만일 둥글고 뒤로 휘어진 귀에 대한 돌연변이가 대립유전자가 우성이라면, 귀가 휘어진 고양이와 정상 고양이의 교배에서 귀가 휘어진 고양이와 정상 귀를 가진 고양이가 모두 F_1 자손이 태어날 것이다. 그러나 만일 그 돌연변이가 표현형이 열성이라면 F_1 자손은 모두 정상 귀를 가질 것이다. 돌연변이가 표현형이 우성이나 열성에 관계없이 돌연변이 고양이와 정상 고양이 사이에서 태어난 F_1 을 자가 교배시키면 순종의 귀가 휘어진 돌연변이 고양이를 얻을 것이다. 귀가 휘어진 돌연변이 고양이가끼리 교배하여 태어난 새끼가 모두 휘어진 귀를 갖는다면 부모 고양이는 모두 휘어진 귀를 갖는 순종 고양이일 것이다. 실제로 귀가 휘어진 고양이의 표현형은 우성으로 판명되었다. 13. $1/16$

14. 25%는 사시일 것이다. 사시 눈을 갖는 모든 자손은 또한 흰색 호랑이일 것이다. 15. 우성 대립유전자 I 는 P/p 좌위에 대해 상위이다. 따라서 F_1 세대에 대한 유전자형 비율은 $9 I_P_(\text{무색}) : 3 I_pp(\text{무색}) : 3 iiP_(\text{보라색}) : 1 iipp(\text{빨간색})$ 이 될 것이다. 전체적인 표현형 비율은 12 무색 : 3 보라색 : 1 빨간색이다. 16. 열성. 알칼톤노증에 걸린 모든 개인들(알린, 톰, 윌마, 칼라)은 동형의 열성 aa 이다. 조지와 알린 사이에 태어난 아이들 중의 일부가 알칼톤노증을 갖고 있기 때문에 조지는 Aa 이다. 샘, 앤, 다니엘, 앨런은 정상이며 돌연변이를 갖는 부모 한 명이 있기 때문에 Aa 이다. 마이클은 이형의 부인 앤과의 사이에 알칼톤노증을 갖는 칼라를 낳았기 때문에 Aa 이다. 산드라, 티나, 크리스토퍼는 각각 AA 또는 Aa 유전자형을 갖고 있다. 17. $1/2$ 18. $1/6^{2/3} \times 1/4$ 19. $9 B_A_(\text{아구티}) : 3 B_aa(\text{검은색}) : 3 bbA_(\text{흰색}) : 1 bbaa(\text{흰색})$. 따라서 9 아구티 : 3 검은색 : 4 흰색.

15장

그림 문제

그림 15.2 비율은 노랑고 등근 완두 : 녹색의 등근 완두 : 노랑고 주름진 완두 : 녹색의 주름진 완두 = $1:1:1:1$ 이 될 것이다. 그림 15.4 F_2 자손의 약 $3/4$ 은 빨간 눈을 가질 것이고 약 $1/4$ 은 흰 눈을 가질 것이다. 흰 눈 초파리의 $1/2$ 은 암컷, $1/2$ 은 수컷이 될 것이다; 빨간 눈 초파리의 $1/2$ 은 암컷일 것이다. 그림 15.7 모든 수컷은 색맹이고 암컷은 보인자일 것이다. 그림 15.9 자손 중에서 두 종류의 부모형이 가장 많이 나타날 것이다. 그러나 지금 가장 많이 나오는 종류는 회색 몸-흔적 날개와 검은 몸-정상 날개일 것이다. 그 이유는 그것들이 P 세대에 있는 특수한 대립유전자 조합이기 때문이다. 그림 15.10 아래 왼쪽의 두 염색체는 각각 한쪽 부모로부터 F_1 암컷으로 유전된, 2개의 염색체와 같다. 이 두 염색체는 F_1 암컷에 의해 원래의 형태로 자손에게 유전되므로 “부모형(parental)”이라 부른다. 다른 두 개의 염색체는 F_1 암컷에서 감수분열 동안 교차가 일어난 후 생긴 것이다. 이 염색체들은 F_1 암컷의 염색체와 다르며 재조합 대립유전자를 갖기 때문에 재조합 염색체라 부른다.



개념 확인 문제 15.1

1. 분리의 법칙은 하나의 단일 특징에 대한 대립유전자의 유전과 관련이 있다. 독립의 법칙은 두 개의 특징에 대한 대립유전자들의 유전과 관련이 있다. 2. 분리의 법칙에 대한 물리적 근거는 후기 I에서 상동염색체의 분리이다. 독립 법칙에 대한 물리적 근거는 중기 I에서 상동염색체 쌍의 교차 배열이다. 3. 돌연변이가 표현형을 보이기 위하여, 수컷은 단지 한 개의 돌연변이 대립유전자를 보유하면 된다. 만일 이 유전자가 한 쌍의 상염색체에 있다면, 개체가 돌연변이가 표현형을 나타내기 위하여 두 개의 돌연변이 대립유전자를 가져야만 하는데, 이것은 확률이 매우 낮다.

개념 확인 문제 15.2

1. 이 눈 색깔에 대한 유전자가 X 염색체에 있기 때문에, 모든 암컷 자손은 이형접합($X^{Hh}+X^{Hh}$)의 빨간 눈을 가질 것이다. 모든 수컷 자손은 부모 세대의 수컷으로부터 Y 염색체를 물려받으며 흰 눈을 가질 것이다($X^{Hh}Y$). 2. $1/4$; 아이가 아버지로부터 Y 염색체를 물려받아 아들일 확률 $1/2 \times$ 어머니로부터 유전병 대립유전자를 갖고 있는 X 염색체를 물려받을 확률 $1/2$. 만일 아이가 남자라면, 그가 유전병을 가질 확률은 $1/2$, 딸이 유전병을 가질 확률은 0(그러나 보인자가 될 확률은 $1/2$)이다. 3. 눈에서 컬러 색을 구분하는 세포는 초기 배아에 있는 많은 세포로부터 온다. 이들 세포의 후손 중 절반은 정상 컬러비전을 갖는 대립유전자를 가지며, 절반은 색맹에 대한 대립유전자를 갖는다. 성숙한 눈에 있는 세포 중 절반만이 정상 대립유전자를 갖고 있어도 정상적으로 컬러를 구분할 수 있다.

개념 확인 문제 15.3

1. 이형접합인 부모에서 제1감수분열 동안 교차가 일어나면 두 개의 유전자에 대하여 재조합 유전자를 갖는 배우자가 일부 만들어진다. 재조합 형질을 갖는 자손은 재조합 배우자와 이중 돌연변이 부모로부터 만들어진 열성의 동형 배우자가 수정되어 생긴다. 2. 각 경우의 교배에서 수컷은 열성 대립유전자만 제공하기 때문에 암컷 부모로부터 물려받은 대립유전자가 자손의 표현형을 결정한다. 3. 아니요. 순서는 $A-C-B$ 또는 $C-A-B$ 일 수 있다. 어떤 것이 옳은가를 결정하기 위해서는 B와 C 사이의 재조합 비율을 알아야 한다.

개념 확인 문제 15.4

1. 발생 동안의 어떤 시점에서 배아세포의 하나는 염색체 복제 후 체세포분열을 수행하지 못할 수 있다. 그 후에 정상적인 세포주기가 일어나면서 이 사배체 세포의 유전적 사본들이 만들어진다. 2. 감수분열에서 결합된 14-21 염색체는 하나의 염색체처럼 행동한다. 만일 배우자가 그렇게 결합된 14-21 염색체와 정상적인 21번 염색체를 갖는다면 이 배우자와 정상 배우자가 수정하여 21번 3염색체성이 생길 것이다. 3. 아니요. 아이는 1^H1^h 또는 1^H1^h 일 것이다. 유전자형이 1^H1^h 인 정자는 제2감수분열 동안 아버지에서 비분리가 일어난 결과이며 유전자형이 ii 인 난자는 제1감수분열이나 제2감수분열 동안 어머니에서 비분리가 일어난 결과일 수 있다.

개념 확인 문제 15.5

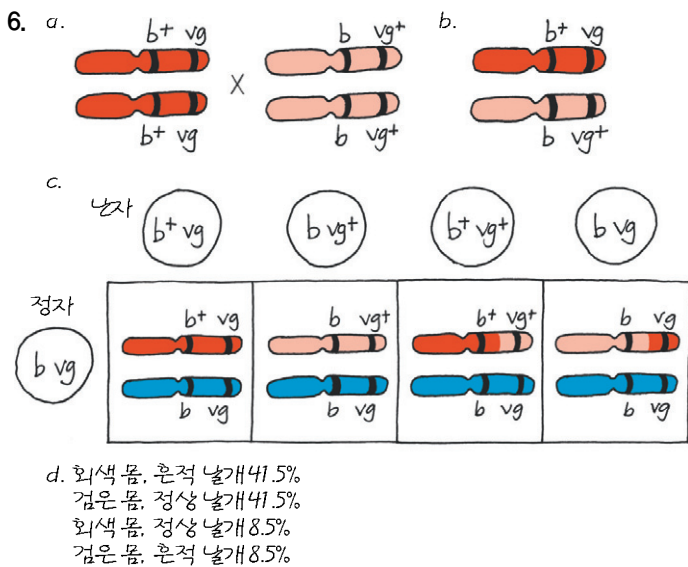
1. 암컷에서의 X 염색체 불활성화와 유전체 각인. X 염색체 불활성화 때문에 X 염색체에 있는 유전자들의 양은 암수 모두 동일하다. 유전체 각인의 결과로써 어떤 유전자의 두 대립 유전자 중 하나만 표현형으로 발현된다. 2. 잎의 색을 결정하는 유전자는 세포질에 있는 색소체에 존재한다. 정상적으로 색소

체 유전자는 모계로부터 자손에게 유전된다. 얼룩반점을 갖는 자손은 암컷 부모가 변종 B일 경우에만 생기기 때문에 변종 B는 색소 유전자의 야생형과 돌연변이형을 모두 갖고 있으며 얼룩반점의 있을 만드다고 결론지을 수 있다.

3. 각 세포에는 수많은 미토콘드리아가 있으며 미토콘드리아 유전병을 앓는 사람의 세포들은 정상과 비정상 미토콘드리아를 모두 포함하고 있다.

유전학 문제

1. 0; $1/2$, $1/16$ 2. 열성; 만일 이 유전병이 우성이라면 유전병을 앓는 아이의 부모 중 적어도 한 명은 이 병을 갖고 있을 것이다. 이 병은 아들에게만 발견되기 때문에 반성유전이다. 이 병을 가진 딸이 태어나기 위해서는 부모 양쪽으로부터 열성 대립유전자를 물려받아야 한다. 열성 대립유전자를 갖고 있는 아들은 10대 초반에 사망하기 때문에, 이 경우는 아주 드문 현상이다. 3. 딸의 경우 $1/4$ (아이가 딸일 확률 $1/2 \times$ 동형접합의 열성 유전자형일 확률 $1/2$); 첫 번째 아들의 확률은 $1/2$ 4. 17% 5. 6%. 야생형(정상 날개와 빨강 눈에 대한 이형접합자) \times 혼적 날개와 보라색 눈을 갖는 열성 동형접합자



7. 이 유전병은 항상 어머니로부터 물려받았을 것이다. 8. 두 개의 X 염색체를 갖는 정상 여성의 경우와 마찬가지로 XXX 여성은 두 개의 X 염색체가 불활성되고 하나의 X 염색체만 활성화된다. 현미경으로 관찰하면 XXX 여성에서 두 개의 바소체가 관찰된다. 9. D-A-B-C 10. 자손의 50%가 교차 결과 생기는 표현형을 보여준다. 이 결과는 연관되지 않은 A와 B의 교배 결과와 같은 것이다. 동일 염색체에 있는 다른 유전자를 포함한 교배를 통해서 연관여부와 지도 거리를 알 수 있다. 11. T와 A 사이는 12%, A와 S 사이는 5% 12. T와 S 사이는 18%; 유전자 순서는 T-A-S 13. 청색-타원형과 흰색-원형(부모형)이 각각 450이고 청색-원형과 흰색-타원형(재조합형)이 각각 50. 14. 혼적 날개 좌위로부터 갈색 눈 좌위까지의 거리의 약 $1/3$. 15. 바나나는 삼배체이기 때문에 감수분열 동안 상동염색체 쌍이 형성되지 못한다. 그러므로 $3n$ 의 염색체수를 갖는 접합자를 만들 수 있는 배우자가 만들어지지 않는다.

16장

그림 문제

그림 16.2 혈액시료에서 발견된 S형 세포는 분열을 하여 더 많은 S형 세포

를 만들었다. 이것은 S형의 형질이 일시적으로 나타난 것이 아니고 영구적인 유전적 변화에 의해서 생겼다는 것을 알려주고 있다. 그림 16.4 만약 단백질이 유전물질이었다면 본 실험에서 단백질이 세포 내부로 들어가 형질전환을 일으켰을 것이고, 따라서 1번 시료에서 침전된 세균세포에서 방사능이 검출되었을 것이다. 그림 16.11 첫 번째 복제 튜브에는 변화가 없이 중앙에 ^{15}N - ^{14}N DNA 밴드가 관찰되고 두 번째 튜브에서 연한 청색 밴드가 위에 있지 않고 아래쪽에 짙은 청색 밴드가 관찰된다. 그림 16.12 (b)에서 위쪽에 있는 복제 기포에 왼쪽과 오른쪽 복제분기점에 화살표를 그려 넣는다. 그림 16.14 모든 DNA 가닥은 한쪽 끝을 5' 말단이라 하고 다른 끝을 3' 말단이라 한다. 5' 말단에서 3' 말단으로 읽어 가면 인산기 → 당의 5'C → 3'C → 인산 → 5'C → 3'C 순서로 진행된다. 역으로 읽어 가면 3'C → 5'C → 인산 순서로 진행될 것이다. 이와 같이 두 방향은 뚜렷이 구별될 수 있기 때문에 DNA 가닥은 방향성이 있다고 말한다. 그림 16.22 그러한 돌연변이 세포는 본 실험에서 얻어진 결과처럼 감수분열에 결합이 생길 것이다. 본 실험에서 키나아제가 제대로 기능을 수행하지 못하고 있고, 새로운 실험에서는 키나아제가 인산화할 수 있는 아미노산이 없기 때문에 두 실험에서 유사한 결과가 나올 것으로 예상된다.

개념 확인 문제 16.1

1. 샤가프 법칙은 A와 T의 백분율 그리고 G와 C의 백분율이 같다는 것이다. 파리 실험은 이 샤가프 법칙을 따르고 있다. 숫자들이 약간 다르게 도출된 것은 실험적 오차 결과일 것이다. 2. DNA 이중나선 모델에서 A와 T, G와 C는 각각 수소결합을 이룬다. 그러므로 당연히 A와 T의 백분율 그리고 G와 C의 백분율이 같게 나올 것이다. 즉 샤가프 법칙과 일맥상통하게 된다. 3. 살아 있는 R형 균주와 열처리된 죽은 독성 S형 균주가 같이 도입된 생쥐는 살아 남을 것이다. 그러한 이유로는 어느 쪽 균주도 홀로는 생쥐를 죽일 수 없기 때문이다.

개념 확인 문제 16.2

1. 상보적인 염기쌍을 형성함으로써 새로 만들어진 딸가닥 사슬들이 정확하게 양친 DNA 가닥을 복제한다. 즉, 양친 DNA의 두 가닥이 분리되었을 때, 각각의 가닥은 상보적인 염기쌍 법칙에 의해서 새로 만들어진 딸가닥의 주형이 된다. 2. DNA 중합효소 III은 뉴클레오타이드를 첨가하여 새로운 DNA 가닥을 합성한다. 뿐만 아니라 새로운 가닥의 합성이 정확하게 이루어졌는지 교정하는 효소활성도 보유하고 있다. 3. 선도가닥의 합성은 RNA 시발자에 의해서 시작되고 합성 말기에 RNA 시발자는 제거된다. DNA 중합효소 I은 그 RNA 시발자의 RNA를 DNA로 교체하는 역할을 한다. 그림 16.17에 있는 복제 기점의 좌편에 DNA 중합효소 I이 선도가닥에 있는 RNA 시발자를 DNA로 교체하고 있다.

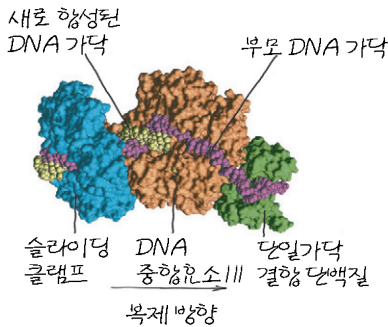
개념 확인 문제 16.3

1. 뉴클레오솜은 네 가지 단백질이 2개씩 있어서 총 8개의 히스톤 단백질로 구성되며 그 주위에 DNA가 감겨 있다. 연결 부위(링커) DNA는 한 뉴클레오솜에서 다음 뉴클레오솜으로 연결되는 부위이다. 2. 이질염색질은 간기 동안에 많이 응축되어 있어 유전자 발현에 관여하는 분자들의 접근을 막아 그 부위에 존재하는 유전자 발현을 저해한다. 그러나 진정염색질은 간기에 덜 응축된 상태로 있기 때문에 유전자 발현에 관여하는 분자들이 자유로이 접근할 수 있다. 3. 히스톤은 리신이나 아르기닌과 같은 염기성(즉, 양성 전

하를 가진) 아미노산을 많이 가져서 양성 전하를 가진 DNA 분자의 당-인산 골격의 인산기와 약한 결합을 할 수 있다.

과학적 탐구

2.



17장

그림 문제

그림 17.2 이전의 예측한 경로가 잘못되었을 것이다. 새로운 결과는 다음의 경로를 뒷받침한다; 전구물질 → 시트룰린 → 오르니틴 → 아르기닌. 실험 결과는 또한 첫 번째 부류의 돌연변이체는 경로에서 두 번째 단계에 결합이 있고 두 번째 부류의 돌연변이체는 첫 번째 단계에 결합을 가진다. **그림 17.8** RNA 중합효소는 이전에 부착했던 다른 인자에 의존하기보다는 프로모터에 직접 부착할 것이다. **그림 17.24** 오른쪽 (가장 긴)의 mRNA가 전사를 가장 먼저 시작했다. DNA와 가장 가까이 있는 제일 위의 리보솜이 가장 먼저 번역을 시작했고 따라서 가장 긴 폴리펩티드를 가진다.

개념 확인 문제 17.1

- 10개의 Gly(글리신) 아미노산으로 구성된 폴리펩티드
- 주형의 염기서열(문제호부터): 3'-TTCAGTCGT-5'
비주형의 염기서열: 5'-AAGTCAGCA-3'
mRNA 염기서열: 5'-AAGUCAGCA-3'

비주형과 mRNA의 염기서열은 DNA의 비주형가닥에 T 대신 mRNA에 U가 있는 것만 제외하고는 같다.

- 주형의 염기서열(문제호에서 3' → 5' 으로 쓰인 비주형 염기서열호부터): 3'-ACGACTGAA-5'
mRNA 염기서열: 5'-UGCUGACAA-3'
번역되면: Cys-Stop-Gln

(RNA는 DNA 가닥과 반 평행인 것을 기억하자.) 비주형의 염기서열로부터 번역된 단백질은 완전히 다른 아미노산을 가지며 분명 기능을 가지지 못한다. (위에 보이는 mRNA의 종결신호와 또는 mRNA의 서열에서 앞쪽에 있을 수 있는 종결신호 때문에 짧은 단백질이 될 것이다.)

개념 확인 문제 17.2

- 두 효소 다 주형가닥과 상보적인 염기쌍을 이용 단량체 뉴클레오타이드로부터 핵산의 사슬을 조립한다. 둘 다 5' → 3'으로 주형에 반 평행으로 합성한다. DNA 중합효소는 폴리머를 필요로 하나 RNA 중합효소는 출발점에서부

터 뉴클레오타이드 사슬을 시작할 수 있다. DNA 중합효소는 당을 데옥시리보스와 염기 T가 있는 뉴클레오타이드를 이용하나, RNA 중합효소는 당을 리보오스와 염기 U를 가진 뉴클레오타이드를 사용한다. **2.** 프로모터는 전사를 시작할 때 RNA 중합효소가 부착하는 DNA 영역이고 유전자의 위쪽에 위치한다. **3.** 원핵생물에서는 RNA 중합효소가 자기가 부착하는 유전자의 프로모터를 인지한다. 진핵생물에서는 전사인자들이 RNA 중합효소가 프로모터에 부착하는 것을 중재한다. **4.** TATA 서열을 인식하는 전사인자들은 부착할 수 없고 따라서 RNA 중합효소는 부착할 수 없으며 유전자의 전사는 일어날 수 없다.

개념 확인 문제 17.3

- 5' 캡과 폴리-A 꼬리는 mRNA가 핵 밖으로 나가는 것을 용이하게 하고, 가수분해효소로부터 분해되는 것을 예방하며, 리보솜 부착을 돕는다. **2.** 비디오를 편집함에 있어서 조각은 잘라내고 버리며 (인트론처럼) 나머지 조각을 서로 연결하여 (엑손처럼) 연결되는 부위(이어맞추는)는 표시가 나지 않는다. **3.** 여섯 개의 다른 형태가 형성되는데 이는 대체 이어맞추기로 여섯 개의 mRNA가 만들어질 수 있기 때문이다(엑손 4에 2가지 가능성과 엑손 7에 3가지 가능성을 곱한다).

개념 확인 문제 17.4

- 먼저, 각 아미노아실 tRNA 합성효소는 한 개의 아미노산을 정확하게 인지하여 해당하는 tRNA에만 부착시킨다. 둘째, 특정 아미노산이 부착된 tRNA는 그 아미노산에 해당하는 mRNA 코돈에게만 부착한다. **2.** 폴리리보솜은 세포가 짧은 시간에 여러 개의 동일한 폴리펩티드를 생성하게 한다. **3.** 폴리펩티드의 앞쪽 끝에 위치한 신호펩티드는 합성 중에 신호인식입자에 의해 인지되어 리보솜을 소포체막에 도달하게 한다. 거기에 리보솜은 부착하고 폴리펩티드 합성을 계속하여 소포체의 내강에 들어가게 한다. **4.** 리보솜의 구조와 기능은 리보솜의 단백질보다는 rRNA에 의존하는 것으로 보인다. rRNA는 단일 가닥이므로 RNA 분자는 자신과 다른 RNA 분자와 수소결합을 할 수 있다. RNA 분자는 두 리보솜 소단위 사이에 접촉면을 구성하고, 따라서 아마도 RNA-RNA 결합은 리보솜이 서로 결합하는 것을 도와줄 것이다. 리보솜에 있는 mRNA의 결합자리는 mRNA에 결합하는 rRNA를 포함할 것이다. (실제로 이러한 일이 벌어지고 있다.) 또한 RNA 분자 내에서의 상보적인 결합은 특정한 3차 구조를 만들도록 하여 RNA의 기능적인 부위와 함께 rRNA가 번역 동안에 펩티드결합을 촉매하도록 할 것이다.

개념 확인 문제 17.5

- mRNA에서 결실 부위로부터 아래에 있는 번역들은 이동되어 폴리펩티드에서 부정확한 아미노산을 갖는 긴 사슬을 초래하고, 대부분의 경우에는 종결코돈이 생겨 미성숙한 종결을 초래한다. 이 폴리펩티드는 대체로 기능을 하지 못한다.

2. 정상적인 DNA 염기서열 (주형 가닥이 위에 있다):	3'-TACTTGTCCGATATC-5'
mRNA 서열:	5'-ATGAACAGGCTATAG-3'
아미노산서열:	Met-Asn-Arg-Leu-STOP
돌연변이 DNA 염기서열 (주형 가닥이 위에 있다):	3'-TACTTGTCCAATATC-5'
mRNA 서열:	5'-ATGAACAGGTTATAG-3'
	5'-AUGAACAGGUUAUAG-3'

돌연변이 전이나 후의 아미노산 서열은 둘다 Met-Asn-Arg-Leu인데 이는 mRNA의 코돈 5'-CUA-3'과 5'-UUA-3'가 둘 다 Leu를 암호화하기 때문이다. (다섯 번째는 종결코돈이다.)

개념 확인 문제 17.6

1. 아니다. 진핵세포에서는 공간과 시간적으로 전사와 해독의 과정은 분리되어 있는데 이는 진핵세포의 구획이 되어 있는 구성의 결과이다. 2. 하나의 리보솜이 번역을 종결하고 분리되면, 두 개의 소단위는 껍에 매우 가까이 위치하게 될 것이다. 이는 이들이 다시 재결합하는 것을 촉진시켜 새로운 폴리펩티드 합성을 시작하게 하므로 번역의 효율을 높이게 된다.

자기 확인 퀴즈

1.

RNA종류	기능
전령 RNA(mRNA)	DNA로부터 리보솜에 단백질의 아미노산 서열을 규정하는 정보를 가짐
운반 RNA(tRNA)	단백질을 합성할 때 어댑터 분자로 활동: mRNA 코돈을 아미노산으로 번역
리보솜 RNA(rRNA)	리보솜에서 촉매(리보자임)와 구조적 역할을 함
1차 전사체	가공되기 전의 mRNA, rRNA, tRNA의 전구체. 어떤 인트론은 리보자임으로 작용하여 자신의 이어맞추기를 촉매함
소형 핵 RNA (snRNA)	이어맞추기 복합체에서 구조적 촉매적 역할을 함. 1차 전사체를 이어맞추는 단백질과 RNA의 복합체

18장

그림 문제

그림 18.3 세포내 트립토판 농도가 감소하면, 더 이상 억제자에 결합할 트립토판이 없어지게 될 것이다. 결국 억제자는 불활성화 상태의 구조를 취해 작동자 서열에서 분리된다. 즉 전사가 개시되어 트립토판 합성에 관여하는 효소가 생성되며 세포는 다시 트립토판을 합성하게 된다. **그림 18.10** 알부민 유전자의 인핸서는 오텐지, 빨강, 회색을 띤 세 개의 조절서열을 지닌다. 한 유기체에서 유래된 두 세포에서 이 서열은 동일할 것이다. **그림 18.16** 돌연변이 MyoD 단백질이 myoD 유전자를 활성화시킬 수 없더라도 근육세포의 분화 경로에 있는 다른 유전자(예를 들어, 근육 특이적인 유전자 발현을 유도할 수 있는 전사인자)의 전사를 유발할 수 있다. 따라서 어느 정도의 분화는 일어날 수도 있다. 그러나 myoD 유전자 발현을 활성화시키는 MyoD 단백질의 기능을 대체할 수 있는 어떤 활성인자가 나타나지 않는다면 세포는 분화된 상태를 유지할 수 없을 것이다. **그림 18.19** 정상 Bicoid 단백질은 앞쪽 말단에서 생성되어 모계에서 받은 돌연변이 bicoid mRNA의 기능을 대체할 것이다. 발생은 정상적으로 일어나, 머리 구조가 만들어질 것이다. **그림 18.21** 돌연변이는 열성으로 작용하는 것 같다. 왜냐하면 두 대립인자가 모두 돌연변이가 일어나 비정상적인 단백질을 만들어 낼 때 효과를 나타내기 때문이다.

개념 확인 문제 18.1

1. *trp* 공동억제자인 트립토판의 결합은 *trp* 억제자를 활성화시켜 *trp* 오페론의 전사를 차단한다. *lac* 유도자인 알로락토오스(allolactose)의 결합은 *lac* 억제자를 불활성화시켜 *lac* 오페론의 전사가 일어나게 된다. 2. 젓당이 없는 환경에서도 세포는 지속적으로 β -갈락토오스 가수분해효소와 젓당 이용에 필요한 두 효소를 생산하게 된다. 즉 세포는 쓸데없이 자원 낭비를 하는 셈이다. 3. 포도당이 부족하면, cAMP가 CAP에 결합하게 되고 활성화된 CAP는 프로모터에 결합해 RNA 중합효소의 결합을 유도하게 된다. 그러나 젓당이 없으면 *lac* 억제자가 작동자에 결합해 RNA 중합효소가 프로모터에 결합하는 것을 막게 된다. 따라서 오페론내 유전자의 전사는 일어나지 않는다. 만일 또 다른 당이 존재하고 그 당을 이용하는 효소를 암호화하는 유전자들이 오페론 내에 존재하여 *lac* 오페론처럼 조절된다면 유전자 전사는 일어나게 될 것이다.

개념 확인 문제 18.2

1. 히스톤 아세틸화는 일반적으로 유전자 발현 촉진과 관련되는 반면 DNA 메틸화는 발현 억제와 연관된다. 2. 보편전사인자는 모든 유전자의 프로모터에 전사개시복합체가 형성되도록 한다. 특정 전사인자는 특정 유전자의 조절서열에 결합하여 유전자 발현을 조절하는데, 활성인자는 전사를 촉진하고 억제인자는 전사를 감소시킨다. 3. 세 유전자는 인핸서에 유사하거나 동일한 조절서열을 가지고 있다. 이러한 유사성으로 인해 동일한 특정 전사인자가 세 유전자의 조절서열에 결합하여 동시에 전사를 촉진하게 된다. 4. mRNA 분해, 번역 조절, 단백질의 활성화(예를 들어, 화학적 변형), 단백질 분해. 5. 노란색 활성인자를 암호화하는 유전자(YA)는 그림 18.6에 나타난 단계 중 어딘가에서 조절되어야만 한다. YA 유전자의 인핸서에 작용하는 활성인자는 간세포에만 존재하므로 YA 유전자는 간에서만 전사될 것이다.

개념 확인 문제 18.3

1. miRNA와 siRNA는 작은 크기의 단일가닥 RNA로 단백질과 복합체를 이루어 상보적인 서열을 지닌 mRNA에 염기쌍을 이루어 결합할 수 있다. 이러한 결합은 mRNA의 분해나 번역 억제를 유도하게 된다. 어떤 siRNA는 단백질과 결합하여 특정 지역의 크로마틴에 결합하여 크로마틴 구조의 변형을 유발해 전사에 영향을 주게 된다. 다이서라는 효소는 이중가닥 RNA 전구체로부터 miRNA와 siRNA를 만들어 낸다. miRNA는 세포의 유전체 내에 존재하는 유전자로 전사체가 스스로 염기쌍을 형성하여 하나 이상의 헤어핀 구조를 만들게 되고, 이러한 헤어핀 구조가 각각 공정되어 miRNA를 만들게 된다. 그러나 siRNA는 바이러스나 혹은 실험자가 세포에 주입한 긴 이중가닥 RNA로부터 형성된다. 어떤 경우 세포내 유전자가 한 가닥의 전구체 RNA를 만들고, 다른 효소가 상보적 서열을 합성하게 된다. 2. mRNA는 계속 존재하여 세포분열을 촉진하는 단백질을 지속적으로 만들어 낼 것이다. 만일 정상적인 miRNA가 세포분열 억제에 필수적이라면, 부적절하게 세포분열이 일어날 것이다. 따라서 조절되지 않은 세포분열로 인해 유기체의 정상 기능을 방해하는 세포덩어리(종양)가 형성될 것이다.

개념 확인 문제 18.4

1. 배아의 발생 과정 동안 세포는 분화를 통해 서로 다른 세포를 만들게 된다. 성체는 특수화된 여러 종류의 세포가 존재하게 된다. 2. 수용 세포 표면에 존재하는 수용체에 결합하여 신호전달경로를 활성화시켜 결국 유전자 발현

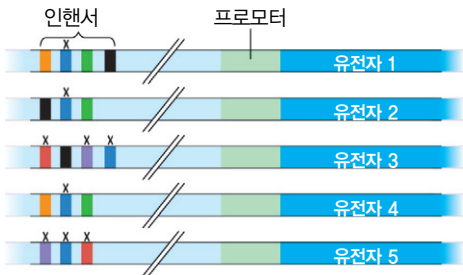
에 영향을 주게 된다. **3.** 모계에서 만들어진 물질이 수정란(결국에는 성체 초파리)의 머리와 꼬리, 등과 배를 결정하기 때문이다. **4.** 아래쪽의 세포가 신호물질을 합성한다. 왜냐하면 특정 전사인자가 신호물질을 암호화하는 유전자의 인핸서에 결합하여 유전자 발현을 유도했기 때문이다. 특정 전사인자를 암호화하는 유전자는 아래쪽 세포에서만 발현하는데, 이는 전구체 세포에서 이미 전사인자의 발현을 활성화시키는 활성화자가 존재했기 때문이다. 즉, 이 현상은 수정란의 특정 지역에 제한되어 존재하는 세포질 결정인에 의해 일어난다. 세포질 결정인자는 딸세포에 불균등하게 분배되어 결국 두 세포는 서로 다른 발생 운명을 가지게 된다.

개념 확인 문제 18.5

1. 원발암유전자의 단백질 산물은 일반적으로 세포분열 촉진에 관여한다. 종양억제인자의 단백질 산물은 세포분열 억제에 관여한다. **2.** 하나의 발암유전자와 하나의 종양억제유전자 돌연변이 대립인자를 가진 경우 **3.** 원발암유전자에 암 유발 돌연변이가 생기면 유전자 산물은 과도 활성을 띠게 되고, 종양억제유전자의 암 유발 돌연변이는 일반적으로 유전자 산물의 기능을 소실시킨다.

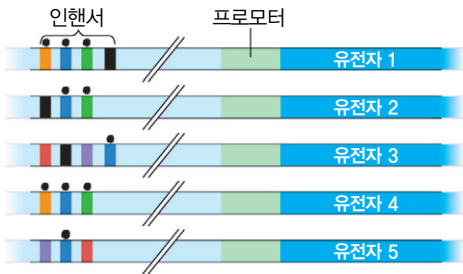
자기 확인 퀴즈

1. a.



보라, 파랑, 빨강 활성화인자 단백질이 존재할 것이다.

b.



유전자 4만이 전사될 것이다.

c. 신경세포에는 오렌지, 파랑, 녹색, 검정 활성화인자가 존재할 것이며, 유전자 1, 2 및 4의 전사를 촉진시킬 것이다. 피부세포에는 빨강, 검정, 보라, 파랑 활성화인자가 존재할 것이며, 유전자 3과 5를 활성화시킬 것이다.

19장

그림 문제

그림 19.2 베이링크는 그 물질은 식물이 생산한 독소로 여과지를 통과할 수

있으나 점점 더 희석되는 것으로 결론을 내렸을 가능성이 있다. 이 경우라면 그 전염성 물질은 증식할 수 없다고 결론지었을 것이다. **그림 19.4** 위의 세로 화살표: 감염. 왼쪽 위 화살표: 복제. 오른쪽 위 화살표: 전사. 오른쪽 중간 화살표: 번역. 아래 왼쪽 및 오른쪽 화살표: 자가조립. 아래 중간 화살표: 방출 **그림 19.7** 독감바이러스, 홍역바이러스, 유행성이하선염바이러스 등의 V형 바이러스.

개념 확인 문제 19.1

1. TMV 바이러스는 한 분자의 RNA가 나선형 배열을 한 단백질로 둘러싸인 구조를 한다. 독감바이러스는 8개의 RNA 분자가 나선형 배열을 한 단백질로 둘러싸여 있다. 독감바이러스가 외피를 지니는 것이 또 다른 차이점이다. **2.** 바이러스를 무생물로 간주해야 한다는 논거 가운데 하나는 숙주세포 안에 존재하지 않는 한 살아 있는 생명체의 특성을 전혀 나타내지 않는다는 것이다. 그러나 숙주 밖에서도 바이러스가 자신의 형태를 변화시킬 수 있다는 사실은 이런 논거를 반박하는 근거가 될 수 있다. (연구 결과 이 바이러스의 뾰족한 외부구조는 특정한 조건에서 저절로 중합될 수 있는 중간섬유와 비슷한 단백질을 포함한다는 것이 알려졌다.)

개념 확인 문제 19.2

1. 용균성 파지는 항상 숙주를 파괴하지만 용원성 파지는 숙주를 파괴하거나 숙주 염색체로 삽입될 수도 있다. 숙주 염색체로 바이러스 DNA가 삽입되는 경우 삽입된 바이러스 DNA(프로파지)는 숙주 염색체의 일부로 복제된다. 특정한 조건에서 프로파지는 숙주 염색체에서 절제되어 새로운 용균성 생활사를 시작한다. **2.** 이들 바이러스의 유전물질은 RNA로 바이러스 유전자에서 생성하는 효소에 의해 감염된 세포 내부에서 복제된다. 바이러스 유전체(또는 여기서 합성된 상보가닥)는 바이러스 단백질 합성을 위한 mRNA로 작용한다. **3.** 이 바이러스가 RNA 유전체에서 DNA를 합성하기 때문이다. 이는 DNA에서 RNA로 정보가 전달되는 방향과 역(retro) 방향이다. **4.** 여러 단계에서 억제될 수 있다: 세포에 바이러스가 결합하는 단계, 역전사효소의 기능, 숙주세포 염색체로의 삽입, 유전체 합성(이 경우 삽입된 프로바이러스에서의 RNA 전사), 세포 내에서 바이러스의 조립, 바이러스의 방출. (이 단계 전부는 아니지만 이들 가운데 많은 부분이 실제 HIV에 감염된 사람들에게서 감염의 진행을 막기 위한 신약의 표적이 되고 있다.)

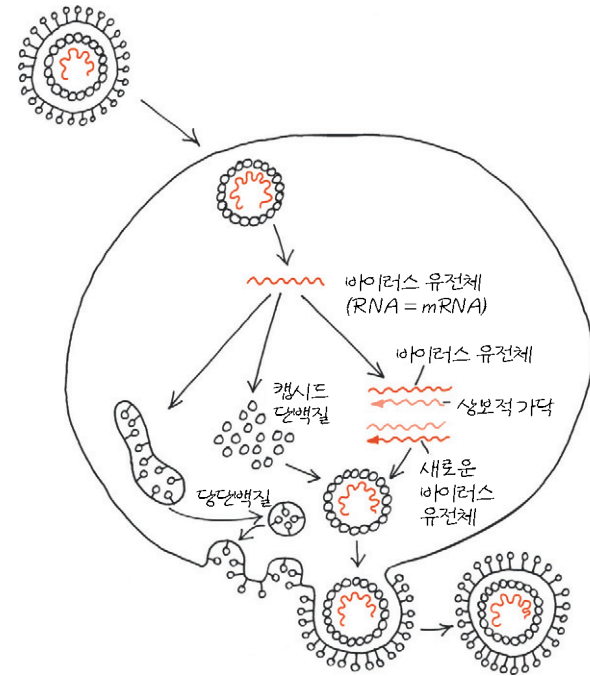
개념 확인 문제 19.3

1. 돌연변이는 동물이 원래의 균주에 감염된 적이 있더라도 면역계가 더 이상 이 바이러스에 효과적으로 대응할 수 없는 형태의 새로운 바이러스 균주를 생성할 수 있다. 아주 적은 수의 바이러스가 존재하더라도 숙주 집단이 조밀하면 전파가능하다. **2.** 수평적 전파에서 식물은 초식동물이 손상을 가한 표피세포 등을 통해 외부에서 들어온 바이러스에 감염된다. 수직적 전파에서 식물은 감염된 종자(유성생식의 경우)나 감염된 개체의 껍짓이(무성생식의 경우) 등으로 부모 개체에서 다음 세대로 바이러스가 전달된다. **3.** 인간은 TMV에 감염되는 숙주범위에 들어 있지 않아서 이 바이러스에 감염될 수 없다. **4.** 기존의 바이러스 균주가 사람에게서 사람으로 옮겨지지 않기 때문에 항공여행이 바이러스 전파를 촉진한다고 보기는 어렵다. 그러나 아시아에서 여행을 하다 바이러스 균주를 지니게 된 사람이 아프리카와 유럽에서 조류에 이 바이러스를 옮길 가능성을 생각할 수 있기는 하지만 이 또한 가능성이 희박하다. 바이러스에 감염된 야생 철새가 이동하면서 바이러스를 새

로운 지역의 텃새나 철새에 퍼뜨린다는 가설이 가장 설득력 있는 상황이다. 이러한 철새를 잡아 이들이 감염된 바이러스 유전체의 뉴클레오타이드 서열을 바탕으로 아프리카 또는 유럽형 균주가 존재하는지 확인한다면 이를 검증할 수 있다.

자기 확인 퀴즈

1. 아래 그림처럼 상보적인 RNA 가닥을 합성하지 않고도 바이러스 유전체에서 직접 캡시드 단백질과 외피의 당단백질이 합성될 수 있다. 그러나 상보적인 RNA 가닥도 여전히 만들어지는데 이들 상보적 가닥이 주형으로 작용하여 새로운 바이러스 유전체가 많이 복제될 수 있다.



20장

그림 문제

그림 20.3

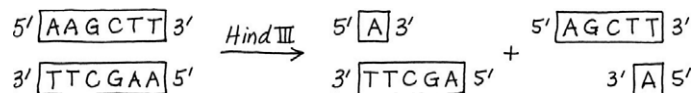
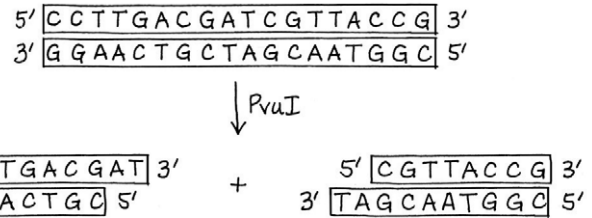


그림 20.4 플라스미드를 가지고 있지 않은 세포가 자란다. 이러한 세포들은 *lacZ* 유전자가 제대로 기능을 발휘하지 못하기 때문에 하얀색의 콜로니로 자란다. 그림 20.10 각각의 클론을 가지고 있는 세포를 배양한다. 플라스미드를 분리하고 클론할 때 사용했던 제한효소로 플라스미드를 절단한다. DNA를 전기영동한 후 겔에서 원하는 DNA를 추출한다. 그림 20.16 연구자들은 분화된 세포는 비가역적으로 변하기 때문에 식물에서 한 종류의 조직만 만들 수 있는 것으로 결론 내릴 것이다. 그림 20.17 이식된 핵을 가진 알들 모두 올챙이로 발생되지 않을 것이다. 또한 어떤 핵이 이식되었는가에

따라서 각각 다른 올챙이의 조직으로 분화될 것이다.

개념 확인 문제 20.1

1. DNA 가닥의 당-인산 공유결합 2. 예. *PvuI*은 DNA를 다음과 같이 절단할 것이다.



3. 많은 인간 유전자들은 그 크기로 인하여 세균 플라스미드에 클론될 수 없다. 진핵세포와는 다르게 세균세포는 RNA 전사 프로세싱을 할 수 없다. 뿐만 아니라 RNA 전사 프로세싱이 이미 진행된 cDNA를 사용했을 경우에도 세균세포는 진핵세포에 존재하는 번역후 과정에 관여하는 효소를 가지고 있지 않다. 4. 5'-CGGT-3'와 5'-CCTT-3'

개념 확인 문제 20.2

1. 유전체 DNA는 많은 제한효소자리를 가지고 있기 때문에, 제한효소를 처리하고 전기영동하면 몇 개의 밴드가 아닌 겔상에 퍼져 있는 수많은 밴드의 형태로 보인다. 2. 서던 블롯팅, 노던 블롯팅, 마이크로어레이에서 방사능으로 표지된 핵산탐침은 목적유전자와 상보적으로 혼성화된다(서던 블롯팅과 마이크로어레이에서는 DNA-DNA, 그리고 노던 블롯팅에서는 DNA-RNA 혼성화가 된다). DNA 염기서열분석에서 시발체는 주형과 염기결합을 하고, RT-PCR에서 시발체는 목적유전자와 염기결합을 한다. 3. 어떤 점이 초록색이면 그 점 유전자들은 정상 조직에서 발현된다. 점의 색깔이 빨간색이면 그 유전자들은 암세포 조직에서 발현된다. 노란색의 점은 양쪽 조직에서 다 발현되는 유전자를 뜻하고 검은 점은 어느 조직에서도 발현되지 않다는 것을 의미한다. 초록색이나 빨간색 점 유전자들은 암과 관련되어 있을 것이다. 이러한 유전자의 일부는 암 발생에 관여되어 있을 수 있고 다른 유전자들은 암이 생성되어 그 결과로 발현된 유전자일 수 있다.

개념 확인 문제 20.3

1. 아니오. 환경 여건이 모두 같을 수 없기 때문에. 2. 소장세포 핵의 염색질의 변형과 수정된 알에서 추출된 핵의 염색질의 변형된 정도가 서로 다르다. 이것은 왜 소수의 핵만 재프로그래밍 능력이 있는지를 설명하고 있다. 그러나 4세포 배아세포는 수정된 알과 비교하여 염색질 변형이 크게 다르지 않아 발생 과정을 프로그래밍할 수 있다. 3. 1차적으로 인체에서 iPS 세포를 생성할 수 있는 기술이 개발되어야 한다. 다음으로 iPS 세포를 이차세포로 분화될 수 있는 조건이 규명되어야 한다.

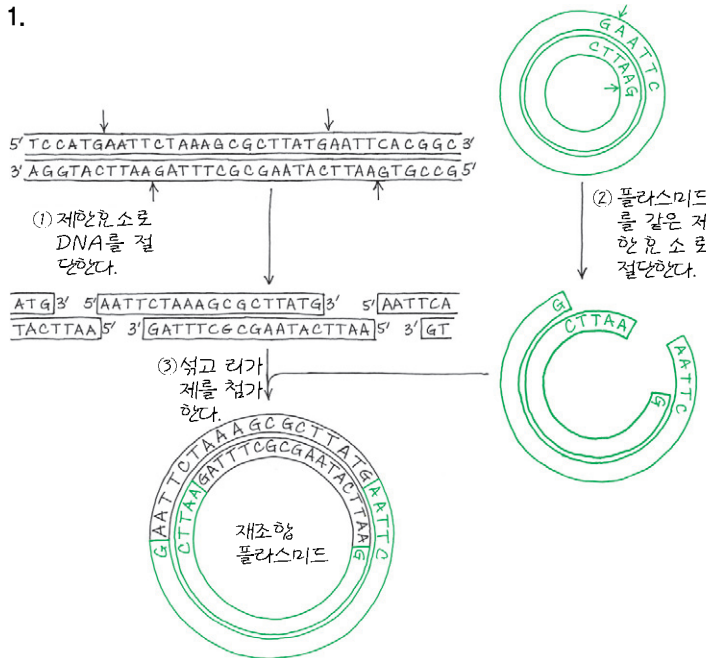
개념 확인 문제 20.4

1. 줄기세포는 계속적으로 분열하여 많은 세포나 조직을 재생할 수 있다. 2. 해충이나 제초제에 대한 저항력을 가지고 있거나, 익어가는 것을 늦추거나, 영양학적인 가치를 높이는 것. 3. A형 간염바이러스는 RNA 바이러스이기 때문에 혈액에서 RNA를 추출하고 다음 세 가지 방법 중 하나를 사용하여 A형 간염바이러스 RNA를 찾아낼 수 있다. 첫째로 RNA를 전기영동한 후 노

던 블롯팅한다. A형 간염바이러스 유전체에 상보적인 탐침으로 혼성화 실험을 수행한다. 두 번째 방법으로는 역전사효소를 사용하여 RNA로부터 cDNA를 합성하고 전기영동한다. 서던 블롯팅을 하고 같은 탐침으로 혼성화 실험을 수행한다. 세 번째 방법으로는 좀 더 정교한 RT-PCR을 사용하는 것이다. cDNA를 합성한 후 A형 간염바이러스 유전체에 존재하는 염기서열로 시발체를 만들어 PCR을 수행하여 전기영동으로 밴드의 유무를 확인한다. 밴드가 존재하면 가설이 맞다는 것을 증명한다.

자기 확인 퀴즈

1.



2. cDNA 도서관, 크리스탈린 mRNA를 다량으로 발현하는 인간 렌즈세포에서 mRNA를 분리하여 cDNA 도서관을 제조한다.

21장

그림 문제

그림 21.3 이 그림의 2단계에 있는 조각들은 그림 21.2 2단계의 조각들과 비슷한 것들이지만 그 배열이 알려져 있지 않은 것들이다. 그 배열은 나중에 컴퓨터로 정하게 될 것이다. 그림 21.2의 조각들의 정렬은 전체 서열이 결정되기 전에 이미 정해지는 것이다. **그림 21.9** 트랜스포존이 복제되지 않고 원래의 위치에서 잘려 나와 (a) 부위는 트랜스포존이 빠져나간 후의 염기서열만 가질 것이다. **그림 21.10** 전사되는 RNA 전사물의 길이가 왼쪽에 오른쪽으로 가면서 길어져 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 RNA 중합효소가 왼쪽에서 오른쪽으로 진행함을 알 수 있다. **그림 21.13** 가유전자는 기능이 없다. 이러한 유전자는 복제된 두 번째 유전자에 돌연변이가 생겨 만들어질 수 있다. **그림 21.14** 전이성 인자(TE)가 EGF 모티프 엑손의 왼쪽 인트론에 존재하고 동일한 TE가 프로로벡틴 유전자의 F 엑손의 왼쪽 인트론에 있다고 하자. 감수분열의 과정에서 이들 TE들이 비시스터 염색체 간의 쌍을 부정확하게 할 수 있고, 그 결과는 한 유전자는 F 엑손 뒤에 EGF 모티프를 가지도록 만들어질 수 있을 것이다. 여러 세대 동안의 실수가 쌓이게 되면 이들 두 엑손이

유전자의 다른 부분과 분리되어 하나 또는 중복된 K 엑손 뒤에 위치하게 될 수도 있다. 일반적으로 반복서열이 인트론이나 유전자 사이에 존재하면 이런 과정이 더 잘 일어날 수 있다. 왜냐하면 비시스터 염색체 간의 쌍형성이 부정확해져 새로운 엑손 조합을 만들기 쉽기 때문이다. **그림 21.16** 인간과 침팬지의 FOXP2 단백질의 아미노산이 얼마나 다른지, 그리고 그 차이가 실제로 기능적으로 중요한가를 알아내는 것이 중요할 것이다. 우선 사람의 돌연변이 중 언어능력을 상실하게 하는 FOXP2 유전자의 변이를 확인하고 이 변이가 침팬지와 사람의 차이를 보이는 아미노산과 같다면 즉시 이 아미노산이 정말 중요한 역할을 가지고 있음을 결론내릴 수 있을 것이다. 또한 침팬지와 사람의 비교 이외에도 침팬지와 생쥐의 FOXP2 아미노산 서열을 비교하여 이들 간의 유연성의 차이와 어떤 아미노산의 차이를 보이는지를 조사하면 다른 정보를 얻을 수 있을 것이다. 실제로 침팬지와 사람은 2개의 아미노산만 다르고, 침팬지와 생쥐는 하나의 아미노산에서만 다르다. 인간과 생쥐는 3개의 아미노산에서 다르다.

개념 확인 문제 21.1

1. 연관지도에서는 유전자와 마커들이 상대적인 위치에 배열되고 그들 간의 거리는 상대적인 수치이다. 물리적 지도에서는 이들 사이의 거리를 정확한 염기쌍 수로 알 수 있게 된다. 2. 인간유전체 프로젝트에서 활용한 3단계 전략은 유전적 지도 작성, 물리적 지도 작성, 그리고 염기서열 결정의 순서대로 진행되었다(그림 21.2). 산탄총식 방법은 중복되는 작은 크기의 많은 수의 DNA 조각을 무작위로 염기서열 분석한 후 소프트웨어로 중복된 부위를 찾아내는 등의 방법으로 정렬하는 순서로 진행되었다(그림 21.3). 3. 두 생쥐 종은 아주 가까운 종들이므로 유전체도 비슷한 것으로 예상할 수 있다. 이런 경우에는 들쥐의 유전체 조각을 이미 정렬되어 있는 생쥐 유전체서열과 비교하여 조각들의 DNA를 정렬할 수 있게 된다. 즉, 실험실의 생쥐 유전체 정보가 들쥐의 유전자 정보 분석을 위한 지도로 활용될 수 있다는 것이다.

개념 확인 문제 21.2

1. 인터넷으로 Genbank와 같은 데이터베이스나 BLAST와 같은 소프트웨어를 중앙관리할 수 있게 되었다. 중앙화된 데이터베이스에 모든 정보를 모아 두고 인터넷으로 누구나 접속 가능하게 함으로써 실수를 줄일 수 있고 서로 다른 데이터베이스를 사용하는 우를 피할 수 있다. 이런 방식으로 각자 자기만의 소프트웨어를 개발할 필요 없이 과학에 몰두할 수 있게 해준다. 정보의 제공과 오류의 정정 등이 적절한 방법으로 교정될 수 있다. 다른 많은 답이 가능함. 2. 암은 다인자성 질병이다. 한 유전자 또는 결합에 집중하다 보면 다른 요인들을 무시하는 우를 범할 수 있다. 시스템적 접근방법으로는 동시에 많은 요인들을 고려하므로 암의 원인과 치료제 개발에 가장 적절한 방법의 하나가 될 수 있다. 3. DNA 서열을 분석하여 돌연변이를 찾는 작업을 할 수 있다. 암호화 부위에 있을 수도 있고 유전자 발현과 관련 있는 프로모터나 인트론에 있을 수도 있다. 단백질 데이터베이스를 통해 비슷한 단백질의 알려진 기능을 찾아본다. 비슷한 단백질이 특정 기능을 하는 것으로 알려져 있다면 자신의 단백질도 그 기능을 하고 있을 가능성이 높다. 또는 생화학적 방법으로 단백질 기능을 조사할 수도 있다.

개념 확인 문제 21.3

1. 교대 스플라이싱과 단백질의 합성 후 변형. 2. 완료된 유전체의 수는 "Published Complete Genome"을 클릭하여 확인할 수 있다. Ongoing

genome에서 세균, 고세균, 진핵류의 수를 합하면 진행 중인 유전체의 수를 구할 수 있다. 각 도메인의 완료된 유전체 수를 확인하려면 “Published Complete Genomes” 페이지의 맨 윗부분을 보면 된다. **3.** 원핵세포는 진핵 세포보다 크기가 작다. 그리고 대부분 이분법으로 분열한다. 이 과정에 관여된 진화 과정은 빠르게 증식하는 세포들에 대한 자연선택이라 할 수 있다. DNA의 양이 적을수록 복제의 시간이 많을 것이고 따라서 빨리 증식할 수 있다.

개념 확인 문제 21.4

1. 포유류의 유전자수가 많고 비암호화 DNA의 양도 많다. 인트론의 존재로 인해 유전자가 원핵세포의 유전자보다 크다. **2.** 인트론은 암호화 부위에 흩어져 있다. 전이성 인자는 많은 수가 전체 유전체에 흩어져 있다. 단순 반복 서열은 중심체와 텔로미어에 집중되어 분포한다. **3.** rRNA 유전자군에서는 세 개의 서로 다른 RNA를 암호화하고 있는 동일한 전사 단위가 길게 직렬식으로 연결되어 있다. 많은 수의 rRNA 유전자로 인해 단백질 합성에 필요한 충분한 양의 리보솜을 합성할 수 있는 양의 rRNA를 전사해 낼 수 있다. 하나의 전사 단위로 되어 있어서 각 RNA의 상대적인 양은 일정하게 유지할 수 있다. 각 글로빈 유전자군은 동일하지 않은 소수의 유전자들로 구성되어 있다. 서로 다른 모양의 글로빈을 만들 수 있게 되어 발생단계의 생리적 환경에 잘 맞는 글로빈 단백질을 생산할 수 있게 한다. **4.** 먼저 염기서열을 아미노산 서열로 바꾸어 다수의 단백질 합성 정지 코돈이 노던 교잡실험이나 *in situ* 교잡 실험으로 존재하는지 확인해 볼 수 있다. 다음으로는 이 유전자가 실제로 발현되는가를 조사할 수 있다.

개념 확인 문제 21.5

1. 감수분열이 완전히 잘못되면, 전체 유전체의 두 배가 한 세포에 들어갈 수 있다. 교차에 오류가 생기면 염색체의 일부가 중복 또는 결실될 수 있다. DNA 합성 과정에서 오류가 생기면 작은 부위의 중복이 생길 수 있다. **2.** 두 유전자 공히 감수분열 과정에서 교차의 오류로 인해 특정 엑손 부위가 중복되는 결과를 초래했을 수 있다. 이러한 과정이 반복해서 일어나면 특정 엑손이 여러 개 반복해서 있게 된다. **3.** 전이성 인자의 서열 유사성과 이들이 전체 유전체에 퍼져 있다는 사실로 인해 서로 다른 염색체 간의 교차가 가능해진다. 전이성 인자가 유전자 중간에 끼어 들어가면 유전자의 발현에 변화를 일으킬 수 있다. 전이성 인자 속에 유전자가 들어 있을 수도 있다. 엑손을 전이성 인자가 이동하면 같이 이동시키게 되면 특정 엑손이 더해진 새로운 단백질 유전자를 만들 수도 있다. **4.** 이 역위를 가지는 여자들이 자손을 많이 가지게 되어 집단 속에서 남을 뿐 아니라 그 수가 늘어날 것이다.

개념 확인 문제 21.6

1. 인간과 꼬리짧은원숭이는 유인원류이고 따라서 이들 간의 유전체 유사성이 생쥐에 비해 높을 것이다. **2.** 호메오틱 유전자는 호메오박스 이외의 서열에서 차이를 보이는데 이들이 호메오틱 유전자 산물과 다른 전사인자와의 결합 정도를 다르게 할 수 있다. 따라서 이들이 조절하는 하위 유전자들도 달라질 것이다. **3.** *Alu* 인자는 인간 유전체 속에서 어떤 이유에서든 더 활발히 이동했을 것으로 짐작된다. 이들로 인해 더 많은 교차 오류를 유발할 수 있었을 것으로 보인다.

자기 확인 퀴즈

1. ATETI...PKSSD...TSSIT...NARRD
2. ATETI...PKSSD...TSSIT...NARRD
3. ATETI...PKSSD...TSSIT...NARRD
4. ATETI...PKSSD...TSSNT...SARRD
5. ATETI...PKSSD...TSSIT...NARRD
6. VTETI...PKSSD...TSSIT...NARRD

- a. 1, 3, 5번이 C, G, R이다.
- b. 4번이 인간 서열이다
- c. 6번이 오랑우탄 서열이다
- d. 생쥐(2번)와 C, G, R과는 하나의 아미노산의 차이를 보인다. 생쥐와 인간 사이에는 3개의 아미노산 차이가 있다.
- e. 생쥐와 C, G, R종이 나누어진 후 6,000만~1억 년 사이에 오직 하나의 아미노산 변화만 있었다. 그런데 침팬지와 인간 사이에는 2개의 아미노산 변화가 생겼다는 것은 놀라운 일이다. 왜냐하면 이 두 종이 나누어진 것은 불과 600만 년 전이기 때문이다. 따라서 *FOXP2* 유전자는 인간 유전체에서 훨씬 빠른 속도로 진화한 유전자라고 할 수 있다.

22장

그림 문제

그림 22.8 550만 년 전 이상. **그림 22.13** 구피 물고기를 도입했던 원래의 물웅덩이에는 구피 성체를 잡아먹는 강력한 포식자로 파이크-시클리드가 살고 있다. 이 물웅덩이에서 밝고 화려한 색을 가진 수컷 성체는 불리할 것이다. 그러므로 구피 개체군을 원래의 물웅덩이로 재도입하면 이 개체군의 몸색은 점차 단조롭게 변할 가능성이 있다. **그림 22.19** 이 계통수에 근거하면 악어는 도마뱀과 공통조상(조상④번)을 공유하는 것보다 조류와 더 최근의 공통조상(조상⑤번)을 공유하기 때문에 도마뱀보다 조류에 더 가까운 유연관계를 가지고 있다.

개념 확인 문제 22.1

1. 휴튼과 라이엘은 과거의 사건들도 오늘날에 작동하는 똑같은 과정들에 의해서 일어난다고 제안하였다. 이 원리는 당시 널리 받아들여졌던 몇 천 년밖에 안 되는 지구의 나이가 훨씬 더 오래됐다는 것을 시사한다. 또한 지질적인 변화가 점진적으로 일어난다는 휴튼과 라이엘은 생각은 다윈으로 하여금 화석기록에 남아 있는 심대한 변화들이 궁극적으로는 작은 변화들의 느린 축적에 의해서도 가능하다는 추론을 하게 촉진하였다. 이러한 맥락에서 다윈에게 지구의 나이는 중요했는데, 왜냐하면 지구가 오래되지 않았다면 어떻게 진화가 그토록 충분치 않은 시간에 일어났을 수 있는지 상상할 수 없었기 때문이다. **2.** 이 기준들을 따르면, 화석기록에 대한 큐비에의 설명과 진화에 대한 라마르크의 가설은 둘 다 과학적이다. 큐비에는 격변과 그 결과 생긴 멸종은 대개 한 지역에 국한되며, 그리고 그러한 지역은 나중에 다른 지역에 살던 다른 종류의 종들이 이주해 와 정착하여 살게 된다고 제안하였다. 이 주장들은 화석기록을 통해 시험해 볼 수 있다(이 주장들은 거짓으로 밝혀졌다). 라마르크에 관련되어, 그의 용불용설 원리는 새로운 서식지에 적응한 고래

의 조상들과 같은 그룹의 화석에 대하여 시험해 볼 만한 예측을 하는 데 사용될 수 있다. 획득형질의 유전이라는 라마르크의 원리는 살아 있는 생물들에서 직접적으로 시험해 볼 수 있다(그것은 거짓으로 밝혀졌다).

개념 확인 문제 22.2

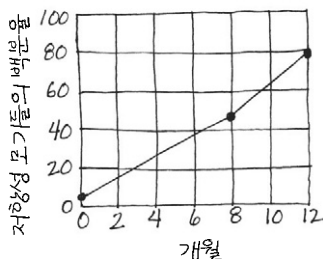
1. 생물은 그들의 공통조상을 공유하기 때문에 특징들을 공유한다(생명의 통일성). 생명의 다양성은 어느 조상들로부터 내려온 후손종들이 다른 환경에서 서서히 적응하고 그래서 조상과는 달라지는 경우에 새로운 종으로 생겨나는 일이 반복적으로 일어나기 때문에 일어난다. 2. 모든 종은 환경이 부양할 수 있는 수보다 더 많은 수의 자손을 생산하는 잠재성을 가지고 있다(과잉생산). 이것은 다윈이 얘기한 “생존 경쟁”, 즉 많은 수의 자손이 잡아먹히고, 굶고, 병에 걸리거나 또는 다른 많은 이유로 번식을 할 수 없게 되는 것이 일어나리라는 것을 확실하게 한다. 집단 안의 구성원들은 유전되는 변이가 나타내는 어떤 범위를 보여주는데, 이들 변이의 일부를 가진 어떤 개체들은 다른 개체들보다 더 많은 수의 자손을 남기게 할 수도 있다(예를 들어, 일부는 포식자를 효과적으로 잘 피한다거나, 어떤 물리적 환경 조건에 더 큰 내성을 가질 수 있다). 시간이 지나면서 포식자, 먹이 부족, 물리적 환경 조건 등과 같은 요인들에 의해 부과되는 자연선택은 개체군 안에서 선호될 수 있는 형질들을 가진 개체들의 비율을 증가시킬 수 있다(진화적 적응). 3. 그 포유류 화석종(또는 그것의 조상종)은 남미 대륙의 안데스 산맥에 정착했었을 것인 반면, 아프리카 산에서 현재 발견되고 있는 포유류의 조상들은 아프리카 다른 장소에서부터 이 산들로 이주해 와 정착했었을 것이다. 그 결과 안데스 산맥의 화석종은 아프리카 포유류보다 남미 포유류와 더 최근의 공통조상을 공유하고 있을 것이다. 그러므로 많은 종류의 형질에 대해서, 그 화석 포유류 종은 아마도 아프리카 산에 사는 포유류에 비해서 남미 정글에 사는 포유류들에 더 가깝게 닮았을 것이다.

개념 확인 문제 22.3

1. 약물과 같은 하나의 환경적 요인이 약물저항성과 같은 새로운 형질을 창조하는 것이 아니라, 그 집단 안에 이미 존재하던 형질들 가운데서 약물저항성 같은 형질을 선택하는 것이다. 2. (a) 서로 다른 포유류의 앞(팔)다리는 비록 기능은 다름에도 불구하고 그들의 공통조상이 가지고 있던 구조의 변형된 형태를 나타내는 것이기 때문에 구조가 비슷하다. (b) 수렴진화: 서로 다른 조상을 가지고 있음에도 불구하고, 슈거 글라이더(sugar glider)와 날다람쥐 사이의 유사성은 비슷한 환경에서 비슷한 적응이 선택되었음을 나타낸다. 3. 공룡이 기원하던 때에 지구의 땅덩어리는 단일한 거대 대륙, 판게아를 형성하였다. 많은 공룡들이 크고 또 운동성이 있었기 때문에, 이들 그룹의 초기 구성원들은 판게아의 여기저기 다른 곳에서 살았을 것이다. 판게아가 분리되었을 때, 이 생물들의 화석은 그것들이 문헌 암석과 함께 이동했을 것이다(이 예측은 뒷받침 받았다).

과학적 탐구

2. (a)



(b) DDT에 저항성을 갖는 모기 비율의 급상승은 저항성이 있는 모기들은 생존하여 번식할 수 있지만 저항성이 없는 모기들은 불가능하므로 자연선택에 의한 것일 가능성이 가장 높다. (c) DDT 저항성이 최초로 나타난 인도에서는 자연선택이 시간이 지나면서 저항성 모기들의 빈도를 높였을 것이다. 만약 그런 후 저항성 모기들이 인도에서 세계 다른 지역으로 이주하였다면 (예를 들어, 바람이나 비행기, 열차 또는 배로 옮겨짐), DDT 저항성 빈도는 인도와 마찬가지로 다른 곳에서도 증가했을 것이다.

23장

그림 문제

그림 23.7 예상되는 빈도는 $C^R C^R$ 유전자형 36%, $C^R C^W$ 유전자형 48%, 그리고 $C^W C^W$ 유전자형 16%이다. **그림 23.12** 그와 같이 우세한 바람의 변동은 광산의 토양에 있는 식물의 대립유전자 이동(유전자 흐름)을 화살표로 표시된 곳에 사는 식물 쪽으로 증가시킬 것이기 때문에, 이 변화는 그 지역(화살표로 표시) 식물의 구리내성 지수를 높일 것이다. **그림 23.16** 한 암컷의 난자들을 SC와 LC형 수컷의 정자 둘 다와 교배시키는 것은 다음 세대에 수컷이 기여하는 효과를 연구자들이 직접적으로 비교할 수 있게 하는데, 왜냐하면 양쪽 자손들이 동일한 모계로부터 기여 받았기 때문이다. 수컷의 효과를 분리한 이것은 연구자들이 SC와 LC형 수컷의 유전적 질 차이에 대한 결론을 이끌어 낼 수 있게 하였다. **그림 23.18** 그 연구자들은 각각의 표현형을 가진 집단내 생식에 참여하는 성체들 가운데서 성공적으로 번식한 성체들의 백분율을 측정하였다. 선택으로 어떤 표현형이 선호를 받았는지를 결정하는 이 접근방식은 번식이 상대적 적응도(예를 들어, 낳은 알의 수 또는 부화한 자손수를 세는 것에 반대되게)의 충분한 표식이라는 점과 입 표현형이 물고기들의 번식 능력을 결정하는 동력이라는 점을 가정한다.

개념 확인 문제 23.1

1. (a) 한 집단 안에서 개체들 사이의 유전적 차이는 자연선택과 다른 기작들이 작용할 수 있는 원재료를 제공한다. 이러한 차이가 없다면 대립유전자 빈도는 시간이 지나도 변하지 않을 것이다. 따라서 그 집단은 진화할 수 없을 것이다. (b) 만약 서로 다른 집단들이 다른 환경적 조건을 경험하게 되면, 집단들 사이의 유전적 변이가 자연선택에 의해서 일어날 수 있다. 집단들 사이의 유전적 차이가 선택적으로 중립일 경우, 집단들 사이의 유전적 변이는 유전적 부동에 의해서도 일어날 수 있다. 2. 많은 돌연변이는 배우자 세포를 만들지 않는 체세포에서 발생하며 그렇기 때문에 개체가 죽을 때 소실된다. 배우자 세포를 만드는 세포주에서 발생한 돌연변이들 가운데 또 많은 수는 자연선택이 작용할 수 있는 표현형에 영향을 주지 못한다. 다른 일부는 해로운 영향을 가지고 있기 때문에 빈도가 늘어날 가능성이 없다. 이유는 그 돌연변이들을 가지고 있는 개체들의 번식성공도를 낮추기 때문이다. 3. 유전적 변이는 (유전자 수준에서 또는 뉴클레오타이드 서열 수준에서 측정되든) 시간에 따라 아마 낮아질 것이다. 감수분열 동안 교차와 독립적 염색체 분리는 많은 새로운 대립유전자 조합을 만들어 낸다. 덧붙여, 한 집단은 상당히 많은 짝짓기 조합들을 가지고 있고, 수정은 서로 다른 유전적 배경을 가진 개체들의 배우자들을 합친다. 그리하여 교차, 독립적 염색체 분리, 그리고 수정을 통하여 유성생식은 매 세대마다 대립유전자들을 새로운 조합으로 다시 섞는다. 유성생식이 없다면 유전적 변이의 새로운 출처는 줄어들 것이며 전체 유

전적 변이의 양을 떨어뜨릴 것이다.

개념 확인 문제 23.2

1. 750. 유전자 좌위의 절반(250)이 고정되었으며, 이는 이들 각각의 유전자 좌위에서 오직 하나의 대립유전자만이 존재한다는 것을 의미하기 때문에, $250 \times 1 = 250$ 이 된다. 나머지 다른 유전자 좌위에서는 각각 두 개의 대립유전자들이 존재하기 때문에, $250 \times 2 = 500$ 이 된다. 그러므로 $250 + 500 = 750$ 이다. 2. $p^2 + 2pq$; p^2 은 두 개의 A 대립유전자를 가진 동형접합자를 나타내고 $2pq$ 는 하나의 A 대립유전자를 가진 이형접합자를 나타낸다. 3. 이 집단에는 120개체들이 있으므로 240개의 대립유전자들이 있다. 이들 가운데 124개의 A 대립유전자가 있다(32개는 AA 유전자형 16개체로부터, 92개는 Aa 유전자형 92개체로부터). 그러므로 A 대립유전자의 빈도는 $p = 124/240 = 0.52$; 그리고 a 대립유전자는 $q = 0.48$. 하디-와인버그 방정식에 근거하여, 만약 이 집단이 진화하지 않았으면, AA 유전자형의 빈도는 $p^2 = 0.52 \times 0.52 = 0.27$; Aa 유전자형 빈도는 $2pq = 2 \times 0.52 \times 0.48 = 0.5$; 그리고 aa 유전자형의 빈도는 $q^2 = 0.48 \times 0.48 = 0.23$. 120개체로 구성된 이 집단에서 각 유전자형의 수는 AA형 32개체(0.27×120), Aa형 60개체(0.5×120), 그리고 aa형 28개체(0.23×120)로 예상된다. 이 집단의 실제 개체수(16 AA, 92 Aa, 12 aa)는 이와 같은 예상으로부터 벗어난다(예상에 비해서 동형접합자가 더 적고 이형접합자는 더 많음). 이것은 이 집단이 하디-와인버그 평형 상태에 있지 않으며 그러므로 진화하고 있음을 시사한다.

개념 확인 문제 23.3

1. 자연선택은 대립유전자 빈도들을 작위적으로 변경시킨다는 점에서 더 “예측 가능”하다. 자연선택은 어느 환경에서 개체들의 번식성공도를 증가시키는 대립유전자의 빈도를 증가시키는 경향과 개체들의 번식 성공을 줄이는 대립유전자들의 빈도를 줄이는 경향이 있다. 유전적 부동의 영향을 받는 대립유전자들은 우연성 한 가지에 의해서 빈도가 늘거나 혹은 줄어든다. 2. 유전적 부동은 세대에서 세대로 전해가는 동안 대립유전자 빈도가 우연에 따른 변화를 받아서 일어나며, 시간이 지남에 따라 변이를 감소시키는 경향을 나타낸다. 유전자 흐름은 집단들 사이에서 대립유전자들이 교환되는 것인데, 새로운 대립유전자들을 어떤 집단에 도입할 수 있으므로 이 집단의 유전적 변이를 증가시킬 수 있는 과정이다(유전자 흐름의 비율이 종종 낮기 때문에 그 정도는 조금이긴 하지만). 3. 선택은 이 유전자 좌위에서 중요하지 않다. 더군다나 집단들은 상당히 크기 때문에 유전적 부동의 효과는 두드러질 수 없다. 유전자 흐름은 꽃가루와 씨앗의 이동을 통해 일어나고 있다. 그러므로 이들 집단에서 대립유전자와 유전자형 빈도들은 시간이 지나면서 유전자 흐름의 결과에 의해 더 비슷해져 갈 것이다.

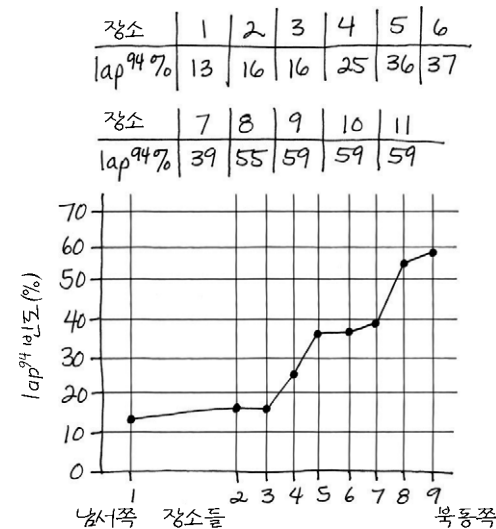
개념 확인 문제 23.4

1. 영(0). 적응도는 다음 세대에 대한 번식 기여를 의미하는데, 불임 노새는 자손을 낳을 수 없기 때문이다. 2. 비록 유전자 흐름과 유전적 부동 둘 다 한 집단 안에서 이로운 대립유전자들의 빈도를 증가시킬 수 있어도, 그것들은 또한 이로운 대립유전자들의 빈도를 감소시킬 수도 있으며, 혹은 해로운 대립유전자들의 빈도를 증가시킬 수도 있다. 오직 자연선택만이 생존 또는 번식을 높이는 대립유전자들의 빈도를 일관되게 증가시킨다. 따라서 자연선택만이 일관되게 적응적 진화를 일으키는 유일한 기작이다. 3. 세 가지 자연선택 방식(방향성, 안정화, 분단성)은 서로 다른 유전자형들이 아니라 표현형

들이 나타내는 선택적 이익이라는 의미에서 정의되었다. 따라서 이형접합자 이익으로 표현되는 선택의 유형은 이형접합자들의 표현형에 의존한다. 이형접합성 개체들이 양쪽 동형접합자들보다 더 극단적인 표현형을 가지고 있기 때문에, 이 질문에서 이형접합자 이익은 방향성 선택을 나타낸다.

과학적 탐구

2. 대립유전자 lap^{94} 의 빈도는 롱아일랜드 해협을 따라서 남서쪽에서 북동쪽으로 가면서 증가하는 연속변이를 형성한다.



이 연속변이를 설명하고 또 질문에 언급된 관찰들을 설명하는 한 가지 가설은 연속변이가 선택과 유전자 흐름 사이의 상호작용에 의해서 유지된다는 것이다. 이 가설에서는 그 해협의 남서쪽 부근에서 염분 농도가 상대적으로 낮고 lap^{94} 대립유전자를 제거하는 자연선택이 강하다. 염분 농도가 상대적으로 높은 북동쪽 방향과 대양으로 이동하면서 선택은 높은 lap^{94} 대립유전자 빈도를 선호한다. 그러나 혼합 유생이 먼 거리를 이동하기 때문에 유전자 흐름은 lap^{94} 대립유전자가 대양에서 고정되는 것을 막거나, 롱아일랜드 해협의 남서 부근에서는 빈도가 줄어들어 영이 되는 것을 막는다.

24장

그림 문제

그림 24.3(집단 B의 일부 새에서 발견되는) 대립유전자 1은 집단 B에서 발견되는 다른 대립유전자들보다 집단 A에서 발견되는 대립유전자에 더 가까운 관계이다. 이것은 대립유전자 1이 파생된 조상 대립유전자가 집단 A에 있었다는 것을 뜻한다. 그러므로 유전자 흐름의 방향은 집단 A에서 집단 B로 이동한 것이다. **그림 24.9** 이런 변화는 집단 사이에 유전자 흐름이 증가하게 할 것이고, 생식적 격리가 발생하기 더욱 어렵게 할 것이다. **그림 24.12** 그런 결과는 색에 근거를 둔 교배짝 선택이 두 시클리드 종 사이에서 생식적 장벽으로 작용하지 않는다는 것을 암시할 것이다. **그림 24.14** 과정의 현 시점에서 집단이 서로 막 갈라지기 시작하였을 뿐이기 때문에 기존의 생식 장벽이 시간이 지남에 따라 약화될 가능성이 크다. **그림 24.20** *M. lewisii*의 *yup* 대립유전자를 가지고 있는 *M. cardinalis*가 있으면 뱀벌이 두 파리 종

사이에서 꽃가루를 매개할 가능성이 더 커지게 할 것이다. 따라서 잡종 자손의 수가 늘어날 것으로 예상된다.

개념 확인 문제 24.1

1. (a) 생물학적 종 개념을 제외한 모든 종 개념이 생식하는 능력이 아닌 다른 특징에 근거하여 종을 규정하므로 무성생식과 유성생식의 종 모두에 적용될 수 있다. 반면에 생물학적 종 개념은 유성생식 종에만 적용 가능하다. (b) 야외 조사에서 가장 쉽게 적용할 수 있는 종 개념은 생물의 외형에만 기초하는 형태적 종 개념이다. 생태적 습성, 진화 역사와 생식에 대한 추가적인 정보가 필요 없다. 2. 새들이 포획되었을 때는 성공적으로 교배하기 때문에 자연에서 생식적 장벽은 접합 전일 것이다. 서식지 선호에 종 사이의 차이가 있다고 하면, 생식적 장벽은 서식지 격리일 가능성이 가장 크다.

개념 확인 문제 24.2

1. 이소 종분화에서는 부모종과 지리적으로 격리되어 있는 동안 새로운 종이 형성된다. 동소 종분화에서는 지리적 격리 없이 새로운 종이 형성된다. 지리적 격리는 집단 사이의 유전자 흐름을 상당히 감소시키는 반면에 실제 유전자 흐름은 동소에서 더 잘 일어난다. 따라서 동소 종분화가 이소 종분화보다 덜 흔하다. 2. 같은 지역에 살고 있는 한 집단의 부분 집단 사이의 유전자 흐름은 여러 가지 방식으로 줄일 수 있다. 일부 종에서, 특히 식물에서 염색체 수의 변화는 한 세대에 유전자 흐름을 막고 생식적 격리를 확립할 수 있다. 유전자 흐름은 (사과 과실 파리 *Rhagoletis*에서 본 대로) 서식지 분화와 (빅 토리아 호의 시클리드에서 본 대로) 성적 선택에 의해서도 줄일 수 있다. 3. 이소 종분화는 같은 크기의 격리된 섬에서보다 가까운 섬에서 일어날 가능성이 더 적을 것이다. 이런 결과를 예상하는 이유는 대륙 집단과 가까운 섬 집단 사이의 계속되는 유전자 흐름이 이소 종분화가 일어날 정도로 충분한 유전적 분기가 일어날 기회를 낮추기 때문이다.

개념 확인 문제 24.3

1. 잡종 지대는 다른 종의 구성원이 만나서 짝을 짓는 지역으로 조상이 혼합된 자손이 태어난다. 이런 지역은 과학자들이 생식적 격리가 생기게 하거나 생기지 못하게 하는 요인을 직접 관찰할 수 있기 때문에 종분화를 연구할 수 있는 “자연 실험실”이다. 2. (a) 잡종이 계속 생존하고 종내 교배의 자손에 비해 더 형편없이 번식한다면, 강화가 일어날 가능성이 있다. 그렇다면 자연 선택은 부모종 사이의 접합 전 생식 장벽이 시간이 지나면서 강화되게 할 것이고, 적응력이 낮은 잡종의 생산이 적어지게 하고 종분화를 완성하게 할 것이다. (b) 잡종 자손이 종내 교배의 자손과 마찬가지로 생존하고 번식한다면, 부모종 사이의 무차별적인 교배 때문에 많은 수의 잡종 자손이 생산될 것이다. 이런 잡종이 서로 그리고 두 부모종의 구성원과 교배를 하기 때문에 시간이 지나면서 부모종의 유전자 풀이 융합될 수 있고 종분화 과정이 되돌아갈 수 있다.

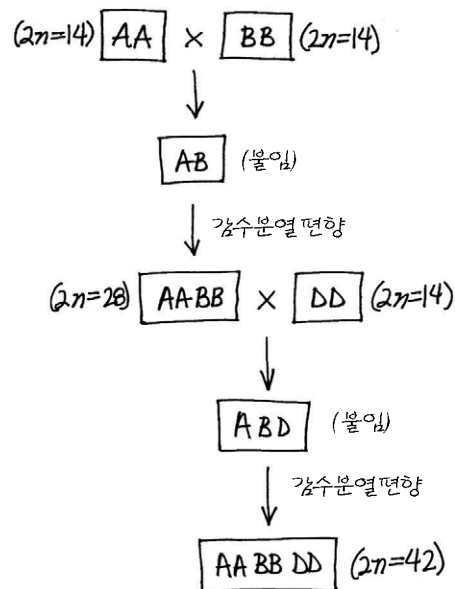
개념 확인 문제 24.4

1. 종분화 사건 사이의 기간에는 (1) 새로 형성된 종의 집단들이 생식적으로 분기되기 시작하기까지 걸리는 기간과 (2) 일단 분기가 시작될 후 종분화가 완료될 때까지 걸리는 기간이 있다. 비록 집단들이 일단 서로 분기하기 시작하면 종분화가 빠르게 일어날 수 있지만, 분기가 시작될 때까지는 수백만 년이 걸릴 것이다. 2. 연구자가 (꽃의 색에 영향을 주는) *yup* 좌위의 대립유전

자를 한 부모종에서 다른 부모종으로 전이하였다. *M. cardinalis*의 *yup* 대립 유전자가 있는 *M. lewisii*는 별새가 일상보다 훨씬 더 자주 방문하였다. 별새는 일반적으로 *M. cardinalis*의 수분을 매개하지만 *M. lewisii*는 피한다. 유사하게 *M. lewisii*의 *yup* 대립유전자가 있는 *M. cardinalis*는 텀벌이 일상보다 훨씬 더 자주 방문하였다. 텀벌은 일반적으로 *M. lewisii*의 수분을 매개하지만 *M. cardinalis*는 피한다. 따라서 *yup* 좌위의 대립유전자는 수분 매개자 선택에 영향을 줄 수 있다, 수분 매개자 선택은 이 종들에서 종간 교배의 1차적인 장애이다. 그렇지만 이 실험이 *yup* 좌위만으로 *M. lewisii*와 *M. cardinalis* 사이의 생식적 장벽을 조절한다는 것을 입증하지는 않았다. 다른 유전자가 (꽃색을 변경함으로써) *yup* 좌위의 효과를 촉진하거나 전혀 다른 생식적 장벽(예를 들어 생식세포 격리나 접합 후 장벽)을 불러일으킬 수도 있다.

과학적 탐구

2.



25장

그림 문제

그림 25.5 우라늄-238의 반감기가 45억 년이기 때문에 x 축은 4.5, 9, 13.5, 18로 다시 표기될 수 있다(단위는 10억 년). 그림 25.23 *Pitx1*의 유전부호가 있는 서열이 바다와 호수 집단 사이에 다를 것이지만, 유전자 발현의 양상은 다르지 않을 것이다.

개념 확인 문제 25.1

1. 초기 지구의 상태에서 무기 성분에서 유기분자가 합성될 수 있다는 가설. 2. 개방된 용액에서 분자가 무작위로 섞이는 것과는 대조적으로 분자를 막으로 분리하는 체제는 유기분자를 농축하여 생화학반응을 도와줄 수 있다. 3. 아니다. 그런 결과는 생명이 실험에서처럼 시작될 수 있을 것이라는 것을 보여줄 뿐이다.

개념 확인 문제 25.2

1. 22,920년(4번의 반감기: $5,730 \times 4$) 2. 화석 기록은 다른 시기에 다른 생물군이 지구의 생명을 지배했고 한 때 살았던 많은 생물이 지금은 멸종했다는 것을 보여준다. 이 점들의 특정 예는 그림 25.4에서 찾아볼 수 있다. 견치류(cynodont) 조상에서 포유류가 기원한 것을 기록한 화석으로 설명한 것처럼 기존의 생물의 점진적인 변형을 통해 새로운 생물군이 형성될 수 있다는 것도 화석 기록이 보여준다. 3. 그런 (가설적인) 화석생물이 발견된다면 포유류가 훨씬 더 최근에 기원했다(그림 25.6)고 생각되고 있으므로 포유류의 기원에 대해 현재 이해하고 있는 양상이 옳지 않다고 해야 할 것이다. 예를 들어, 그런 발견은 이전에 발견한 화석의 연대가 옳지 않거나 그림 25.6에 보여준 계통이 포유류와 특징을 공유하지만 직접적인 조상이 아니라는 것을 뜻할 것이다. 그런 발견은 알려진 화석 기록에서는 지지되지 않는 생각이지만 생물의 골격구조의 많은 측면에서 근본적인 변화가 갑자기 생길 수 있다는 것을 암시할 것이다.

개념 확인 문제 25.3

1. 자유 산소는 화학결합을 공격하고 효소 활성을 저해할 수 있고 세포를 손상시킬 수 있다. 2. 모든 진핵생물은 미토콘드리아나 그 잔존물을 가지고 있지만 모든 진핵생물이 색소체를 가지고 있지는 않다. 3. 오늘날 생물의 화석 기록은 (척추동물과 많은 해양 무척추동물과 같이) 단단한 신체 부위가 있는 많은 생물을 포함할 것이지만, 우리에게 아주 익숙한 일부 생물들이 포함되지 않을 수도 있다. 지리적 분포가 작거나 집단의 크기가 작은 생물(예를 들어, 코뿔소 5종 모두)을 예로 들 수 있다.

개념 확인 문제 25.4

1. 대륙 이동은 생물이 지리적으로 격리되는 정도는 물론 지구의 기후와 물리적 지형을 변경한다. 이런 요인들은 멸종과 종분화 속도에 영향을 미치기 때문에 대륙 이동은 지구생물에 중대한 영향을 끼친다. 2. 대멸종; 주요 진화적 실행; 다른 생물군의 다양화(새로운 먹이원이 될 수 있다); 경쟁종이 거의 없는 새로운 장소로 이주. 3. 화석이 재앙적인 사건 직후에 존재해야만 한다. 화석 기록이 완벽하지 않기 때문에 실제로는 약간 더 복잡하다. 그래서 비록 한 종이 대멸종 때까지 멸종하지 않았더라도 그 종의 가장 최근 화석이 대멸종이 있기 100만 년 전일 수도 있다.

개념 확인 문제 25.5

1. 이시성 때문에 다양한 형태 변화가 생길 수 있다. 예를 들어, 성적으로 성숙하는 시기가 달라지면 유생 특성을 보유하는 일(유형형성)이 생길 수 있다. 멕시코산 도롱뇽에서 보았듯이 유형형상은 형태에 큰 변화를 가져오는 작은 유전적 변화에 의해 초래될 수도 있다. 2. 동물 배아에서 *Hox* 유전자는 사지나 먹이를 먹는 데 이용되는 부속지와 같은 구조의 발생에 영향을 준다. 따라서 이런 유전자나 조절의 변화가 형태에 큰 영향을 미칠 가능성이 있다. 3. 유전학에서 유전자 조절은 전사인자가 조절요소라는 유전부호가 없는 DNA 서열과 얼마나 잘 결합하는지에 따라 변한다는 것을 안다. 따라서 형태의 변화가 종종 유전자 조절에 의해 이루어진다면, 조절요소를 지니고 있는 유전부호 없는 DNA 부분은 자연선택의 작용을 강하게 받을 가능성이 있다.

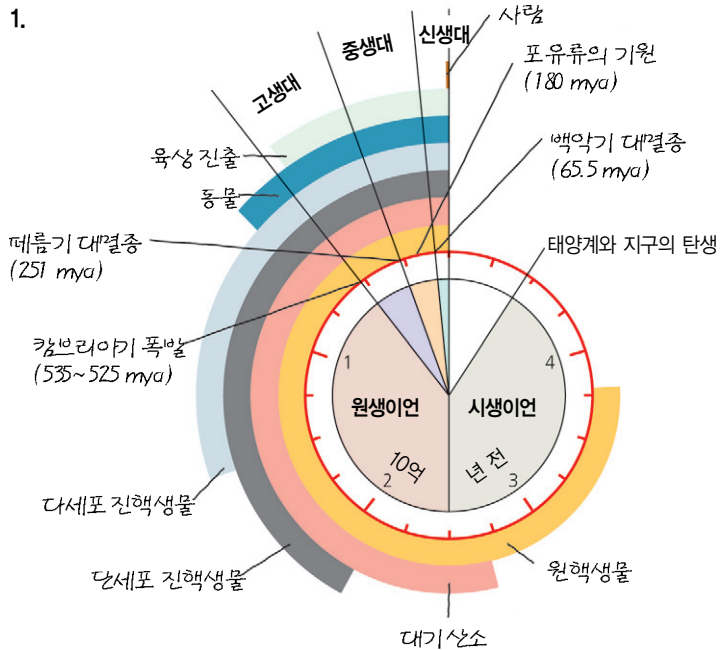
개념 확인 문제 25.6

1. 복잡한 구조는 한 번에 모두 진화하지 않고 자연선택이 앞선 구조의 적응

적인 변화에 유리하게 작용하면서 점진적으로 진화한다. 2. 비록 점액성 바이러스가 매우 치명적이지만, 처음부터 일부 토끼는 저항력이 있다(감염된 토끼의 0.2%는 죽지 않는다). 따라서 저항성이 유전되는 형질이라고 가정하면 토끼 집단은 바이러스에 대한 저항성이 증가되는 경향을 보여줄 것이라고 예상할 것이다. 또한 바이러스는 치사성이 낮아지는 경향을 보일 것으로 예상할 것이다. 이런 경향이 예상되는 이유는 덜 치명적인 바이러스에 감염된 토끼는 모기가 물어서 잠재적으로 다른 토끼에게 바이러스를 전파할 수 있을 정도로 오래 살 가능성이 더 클 것이기 때문이다. (모기가 바이러스를 다른 토끼에게 전파하기 전에 숙주를 죽이는 바이러스는 숙주와 함께 죽는다.)

자기 확인 퀴즈

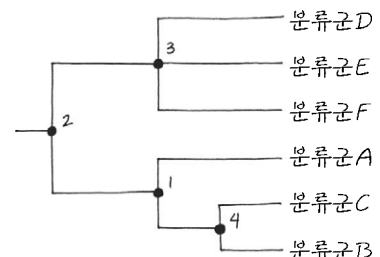
1.



26장

그림 문제

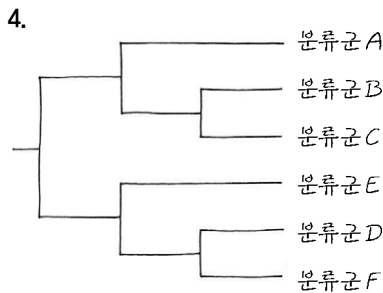
그림 26.5 이 새로운 계통수는 그림 26.5에 보여준 진화적인 관계를 전혀 바꾸지 않는다. 예를 들어, B와 C는 여전히 자매 분류군이고, 분류군 A는 여전히 분류군 B에 분류군 C와 같은 정도로 가까운 관계이다.



다른 종에서는 흔한 DNA 서열을 가지는 경우가 발생될 수도 있다. 이런 경우가 잘못된 결론에 도달하게 하는 확률을 낮추기 위해서는 유전자 계통수는 다수의 유전자에 대해 만들어져야 한다. 이들 유전자 계통수에서 나온 결과가 모두 비슷하다면 결론에 의문을 가질 이유가 거의 없을 것이다. **그림 26.9** 각 뉴클레오타이드 자리에 4가지(A, C, G, T) 염기 중 하나가 올 수 있다. 각 자리에 염기가 공통 혈통이 아니라 우연에 의해 결정된다면 대략 넷 중 하나(25%)가 같을 것으로 예상될 것이다. **그림 26.12** 얼룩물고기(zebra fish) 계통; 보여준 5계통 중에서 분지의 길이가 가장 길기 때문이다. **그림 26.19** 분자시계는 분기 시기가 대략 4,500~5,000만 년이라는 것을 보여준다. **그림 26.21** 세균역이 처음에 출현하였다. 고세균역은 진핵생물역의 자매역이다.

개념 확인 문제 26.1

1. 강 수준까지 같게 분류된다. 표범과 사람 모두 포유류이다. 2. 계통도의 분기 양상은 오소리과 늑대의 공통조상이 이들 두 종과 표범의 공통조상보다 더 최근이라는 것을 보여준다. 3. (c)의 계통수는 진화 관계의 다른 양상을 보여준다. (c)에서 C와 B는 자매 분류군인 반면에 (a)와 (b)에서는 C와 D가 자매 분류군이다.



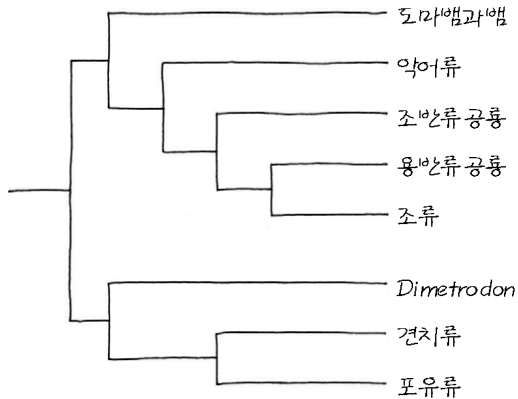
개념 확인 문제 26.2

1. (a) 상사, 호저와 선인장이 가까운 관계가 아니고 대다수 다른 동물과 식물은 유사한 구조가 없기 때문이다. (b) 상동, 고양이와 사람 둘 다 포유류이고 손과 발이 하부구조인 상동 전지(앞다리)가 있기 때문이다. (c) 상사, 올빼미와 말벌은 가까운 관계가 아니고 그들의 날개구조가 매우 다르기 때문이다. 2. 종 2와 3이 근연일 가능성이 더 있다. (종 2와 3 사이에서처럼) 작은 유전적 변화가 서로 다른 신체 외양을 만들 수 있는 반면에 (종 1과 2 사이에서처럼) 유전자가 많이 분기하였다면 계통이 오랫동안 분리되어 왔다는 것을 뜻한다.

개념 확인 문제 26.3

1. 아니다. 털은 모든 포유류에 공통된 공유 조상 형질이므로 다른 포유류 아군을 구별하는 데 도움이 되지 못한다. 2. 최대 단순성의 원리는 우리가 연구하는 자연에 대한 가설은 우선적으로 사실과 일치하는 것으로 찾아진 가장 단순한 설명이야 한다는 것을 말한다. 수렴 진화와 같은 복잡한 요인 때문에 실제 진화 관계는 단순성에 의해 추론된 것과는 다를 수도 있다. 3. 전통적인 분류는 진화사와 잘 일치하지 않는다. 따라서 분류가 공통조상에 근거를 두어야 하는 분기학의 기본 원칙에 위배된다. 조류와 포유류는 전통적으로 파충류로 규정된 군에서 기원되었기 때문에 전통적으로 규정된 파충류는 의사단원적이 되어야 한다. 이런 문제는 *Dimetrodon*과 견치류를 파충류에

서 제외하고 조류를 파충류의 한 군(특정적으로 공룡의 한 군)으로 함으로써 설명될 수 있다.



개념 확인 문제 26.4

1. 단백질은 유전자 생성물이다. 아미노산 서열은 단백질 정보가 있는 DNA의 뉴클레오타이드 서열에 의해 결정된다. 따라서 두 종의 대응되는 단백질 사이의 차이는 근원이 되는 유전적인 차이를 반영한다. 2. 이런 관찰은 종 1에서 유전자 중복이 유전자 A에서 유전자 B를 만들기 전에 종 1과 종 2로 가는 진화계통이 서로 분기했다는 것을 뜻한다.

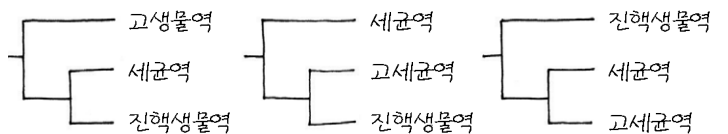
개념 확인 문제 26.5

1. 분자시계는 병렬상동인 유전자의 염기 변화에 기초한 진화 사건의 실제 시기를 추정하는 방법이다. 이는 비교되는 유전체의 부분이 일정한 속도로 진화한다는 가정에 근거를 둔다. 2. 유전체에 유전자 정보가 없는 많은 부분이 있다. 이들 지역에는 많은 염기 변화가 생물의 적응도에 영향을 주지 않고 우연에 의해 축적될 수 있다. 유전체에서 정보가 있는 지역에서조차 일부 돌연변이는 유전자나 단백질에 치명적인 영향이 없을 수도 있다. 3. 분자시계에 사용된 유전자가 이들 두 분류군에서는 시계를 조정하기 위해 사용된 종에서보다 더 느리게 분화되었을 수도 있다. 결과적으로 시계가 이들 분류군이 서로 분기한 시기를 더 짧게 평가할 것이다.

개념 확인 문제 26.6

1. 모네라계(Monera)는 세균과 고세균을 포함하지만, 지금 우리는 이들 생물이 서로 다른 역이라는 것을 안다. 계는 역의 하부 범주이므로 다른 역에 속하는 분류군을 포함하는 (모네라계와 같은) 단일계는 타당하지 않다(다원적이다). 2. 수평적인 유전자 전이 때문에 진핵생물의 일부 유전자는 세균과 더 가깝지만 다른 유전자들은 고세균과 더 가깝다. 따라서 어떤 유전자를 이용했는지에 따라 DNA 자료로 만들어진 계통수는 일치하지 않는 결과를 가져올 수 있다.

3.

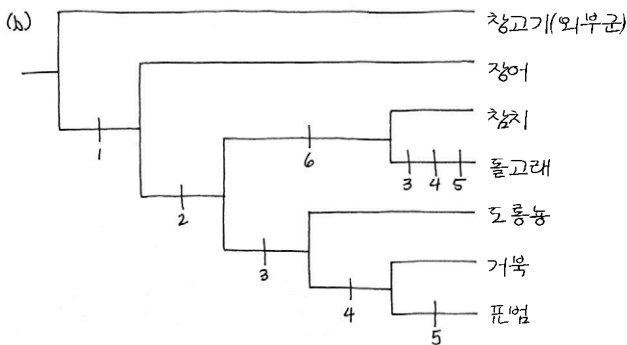
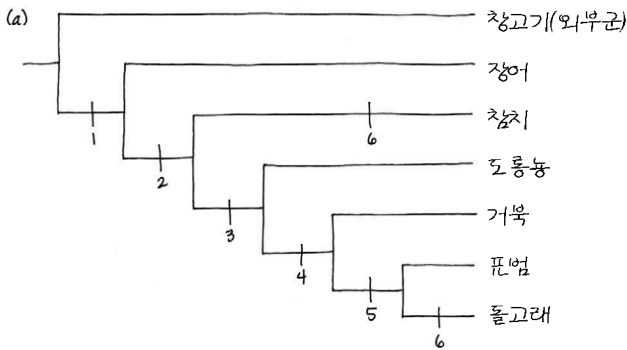


진핵생물 계통이 처음으로 부기하는 세 번째 계통수는 유전적 자료로 지지될 가능성이 없다. 왜냐하면 화석 기록이 진핵생물 오래전에 원핵생물이 기

원되었다는 것을 보여주기 때문이다.

과학적 탐구

2.



(c) (a)의 계통수는 7번의 진화적인 변화가 필요한 반면에 (b)의 계통수는 9번의 변화가 필요하다. 따라서 더 적은 진화적 변화가 요구되므로 (a)의 계통수가 가장 단순하다.

27장

그림 문제

그림 27.10 유전자의 발현 또는 유전자의 서열이 포도당 대사를 변화시키는 데 영향을 줄 수 있다. 더 이상 세포에서 필요로 하지 않는 대사 과정에 관여하는 유전자 또한 변했을 가능성이 있다. **그림 27.12** 접합할 수 있는 개체를 포함하는 집단이 더 성공적일 수 있다. 이들 구성원 가운데 일부가 재조합 과정의 결과 새로운 유전자 조합을 지니게 됨으로써 새로운 환경에 더 유리한 형태가 될 수 있기 때문이다. **그림 27.17** 호열성 생물은 매우 뜨거운 환경에서 자라기 때문에 이들 효소는 다른 생물이 지니는 효소가 기능을 잃어버리는 높은 온도에서도 작용한다. 그러나 낮은 온도에서 호열성 생물의 효소는 다른 생물의 효소만큼 잘 작용하지 못할 수도 있다. **그림 27.19** 그래프에서 식물이 흡수하는 양은 균주 1, 2, 3 각각 0.7, 0.6, 0.95(mg K)로 추정할 수 있다. 이들 값의 평균은 0.75 mg K로 계산된다. 만일 세균이 칼륨 흡수에 영향을 주지 않는다면 이들 균주 1, 2, 3이 포함된 흙에서 식물이 칼륨을 흡수한 양이 세균이 없는 토양에서의 흡수량인 0.5 mg K 정도여야 한다.

개념 확인 문제 27.1

1. 적응 형태로는 협막(원핵생물을 숙주의 면역계로부터 보호)과 내생포자

(열악한 조건에서도 생존하여 환경이 다시 호전되면 증식)를 들 수 있다. 2. 원핵세포는 일반적으로 진핵세포에서 볼 수 있듯이 세포 내부가 막으로 구별되어 있지 않다. 원핵세포의 유전체는 진핵세포의 유전체보다 DNA의 함량이 훨씬 적고 대부분 막으로 둘러싸인 핵이 없으며, 핵양체라 불리는 특정 위치에 하나의 원형 염색체를 지닌다. 더불어 많은 원핵생물이 적은 수의 유전자를 지니는 작은 원형 DNA 분자인 플라스미드를 지닌다. 3. 원핵생물 집단은 환경의 변화에 대응하여 빠른 속도로 진화할 수 있기 때문에 40년 전에 형성된 내생포자에서 자란 세균이 오염된 환경에 이미 적응한 것일 수도 있다. 따라서 적어도 초기에는 이들 세균이 호수가 오염되지 않았던 시절인 150년 전에 포자를 형성한 세균보다 더 빨리 자랄 가능성이 있다.

개념 확인 문제 27.2

1. 원핵생물의 집단은 그 크기가 엄청나다. 이는 부분적으로 세대 시간이 짧기 때문이다. 원핵생물 집단에서 많은 수의 개체는 각 세대마다 특정 유전자에 새로운 돌연변이를 지니는 개체를 수천 마리 정도 생성할 수 있다. 따라서 집단 내에 상당한 수준의 유전적 다양성이 확보된다. 2. 형질전환은 세균세포가 환경으로부터 외래 DNA 분자를 그대로 받아들이는 과정이다. 형질도입에서는 파지가 한 세균세포에서 다른 세균세포로 세균 유전자를 옮겨준다. 접합에서는 세균세포가 일시적으로 두 세포를 이어주는 접합통로를 이용하여 다른 세포에 직접 플라스미드 또는 염색체 DNA를 전달한다. 3. 맞다. 항생제 저항성 유전자는 (형질전환, 형질도입, 접합 등의 과정을 통해) 비병원성 세균에서 병원성 세균으로 전해질 수 있다. 이러한 사실로 인해 병원체는 인류 건강에 더 큰 위협으로 간주될 수 있다. 일반적으로 형질전환, 형질도입, 접합은 저항성 유전자를 더욱 널리 퍼뜨리는 요인이 된다.

개념 확인 문제 27.3

1. 광영양생물은 빛에서 에너지를 얻는 반면 화학영양생물은 화학물질에서 에너지를 취한다. 독립영양생물은 무기물(주로 CO_2)에서 탄소 공급을 받는 반면 종속영양생물은 유기물에서 탄소원을 얻는다. 따라서 광독립영양, 광종속영양(원핵생물에만 존재), 화학독립영양(원핵생물에만 존재), 화학종속영양의 네 가지 영양방식이 존재한다. 2. 화학종속영양: 세균은 에너지원으로 화학물질을 이용해야 한다. 빛이 없기 때문에 유기 탄소원이 필요하다면 CO_2 (또는 또 다른 탄소원인 중탄산염)에서 얻는 대신 종속영양방식을 취할 것이다. 3. 사람이 질소를 고정할 수 있다면 대기 중의 질소 가스를 사용하여 단백질을 합성할 수 있을 것이고 따라서 육류나 어류와 같은 고단백 식품을 섭취할 필요가 없게 될 것이다. 그러나 우리의 식생활은 무기물과 물과 함께 탄소원을 요구한다. 따라서 전형적인 식사를 보면 탄소원으로 탄수화물이 있을 것이고 이와 함께 필수 무기질(그리고 추가적인 탄소공급원으로)을 제공하는 과일과 야채를 먹게 될 것이다.

개념 확인 문제 27.4

1. 분자계통분류학이 발달하기 전에 분류학자들은 원핵생물을 표현형적 특징을 바탕으로 분류했다. 이와 같은 표현형적 특징은 진화적 연관관계를 나타내지 않는다. 특히 DNA와 같은 분자 수준의 비교는 원핵생물계통에서 핵심적인 분기점을 나타낸다. 2. 실험실에서 생물을 배양하지 않아도 되기 때문에 유전자 탐사활동을 통해 기존에 알려지지 않은 원핵생물종의 엄청난 다양성을 알아낼 수 있었다. 시간이 지나면서 유전자 탐사활동을 통해 새로운 종이 계속 발견되고 이는 원핵생물 계통분류학을 크게 바꾸어 놓을 것이

다. **3.** 지금까지 알려진 모든 메탄생성균은 고세균으로 유리고세균문에 속한다. 이는 유리고세균문 내의 오래된 종에서 메탄을 생성하는 독특한 대사 경로가 형성되었음을 시사한다. 진정세균과 고세균은 수십억 년 동안 서로 다른 진화경로를 밟아왔으므로 진정세균 영역에서 메탄생성균이 발견되었다는 사실은 H_2 를 산화해서 CO_2 를 만들 수 있는 적응 메커니즘이 적어도 두 차례, 한 번은 고세균의 유리고세균문에서 그리고 또 한 번은 진정세균에서 발생했다는 것을 의미하는 것일 수 있다.

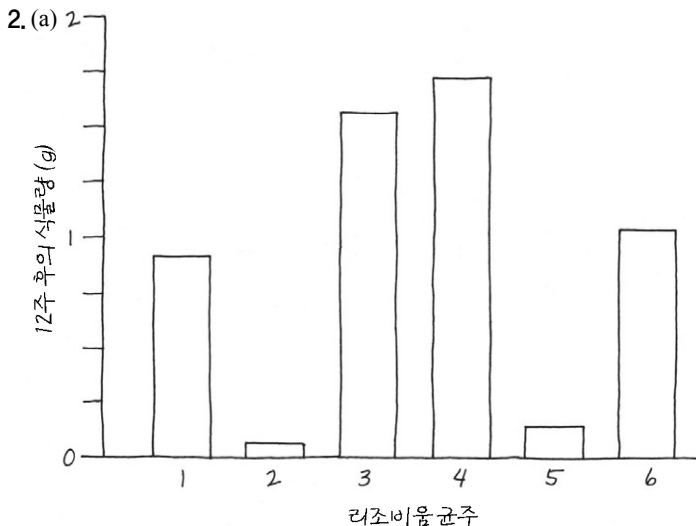
개념 확인 문제 27.5

1. 원핵생물은 작지만 수가 많고 대사능력이 다양해서 쓰레기를 분해하고, 화학물질을 재생하며 다른 생물이 쓸 수 있는 형태로 영양물질을 생성하는 등 생태계에서 핵심적인 역할을 한다. **2.** 사람의 장 내에 서식하는 *Bacteroides thetaiotaomicron*은 사람의 소화계에서 영양물질을 얻고 숙주가 생성하는 항생물질을 이용하여 경쟁하는 세균에서 피할 수 있다는 이점을 활용한다. 이 세균은 숙주가 만드는 항생물질에 저항성이 있다. 이 세균이 탄수화물과 비타민을 비롯한 여러 영양물질을 합성해 주기 때문에 숙주인 사람도 이 세균에게서 이로운움을 얻는다. **3.** 여러 원핵생물 중에서 일부는 사람의 장에 서식하면서 사람이 먹는 음식과 같은 자원을 빼앗는다. 원핵생물 종마다 적응 양상이 다르므로 먹는 습관을 바꾸면 변화된 환경에서 가장 먼저 성장할 수 있는 종으로 번성하는 종의 양상이 바뀌게 된다.

개념 확인 문제 27.6

1. 답안의 예: 요거트, 효모로 만든 빵, 치즈 등과 같은 발효 음식을 먹는 것; 하수처리를 하여 깨끗한 물을 얻는 것; 세균이 생산한 약을 먹는 것 등 **2.** 알 수 없다. 외독소로 독성성분이 분비되는 경우 독소를 분비한 살아 있는 세균이 다른 사람에게 전파될 수 있다. 그러나 내독소의 경우에도 이는 마찬가지이다. 내독소라면 이 경우에는 독소를 생성하는 세균이 분열하여 일부는 죽어서 내독소를 만들어 내더라도 또 다른 일부는 다른 개체를 감염시킬 수 있다. **3.** K-12 균주는 결실 돌연변이에 의해 유전자를 잃었을 것이다. 계통분류학적 분석으로 이 두 가지 가설을 구별하는 데 도움을 받을 수 있다. 만일 O157:H7에서 발견되지만 K-12에는 없는 유전자 일부가 두 균주의 공통조상에서 발견된다면, 이 사실은 K-12가 진화의 과정에서 이들 유전자를 잃어버렸다는 사실을 암시한다.

과학적 탐구



(b) 일부 리조비움 균주는 다른 리조비움 균주보다 식물 성장을 더 효과적으로 촉진한다. 가장 비효율적인 균주는 거의 효과를 나타내지 못한다. (이들 균주를 포함하는 식물의 생장은 리조비움이 없는 식물의 성장과 거의 비슷하다.) 비효율적인 균주는 아마 식물 숙주에 거의 질소를 제공하지 못하여 식물 성장을 촉진하지 못할 것으로 생각된다.

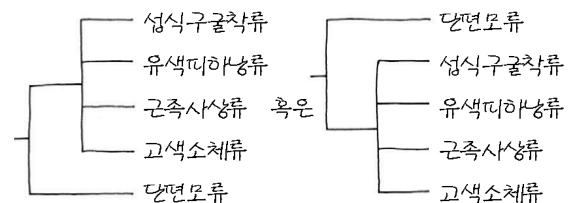
28장

그림 문제

그림 28.10 분열소체는 반수체 포자소체의 무성적 세포분열(유사분열)로 만들어진다; 유사하게 생식모세포도 분열소체의 무성적 세포분열로 생성된다. 여기서 이 세 단계의 각 단계는 동일한 유전자가 관계하고 있고 세 단계에서 만들어지는 형태적인 차이는 유전자 발현의 변화 때문이다. **그림 28.22** 다음 단계들이 동그라미로 표시되어야 한다: 6번째 단계에서는 성숙한 세포가 유사분열을 거쳐 네 개 이상의 딸세포를 형성한다. 7번째 단계에서는 유주자가 성장해서 결과적으로 성숙한 딸세포가 되지만 새로운 딸세포를 생성하지는 않는다. 비슷하게, 2번째 단계에서 성숙한 세포는 접합자로 성장하지만 새로운 딸세포를 생산하지는 않는다. **그림 28.23** 만약 이 가정이 옳다면 그 결과는 DHFR-TS 유전자의 융합은 진핵생물의 4가지 상위그룹(섭식구균착류, 유색피하낭류, 근족사상류, 그리고 고색소체류)이 공유하는 파생형질을 나타낸다. 그러나 이 가정이 옳지 않다면 유전자 융합의 존재 유무가 계통의 역사에 대해 주는 정보가 거의 없을 것이다. 예를 들어, 만약 유전자 융합이 여러 번 일어났다면 해당 그룹은 공동후손이라기보다는 수렴진화로 인하여 형질을 공유하게 될 것이다. 만약 유전자가 2차적으로 분리되었다면 그렇게 분리된 그룹은 다른 네 가지 상위그룹 중의 하나에 정확히 위치되기보다는 단편모류에 잘못 위치될 수 있다.

개념 확인 문제 28.1

1. 가능한 대답: 원핵생물은 단세포, 군체, 다세포 생물; 광독립영양생물, 종속영양생물, 혼합영양생물이며; 유성생식과 무성생식 그리고 2가지 생식을 모두 보이는 생물종이다. **2.** 진핵생물은 원시 진핵생물이 최초로 알파 프로테오세균을 삼켜서 공생관계를 형성한 후에 미토콘드리아가 생겨났다는 강력한 증거가 있다. 비슷하게 홍조류와 녹조류의 엽록체는 원시 종속영양 진핵생물이 삼킨 광합성하는 남세균의 후손에서 진화한 것처럼 보인다. 2차 내부공생은 또한 중요한 역할을 했다: 여러 가지 원핵생물 계통들은 단세포 홍조류 또는 녹조류를 삼켜서 그 색소체를 얻게 되었다. **3.** 간단한 계통수는 다음과 같다.



개념 확인 문제 28.2

1. 그 생물의 미토콘드리아에는 전자전달계가 없어서 유산소 호흡을 하지 못한다. **2.** 알려지지 않은 원핵생물은 유글레나류보다는 중복편모충류와 더 밀

접하기 때문에 그 원생생물은 중복편모충류와 부기저체류가 유글레나류로부터 분지된 이후에 진화한 것이 틀림없다. 게다가, 알려지지 않은 종은 완전한 기능을 하는 미토콘드리아가 있기 때문에-물론 중복편모충류와 부기저체류는 미토콘드리아가 없다-알려지지 않은 종은 중복편모충류와 부기저체류의 최근 공통조상 이전에 진화한 것 같다.

개념 확인 문제 28.3

1. 일부 DNA 자료에 의하면 유색피하낭류는 단일계통군이지만 다른 DNA 자료는 이런 주장을 지지하지 않는다. 단일계통군을 지지하는 증거로, 이 그룹에 속하는 많은 종들의 색소체 구조와 색소체 DNA 서열은 이 그룹이 (홍조류가 삼켜진) 2차 내부공생으로 유래했다는 것을 보여준다. 2. 그림 13.6b. 세대교번을 하는 조류와 식물은 다세포 반수체 단계 그리고 다세포 배수체 단계가 있다. 다른 두 생활사에서는 반수체 단계 또는 배수체 단계는 단세포이다. 3. 색소체 DNA는 진핵생물의 색소체가 (예를 들어, 열거된 진핵생물에서 발견되는) 진핵생물이 남세균을 삼키는 공생에서 유래되었다는 확실한 가설에 의거해서 남세균의 염색체 DNA와 더 유사하다. 만약 색소체가 남세균으로부터 유래된 것이라면 그것의 DNA는 세균의 DNA으로부터 유래되었을 것이다.

개념 확인 문제 28.4

1. 유공충의 껍질이 탄산칼슘으로 딱딱해진 것이므로 해양의 퇴적물과 퇴적암에 장기간 존속하는 화석이 된다. 2. 수렴진화. 다른 생물은 유사한 생활 방식 때문에 시간이 흐름에 따라 유사한 형태적 적응을 보여준다.

개념 확인 문제 28.5

1. 많은 홍조류는 홍조소라는 보조색소가 있어서 붉은색을 띠고 상대적으로 깊은 연안해에서도 광합성할 수 있게 한다. 갈조류와는 달리, 홍조류는 생활사에 편모단계가 없어서 수정하기 위해서 생식세포를 모아주는 물의 흐름에 맡겨야만 한다. 2. 갈파래(*Ulva*)의 엽상체는 많은 세포로 되어 있고, 앞과 같은 엽신과 뿌리와 같은 부착기로 분화되어 있다. 반면에 옥덩굴(*Caulerpa*)의 엽상체는 세포를 구분하는 세포벽인 횡단벽이 없는 다핵성 섬유체로 구성되어 있어서 기본적으로 하나의 큰 세포에 불과하다. 3. 홍조류는 생활사에 편모단계가 없어서 수정하기 위해서 생식세포를 모아주는 물의 흐름에 맡겨야만 한다. 이런 생물학적 특징으로 인해 육지에서는 번식하기 어렵다. 대조적으로, 녹조류의 배우자는 편모가 있기 때문에 얇은 물에서도 유평할 수 있다. 또한 다양한 녹조류는 강한 햇빛과 다른 육상환경에서 그들을 보호하는 물질이 세포질, 세포벽, 그리고 접합자의 외피에 있다. 이런 물질로 인해 녹조류의 후손이 육지에서 생존할 가능성을 높였다.

개념 확인 문제 28.6

1. 아메보조아류는 껍질 모양의 위족이 있는 반면에 유공충은 실 같은 위족이 있다. 2. 점균류는 포자가 분산하는 것을 돕는 자실체를 형성한다는 점에서 균류와 유사하고, 이동하고 먹이를 섭취하는 점에서 동물과 유사하다. 그러나 점균류는 균류와 동물보다는 무각아메바와 기생아메바에 더 가깝다. 3. 지지한다. 단편모류는 많은 섭식구굴착류가 공유하고 있는 독특한 세포골격의 특징이 없다(개념 28.2). 그래서 단편모류가 다른 진핵생물로부터 분지한 최초의 진핵생물이라면 (그림 28.23에 본 것처럼), 진핵생물의 공통조상은 오늘날 많은 섭식구굴착류에서 발견되는 세포골격이 없었을 것이다. 이

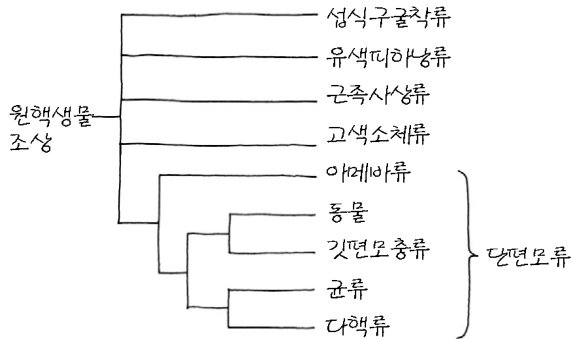
런 결과는 많은 섭식구굴착류의 구성원이 단일계통군인 섭식구굴착류에 속하기 때문에 세포골격의 특징을 공유하고 있다는 사실을 강화하고 있다.

개념 확인 문제 28.7

1. 광합성하는 원생생물은 수중 먹이그물망의 토대에 있기 때문에 많은 수중생물은 먹이를 위해서 직간접적으로 먹이그물망에 의존하고 있다. 또한 지구상에서 광합성으로 생성된 산소의 상당한 양은 광합성하는 원생생물이 생산한 것이다. 2. 원생생물은 다른 생물과 상리공생 또는 기생공생의 관계를 형성한다. 그 예로서 흰개미와 상리공생을 하는 부기저체류와 참나무에 기생공생하는 난균류인 *Phytophthora ramorum*이 있다. 3. 산호는 와편모(조충)류에 영양분을 섭취하기 위해 의존하고 있어서 산호의 백화현상(bleaching)은 산호초의 쇠퇴를 예견할 수 있다. 산호초가 쇠퇴하면 어류와 산호를 먹이로 하는 다른 종의 먹이가 적어질 것이다. 그 결과, 이러한 종의 개체군이 쇠퇴할 것이고 차례로 그 종의 포식자 개체군이 쇠퇴할 것이다.

진화적 관점

1. 인간과 상대적으로 최근에 공통조상을 공유한 병원체들은 인간의 신진대사와 구조적 특징을 공유하고 있다. 약품은 병원체의 신진대사 또는 구조를 목표로 삼고 있기 때문에 환자에게는 피해가 되지 않고 병원체에게 해가 될 약품을 개발하는 것은 가장 어려운 일이다. 그 이유는 우리 인간과 병원체는 가장 최근의 진화적 역사를 공유하고 있기 때문이다. 시간을 거슬러 올라가, 계통수를 이용해서 인간이 다른 분류군에 속한 병원체와 공유한 공통조상을 결정하거나 순서를 매길 수 있다. 이런 과정은 동물성 병원체에 대항할 약품을 개발하는 것이 가장 어렵고 깃편모충의 병원체, 균류와 다핵류 병원체, 아메보조아류, 다른 원생생물 그리고 마지막으로 원핵생물의 병원체 순서로 이에 대항할 약품의 개발이 어렵다.



29장

그림 문제

그림 29.7

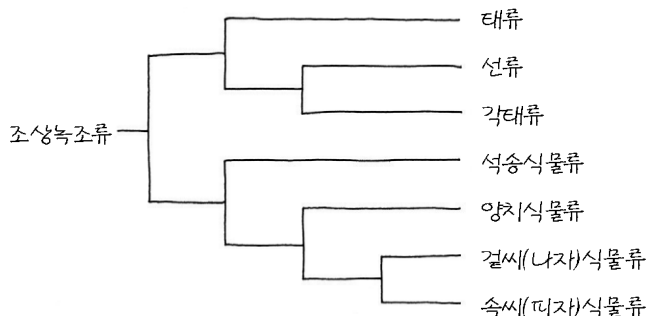


그림 29.10 이끼류는 생태계에서 질소소실을 감소시키므로 이끼류 이후에 생태계에 이주하는 종들에게 보다 많은 질소를 공급하는 기회를 제공한다. 질소는 식물의 생육에 필수적인 영양소이므로 이후 식물의 생장에 크게 도움을 주게 될 것이다. **그림 29.13** 바람에 의하여 운반되는 정충은 물을 필요로 하지 않으므로 건조한 환경에서 지라나는 데 어려움이 없어졌을 것이다. 또한 지상부에서 정충이 생성되도록 강한 선택압을 받을 것이다.

개념 확인 문제 29.1

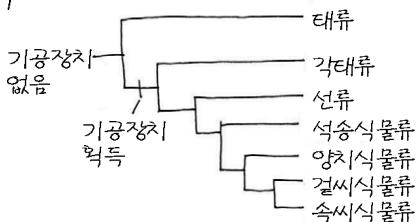
1. 육상식물이 차축조류와만 공유하는 주요 특징으로는 로제트형의 셀룰로오스 합성체, 퍼옥시좀 효소의 존재, 정자 편모구조의 유사성과 격막형성체와 같은 세포분열 시 유사성 등이 있다. 엽록체와 핵 유전자들의 비교도 공통조상의 공유를 제시한다. 2. 스포로포레닌으로 강화된 포자벽, 다세포성이며 의존적인 배, 큐티클. 3. 생활환의 다세포성 이수성 상태가 성적으로 생성되지 않는다. 대신 암수가 감수분열에 의하여 만들어진 포자로부터 생성된다. 이들 포자는 다세포성 반수성 남성과 여성으로 성장한다-이는 단세포성 반수성 상태의 정충과 알세포를 갖는 우리와 반대이다. 다세포성 반수체 세대는 배우체를 생성하고 성적으로 생식한다. 다세포성 반수성 단계의 인간 개개인은 우리와 유사하거나 다를 수 있을 것이다.

개념 확인 문제 29.2

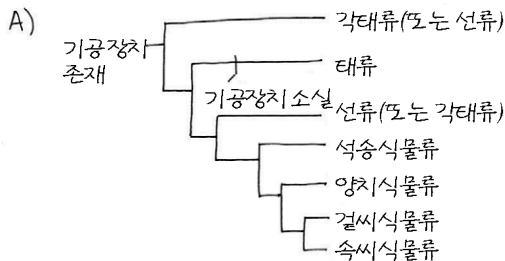
1. 선태류는 잘 발달한 수송조직이 없는 비관다발식물로 기재된다. 또 다른 차이는, 포자체가 아닌 배우체 세대가 생활사를 우점한다는 것이다. 2. 다음과 같은 대답이 포함될 수 있다. 원사체의 넓은 표면적은 물과 영양분의 흡수를 증진시킨다. 꽃병 모양의 장란기는 알세포를 보호하고 태반전위세포를 통해 배에 영양물을 공급한다. 끈 모양의 포자낭벽은 배우체로부터 포자를 생성하는 포자낭에 영양물질을 공급한다. 포자낭 내의 식치는 포자의 점진적인 비산을 돕는다. 기공장치는 물의 소실을 최소화하면서 CO₂/O₂의 교환 통로이다. 가벼운 포자는 바람에 의하여 쉽게 비산한다. 이끼류는 수분을 소실하면 마르고, 수분이 이용가능하면 다시 재흡수할 수 있는 능력이 있다.

3.

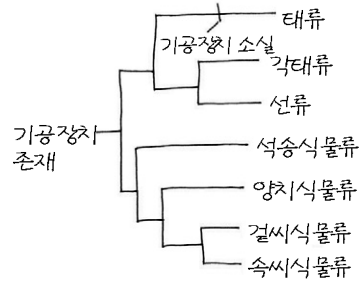
가정 1



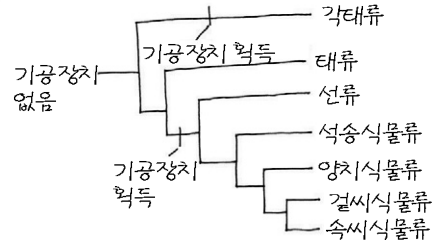
가정 2



B)



가정 3

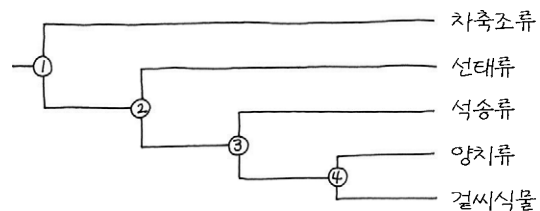


개념 확인 문제 29.3

1. 석송류는 소엽을 갖으나, 양치류와 종자식물은 대엽을 갖는다. 양치류와 종자식물은 줄기정단위생장 및 뿌리의 어디에서나 새로운 분지가 발생하는 생장 패턴을 공유하는데 이들 특징은 석송류에는 없다. 2. 비종자관다발식물과 선태류는 수정에 수분이 요구되는 편모성 정충을 갖는다. 이들 공유특징은 이들 종류가 건조지역에 적응하는 데 어려움을 갖게 한다. 주요 차이점으로는 비종자관다발식물은 육상으로 이동이 가능하여 크게 자라 숲을 형성하게 한 목질화된 잘 발달된 관다발조직을 갖는다. 비종자관다발식물은 또한 진정 잎과 뿌리를 갖으며, 이는 선태류와 비교하여 광합성 표면적을 증가시키고, 토양으로부터 영양소를 흡수하는 면적을 증가시킨다. 3. 만약 석송류와 양치류가 단계통군을 형성한다면 양치식물과 종자식물이 공유하는 형질들은 모든 관다발식물이 공유하는 원시형질이 되고, 석송류에서 소실된 것으로 해석될 것이다. 대안으로 모든 관다발식물의 공통조상은 양치류와 종자식물이 공유하는 형질이 결여되었고 이들 형질은 수렴진화의 결과로 독립적으로 획득되었다는 설명이 가능하다.

진화적 관점

1. 주요 식물군의 진화에 대한 현재의 지식에 기초하여 계통수는 그림에 표시한 4개의 지점을 갖는다.



차축조류와 육상식물에 공통인 형질(지점 1)은 로제트형의 셀룰로오스 합성체, 퍼옥시좀 효소, 편모성 정충구조, 격막형성체 등이다. 육상식물(지점 2)에 유일한 특징으로는 정단분열조직, 세대교번, 포자낭 내의 세포벽이 발달한 포자 및 다세포성 배우자낭을 들 수 있다. 관다발식물에 유일한 파생형질(지점 3)로는 포자체 우점의 생활환, 복잡한 관다발계, 잘 발달된 잎과 뿌리

리를 들 수 있다. 양치식물과 종자식물에 유일하게 유도된 형질(지점 4)로는 대엽과 정단위생장을 들 수 있다.

30장

그림 문제

그림 30.3 3세대: (1) 현재의 포자체(이수성, 주피와 종피에서 발견됨), (2) 웅성배우체(반수성, 영양공급세포에서 발견), (3) 다음 세대의 포자체(이수성, 배유에서 발견). **그림 30.12** 아니오. 보여준 분지순서는 만약 *Amborella*와 다른 기저속씨식물이 1억 5,000만 년 이전에 기원했다면 아직도 옳을 것이다. 그러나 이렇게 오래된 기저속씨식물의 화석은 아직 발견된 바 없다. 이와 같은 상태에선 속씨식물의 기원이 1억 4,000만 년 전으로 보는 계통수 자체가 잘못된 것이다. **그림 30.14** 이 연구는 꽃의 형태와 종분화율의 상관관계를 정립한 것이다. 그러나 꽃의 대칭이 관찰된 결과의 원인이 되는 또 다른 요인과 연관될 수도 있다. 그러나 꽃의 대칭은 여러 다양한 계열의 식물에서 종분화율의 증가와 연관이 되어 있다. 이 결과는 꽃의 대칭 차이가 종분화율 차이의 원인이 됨을 의미한다. 일반적으로 원인에 대한 강한 증거는 제한된 실험에서 나올 수 있지만, 과거의 진화 역사를 실험적으로 입증하기는 어려움이 있다.

개념 확인 문제 30.1

1. 난자에 접근하기 위하여, 비종자식물의 편모성 정자는 물의 막을 따라 수영하여야 하므로, 보통 수 센티미터 범위 내에서만 이동이 가능하다. 반대로 종자식물의 정자는 단단한 화분 내에서 만들어져 바람 또는 동물의 화분매개자를 따라 원거리 이동이 가능하다. 일부 종자식물의 정자가 편모를 갖기는 하나, 대부분의 종자식물은 수정에 물이 필요 없고, 화분관을 통해 직접 난자를 향해 정자를 방출한다. **2.** 종자식물의 축소된 배우체는 포자체로부터 영양물질을 공급받으며 자외선 및 건조와 같은 외부 스트레스로부터 보호된다. 화분립은 단단한 물질로 보강된 보호벽을 가지며, 물에 의존하지 않고 정자를 널리 퍼뜨릴 수 있다. 종자는 주피라 부르는 1~2층의 다세포성 보호막을 가지므로 단세포성 포자보다 더 내구성이 강하여 환경 스트레스에 잘 견딘다. 종자는 또한 영양물질을 저장하여 포자보다 더 길게 살 수 있으며 발생하는 배에 영양물질을 공급한다. **3.** 만약 종자식물이 동형포자성이라면, 하나의 포자형만 만들어지게 될 것이다. 즉, 소포자가 꽃가루를 대포자가 밑씨 내의 알세포를 만드는 과정과는 반대가 된다. 그러므로 화분과 종자가 같은 구조에서 형성된다면 현재와는 매우 다른 방식으로 발달할 것으로 생각된다.

개념 확인 문제 30.2

1. 겉씨식물 간에는 씨방과 열매로 싸이지 않은 종자를 갖는다는 유사점이 있으나, 종자를 갖는 부분의 구조적 변이가 크다. 예로, 소철류는 큰 솔방울을 가지나, 은행과 *Gnetum*은 열매가 아닌 장과 형태의 작은 솔방울을 갖는다. 잎의 형태도 구과류의 침상형에서, 소철류의 야자수 같은 잎, *Gnetum*의 현화식물을 닮은 잎까지 매우 다양하다. **2.** 생활사는 이형포자성을 나타내는데, 밑씨 솔방울은 대포자를, 화분솔방울은 소포자를 생성한다. 축소된 배우체는 미세한 화분립과 대포자 내의 미세한 자성배우체로 대표된다. 알세포는 밑씨 내에서 발생하고, 화분관이 정자의 이동을 돕는다. 또한 보호되고 영양조직을 갖는 종자의 특징 등이 있다. **3.** 아니오. 화석 기록은 겉씨식물이 최소한 3억

500만 년 전에 기원하였음을 나타낸다. 그러나 이는 속씨식물이 그렇게 오래 되었음을 의미하지는 않고 속씨식물의 조상형이 그러함을 의미한다.

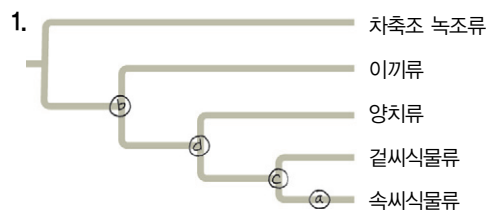
개념 확인 문제 30.3

1. 참나무의 생활사에서, 포자체 나무는 화분립에 웅성배우체를, 밑씨에 자성배우체를 갖는 꽃을 피운다. 밑씨의 난자는 수정하여 성숙한 씨방인 도토리라 부르는 견과로 자란다. 도토리 종자는 발아하여 배를 자라게 하여 유목이 되고, 결국 성숙한 나무가 된다. 꽃을 피우고 다시 도토리를 맺는다. **2.** 솔방울과 꽃은 모두 변형된 잎으로 포자를 생성하는 포자엽을 갖는다. 소나무는 분리된 밑씨솔방울(꽃가루 형성)과 화분솔방울(인편 내에 밑씨 형성)을 갖는다. 꽃에서 화분립은 수술의 꽃밥에서 생성되고, 밑씨는 심피의 씨방에서 생성된다. 소나무의 솔방울과는 달리 많은 식물종은 하나의 꽃에서 화분과 밑씨를 동시에 생성한다. **3.** 이와 같은 발견은 1억 2,500만 년 전의 *Archaeofructus sinensis* 화석에 기초한 최초의 속씨식물은 초본성이고 수생서식지를 가졌을 거라는 가정을 뒤집어엎을 것이다.

개념 확인 문제 30.4

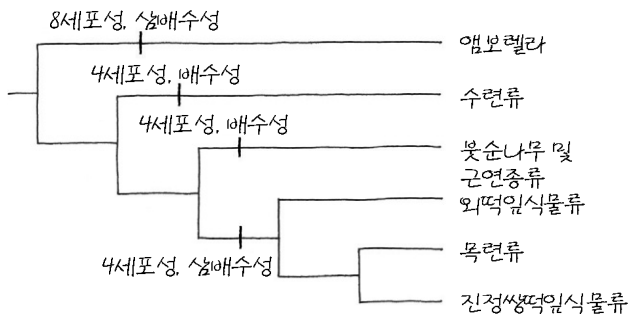
1. 멸종은 돌이킬 수 없는 것이기 때문에, 멸종은 식물의 다양성을 감소시키는데, 이 중 많은 식물종이 인류복지에 매우 중요한 기여를 해왔다. **2.** 종자식물의 자세한 계통은 여러 단계통군을 인지하게 된다. 이 계통도를 이용하여, 연구자들은 이미 발견된 의학적으로 유용한 화합물을 갖는 계열을 알아낼 수 있다. 이와 같은 계열을 알게 됨으로써 연구자들은 25만 종 이상의 종자식물 중 무작위적으로 새로운 화합물을 갖는 식물종을 찾기보다는, 이들 계열 내에서 새로운 의학적으로 유용한 화합물을 갖는 종을 찾을 수 있게 된다.

자기 확인 퀴즈



과학적 탐구

3. (a)



(b) 계통수는 기저속씨식물이 다른 속씨식물과는 자성배우체의 세포수와 배젖으로 배수성이 다르다는 것을 나타낸다. 속씨식물의 원시형질 상태는 이들 형질만으로는 결정할 수 없다. 속씨식물의 공통조상은 7세포성 자성배우

체와 삼배수성 배젖을 가졌고, 8세포형과 4세포형 상태는 기저속씨식물에서 유도된 형질이라는 해석이 가능하다. 대안으로 4세포형 또는 8세포형 상태가 원시 상태를 나타낸다고 가정할 수도 있다.

31장

그림 문제

그림 31.2 각 버섯이 단일 균사조직의 일부라면 이들 버섯 각각의 DNA는 동일할 것이다. **그림 31.16** 아래의 방법 하나나 둘 모두를 각 종에 적용해 볼 수 있다. DNA 분석은 자낭균류 분기군의 일원인지를 밝혀준다. 또는 유성 생활사 양상(예를 들어, 이 균류가 자낭과 자낭포자를 생성하는지 여부)이 이 균류가 자낭균인지를 말해준다. **그림 31.21** 가능한 두 대조군은 E-P-와 E+P-이다. E-P- 대조군의 결과는 E+P+ 실험의 결과와 비교할 수 있으며, E+P- 대조군의 결과는 E+P+ 실험의 결과와 비교할 수 있다. 동시에 이 두 비교는 병원균의 침가가 잎의 사망률을 증가시키는지의 여부를 알 수 있게 한다. 내생식물의 침가가 식물체에 부정적인 효과를 미치는지를 결정하기 위해서는 또한 E-P- 실험의 결과와 두 번째 대조군 실험(E+P-)의 결과를 비교할 수 있다.

개념 확인 문제 31.1

1. 균류와 사람 모두 종속영양생물이다. 많은 균류는 먹이 속으로 효소를 분비하여 먹이를 체외에서 소화시킨 다음 그 결과 생긴 작은 분자들을 흡수한다. 일부 균류는 그러한 작은 분자들을 환경으로부터 직접 흡수하기도 한다. 이외는 달리 사람과 다른 동물들은 비교적 큰 먹이를 삼킨 다음 체내에서 먹이를 소화한다. **2.** 이러한 상리공생자의 조상은 곤충 숙주의 몸이나 또는 세포벽을 소화시키는 강력한 효소를 분비하였을 것이다. 그러한 효소는 숙주에 해가 되므로 상리공생자는 그러한 효소를 생산하지 않게 되었거나 또는 효소의 분비와 사용을 제한하였을 것이다.

개념 확인 문제 31.2

1. 균류 생활사의 대부분은 반수체 단계이나 사람 생활사의 대부분은 이배체 단계이다. **2.** 두 버섯은 동일한 균사체에서 비롯된 생식구조로 보인다. 혹은 두 버섯은 무성생식을 통하여 하나의 부모로부터 비롯된 서로 다른 두 생물의 일부분이어서 동일한 유전 정보를 가진다.

개념 확인 문제 31.3

1. DNA 증거는 균류, 동물과 그들 원생생물 친족이 후편모류 분기군을 형성하였음을 나타낸다. 게다가 초기에 분기된 균류계통인 병꼴균은 대부분의 다른 후편모류가 그렇듯이 뒤쪽에 편모를 가진다. 이러한 사실은 다른 균류계통은 편모를 가진 병꼴균으로부터 갈라져 나온 이후 편모가 소실되었음을 제시한다. **2.** 이것은 최초의 관다발식물이 진화하던 시기에 이미 균류가 식물과 공생관계를 확립하였음을 말해준다. **3.** 균류는 종속영양생물체이다. 식물에 의해 육지에 군체를 형성하기 이전에 육상 균류는 다른 생물이 존재하여 음식물의 원천을 제공하는 곳에서만 서식하였을 것이다. 만약 균류가 식물 이전에 육지에 서식하였다면, 그들은 오늘날 많은 균류가 먹이로 삼는 식물이나 동물이 아니라 육지나 물가에 사는 원핵생물이나 원생생물 먹고 살았을 것이다.

개념 확인 문제 31.4

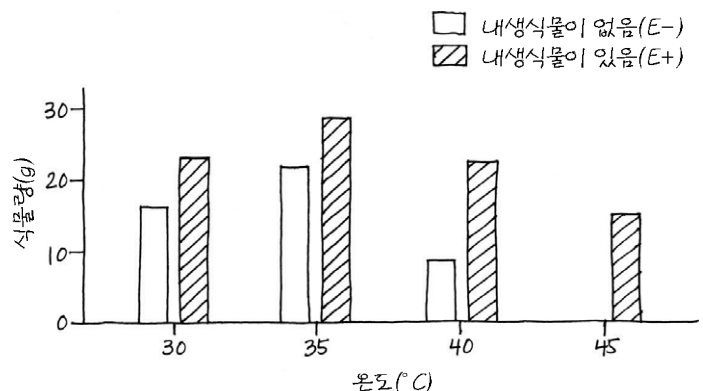
1. 편모성 포자 **2.** 가능한 답은 다음과 같다: 접합균에서는 단단하고 두터운 벽을 가진 접합포자낭이 혹독한 조건을 견딜 수 있으며, 환경이 생식하기에 좋아지면 핵융합과 감수분열을 수행한다. 내생균근의 경우 균사는 특수한 구조를 가지고 있어 균류가 식물체 뿌리와 수지상 균근을 형성하게 한다. 자낭균에서는 분생자라는 무성포자가 보통 긴 사슬 모양이나 다발로 분생자병이라고 불리는 특수한 균사 끝 부분에서 생성되어 바람에 의해 쉽게 분산된다. 보통 컵 모양인 자낭과는 유성포자를 생성하는 자낭을 싸고 있다. 담자균에서는 담자과가 담자기의 넓은 표면을 지탱하고 보호하며, 이 담자기에서 포자가 분산된다. **3.** 그러한 자낭균 생활사의 변화는 교배에 의해 생기는 자낭포자의 수와 유전적 다양성을 감소시킨다. 교배가 단지 하나의 자낭이 형성되게 하므로 자낭포자의 수는 감소할 것이다. 또한 자낭균에서, 한 번의 교배로 많은 다른 이핵성 세포에 의해 자낭이 형성되게 하므로 자낭 포자의 유전적 다양성 또한 감소할 것이다. 그 결과 유전적 재조합과 감수분열은 여러 다른 시간에 독립적으로 일어날 것이다. 만약 하나의 자낭이 형성된다면 이것은 일어나지 않게 된다. 만약 이러한 자낭균이 자낭과를 형성한다면 자낭과의 모양은 가까운 친족에서 발견되는 것과 매우 다를 것이다.

개념 확인 문제 31.5

1. 생장에 적합한 환경, 물과 무기질의 보존, 강한 햇빛으로부터의 보호, 포식자로부터 보호 **2.** 단단한 포자단계는 다양한 방법을 통해 숙주 생물체로 분산되는 것이 가능하게 해준다. 유리한 새로운 환경에서 빠르게 성장하는 능력은 숙주의 자원을 잘 이용할 수 있게 한다. **3.** 많은 다른 결과가 나타날 것이다. 현재 균류와 상리 공생관계를 유지하는 생물은 현재 그들의 균류 협력자에 의해 수행되는 일을 수행할 수 있는 능력을 획득하였거나, 또는 다른 생물(박테리아와 같은)과 유사한 공생관계를 형성하였을 것이다. 아니면 다른 방법으로는 현재 균류와 상리 공생관계를 유지하는 생물은 현재의 환경에서 덜 효율적으로 살고 있을 것이다. 예를 들어, 식물에 의해 군체를 형성하는 이미 존재하던 것에 비해 더 어려웠을 것이고, 만약 식물이 균류 공생자 없이 육지에 서식하게 되었다면 매우 분지되고 확장된 뿌리계(부분적으로 내생균근을 대체)를 가지는 식물이 자연선택에 의해 살아남았을 것이다.

과학적 탐구

2. 데이터와 막대그래프에 의해 나타난 것처럼, 내생식물을 가지는 초본식물(E+)은 내생식물이 없는(E-) 식물에 비해 더 많은 수의 싹과 무계를 보인다. 이러한 차이는 특별히 E- 식물이 새로운 싹을 형성하지 못하고 무계가 0(죽었음을 의미한다)인 높은 토양 온도에서 나타난다.



32장

그림 문제

그림 32.3 ①과 ②에 기술된 바와 같이 입금편모충류와 다양한 동물들이 동정세포를 가지고 있다. 동정세포들은 식물과 균류, 또는 입금편모충류 이외의 원핵생물에서는 전혀 관찰되지 않는데, 이는 입금편모충류가 다른 진핵생물들보다 동물들과 더 가까운 유연관계를 가지고 있을 수도 있다는 것을 나타내는 것이다. 만약 입금편모충류가 다른 어떤 무리의 진핵생물들보다 동물들과 더 가까운 유연관계를 가지고 있다면, 입금편모충류와 동물들은 다른 진핵생물들에서 발견되지 않는 다른 특징들을 공유하고 있을 것이다. ③에서 기술된 자료들은 이 예상과 일치한다. **그림 32.6** β -카테닌의 DNA 결합 부위에 결합할 수 있는 단백질을 말미잘의 배에 주입할 수 있는데, 이 단백질은 β -카테닌이 낭배형성과정에 필요한 유전자들의 전사를 촉진하는 정도를 제한한다. **그림 32.10** 이 그림에서 자매군이 되는 문은 유충동물이지만 그림 32.11에서 자매군이 되는 문은 자포동물이다.

개념 확인 문제 32.1

1. 대부분의 동물들에서 접합자는 포배의 형성을 가져오는 난할을 진행한다. 그 다음 낭배형성과정에서 배의 한쪽 끝이 안쪽으로 접혀서 배조직의 층들을 만든다. 이 층들의 세포들이 분화함에 따라 아주 다양한 동물의 형태들이 나타난다. 동물 형태들의 다양성에도 불구하고, 동물의 발생은 아주 넓은 범위의 분류군에 걸쳐 비슷한 핵심 유전자군에 의해 조절된다. 2. 가상의 식물은 동물에서 발견되는 근육 및 신경세포들과 비슷한 세포들로 구성된 조직들이 필요할 것이다. 즉, “근육”조직은 식물이 먹이를 쫓는 데 필요할 것이며, “신경”조직은 식물이 먹이를 쫓을 때 식물의 운동들을 조정하는 데 필요할 것이다. 잡힌 먹이를 소화하기 위하여 식물이 효소들을 하나 또는 그 이상의 소화강(파리지옥에서와 같이 변형된 잎일 수도 있는)에 분비할 수 있거나 몸 밖으로 효소들을 분비하여 흡수를 통해 먹을 수 있는 것이 필요하다. 먹이를 쫓을 수 있더라도 토양에서 영양분을 추출하기 위해서 식물은 우리가 알고 있는 식물의 뿌리들과는 아주 다른 모습의 움츠릴 수 있는 “뿌리들”을 가지는 것이 필요하다. 광합성을 수행하기 위해서 식물은 엽록체들을 필요로 할 것이다. 전체적으로 이 가상의 식물은 엽록체들과 움츠릴 수 있는 뿌리들을 가진 동물과 아주 비슷할 것이다.

개념 확인 문제 32.2

1. c, b, a, d 2. 동물이 균류보다 먼저 기원하였는지, 또는 나중에 기원하였는지를 추론할 수는 없다. 균류와 동물 사이의 가장 가까운 공통조상에 대한 주어진 시기가 옳다면, 이는 동물이 지난 10억 년 이내의 어떤 시기에 기원하였다는 것을 의미한다. 화석기록은 동물이 최소한 5억 6,500만 년 전에 기원하였다는 것을 알려주고 있다. 따라서 동물이 5억 6,500만 년 전부터 10억 년 전 사이의 어떤 시기에 기원하였다는 결론을 내릴 수 있을 것이다.

개념 확인 문제 32.3

1. 등급군 수준의 특징들은 진화의 역사에 관계없이 다수의 계통들이 공유하는 특징들이다. 어떤 등급군 수준의 특징들은 여러 번에 걸쳐 독립적으로 진화했을 수도 있다. 분기군들을 통합하는 특징들은 하나의 공통조상이 지녔던 것들로서 다양한 후손들에게 전해진 특징들이다. 2. 달팽이는 나선형 및

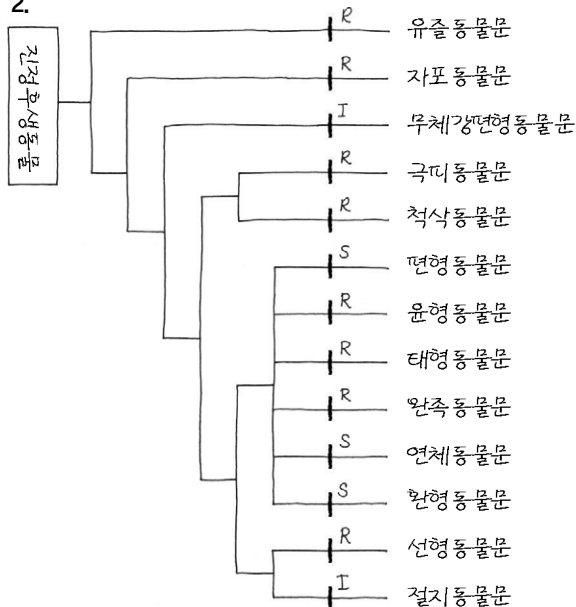
결정적 난할 방식을 가지며, 사람은 방사대칭 및 비결정적 난할 방식을 가진다. 달팽이는 열체강적 발생(중배엽 덩어리가 분리되어 체강이 형성됨)을 하며, 사람은 장체강적 발생(원장의 주름에서 체강이 형성됨)을 한다. 달팽이에서는 원구에서 입이 형성되며, 사람에서는 원구에서 항문이 발달한다. 3. 대부분의 삼배엽성 진체강동물들은 자신들의 소화관에 입과 항문의 2개 구멍을 가지고 있다. 이러한 점에서 그들의 몸들은 도넛과 비슷한 구조를 가지고 있는데, 즉 소화관(도넛의 구멍)이 입에서 항문까지 연결되어 있으며 다양한 조직들(도넛의 실질적인 부분)로 둘러싸여 있는 것이다. 도넛과 비슷한 구조는 발생의 초기단계들에서 가장 명백하다.

개념 확인 문제 32.4

1. 자포동물은 진정한 조직을 가지고 있지만, 해면동물에는 진정한 조직이 없다. 또한 자포동물은 대부분의 다른 동물문들과 같은 좌우대칭형이 아니라 방사대칭형이기는 하지만 해면동물과는 달리 몸의 대칭성을 나타낸다. 2. 형태에 근거한 계통수는 좌우대칭동물과 후구동물과 선구동물의 두 분기군으로 나눈다. 분자생물학적 자료에 근거한 계통수는 윤형동물문과 함께 후구동물, 탈피동물, 촉수담류동물의 3개 분기군을 인정하고 있다. 3. 두 서술 모두 옳을 수 있다. 그림 32.11은 후구동물로 이어지는 계통이 먼저 다른 2개의 주요 좌우대칭동물 계통들(촉수담류동물과 탈피동물로 이어지는 계통들)로부터 분리되었다는 것을 보여준다. 그러나 이 정보 하나만으로는 후구동물의 가장 최근의 공통조상이 최초의 절지동물 이전, 또는 이후에 살았는지 알 수 없다. 예를 들면, 후구동물의 조상이 5억 7,000만 년 전에 촉수담류동물과 탈피동물의 조상으로부터 분리되었을 수도 있다. 즉, 후구동물 분기군이 기원하는 데 걸린 시간은 3,500만 년이지만 최초의 탈피동물로부터 절지동물 분기군이 기원하는 데 걸린 시간은 단지 1,000만 년이었을 수도 있는 것이다.

과학적 탐구

2.



계통수로부터 방사상 난할이 진정후생동물의 조상형 조건이었다는 것이 드러난다. 그러나 촉수담류동물 내에서의 유연관계를 알 수 없기 때문에, 진화

과정 동안 난할 방식이 몇 번에 걸쳐 변화되었는지를 자세히 추정할 수는 없다. 예를 들어, 만약 편형동물과 연체동물, 환형동물이 하나의 분기군을 이루었다면 난할 방식이 3번에 걸쳐 변화(무체강편형동물과 이 가설적 분기군의 조상 및 절지동물에서 각각 1번씩)되었다고 추정하는 것이 합당할 것이다. 척수동물들 사이의 유연관계에 대한 다양한 다른 가능성들은 또 다른 추정들을 낳을 것이다.

33장

그림 문제

그림 33.8 하나의 생식 폴립 내에서 해파리형으로 자라는 하나의 세포는 감수분열을 해야만 한다. 그 결과로 나타난 반수체 세포는 반복적으로 분열(체세포분열)하여 반수체의 해파리형을 형성한다. 나중에 해파리형의 생식소에 있는 세포들이 체세포분열을 하여 반수체의 알들과 정자들을 만든다. **그림 33.11** 공급되는 용수에 비료가 더해지면 조류의 밀도가 증가하게 될 것이다. 이는 차례로 달팽이(조류를 먹음)와 주혈흡충(달팽이를 중간숙주로 필요로 함)의 수를 증가시킬 것이다. 그 결과 주혈흡충증의 발생빈도는 증가할 것이다. **그림 33.28** 그와 같은 결과는 *Ubx* 호스 유전자와 *abd-A* 호스 유전자가 절지동물의 체절 다양성이 증가된 진화에서의 주요한 역할을 하였다는 것과 일치하는 것이다. 그러나 그 결과 하나만으로는 단지 *Ubx* 호스 유전자와 *abd-A* 호스 유전자의 존재가 절지동물의 체절 다양성의 증가와 관계가 있다는 것을 보여줄 뿐이다. 즉, 그것은 *Ubx* 호스 유전자와 *abd-A* 호스 유전자의 획득이 절지동물의 체절 다양성의 증가를 야기시켰다는 것에 대한 직접적인 실험 증거가 될 수는 없는 것이다.

개념 확인 문제 33.1

1. 동정세포의 편모가 먹이입자들을 붙드는 옷깃 모양의 세포구조물을 거쳐 물이 흘러들도록 한다. 먹이입자들은 동정세포나 변형세포에 의해 식세포작용을 통하여 삼켜지고 소화된다. 2. 해면동물(및 다른 동물들, 32장)의 동정 세포들은 입금편모충류 세포와 뚜렷하게 닮아 있다. 이는 동물과 동물의 원생동물 자매군의 마지막 공통조상이 입금편모충류를 닮았으리라는 것을 알려준다. 그럼에도 불구하고, 여전히 중생균충류가 동물의 자매군일 수도 있다. 만약 중생균충류가 자매군일 경우, 중생균충류에 동정세포들이 없다는 것은 그들의 구조가 전 기간 동안 입금편모충류 세포를 더 이상 닮지 않도록 하는 경로로 진화해온 것임을 보여주는 것일 것이다.

개념 확인 문제 33.2

1. 폴립형과 해파리형 모두 아교질 층인 중교에 의해 분리되어 있는 바깥의 피층과 안쪽의 위층으로 이루어진다. 폴립형은 원통형의 구조로서 입의 반대 방향의 몸 끝부분을 기질에 부착하지만, 해파리형은 납작하고 입이 아래를 향해 있는 형태로서 물속에서 자유로이 움직인다. 2. 자포동물의 쏘는 세포(자세포)는 방어와 먹이 포획의 기능을 한다. 자세포는 작은 주머니 모양의 세포소기관(자포)을 가지고 있으며, 자포에는 뒤집혀 발사되는 실이 들어 있다. 실은 독을 주입하거나 작은 먹이에게 둘러붙어 엉키게 한다. 3. 이것은 기초적인 자포동물들의 생활사에서 해파리형 단계가 아마도 우세하였을 것이라는 것을 나타내 주는 것이다. 시간이 흐르면서, 해파리형 단계와 폴립형 단계를 교대하는 히드라충류와 해파리형 단계 전체가 없는 산호충류와 같은 몇몇 무리에서는 폴립형 단계의 중요성이 증가하게 되었다.

개념 확인 문제 33.3

1. 촌충류는 몸이 아주 납작하기 때문에 몸의 표면을 통하여 환경으로부터 먹이를 흡수하고 암모니아를 환경으로 방출할 수 있다. 2. 각 강에서 발의 기능은 이동방법을 반영하고 있다. 복족류는 발을 흡착기관으로 이용하거나 기질 위에서 천천히 움직일 때 사용한다. 두족류에서는 발들이 수공과 촉완으로 기능한다. 3. 안쪽의 관은 몸의 길이 방향을 따라 뻗어 있는 소화관이 다. 바깥쪽의 관은 체벽이다. 2개의 관은 체강에 의해 분리되어 있다. 4. 많은 척수동물들은 중력에 맞서 그들의 부드러운 몸들을 지탱해 줄 수 있는 골격이나 다른 구조물들이 없어서 육지의 표면 위에서 살아가기가 어렵다. 태형동물(내항동물)과 같은 어떤 종들은 튼튼한 외골격을 가지고 있지만, 이들은 고착하여 사는 종들이어서 육상에서는 먹이를 잡는 데 어려움을 겪을 것이다.

개념 확인 문제 33.4

1. 선형동물은 체절과 진정한 체강이 없지만, 환형동물은 두 가지를 모두 가지고 있다. 2. 절지동물의 구기는 좌우대칭으로 쌍을 이루는 변형된 부속지들이다. 3. 바다에서 이미 진화되었던 절지동물의 외골격은 육상종들이 육지 환경에서 수분을 보존하고 몸을 지탱할 수 있도록 해주었다. 날개는 곤충이 새로운 서식지를 찾아 빠르게 분산하고 먹이와 짝을 찾을 수 있도록 해주었다. 기관계는 외골격이 있음에도 불구하고 효율적으로 기체교환을 할 수 있도록 해준다. 4. 그렇다. 전통적인 가설에서 보면 환형동물과 절지동물에서의 체절화는 비슷한 호스 유전자들에 의해 조절되는 것으로 여길 수 있다. 그러나 만약 환형동물은 척수동물에, 절지동물은 탈피동물에 속한다면, 체절화는 이 두 무리들에서 서로 독립적으로 진화하였을 것이다. 이 경우에는 서로 다른 호스 유전자들이 두 분기군에서 체절화의 발달을 조절하였을 것이라고 생각할 수 있다.

개념 확인 문제 33.5

1. 극피동물과 자포동물 모두 방사대칭성을 가지고 있다. 그러나 극피동물의 조상들은 좌우대칭성을 가졌었으며, 극피동물의 성체는 좌우대칭 유생으로부터 발달한다. 따라서 극피동물과 자포동물의 방사대칭성은 상동이 아닌 상사(수렴진화의 결과)이다. 2. 각 관족은 병낭과 관족으로 구성된다. 병낭이 압착되면 물이 관족 속으로 밀려들어가 관족이 팽창되어 기질에 닿도록 한다. 이렇게 되면 관족의 기부에서 부착성 화학물질이 분비되어 관족이 기질에 둘러붙도록 한다. 관족을 떼어낼 때에는 탈착성 화학물질이 분비된다. 이것이 관족을 기질로부터 떼어내며, 부착성 물질로 이루어진 일종의 화학적 “발자국”을 뒤쪽에 남긴다. 최종적으로, 관족 벽의 근육들이 수축하여 물을 병낭 속으로 되돌리고 관족을 수축시킨다. 3. 곤충류와 선형동물 모두 좌우대칭동물의 3개 주요 분기군의 하나인 탈피동물의 구성원들이다. 따라서 초파리와 예쁜꼬마선충이 공유하는 하나의 특징은 이들의 분기군에 속하는 다른 구성원들을 추론하는 정보로서 유용할 수 있지만 후구동물의 구성원들을 추론하는 데에는 필요가 없다. 그 대신, 그림 33.2는 극피동물이나 척삭동물에 속하는 한 종이 사람과 다른 척추동물에 관한 추론을 할 수 있도록 하는 보다 적합한 무척추동물 모델이 될 수 있다는 것을 보여준다.

진화적 관점

1.



(a) 후구동물에 속하는 2개의 문은 진체강동물들로서 이들의 가장 최근의 공통조상이 체강을 가지고 있었다는 것을 나타내고 있다. 척수동물문은 무체강동물의 1개 문(편형동물문), 외체강동물의 1개 문(윤형동물문), 그리고 진체강동물의 4개 문(태형동물문, 완족동물문, 연체동물문, 환형동물문)을 포함한다. 따라서 이 정보만으로는 이 문들이 공유하였던 가장 최근의 공통조상의 조건을 추론할 수 없다. 이와 비슷하게 탈피동물은 외체강동물의 1개 문(선형동물문)과 진체강동물의 1개 문(절지동물문)을 포함하고 있기 때문에 가장 최근의 공통조상이 체강을 가졌는지, 또는 없었는지를 추론할 수 없다. (b) 좌우대칭동물의 가장 마지막 공통조상이 체강을 가졌는가, 또는 체강이 없었는가에 따라 좌우대칭동물의 진화의 역사 동안 체강의 존재는 소실되었거나 여러 차례에 걸쳐 획득되었다. 따라서 체강의 존재는 진화의 경로 전체를 통하여 변화한 것으로 보인다.

34장

그림 문제

그림 34.20 양서류는 *Hynerpeton*과 그 이후 사지류 사이의 최근 공통조상이 기원한 시기(3억 8,000만 년 전), 그리고 알려진 최초의 양서류 화석의 시기(그림에 나온 대로 3억 4,000만 년 전), 둘 사이에 위치한 어느 시기에 기원했어야 한다. **그림 34.37** 그림의 계통수는 사람을 *Pan* 속과 자매군 관계로서 묘사하였다. 계통수의 이러한 관계는 사람을 현존하는 침팬지와 보노보 두 종과 함께 *Pan* 속에 포함시키는 것과 어긋나지 않는다. **그림 34.43** 이러한 두 종류의 오류가 실험 결과에 심각하게 영향을 줄 가능성은 크지 않다. 이러한 결론은 그 결과가 재현될 수 있다는 사실로서 일부 뒷받침된다. 두 개의 독립적인 연구팀이 두 개의 다른 네안데르탈인 화석 염기서열을 결정하여 모두 비슷한 서열을 얻었다. 더욱이, 만일 화석 DNA가 심하게 분해되었다면, 두 개의 네안데르탈인 mtDNA 염기서열이 그렇게 비슷해질 수 없었을 것이다. 또 DNA가 심하게 훼손되었거나 오염되었다면(예를 들어, 미생물이나 현재의 사람에 의해) 유럽인과 다른 현생 인류가 네안데르탈인에 대해 하나의 자매군을 형성하고, 침팬지가 사람/네안데르탈인 분기군에 대해 또 다른 자매군을 형성하는 것은 불가능하였을 것이다.

개념 확인 문제 34.1

1. 물이 인두열을 통과하면서 음식물 조각들이 걸러지고 소화계로 운반된다.

2. 사람에 있어 이들 파생형질들은 오직 배아시기에만 존재한다. 척삭은 척추골 사이의 추간판(디스크)이 되고, 꼬리는 거의 완전히 사라지며, 인두열은 여러 가지 성체구조로 발달한다. **3.** 꼭 그렇지는 않다. 척삭동물의 공통조상이 이 유전자를 가지고 있었으나 창고기 계통에서는 잃게 되었고, 다른 척삭동물에서는 유지되었을 수 있다. 그러나 만일 창고기가 다른 척삭동물에서 분지한 이후, 그러나 피낭동물이 다른 척삭동물에서 분지하기 이전에 이 유전자가 기원하였다면 척삭동물의 공통조상이 이 유전자를 가지고 있지 않았을 수도 있다.

개념 확인 문제 34.2

1. 먹장어류는 머리, 연골로 된 머리뼈, 작은 뇌, 감각기관들, 이빨 비슷한 구조들로 이루어진 머리를 가지고 있다. 이들은 또 신경능선, 아가미틈, 더 발달된 기관계를 가지고 있다. 게다가 먹장어는 점액선이 있어 포식자를 물리치며, 경쟁관계에 있는 청소동물이 회피하게 만든다. **2.** *Myllokunmingia*. 이 생물의 화석이 제시하는 증거에 의하면, 이들이 이구(ear capsules)와 안구(eye capsules)를 가지고 있었다; 이러한 구조는 머리뼈의 일부이다. 그러므로 *Myllokunmingia*는 사람과 같은 유두동물의 일종으로 간주된다. *Haikouella*는 머리뼈가 없다. **3.** 이러한 사실은 몇몇 서로 다른 진화계통에서 머리를 가진 초기 생물들이 자연선택에 의해 선호되었다는 점을 시사한다. 비록 머리를 가지는 것이 자연선택에 있어 이득을 준다는 논리적인 주장이 가능하기는 하지만, 화석 한 가지로만은 그 증거가 될 수 없다.

개념 확인 문제 34.3

1. 칠성장어는 물고기에 흡착하기 위한 등골고 거친 입을 갖고 있다. 코노돈트류는 광물화한 치아요소 두 세트를 갖고 있어 먹이를 찢고 작은 조각으로 자르는 데 사용할 수 있었을 것이다. **2.** 갑피 무악척추동물에서 뼈는 포식자로부터 보호하는 외부 방어용 갑옷 역할을 하였다. 어떤 종은 광화된 구강구조를 가지고 있어 포식 또는 청소섭식에 사용할 수 있었다. 또 다른 종들은 광화된 지느러미 가시가 있어 좀 더 빠른 물속 헤엄과 향상된 방향 조절 능력을 가질 수 있었을 것이다.

개념 확인 문제 34.4

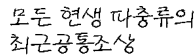
1. 둘 다 유악동물로서 턱, 4개의 *Hox* 유전자군, 확장된 전뇌와 측선계를 갖는다. 상어의 골격계는 주로 연골로 이루어져 있는 반면, 참치는 경골 골격을 가지고 있다. 상어는 또한 나선관(spiral valve)을 갖고 있다. 참치는 아가미 뚜껑과 부레, 그리고 지느러미를 지탱하는 유연성 있는 지느러미가시를 갖는다. **2.** 수생 유악동물은 턱(섭식을 위한 적응)을 가지며 지느러미쌍과 꼬리(물속 헤엄을 위한 적응)를 가진다. 수생 유악동물은 전형적으로 유선형의 몸체를 가져 빠르게 헤엄칠 수 있고, 부레나 다른 방법(상어에서 기름을 저장하는 등)으로 부력을 유지한다. **3.** 그렇다. 그럴 가능성이 있다. 앞사귀형 지느러미류 외에 수생 유악동물의 다리쌍이 사지의 발달을 위한 시발점이 되었을 수 있다. 앞사귀형지느러미류 외의 수생 유악동물이 육지로 와서 살게 되는 것은 폐를 가졌던 계통들에 의해 촉진될 수 있었는데, 이는 이들이 공기로 호흡할 수 있었기 때문이다.

개념 확인 문제 34.5

1. 사지류는 3억 6,000만 년 전에 일부 앞사귀형지느러미류의 지느러미가 사지류의 사지로 발달하면서 기원하였다고 생각된다. 사지류의 이름이 유래한

加
20

3.



정답 A-36

35장

그림 문제

그림 35.9 이 발견은 어떤 물리적인 장애보다는 황갈색 털 때문에 갑충을 망설이게 한다고 제안한다. 이 털은 갑충에게 유독한 화학물질이나 먹기에 나쁜 물질을 가지고 있던지 아니면 그 털 색깔이 방해를 한다. **그림 35.17** 수와 피층은 관다발조직의 안쪽과 바깥쪽에 위치한 기본조직이라고 정의된다. 외떡잎식물의 관다발은 기본조직에 산재되어 있기 때문에 관다발조직의 안쪽과 바깥쪽 구분이 명확하지 않다. **그림 35.19** 관다발형성층은 줄기와 뿌리의 지름을 증가시키므로 성장을 하게 한다. 관다발형성층의 바깥쪽에 있는 조직들은 세포가 더 이상 분열하지 않기 때문에 생장이 계속되지 않아, 결국 이 조직들은 붕괴한다. **그림 35.31** 모든 뿌리의 표피세포는 뿌리털로 발달한다.

개념 확인 문제 35.1

1. 관다발조직계는 잎과 뿌리가 서로 연결되어 있어서, 체관부는 잎에서 뿌리로 당을 이동하게 하고 물관부는 뿌리에서 잎으로 물과 무기질을 이동하게 한다. 2. (a) 결눈; (b) 잎자루; (c) 저장잎; (d) 저장근 3. 표피조직계는 잎의 보호 역할을 한다. 관다발조직계는 수송조직인 물관부와 체관부로 구성되어 있다. 기본조직계는 광합성과 같은 물질대사의 기능을 수행한다. 4. 여기에는 몇 가지 예가 있다. 관상의 속이 빈 구조로 이루어진 물관부의 헛물관 및 물관요소, 체관부 체관요소의 체관은 수송을 용이하게 한다. 뿌리털은 물과 무기질의 흡수를 돕는다. 잎과 줄기의 큐티클은 건조와 병원체로부터 식물체를 보호한다. 잎의 털은 초식동물과 병원체를 막는다. 후각세포와 후벽세포는 두꺼운 벽을 가지고 있어 식물을 지지한다. 5. 광합성으로부터 효율적인 에너지를 얻기 위해서 우리는 태양에 노출될 넓은 표면적이 필요하다. 그러나 이러한 큰 표면적-부피 비율은 증발에 의한 물 손실이라는 새로운 문제를 야기할 것이다. 우리는 물과 무기질의 공급원인 토양에 영구적으로 연결되어 있어야만 한다. 간단히 말하면, 우리는 아마도 식물처럼 생기고 행동할 것이다.

개념 확인 문제 35.2

1. 1차 생장은 정단분열조직으로부터 발생하며 기관의 생성과 신장에 참여한다. 2차 생장은 결눈으로부터 발생하며 뿌리와 줄기의 둘레를 증가시킨다. 2. 분열 중인 여러분의 세포는 보통 형성할 수 있는 세포의 종류가 제한되어 있지만, 식물분열조직의 세포들은 모든 종류의 식물세포로 분화할 수 있다. 3. 가장 크고 오래된 잎은 줄기의 맨 아래에 있을 것이다. 결과적으로 그들이 질게 드려지기 때문에 큰 크기의 잎에도 불구하고 충분한 광합성을 하지 못한다. 4. 아니다. 뿌리에 저장된 양분이 꽃, 열매, 종자를 형성하는 데 사용되기 때문에 무 뿌리는 두 번째 해에 더 작아질 것이다.

개념 확인 문제 35.3

1. 결뿌리는 뿌리 안쪽에서 (내초로부터) 나와 피층과 표피세포를 통해 뚫고 나온다. 반면에 줄기 결가지는 줄기 바깥에서 생겨난다(결눈으로부터). 2. 뿌리에서, 1기 생장은 뿌리 끝에서 멀어지면서 움직이는 3개의 부위인 분열대, 신장대, 분화대에서 이루어진다. 줄기에서는 1기 생장이 정아 끝에서 이루어지는데, 정아의 끝은 정단분열조직이 있고 양옆에 엽원기를 갖는다. 대

부분의 길이생장은 정단 밑에 있는 오래된 절간에서 이루어진다. 3. 지면에 가까운 식물을 뜯는 초식동물은 외떡잎식물보다 쌍떡잎식물에 더 많은 해를 입힌다. 왜냐하면 쌍떡잎식물의 가장 아래쪽 결눈이 제거되면 회복이 되지 않기 때문이다. 반면에 풀의 땅속 줄기와 잎의 절간분열조직은 초식동물에 대해 적게 영향을 받는다. 그래서 초식동물이 있으면 풀이 선택적으로 자랄 수 있게 된다. 4. 아니다. 잎이 수직으로 자라기 때문에 양쪽으로 빛을 받을 수 있어 책상조직과 해면조직으로 분화되지 않은 엽육조직을 보게 될 것이다. 이것은 전형적인 사례이다. 또한 이런 수직의 잎은 보통 잎의 양쪽 표면에 기공을 갖는다.

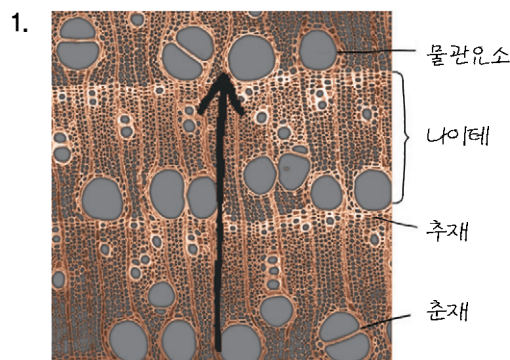
개념 확인 문제 35.4

1. 팻말은 땅 위 2m에 그대로 있게 된다. 왜냐하면 나무의 이 부분은 길이생장을 하지 않고(1기 생장), 단지 부피생장만을 하기 때문이다(2기 생장). 2. 왜냐하면 잎은 부피당 표면적 비율이 나무의 줄기보다 크기 때문에 증산작용은 잎에서 집중적으로 일어나며 기공은 개폐능력이 있어야 한다. 3. 열대 지방 나무의 나이테는 뚜렷한 우기와 건기가 있는 지역으로부터 온 것이 아니라면 구분하기 힘들다. 4. 환상박피는 2기 체관부(수피) 전체를 제거하기 때문에 줄기로부터 뿌리로 당과 전분의 이동을 막는다.

개념 확인 문제 35.5

1. 애기장대는 크기가 작고, 쉽게 기를 수 있는 식물로서 작은 유전체와 짧은 세대를 갖는다. 2. 구별된 유전자 발현 때문이다. 3. *fass* 돌연변이체에서는, 미세소관의 배열이 붕괴되어서 전기전미세소관속이 형성되지 않는다. 이런 결과는 정상적인 세포분열면보다 무작위적인 세포분열면에서 더 잘 일어난다. 미세소관 정렬이 이루어지지 않으므로 세포 신장면을 구성하는 섬유소 미세원섬유의 배열을 막는다. 이러한 무작위성 때문에 생장이 이루어지지 않아 식물은 작아진다. 4. 이론적으로 화피편은 만약 B 유전자 활성이 꽃의 바깥 3개의 선상 모두에 나타날 경우 발생한다.

자기 확인 퀴즈



36장

그림 문제

그림 36.3 시계 반대 방향 나선형으로 잎이 생긴다. **그림 36.4** 위에 있는 잎이 아래 잎을 가리기 때문에 위에 있는 앞면적 지표가 반드시 광합성을 증가시키는 것은 아니다. **그림 36.12** 카스피리안선은 세포벽을 거쳐 내피세포

사이나 주변으로 물과 무기질이 이동하는 것을 막아준다. 그래서 물과 무기물은 내피세포의 원형질막을 통과해야만 한다. **그림 36.21** 물관은 음압(장력)이 걸려 있어 헛물관과 물관요소에 삽입되어 있는 하나의 고립된 중심주가 아마 공기를 세포에 전달시킬 것이다. 압력이 미리 존재하지 않는다면 물관액은 유출되지 않는다. **그림 36.22** (그럴 것 같지는 않지만) 이런 발견으로 실험 결과의 해석에 의심을 갖게 한다. 작은 형광분자가 큰 탐침분자에서 잘려진 것이라면 이 작은 분자가 원형질연락사를 부풀리지 않고 이곳을 통과할 수 있었다.

개념 확인 문제 36.1

1. 관다발식물은 뿌리에서 흡수한 물과 무기질을 식물 전체에 수송해야만 한다. 2. 잎의 배열, 잎의 방향, 그리고 잎면적지표를 포함한 식물구조의 많은 특징들은 '스스로 만든 그늘'에 영향을 준다. 3. 식물이 인산이나 다른 무기질을 흡수하도록 돕는 곰팡이 균근을 곰팡이 제거제는 죽일 수 있다. 4. 줄기 신장의 증가는 식물의 위에 잎을 높이 올려준다. 옆가지의 감소나 직접한 잎은 식물이 옆에 근접하는 이웃 식물 때문에 생기는 그늘에 의해 가리는 것을 덜어 준다. 5. 35장에서 언급한 것처럼 지상부 끝을 자르는 것은 정단분열조직을 제거하여 옆눈이 옆지상부(가지)로 자라게 한다. 이런 가지나기는 높은 잎면적지표를 갖는 덩굴식물을 만들 것이다.

개념 확인 문제 36.2

1. 세포의 ψ_p 는 0.7 MPa이다. ψ_s 가 -0.4 MPa인 용액 속에서 평형 상태에 있는 세포의 ψ_p 는 0.3 MPa이다. 2. 세포는 자신의 삼투 환경을 변화시키며 적응을 하지만 그 반응은 좀 느리다. 아쿠아포린은 막을 두고 생긴 포텐셜 기울기에 영향을 주지 않지만 더 빠른 삼투 적응을 하도록 해준다. 3. 헛물관과 물관요소가 살아 있는 세포라면 이들 세포의 세포질은 물의 수송을 막아서 빠른 장거리 수송을 하지 못하게 하였을 것이다. 4. 원형질체는 터질 것이다. 세포질은 여러 용질을 가지고 있기 때문에 물이 평형에 도달할 때까지 계속 원형질체로 들어갈 것이다. (세포벽이 있다면 그것은 원형질체가 지나치게 팽창하여 터지는 것을 막아 줄 것이다.)

개념 확인 문제 36.3

1. 물 전달 물관세포는 다 성숙하면 죽고 가운데 구멍이 있는 관을 형성하기 때문에 물의 흐름에 거의 저항을 주지 못하며 두꺼운 벽은 세포가 내부 음압 때문에 찌그러드는 것을 막아준다. 2. 새벽에는 물관이 뿌리압 때문에 생긴 양압 하에 있으므로 물방울이 나온다. 정오쯤에는 물관은 증산작용 때문에 음압 포텐셜 하에 있게 되며 뿌리압은 증산작용의 증가 속도를 따라가지 못한다. 3. 내피는 모든 그런 분자들이 선택적 투과성 막을 통과하게 함으로써 물에 용해된 용질의 통과를 제한한다. 아마 억제제는 식물의 광합성 세포에 절대 도달하지 못할 것이다. 4. 아마 뿌리 생체량이 커지면 세포막의 낮은 물 투과를 보상하여 줄 것이다.

개념 확인 문제 36.4

1. 공변세포의 구멍은 가뭄, 빛, CO_2 농도, 생체주기, 그리고 식물호르몬 앱시스산에 의해 조절된다. 2. 기공세포의 양성자 펌프 활성화는 공변세포 안으로 K^+ 를 들어오게 한다. 공변세포의 팽압이 증가하면 기공을 열어 놓은 채 두어서 잎이 지나치게 증산작용을 하도록 한다. 3. 꽃을 자른 후에도 모든 잎이나 꽃잎(수정된 잎이다)에서의 증산작용 때문에 물관을 통해 계속 물이

올라갈 것이다. 자른 꽃을 바로 꽃병에 꽂으면 물관 속의 공기 방울 때문에 물이 꽃병에서 꽃으로 옮겨지는 것이 방해된다. 원래 자른 곳보다 약간 위를 물속에 넣고 자르면 공기방울이 형성된 부위를 떼어 놓게 된다. 물방울은 꽃이 꽃병에 있는 동안 또 다른 공기 방울이 형성되는 것을 막는다.

개념 확인 문제 36.5

1. 두 가지 경우 모두 장거리 수송이란 관의 양쪽 끝의 압력 차이에 의해 생기는 부피 유동이다. 체관의 공급원 끝에서는 당을 체관 속으로 실어 삼투에 의한 물의 흐름을 일으킴으로써 압력을 만들어 낸다. 그리고 이런 압력이 관의 공급원 끝에서 수송원 끝까지 수액을 민다. 반대로 물관액을 위로 끌어올리는 힘은 증산작용에 의해 발생하는 음압(장력)이다. 2. 주된 공급원은 완전히 자란 잎(광합성으로)과 완전히 발생을 마친 저장 기관(녹말의 분해로)이다. 뿌리, 새눈, 줄기, 생장 중인 잎, 과일 등은 왕성하게 자라고 있으므로 강력한 수송원이다. 저장기관은 탄수화물을 축적하는 여름에는 수송원이지만 지상부를 자라게 하기 위해 녹말을 분해하여 설탕을 만드는 봄에는 공급원이라고 할 수 있다. 3. 뿌리압이 우세한 물관에 있을 때 아니면 체관의 체관 요소에 있을 때 양압은 능동수송을 필요로 한다. 물관에서 장거리 수송은 대부분 잎에서 궁극적으로 물의 증산작용에 의해 생기는 음 수분 포텐셜에 의한 부피 유동에 의존하며 살아 있는 세포는 필요 없다. 4. 나선으로 갈자국을 내면 뿌리 수송원으로 가는 체관액 부피 유동을 막게 된다. 그래서 더 많은 체관액이 공급원인 잎에서 수송원인 열매로 이동하게 하여 열매가 더 달아지게 만든다.

개념 확인 문제 36.6

1. 세포 사이의 전압, 세포질의 pH, 세포질 칼슘, 그리고 수송 단백질, 이런 모두는 발생 과정에서 원형질연락사 수가 변화함에 따라서, 심플라스트 소통에 영향을 준다. 2. 세포간극과는 다르게 원형질연락사는 RNA, 단백질, 바이러스를 세포에서 세포로 옮겨주는 능력이 있다. 3. 이런 전력이 바이러스의 체계적 감염을 없애줄 수는 있지만 식물의 발생에도 심각한 문제를 야기할 수 있다.

자기 확인 퀴즈



37장

그림 문제

그림 37.3 음이온. 왜냐하면 양이온들은 토양입자에 결합되어 있어서 폭우 뒤에는 토양으로부터 쉽게 유실되기 때문이다. **그림 37.10** 세균이 질소를 고정하고 이것을 뿌리가 흡수하기 때문에 콩과식물은 이익을 얻는다. 세균은 식물로부터 광합성산물을 얻기 때문에 이익을 얻는다. **그림 37.11** 세

지 식물조직 모두 영향을 받는다. 뿌리털(표피조직)은 리조비움 세균 침투가 이루어지도록 변형되어 있다. 피층(기본조직)과 내초(관다발조직)는 뿌리혹 형성이 이루어지는 동안 증식이 이루어진다. 뿌리혹의 관다발조직은 뿌리의 관다발기동과 양분교환이 이루어지도록 서로 연결되어 있다. **그림 37.13** 만약 인산염만이 유일하게 제한된 무기질이라면, 자생지 나무의 생장은 마늘 겨자나물이 침입한 토양의 균근 연합체의 감소로 인해 심각하게 영향을 받지 않을 것이다.

개념 확인 문제 37.1

1. 지나친 관개는 뿌리의 산소를 빼앗는다. 과도한 시비는 낭비적이고 토양을 염화시키고 수질오염을 일으킬 수 있다. 2. 베어놓은 잔디가 분해되면서 토양의 무기질 양분이 회복된다. 만약 이들이 없어진다면 토양에서 탈취된 무기질은 비료로 보충시켜야만 한다. 3. 점토입자는 작은 크기와 음전하 때문에, 양이온과 물분자에 대한 결합 부위의 수를 늘려 양이온 교환을 증가시키므로 토양의 물을 유지한다.

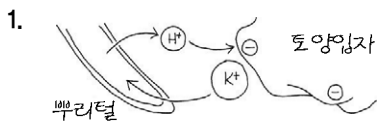
개념 확인 문제 37.2

1. 표 37.1은 CO₂가 식물 건조중량 근원의 90%라는 것을 보여주고, 식물이 대부분 공기를 통해서 양분을 얻는다는 헤일스의 관점을 지지해 준다. 2. 없다. 다량원소가 많은 양을 필요로 하지만 모든 필수원소들이 식물의 완전한 생활주기를 위해 필요하기 때문이다. 3. 없다. 대부분 식물은 실리콘 없이 완전한 생활주기를 가질 수 있다. 그렇기 때문에 실리콘은 필수 영양분이 아니다.

개념 확인 문제 37.3

1. 지하권은 살아 있는 뿌리 가까이 인접한 토양의 좁은 구역이다. 이 지역은 특별히 유기질과 무기질 양분들이 모두 풍부하고, 토양의 부피보다 훨씬 많은 미생물 군집을 갖는다. 2. 토양 박테리아와 균근은 식물에게 보다 유용한 어떤 무기질을 만들어 줌으로써 식물영양분을 증가시킨다. 예를 들어, 많은 종류의 토양 박테리아들은 질소순환에 참여하지만, 균근의 균사는 인산이온과 같은 영양분을 흡수할 수 있는 넓은 표면적을 제공한다. 3. 과잉의 강우는 토양의 산소를 빼앗는다. 토양의 산소 부족으로 땅콩 뿌리혹의 질소고정은 억제되고 식물이 이용할 수 있는 질소는 줄어든다. 폭우는 토양으로부터 질산염을 유실시키며 질소 결핍 증상은 오래된 잎을 누렇게 만든다.

자기 확인 퀴즈



38장

그림 문제

그림 38.4 특이적 꽃가루 전달자를 갖기 때문에 잘못된 종의 꽃에 꽃가루를 전달하는 것을 효율적으로 막을 수 있다. 그러나 이것도 또한 위험한 전략일 수도 있다. 꽃가루 전달자의 군집이 포식자, 질병, 기후 변화 같은 뜻하지 않은 심한 피해를 입게 되면 그 식물은 종자를 생산할 수 없을 수도 있다는 것

이다. **그림 38.6** GABA를 만들 수 없으면 꽃가루관이 자라는 것을 돕는 GABA의 기율기를 만드는 것이 안 될 수도 있다. 그래서 이런 돌연변이도 불임이 될 것이다. **그림 38.9** 쿵은 토양을 뚫고 나가기 위해 하배축 갈고리를 사용한다. 연약한 잎과 지상부 정단분열조직은 또한 두 개의 커다란 떡잎 사이에서 샌드위치처럼 되어 보호된다. 옥수수 유식물의 자엽초는 최근 만 들어진 잎의 보호를 돕는다.

개념 확인 문제 38.1

1. 속씨식물에서 수분은 꽃밥으로부터 꽃가루를 암술머리에 옮겨주는 것이다. 수정은 난자와 정자가 합쳐져 접합자를 이루는 것이다. 이런 과정은 꽃가루에서부터 꽃가루관이 발생한 후에야 일어날 수 있다. 2. 종자의 휴면은 종자가 미리 발아하는 것을 막아준다. 종자는 환경 조건이 배가 어린 유식물로서 생존하기에 적당하게 되어야만 발아할 것이다. 3. 부과라는 용어가 하나 이상의 암술뿐 아니라 부가적인 꽃기관에서 발생하는 과일 모두에게 적용되기 때문에 열매의 형태는 완전하게 나누어진 카테고리가 아니다. 그래서 단과, 집합과, 복합과는 단지 부과일 수 있다. 단과, 집합과, 복합과 같은 용어는 과일이 생겨난 암술과 꽃의 수만을 말하는 것이다. 4. 긴 암술머리는 유전적으로 열등하여 긴 꽃가루관을 성공적으로 자라게 할 수 없는 꽃가루를 탈락시키는 것을 돕는다.

개념 확인 문제 38.2

1. 유성생식은 불안정한 환경에서는 유전적 다양성을 만들 수 있는 장점이 있다. 유성생식으로 생겨난 최소한 하나의 자손이 변화된 환경에서 생존할 가능성이 더 높아진다. 환경에 잘 적응한 각 식물이 모든 유전자를 다음 자손에게 넘겨줄 것이기 때문에 안정된 환경에서는 무성생식이 장점이 된다. 또한 일반적으로 유성생식으로 생긴 유식물보다 좀 더 강한 유식물이 무성생식으로 생긴다. 그러나 유성생식은 강인한 종자를 분산시킨다는 장점이 있다. 2. 무성생식으로 생긴 작물은 유전적인 다양성이 부족하다. 유전적으로 다양한 군집은 군집 속에서 소수의 각 개체가 저항성을 가질 가능성이 높기 때문에 유행병에 직면해도 멸종될 가능성이 적어진다. 3. 단기적으로는 너무 분산되고 드물게 되어 꽃가루의 전달될 가능성이 없는 군집에서는 자가 수분이 유익하다. 그러나 장기적으로는 자가 수분은 진화적 적응을 배제할 유전적 다양성의 손실을 가져오기 때문에 진화의 막다른 골목에 서 있는 것이다. 4. 이것은 가능하지만 만족한 결과는 거의 불가능하다. 감자나 열매 모두가 엄청난 에너지 수용원이다. 각 식물은 유성생식과 무성생식 사이를 나누기에는 단지 한정된 양의 에너지를 가지고 있다. 토마토-감자의 잡종은 이론적으로 열매와 감자를 똑같이 생산할 수 있는 자손을 얻을 수 있지만 실제로 이런 감자와 열매는 질이 떨어지거나 수확이 적다.

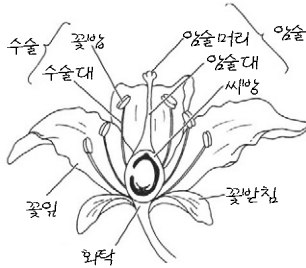
개념 확인 문제 38.3

1. 전통적인 육종이나 유전공학은 모두 원하는 형질을 인위적으로 선택한 것이다. 그러나 유전공학 기술은 유전자를 옮기는 데 시간이 적게 들고 근연종이나 변종 사이가 아니라도 유전자 전이가 가능하다. 2. GM 작물은 영양분이 더 많고, 곤충에 의한 피해나 곤충에 의해 상처를 입은 식물에 감염되는 병원균에 의한 피해는 덜 입는다. 또한 그들은 과도한 화학 농약이 필요 없다. 그러나 알 수 없는 위험 중에는 인간의 건강과 표적 이외의 생물에 나쁜 영향과 전이된 유전자가 다른 식물종으로 유출될 가능성이 있다. 3. Bt 옥수수는 곤충의 피해를 덜 받기 때문에 그들이 상처를 통해 식물에 감염되는 플

모니신을 생산하는 곰팡이에 감염된 가능성이 더 적다. **4.** 그런 중에서, 엽록체 DNA에 전이시킨 유전자 조각은 그 전이 유전자가 꽃가루에서 다른 식물로 유출되지 못하도록 막아준다. 이런 방법은 엽록체 DNA가 난자에서만 발견되게 하기 때문이다. 자성불임, 무수정생식, 자가수분 방지된 꽃 같은 전적으로 전이된 유전자의 유출을 막는 많은 방법이 필요하다.

자기 확인 퀴즈

1.



39장

그림 문제

그림 39.5 굴광성 반응을 유발하는데 어떤 파장의 빛이 가장 효과적인가를 알아보기 위해서는 프리즘을 사용하여 백색광을 구성하고 있는 다양한 빛으로 분산시켜 비추고 어떤 색이 가장 빠른 굴광성 반응을 유발하는가를 보면 된다(답은 청색광이다; 그림 39.16). **그림 39.6** 자엽초는 TIBA를 함유하는 한천조각이 있는 쪽으로 굽을 것이다. **그림 39.7** 아니다. 옥신의 극성 수송은 옥신 수송 단백질의 극성분포에 의한 것이다. **그림 39.17** 그렇다. 백색광은 적색광을 포함하고 있으며 모든 처리에서 씨의 발아를 촉진한다. **그림 39.22** 단일식물은 꽃을 피우지 않고 장일식물은 꽃을 피울 것이다. **그림 39.23** 이것이 사실이라면, 화성소는 개화유도물질이 아니라 개화억제물질일 것이다.

개념 확인 문제 39.1

1. 암소에서 키운 유식물은 줄기가 길고 뿌리가 잘 발달되지 않았으며 잎은 펼쳐져 있지 않고 지상 부위에 엽록소를 가지고 있지 않다. **2.** 황화생장은 씨가 땅속에서 만나게 되는 암조건에서 싹을 틔우는 데 유리하다. 잎의 신장과 뿌리의 생장에 에너지를 쏟는 대신 많은 에너지를 줄기의 신장에 쏟아 식물이 저장된 양분을 다 소모하기 전에 줄기가 태양에 노출될 수 있도록 하고 있다. **3.** 시클로헥시마이드 처리로 인해 탈황화에 필요한 새로운 단백질의 합성이 억제되어 탈황화반응이 일어나지 않을 것이다. **4.** 아니다. 고리형 GMP를 주입한 경우와 마찬가지로 단지 탈황화반응의 일부분만이 나타날 것이다. 완전한 탈황화반응을 위해서는 이 신호전달경로의 다른 가지인 칼슘경로의 활성화가 필요하다.

개념 확인 문제 39.2

1. 상처 입은 사과에서 나오는 에틸렌이 다른 사과의 성숙을 촉진하였다. **2.** 시토키닌은 잎의 노화를 억제하며 꽃은 변형된 잎이라고 할 수 있으므로 시토키닌은 꺾어놓은 꽃의 노화를 억제한다. **3.** 옥신과 같이 푸시코신은 세포막 H⁺ 펌프의 활성을 증가시키고 또한 옥신처럼 줄기세포의 신장을 유발한다. **4.** 식물은 항상적으로 삼중반응을 보일 것이다. 정상적인 경우에 삼중반

응을 억제하는 인산화효소에 이상이 생겼으므로 식물은 에틸렌의 유무와 정상적인 에틸렌 수용체 존재와 상관없이 삼중반응을 보일 것이다.

개념 확인 문제 39.3

1. 반드시 그렇지 않다. 온도와 빛 등의 여러 환경요인들은 야생에서 24시간 주기로 변한다. 특정 효소가 일주기성조절을 받는지 알아보기 위해서는 환경요인들이 변하지 않고 일정할 때에도 그 효소 활성이 주기적으로 변하는지를 보아야 한다. **2.** 이 식물의 개화는 광주기에 영향을 받지 않을 수 있거나 혹은 짧은 밤에 여러 번 노출되어야 꽃을 피울 수 있을 것이다. **3.** 작용스펙트럼을 사용하여 어떤 파장의 빛이 가장 효과적인가를 결정할 수 있다. 작용스펙트럼이 피토크롬이 관여하고 있음을 말해준다면 다시 적색광과 근적외선을 이용한 광가역성을 조사하여 더욱 확실하게 피토크롬의 관련성을 이야기할 수 있다. **4.** 그렇게 말할 수 없다. 이 식물이 단일식물이라면 개화를 위한 임계 밤길이가 있어야 하고 밤길이가 이보다 길어야 꽃을 피울 수 있는 것이다.

개념 확인 문제 39.4

1. ABA를 많이 만들어 내는 식물은 기공이 주로 닫혀 있게 되므로 증발열로 인한 냉각 효과가 적기 때문이다. **2.** 통로 근처의 식물은 온실 내의 공기의 흐름이나 일하는 사람들이 다니면서 건드림으로써 기계적인 자극을 자주 받게 되어 키가 작은 반면, 가운데 쪽의 식물은 주변 식물들에 의해 빛이 가려져 키가 크게 자란다. **3.** 가뭄으로 인한 스트레스처럼 동결은 세포 내에서 수분손실을 유발한다. 따라서 가뭄 스트레스를 약화시킬 수 있는 모든 작용은 동결 스트레스도 약화시킬 수 있다. **4.** 아니다. 뿌리끝무가 중력의 감지에 관여하고 있으므로 뿌리끝무가 제거된 뿌리는 중력에 대해 거의 반응하지 않는다.

개념 확인 문제 39.5

1. 특정 곤충은 해충을 잡아먹거나 수분을 도와줌으로써 식물의 생산성을 높여준다. **2.** 기계적인 상해는 감염에 대한 식물의 제1방어선인 표피조직을 부수기 때문이다. **3.** 아니다. 병원균이 숙주식물을 죽이게 되면 곧 더 이상 희생양으로 삼을 숙주가 다 없어져 병원균 자기 자신도 멸종하게 될 것이다. **4.** 바람이 식물의 방어를 위해 발산하는 휘발성 물질의 농도를 희석시켜 버리기 때문일 것이다.

자기 확인 퀴즈

1.

	대조구	에틸렌 처리	에틸렌항성 억제제
야생형			
에틸렌에 대해 반응하지 않는 ein 돌연변이체			
에틸렌을 과다항성하는 eto 돌연변이체			
항상적으로 삼중반응을 보이는 ctr 돌연변이체			

40장

그림 문제

그림 40.4 그러한 교환표면이 몸체 안에 있다는 의미에서 교환표면은 내부에 있다. 그러나 교환표면은 또한 환경과 접촉하는 외부의 몸체표면으로 열려있는 구멍과 계속 연결되어 있다. **그림 40.8** 공기의 온도가 설정값보다 높을 때 공기를 차갑게 하면서 에어컨은 두 번째 음성되먹임 고리를 형성할 것이다. 음성되먹임 고리의 이러한 반대되는 또는 길항적인 짝은 항상성 기작의 효율성을 증가시킨다. **그림 40.14** 암컷 버마산 비단뱀이 알을 품지 않을 때 다른 외온동물과 같이 떨어지는 주변온도에 따라서 산소소모는 감소할 것이다. **그림 40.21** 만약 떨어지는 온도가 동면을 시작하게 했다면 동면이 정상적인 때보다 좀 더 일찍 시작될 것이라고 여러분은 기대할 것이다. 만약 낮의 길이와 같은 또 다른 계절적 변화가 동면을 조절했다면 동면의 시기는 영향을 받지 않았을 것이다. 실험실에서 이러한 환경적 변이를 조절함으로써 과학자들은 낮의 길이를 변화하지 않고 온도를 낮춰서 땅다람쥐의 동면을 유도할 수 있음을 보여주었다.

개념 확인 문제 40.1

1. 상피세포는 표면을 따라서 뻗뻗하게 쌓여져 있고 기저막 위에 놓여 있으며 외부환경에 대해서 능동적이고 보호적인 경계를 형성한다. 2. 환경의 온도가 높을 때 몸체를 따라서 귀를 늘어뜨림으로써 북미산 산토끼는 전체 몸체의 표면적을 감소시켜서 흡수되는 열의 양을 감소시킨다. 하나의 교환(trade-off, 하나를 얻고 하나를 잃는 것)은 다가오는 포획자의 소리를 듣는 능력이 감소되는 것이다. 3. 여러분은 위험을 감지하고 낭떠러지로 떨어지는 것을 방지하기 위한 순식간의 근육반응을 일으키기 위해서 신경계를 필요로 한다. 그러나 신경계는 혈관 또는 간과 직접적인 연결을 가지고 있지 않다. 대신에 이러한 경우에 내분비계에 의해서 호르몬(에피네프린 또는 아드리날린이라고 하는)의 방출을 시작하게 함으로써 신경계는 내분비계를 통해서 단지 수 초 안에 이러한 조직에서의 변화를 일으키게 한다.

개념 확인 문제 40.2

1. 아니다; 비록 동물은 내부환경의 어떤 국면을 조절하지만 내부환경은 설정점 주변에서 미세하게 변동된다. 항상성은 역동적 상태이다. 게다가 때때로 설정점에서 프로그램된 변화를 때때로 가지기도 하는데 이것은 발달 과정 동안의 특정한 시기에 호르몬에서 급격한 변화를 일으키게 한다. 2. 음성되먹임에서 변화는 한쪽 방향으로의 변화에 반대되는 조절기작을 시작하게 한다. 양성되먹임에서 어떤 변화는 그 변화를 증폭시키는 기작을 시작하게 한다. 3. 직사광선과 같이 환경적 혼란(perturbation)으로부터 멀리 떨어지고 온열기의 출력이 바로 나오는 길목이 아니면서 여러분이 대부분의 시간을 보내는 장소에 가까운 곳에 열조절장치가 있기를 원할 것이다. 유사하게 인간의 뇌에 위치해 있는 항상성을 위한 감각기는 환경적 영향으로부터 분리되어 있고 생명유지에 필요하고 민감한 조직에서의 상태를 점검할 수 있다.

개념 확인 문제 40.3

1. “풍속냉각”은 대류를 통한 열상실을 포함한다. 2. 매우 작은 내온동물인 벌새는 높은 물질대사율을 지닌다. 만약 어떤 꽃들이 햇빛을 쬌어서 꿀을 따뜻하게 한다면 이러한 꽃들을 섭식하는 벌새는 꿀을 체온까지 올리기 위한 물질대사의 비용을 절약할 수 있다. 3. 얼음물은 몸 전체를 통해서 순환하는

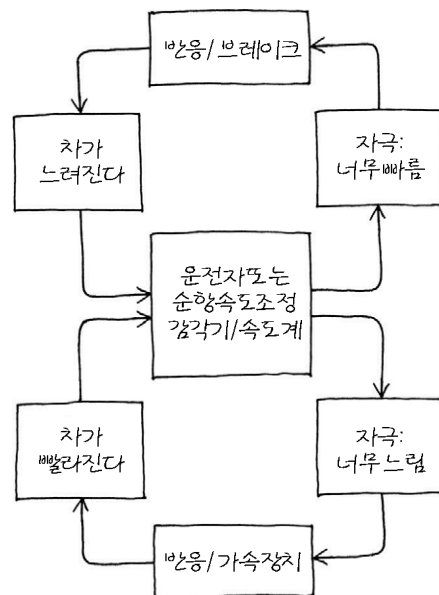
혈액을 포함해서 여러분의 머리에 있는 조직을 차갑게 할 것이다. 그러나 얼음물이 고막에 도달해서 시상하부의 열조절장치를 차갑게 하면 인지된 온도 의 감소는 땀흘림과 혈관이완을 억제하여 몸체의 냉각을 늦추게 할 것이다.

개념 확인 문제 40.4

1. 생쥐는 내온동물이기 때문에 산소를 더 높은 율로 소모할 것이다. 따라서 생쥐의 기초물질대사율은 외온성인 도마뱀의 물질대사율보다 더 높다. 2. 집 고양이; 동물의 크기가 작으면 작을수록 물질대사율과 몸무게당 음식에 대한 요구가 더 높다. 3. 비록 뱀은 성체가 되면 성장하지 않지만 그들은 반복적으로 에너지 저장을 하기도 하고 그 저장된 에너지를 사용하기도 하기 때문에 그들의 크기는 증가하기도 하고 감소하기도 한다. 많은 양의 에너지가 1년 중 어떤 시기에 지방으로 저장되지만 이 에너지는 1년 중 후반기에 사용되기 때문에 이 파이 그래프에서 놓쳐 버린 것이다.

자기 확인 퀴즈

1.



41장

그림 문제

그림 41.5 기술된 연구에서처럼 대조군에서 충분한 수의 신경관 결함을 예상할 수 있으려면 충분히 큰 표본이 필요할 것이다. 알맞은 표본 크기를 정하기 위해서 필요한 정보는 일반적인 개체 안에서 첫 임신에서 발생하는 신경관 결함의 빈도에 관한 기록이다. **그림 41.13** 효소는 단백질이고, 단백질은 소장에서 분해되기 때문에 소장에 존재하는 소화효소는 효소가 활성이 되기 위해 끊어지는 것보다는 단백질분해효소에 대한 내성을 가진다. **그림 41.15** 아니다. 소화는 소장에서 끝나기 때문에 촌충은 그들의 넓은 몸 표면적을 이용하여 분해된 영양소를 단순히 흡수하기만 한다. **그림 41.24** db 쥐의 혈중 렙틴은 높을 것이다. 정상 쥐는 먹이를 먹은 후에 렙틴을 만든다. 저장된 지방이 고갈되었을 때 쥐의 렙틴 생성은 줄어든다. 결국엔 쥐는 식욕이 생기고 다른 것을 먹으면서 렙틴을 또다시 만든다. db 쥐는 렙틴에 반응을 할 수 없기 때문에 과량의 소비에도 불구하고 지방 저장이 계속 일어난다. 그 결과 렙

틴은 계속 만들어져서 혈 중 내에 높은 농도로 존재하게 된다.

개념 확인 문제 41.1

1. 필수 아미노산은 동물이 탄소와 질소를 포함한 다른 분자를 이용하여 합성할 수 없는 아미노산이다. 2. 탄수화물은 에너지와 세포 구성 요소를 합성하는 데 필요한 탄소의 원천이기 때문에 온몸에 걸쳐서 필요하다. 반면 비타민은 효소의 보조인자나 특정 세포구조를 이루는 재료가 된다. 3. 동물의 식이에서 빠진 필수 영양소를 찾기 위해서, 연구자들은 특정 영양소가 있는 식이를 제공할 수 있고 어떤 영양소가 영양실조를 개선시키는지를 정할 수 있다.

개념 확인 문제 41.2

1. 위수관은 구멍이 하나이며 소화와 배설 모두가 일어나는 소화주머니이다. 소화관은 입과 항문이 반대쪽에 떨어져 있다. 2. 영양소가 위수관의 공간에 있는 동안, 영양소는 막을 통과하여 몸 안으로 들어가지 않을 때는 입과 항문으로 이어지는 외부 환경에 있는 셈이 된다. 3. 몸 바깥 부위인 소화관에 음식물이 있을 때와 마찬가지로 가솔린은 자동차의 좌석에 들어오지 않고 연료탱크에서 엔진으로만 간다. 게다가 음식처럼 가솔린은 특정 부위에서 연소되어 본체의 나머지 부분이 분해되는 것을 방지한다. 두 가지 모두의 경우에 있어서 고에너지 연료가 사용이 되며 폐기물은 배출된다.

개념 확인 문제 41.3

1. 중력의 도움 없이 음식물을 식도로 밀어 넣는 것은 연동운동을 통해서이다. 2. 지용성이 아니어서 수송 단백질이 필요한 단백질과 당과는 달리 지방은 확산현상으로 상피세포막을 통과한다. 3. 단백질은 변성되거나 펩티드로 분해될 수 있다. 아미노산으로 분해가 일어나기 위해서는 소장으로 분비되는 효소반응이 필요하다.

개념 확인 문제 41.4

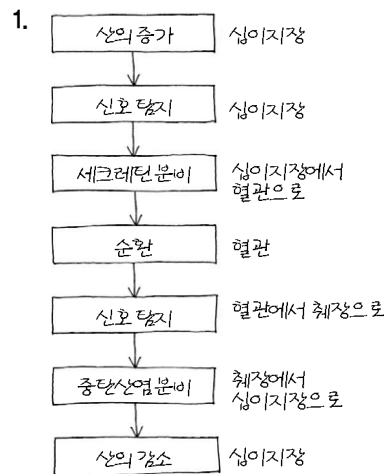
1. 운반에 필요한 시간의 증가는 심화된 과정을 가능하게 하며, 표면적의 증가는 흡수율을 증가시킨다. 2. 척추동물의 장에 존재하는 미생물들은 타액을 이용하여 다른 미생물 그리고 소화액으로부터 자신을 보호하고, 효소작용을 하는 데 중요한 온도를 일정하게 유지하게 해주며, 지속적인 영양분을 제공하기도 한다. 3. 요구르트 섭취가 효과적이기 위해서는 요구르트 안에 있는 세균은 이탄당이 부서지고 당이 흡수되는 소장 안에서 상호적 관계를 가져야 한다. 소장의 환경은 요구르트에서의 환경과 많이 다르다. 세균은 소장에 도착하기 전에 죽거나 소화를 도울 수 있는 충분한 개체로 번성하지 못할 수 있다.

개념 확인 문제 41.5

1. 장기간에 걸쳐서 몸은 지방, 탄수화물, 단백질로부터 흡수한 잉여 칼로리를 지방으로 바꾼다. 2. 두 호르몬 모두 뇌의 포만 중추에서 식욕억제 효과를 가진다. 하루 동안에 소장에서 분비되는 PYY는 식이 후 식욕을 억제한다. 반면 지방세포에서 만들어지는 렙틴은 장기간에 걸쳐서 지방 저장이 증가할 때 식욕을 억제한다. 3. 정상적인 개체에서 렙틴 정도는 단식하는 동안 감소한다. 렙틴이 낮은 그룹은 렙틴 생성에 문제가 있는 것과 유사하다. 그러므로 렙틴은 음식 섭취와 상관없이 낮게 유지된다. 렙틴이 높은 그룹은 렙틴에 반응하는데 문제가 있는 것과 유사하나 저장된 지방을 다 소모함에 따라

렙틴 생성을 차단해야 한다.

자기 확인 퀴즈



42장

그림 문제

그림 42.2 이름에도 내포되어 있듯이, 위수강(gastrovascular cavity)은 소화와 순환계로서의 기능을 모두 갖고 있다. 체강 속에 액체가 한 방향으로 계속 흐른다면 기체교환에는 도움이 되겠지만, 음식물을 소화하고 흡수하는데 필요한 충분한 시간을 갖기는 어려울 것이다. **그림 42.12** 엔도텔린은 혈관을 둘러싼 평활근을 조절하기 때문에 상피세포의 바닥면(기저면)에서 합성분비됨을 예상할 수 있다. 이 사실은 실험적으로도 입증된 바 있다. **그림 42.28** 일회호흡량이 증가되면 환기가 잘됨으로 폐포내 P_{O_2} 가 높아질 것이다. **그림 42.30** 일부 CO_2 는 혈장에 녹아 있고, 일부는 헤모글로빈에 결합되어 있으며, 또 일부는 중탄산이온(HCO_3^-)의 형태로 변환되어 혈장에 녹아 있다. **그림 42.31** 최고의 달리기선수들이 최고의 최대 호흡량을 보여줄 가능성이 높은 반면 나무늘보처럼 아주 느린 사람에서도 나타날 수 있다. 최대 호흡량이 결정되는 데에는 크게 두 가지 요인이 있다. 유전적인 것과 훈련에 의한 것이다. 엘리트 육상선수들은 매우 높은 최대 호흡량을 갖는데 이는 훈련을 통해 심폐기능을 증가시켰을 뿐만 아니라 특정 대립유전자들의 절묘한 조합에 의해 만들어지는 부분이 있음을 시사한다.

개념 확인 문제 42.1

1. 개방순환계나 야외분수 모두 관을 통해 뿜어져 나간 액체가 물웅덩이에 모여 다시 펌프로 들어간다. 2. 동물이 물속으로 들어갔을 때 폐로 가는 혈액을 차단할 수 있다. 3. O_2 함량이 비정상적으로 낮을 것이다. 왜냐하면 우심방으로 들어온 저산소 혈액이 좌심실의 고산소 혈액과 섞일 것이기 때문이다.

개념 확인 문제 42.2

1. 폐정맥은 방금 O_2 를 공급해 주는 폐 모세혈관망을 거쳐서 나온 혈액이 흐르고, 대정맥은 O_2 를 고갈시키는 신체 다른 부위의 모세혈관망을 거쳐서 나

은 혈액이 흐른다. **2.** 심실의 수축이 이루어지기 전에 심방이 완전히 수축하여 혈액을 심실에 가득 채울 수 있도록 한다. **3.** 심장은 다른 근육기관이 그렇듯이 규칙적인 운동을 많이 하면 더 강해진다. 강한 심장은 더 많은 혈액을 내보낼 수 있을 것이고 따라서 박동 속도가 느려져도 괜찮다.

개념 확인 문제 42.3

1. 모세혈관의 총 단면적이 넓기 때문. **2.** 혈압이 높아지고 심박출량이 늘어나고 근육으로 더 많은 혈액을 보내면 근육내 혈액의 순환 속도를 증가시켜 보다 많은 산소와 영양물질들을 공급하여 운동능력을 향상시키는 효과가 있을 것이다. **3.** 심장이 하나 더 있다면 다리 같은 곳에서 혈액이 잘 흐르도록 이용할 수 있을 것이다. 하지만 조화롭게 이용하기는 쉽지 않을 것 같다. 그리고 심장에 지속적으로 혈액의 공급을 해주기가 쉽지 않을 것이다.

개념 확인 문제 42.4

1. 백혈구의 숫자가 증가한다는 것은 몸속에서 침입자와의 전투가 생겼다는 신호일 수 있다. **2.** 혈액 응고인자들은 혈액 응고에 필수적인 것들이지만 혈액 응고를 유발하지는 않는다. 혈전을 생성하는 혈액응결체는 대개 면역반응에 의해 생성되며 상처가 생긴 부위에서 유래되는 경우는 드물다. **3.** 가슴에 통증은 심장에 혈액 공급이 잘 안 되고 있기 때문에 생긴다. 일산화질소에 의해 혈관이 이완되면 심장으로의 혈액공급이 증가하여 더 많은 O_2 를 공급하여 통증을 줄일 수 있다.

개념 확인 문제 42.5

1. 폐가 몸속에 있는 것은 수분을 유지하는 데 유리하다. 만약 폐가 육상 공기에 노출되어 있다면 그 표면은 곧 말라 버리고, 더 이상 O_2 나 CO_2 의 교환이 일어나지 못할 것이다. **2.** 지렁이는 기체교환을 위해 표피를 축축하게 유지해야 하지만 이 축축한 표피층 밖으로는 공기와 접해야 한다. 만약 비가 많이 와서 물이 가득 찬 땅속에 계속 지내야 한다면 공기에서 만큼의 O_2 를 공급 받기 어려워 질식해 버릴 것이다. **3.** 날숨은 수동적으로 폐포를 둘러싼 탄성조직이 원상태로 돌아오면서 공기를 내뿜는 것이다. 폐기종에서와 같이 폐포가 탄성을 잃게 되면 숨쉴 때마다 부피가 줄어들고 기체교환 효율이 떨어지게 된다.

개념 확인 문제 42.6

1. 혈액내 CO_2 의 농도가 증가하면, 확산에 의해 보다 많은 CO_2 가 뇌척수액으로 들어가고, 여기서 물분자와 결합하여 탄산을 형성한다. 탄산은 해리되어 H^+ 를 방출하고 결과적으로 뇌척수액의 pH를 떨어뜨린다. **2.** 심장박동이 빨라지면 시간당 폐에 전달되는 CO_2 가 풍부한 혈액량이 증가한다. 그 결과 빠른 속도로 CO_2 가 혈액에서 제거될 수 있게 해준다. **3.** 구멍을 통해 폐를 둘러싼 이중막의 사이로 공기가 들어가 기흉 증세를 일으킨다. 두 층은 더 이상 서로 붙어 있지 못하고 구멍이 난 쪽의 폐는 쪼그라들어 기능을 상실한다.

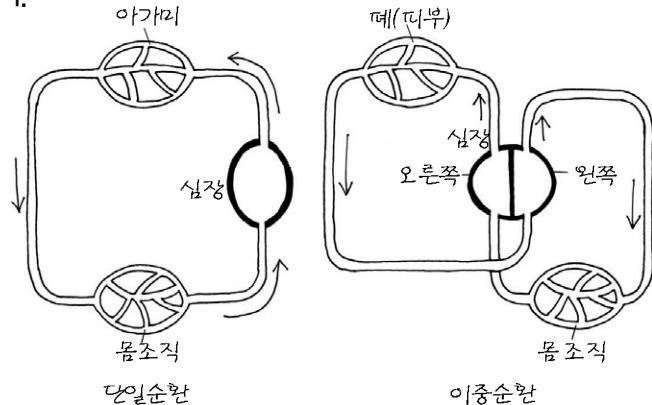
개념 확인 문제 42.7

1. 분압이다. 즉, 분압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. **2.** 보어 변위에 의하면 주위 pH가 낮을 때 O_2 가 헤모글로빈으로부터 잘 방출된다. 즉, 활동을 많이 하여 호흡량이 많고, CO_2 의 농도가 높은 조직에서 산소가 잘 방출되도록 하는 효과가 있다. **3.** 의사들은 환자가 숨을 빨리 쉬는 것은 체내 pH

가 낮아졌기 때문이라고 생각한다. 대사 과정에서 생기는 혈액의 산성화에는 여러 가지 이유가 있을 수 있다. 산성화는 특정 종류의 당뇨병이나 쇼크(급격한 혈압의 감소), 독에 의해서도 생길 수 있다.

자기 확인 퀴즈

1.



43장

그림 문제

그림 43.5 그러한 펩티드는 상기한 실험에서 사용된 병원균에는 활성을 보이지 못하더라도 다른 병원균을 방어하는 데 효과적일 수도 있다. 어떤 항미생물펩티드는 다른 펩티드와 조합 시 더욱 효과적일 수도 있다. **그림 43.6** 세포 표면에 있는 TLR 수용체가 인식하는 분자들은 병원균 표면에 노출된 물질인 반면, 세포내 소낭에 있는 TLR 수용체가 인식하는 단백질은 병원균 내부 물질이다. **그림 43.16** 다음과 같은 순서로 연결되는 과정임. 1차 반응: 항원(1차 노출), 항원제시세포, 도움T세포, B세포, 형질세포, 세포독성T세포, 활성화 세포독성T세포; 2차 반응: 항원(2차 노출), 기억도움T세포, 기억 B세포, 기억T세포. **그림 43.19** 기억세포는 2차 면역반응이 형성되기 전에 세포 표면에 전시되어 있는 항원을 인식해야 활성화될 수 있기 때문이다.

개념 확인 문제 43.1

1. 물리적 장벽은 감염에 대하여 효과적인 방어 수단이 될 수 있다. 그렇지만 동물은 외부 환경과 원활한 소통을 위한 노출 부위가 필요하기 때문에 물리적 장벽은 완전한 방어 수단이 되지는 못한다. **2.** 고름에는 백혈구, 혈장액, 세포 잔존물들이 존재한다. 따라서 고름 생성은 침투 미생물 방어를 위하여 활발하고, 최소한 부분적이더라도 성공적인 염증반응이 일어났음을 말해 준다. **3.** 낮은 pH에서 잘 자랄 수 있는 미생물은 피부나 위장에서 군락을 쉽게 형성할 수 있는 반면에 기타, 다른 조직에서는 잘 자라지 못할 것이다.

개념 확인 문제 43.2

1. 그림 43.9a 참조; 모든 항원 수용체의 기능은 C 영역의 차이에 의하여 각기 다르게 나타난다. 항원부착 부위는 V 영역에 의한다. **2.** 기억세포를 생성함으로써 첫째, 재노출항원에 대해 높은 친화력의 수용체를 공급하고 둘째, 항원을 처음 접할 때보다 더 많은 수의 항원특이적인 림프구를 공급함으로써 신속한 방어를 가능하게 한다. **3.** B세포에는 두 개의 중쇄 및 두 개의 경

쇄가 있게 되고 서로 조합을 이루어 네 종류의 항원특이성을 가진 수용체가 있게 된다. 만약에 이들 중 하나라도 자신의 단백질에 반응하게 되면 자기관용을 위해 발달 과정상 제거된다. 이러한 이유로 B세포들이 제거되기 시작하면 실제로 외래 항원을 인식하는 수용체만을 가지고 있는 B세포의 수는 현격히 줄어 효과적인 방어를 수행하지 못할 것이다.

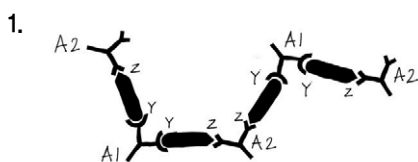
개념 확인 문제 43.3

1. 흉선이 없는 아이는 기능적인 T세포가 없을 것이다. 도움T세포가 없기 때문에 B세포 활성화가 일어나지 않아 외부 세균에 대해 항체를 생성하지 못할 것이다. 게다가 역시 세포독성T세포와 도움T세포가 없기 때문에 바이러스에 감염된 세포를 죽일 수도 없을 것이다. 2. 항원부착 부위는 그대로 있기 때문에 바이러스의 중화 및 세균의 옴손화 등에는 아무런 문제가 없다. 그러나 대식세포를 유인하거나 보체를 활성화시킬 수는 없다. 3. 뱀독항체에 대한 면역기억이 형성되어 있기 때문에 같은 항체를 재투여했을 때 강력한 2차 면역반응이 일어난다. 또한 뱀독항체를 중화시키는 항체가 생성되어 항체를 무력화시킨다.

개념 확인 문제 43.4

1. 환자의 면역계가 자기단백질 아세틸콜린 수용체에 반응하는 항체를 만들기 때문에 중증근무력증은 자가면역 질환이다. 2. 감기에 걸린 사람은 구강 또는 비강 분비물을 배출하여 바이러스를 다른 사람에게 전파한다. 게다가 바이러스는 무기력하거나 죽어가는 숙주를 탈출하려는 내재적인 프로그램을 가지고 있다. 신체적인 스트레스 조건에서 입 주변에 형성된 물질은 현재의 숙주에서 탈출하여 새로운 숙주로 가기 위한 방편을 제공한다. 3. 대식세포가 결여된 사람은 감염에 민감하다. 이는 선천성 방어체계, 특히 식세포작용 및 염증반응이 약화되어 있기 때문이다. 또한 대식세포에 의한 도움T세포의 항원제시에 문제가 생기기 때문에 후천성 방어체계도 약화되어 있다.

자기 확인 퀴즈



44장

그림 문제

그림 44.7 대부분의 해수 무척추동물과 같은 삼투순응자의 체액은 해수와 같은 염 농도를 가지고 있다. 이들을 새가 먹는다면 제거되어야 할 과량의 염류를 섭취한 것이 된다. 반대로 해수 경골어류의 경우 체액이 해수보다 훨씬 낮은 삼투농도를 유지하고 있다. 따라서 바닷새가 해수 경골어류를 먹으면 과중한 염류의 유입 없이도 영양분과 물을 섭취할 수 있다. **그림 44.15** 수질 내 관을 구성한 세포들은 매우 높은 삼투농도를 가진 세포사이액과 접해 있다. 이들은 용질을 합성하여 세포내 높은 삼투농도를 유지함으로써 세포 부피에 항상성을 유지하고 있다. **그림 44.16** 프로세마이드는 오줌의 양을 늘린다. 상행지에서 이온 수송이 일어나지 않는다면 원위세뇨관이나 집합관에

서 여과액의 부피를 줄이기에는 너무 농도가 높게 될 것이기 때문이다. **그림 44.20** ADH의 농도는 두 환자 모두에서 높게 나타날 것이다. 왜냐하면 두 환자 모두 혈액의 삼투농도를 정상치로 올려줄 집합관에서의 물 재흡수가 일어날 수 없기 때문이다.

개념 확인 문제 44.1

1. 염이 농도가 높기에 역행해서, 즉 저장액에서 고장액인 환경으로 움직여야 하기 때문이다. 2. 만약 담수에 삼투순응자가 산다면 그 생물의 체액은 생명 현상을 보이기에 너무 낮은 농도가 되기 때문이다. 3. 보온용 털이 없다면 체온을 유지하기 위해 물의 증발을 이용해야 한다. 따라서 체온 조절과 삼투 조절은 상호 연결되어 있다.

개념 확인 문제 44.2

1. 요산은 용해도가 낮아 반고체 상태로 배설이 가능하고, 따라서 물의 손실을 방지할 수 있다. 2. 사람은 퓨린의 대사 과정에서 요산을 만든다. 따라서 퓨린이 적은 음식을 섭취하면 통풍의 증세를 완화할 수 있다. 하지만 새들의 경우에는 일반적인 질소 노폐물로 요산을 생성을 하기 때문에 이들에게는 단순히 퓨린만이 아니라 어떤 형태든 질소가 적은 식단이 필요할 것이다.

개념 확인 문제 44.3

1. 편형동물에서는 섬모성 세포가 노폐물이 포함된 세포사이액을 원신관으로 움직인다. 지렁이의 경우는 노폐물이 세포사이액과 체강액 사이의 물질 교환에 의해 체강으로 이동하고 그곳에서 후신관으로 내보내진다. 곤충은 순환 중에 일어나는 물질교환에 의해 세포사이액으로부터 노폐물을 받은 혈림프액이 말피기관으로 들어간다. 2. 여과단계에서는 동물에게 유용하고 재흡수가 힘든 세포성분과 고분자가 없는 여과액을 만든다. 3. 투석액에 Na^+ 나 다른 이온(전해질)이 있다면 이들을 여과액으로부터 제거하기는 어려울 것이다. 반면에 투석액의 이온 농도를 잘 조절하면 여과액에 전해질들의 농도를 정상치로 맞출 수 있다. 마찬가지로 요소나 다른 질소 노폐물이 없는 투석액을 사용하면 여과액으로부터 이들을 효과적으로 제거할 수 있다.

개념 확인 문제 44.4

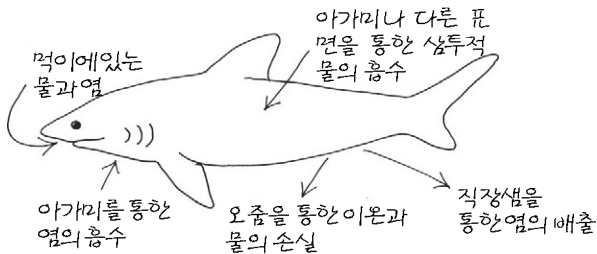
1. 네프론이 많고 사구체가 잘 발달된 담수어류는 높은 효율로 오줌을 생성하고, 반면에 네프론이 별로 없고 작은 사구체를 가진 해수 어류는 낮은 효율로 생성한다. 2. 신장 수질에서 물의 흡수가 줄어들 것이고 따라서 오줌의 양이 늘어날 것이다. 3. 수입세동맥의 혈압이 낮아지면서 여과율도 낮아질 것이다.

개념 확인 문제 44.5

1. 알코올은 ADH의 분비를 억제하여 오줌량을 늘리고, 결국 탈수 증세를 유발할 수 있다. 2. 만약 그 동안 염류의 섭취가 없다면 짧은 시간 동안 다량의 오줌을 배출하게 되어 혈액내 염의 농도가 한계치보다 더 내려갈 수 있다. 이 상태를 저나트륨혈증(hyponatremia)이라 부르는데 방향감이 상실되고 호흡 곤란 증세가 오기도 한다. 간혹 마라톤 주자 중에 이온음료가 아닌 물만 마실 경우 나타날 수 있다(또한 사교클럽의 물 고문 신고식에서 사망사고가 나는 원인이기도 하다). 3. 높은 혈압.

자기 확인 퀴즈

1.



45장

그림 문제

그림 45.4 지용성 호르몬은 세포의 지질 이중막을 자유롭게 통과할 수 있기 때문에, 세포 안이나 세포 사이의 공간 사이로 미세주사하였을 때 생물학적 활성을 가질 것이라고 기대할 수 있다. **그림 45.5** 이 호르몬은 수용성이고 세포 표면에 수용체를 가지고 있다. 지용성 호르몬에 대한 수용체와 달리 이러한 수용체들은 호르몬에 의한 유전자 전사 없이도 세포에 현격한 변화를 일으킬 수 있다. **그림 45.18** 두 진단 모두 가능성이 있다. 갑상선이 시상하부와 뇌하수체에서 오는 정상적인 호르몬의 신호에도 불구하고 갑상선호르몬을 과다하게 생성할 수 있다. 한편, 비정상적으로 증가한 호르몬 때문에 갑상선이 과다하게 활성화될 수도 있다. **그림 45.22** 수술의 결과는 두 성별에서 같을 것이다-생식기에서 성적 차이의 부재.

개념 확인 문제 45.1

1. 세포막을 뚫고 들어갈 수 없는 수용성 호르몬은 세포 표면의 수용체에 붙는다. 이들의 결합이 세포 내의 신호전달경로를 자극하여 이미 존재하는 세포질내 단백질의 활성을 조절하거나 핵에서 특정 유전자의 전사를 변화시킨다. 스테로이드호르몬은 지용성이므로 세포막을 가로질러 세포 내로 들어와 세포질이나 핵에 위치해 있는 수용체에 붙는다. 호르몬-수용체 복합체는 직접적으로 세포의 핵산에 붙어서 전사인자로서 특정 유전자의 전사를 증가시키거나 방해한다. 2. 혈액 내의 프로스타글란딘은 자궁의 수축되도록 하여 생식을 돕는데, 폐로몬처럼 같은 종 내의 한 개체로부터 다른 개체로 전달되는 신호전달분자로서 역할을 수행한다. 3. 다른 조직이나 종에서 어떤 호르몬에 대해 다른 종류의 수용체, 신호전달경로, 반응을 이끌어 내는 단백질을 가지고 있으면 표적세포에서 다양한 반응을 이끌어낼 수 있다.

개념 확인 문제 45.2

1. 건강한 사람은 혈중 포도당이 상승한 것에 반응하여 인슐린을 분비하고 체내 세포가 이들 포도당을 흡수하도록 촉진한다. 그러나 당뇨병을 앓고 있는 사람은 인슐린의 분비가 잘 되지 않거나, 인슐린의 표적세포가 적절히 반응하지 않아서 혈중 포도당을 흡수하는 능력이 떨어진다. 따라서 당뇨병이 걸린 사람은 혈당이 증가하는 정도가 건강한 사람보다 더 높고 오랜 기간 동안 높은 혈당량을 유지하게 된다. 2. 짧은 기간 동안만 지속되는 자극에 의해 조절되는 경로는 음성피먹임을 덜 의존적이다. 3. 제2형 당뇨병에 걸린 환자는 인슐린을 만들지만 정상적인 포도당 농도를 유지하는 데 실패하기 때문에, 인슐린 수용체나 인슐린이 활성화시키는 신호전달경로에 변이가 있을 거라고 생각할 수 있다. 그러한 변이가 실제로 제2형 당뇨병 환자에서 발견되었다.

개념 확인 문제 45.3

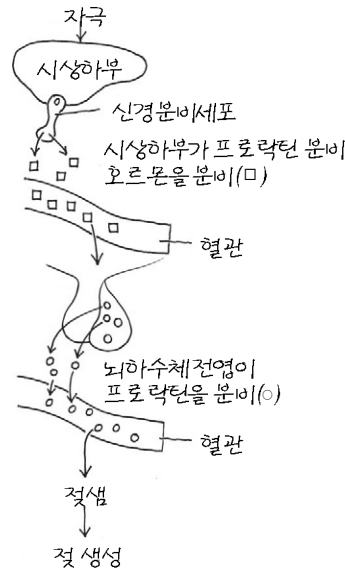
1. 시상하부의 연장인 뇌하수체 후엽은 신경분비세포의 축색돌기를 포함하고 있어서 옥시토신과 항이뇨호르몬(ADH)을 저장하고 분비하는 장소이다. 태아의 입조직으로부터 발생된 뇌하수체 전엽은 적어도 6가지 다른 호르몬을 만드는 내분비세포를 포함하고 있다. 시상하부호르몬은 혈관을 통해 뇌하수체 전엽으로 들어가서 뇌하수체전엽호르몬의 분비를 조절한다. 2. 옥시토신의 반응은 양성피먹임을 수반하기 때문에 이 경로는 계속적인 외부 자극을 필요로 하지 않는다. 3. 시상하부와 뇌하수체는 많은 종류의 내분비경로를 조절한다. 시상하부나 뇌하수체에 성장이나 조직에 영향을 미치는 것과 같은 결합이 생기면, 많은 호르몬 경로가 망가질 것이다. 특정 호르몬의 수용체에 영향을 미치는 변이와 같이 매우 특수한 결합은 하나의 내분비경로를 바꿀 것이다. 이 상황은 갑상선과 같은 경로의 마지막에 있는 최종분비선의 경우 매우 다르게 나타난다. 문제에서의 경우, 분비선의 기능을 저해하는 결합은 분비선의 기능과 관련된 하나의 경로나 몇몇 경로만을 방해할 것이다.

개념 확인 문제 45.4

1. 부신수질은 발생 과정 동안 신경조직으로부터 생성된다. 이 기원을 고려했을 때, 부신수질은 호르몬과 신경전달물질의 두 가지 기능을 모두 가진 에피네프린과 노르에피네프린을 생성하는 내분비샘이다. 2. 혈액 내의 이 호르몬의 농도는 매우 높아질 것이다. 뇌하수체 전엽이 ACTH를 분비하도록 촉진하는 자궁호르몬은 시상하부의 신경세포가 조절한다. 이 신경세포에 작용하는 음성피먹임이 감소하기 때문에 혈액 내의 호르몬 농도는 높아지게 된다. 3. 글루코코르티코이드를 피 속에 주사하였을 때 포도당 대사에 영향을 줄 수도 있기 때문에 이를 피하기 위하여 국소적으로 글루코코르티코이드를 주입하여 항염증 활성을 이용할 수 있다.

자기 확인 퀴즈

1.



46장

그림 문제

그림 46.9 그래프에 의하면, 첫 번째 교미에서 암컷의 약 3분의 1은 모든 정자를 제거해 버린다. 즉 3분의 2 정도의 암컷만이 얼마간의 정자를 보유하게 된다. 따라서 첫 번째 교미에 참여한 암컷의 3분의 2에서만 수컷이 지닌 우성 돌연변이 유전자인 작은 눈 형질을 가진 자손을 생산하게 된다. **그림 46.16** 테스토스테론은 태반 순환을 통해 태아 혈액에서 엄마 혈액으로 전달되며, 엄마는 일시적으로 호르몬 불균형이 오게 된다. **그림 46.18** 옥시토신은 분만을 유도하는 호르몬으로 분만이 완성될 수 있도록 양성되먹임 조절을 나타낸다. 임신이 너무 오래 지속되어 엄마와 아기가 위험하게 되면 합성 옥시토신을 사용하여 분만을 유도한다.

개념 확인 문제 46.1

1. 유성생식을 통해 형성된 자손은 유전적으로 훨씬 다양하다. 그러나 무성생식은 다수의 자손을 얻는 데 있어 더 유리하다. 2. 무성생식과 달리 단위생식은 배우자를 생산한다. 반수체 난자를 수정할 것인지 아닐지를 조절함으로써 꿀벌은 무성생식과 유성생식을 오갈 수 있다. 3. 아니다. 감수분열 동안 상동염색체의 무작위적 분배로 자손은 특정 정자와 난자가 가진 부모의 염색체를 받을 것이기 때문이다. 또한 감수분열 동안 유전자 재조합이 일어나 부모의 상동염색체는 유전자의 재분배가 있게 될 것이다.

개념 확인 문제 46.2

1. 체내수정은 정자가 난자에 도달하는 데 배우자가 건조해지는 일이 없도록 한다. 2. (a) 체외수정을 하는 동물은 엄청난 수의 배우자를 한 번에 생산하여 많은 수의 접합자를 만든다. 이 중 일부가 생존하여 개체로 성장할 수 있게 하기 위함이다. (b) 체내수정을 하는 동물은 적은 수의 자손을 생산해 배아와 유아시기 동안 극진하게 돌본다. 3. 항미생물펩티드는 교미 전에 정자를 보호하거나 교미 대상인 암컷을 보호하거나 혹은 암컷이 생산하는 수정란을 보호할 가능성이 있다. 세 경우 모두 수컷의 생식 성공을 강화시키는데, 아마도 진화의 시간 동안 펩티드 생산을 선택하게 되었을 것이다.

개념 확인 문제 46.3

1. 주로 음경과 음핵, 그러나 정소, 음순, 유방과 질의 다른 부위도 포함. 2. 정소가 정상 체온보다 낮을 때만 정자형성은 정상적으로 일어난다. 뜨거운 물의 과도한 사용이나 심하게 조이는 속옷은 정자의 질과 수의 감소를 유발한다. 3. 남성의 정관을 묶어버리게 되면 사정액에 정자가 없어지게 된다. 이것은 성적 반응이나 사정액의 양에 아무런 영향도 주지 않는다. 이 관을 묶어 잘라버리는 정관수술은 더 이상의 자손을 원하지 않을 때 남성이 받게 된다.

개념 확인 문제 46.4

1. 정자의 특징인 작은 크기와 세포질의 부재는 DNA 전달체로서의 정자 기능을 수행하기 위한 적응이다. 큰 크기의 난자는 풍부한 세포질을 가져 수정란의 성장과 발생을 돕게 된다. 2. 인간의 제2난모세포는 2번째 감수분열을 마치기 전에 정자와 결합한다. 따라서 난자형성과정은 수정 후에 완료된다. 3. 극체는 어머니의 염색체 모두를 가지고 있기 때문에, 극체의 유전자 분석은 충분한 정보를 제공한다. 예를 들어, 극체에서 질환 유전자의 두 사본을

발견하게 되면 난자에는 정상 유전자가 있음을 의미하게 된다. 시험관 수정을 하게 될 때 난자 수집 시 이러한 종류의 유전자 분석이 이루어지게 된다.

개념 확인 문제 46.5

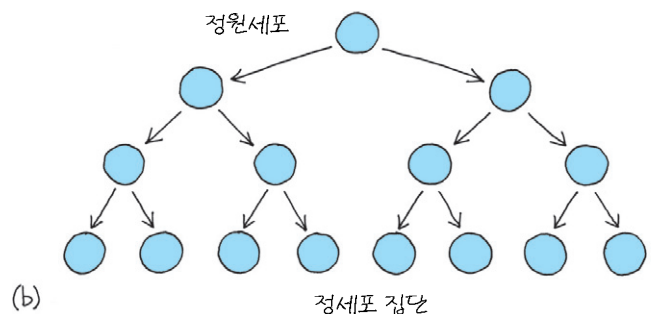
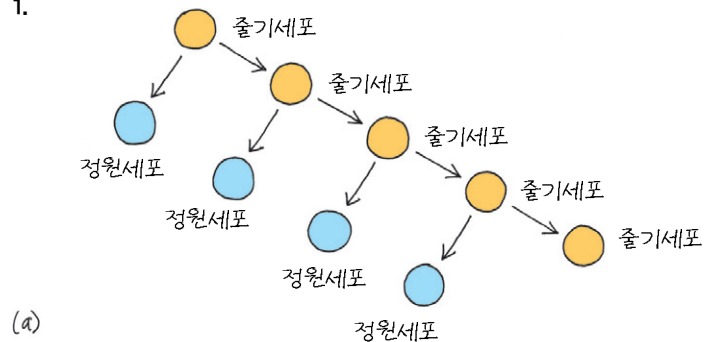
1. 정소에서 FSH는 세르톨리세포를 촉진시켜 정자 생산을 돕는다. LH는 안드로겐(주로 테스토스테론) 생산을 촉진하여 정자 생산을 돕게 된다. 여성과 남성 모두에서 FSH는 배우자 세포에 영양을 공급하고 발생하도록 도와주는 세포의 성장을 촉진시키며(여성에서는 여포세포, 남성에서는 세르톨리세포), LH는 배우자 형성을 촉진하는 성호르몬 생산을 촉진한다(여성에서는 에스트로겐, 주로 에스트라디올, 남성에서는 안드로겐, 주로 테스토스테론). 2. 대부분의 포유류 암컷에서 일어나는 발정주기에서, 수정이 일어나지 않으면 자궁내막은 출혈되기보다는 흡수된다. 발정주기는 1년에 한 번 혹은 몇 번 일어나며, 암컷은 배란주기 전후의 기간 동안 교미하게 된다. 월경주기는 인간과 약간의 영장류에서만 발견된다. 3. 에스트라디올과 프로게스테론의 조합은 시상하부에 음성되먹임 조절을 주어 GnRH 분비를 억제시킨다. 이것은 뇌하수체에서 LH 분비를 억제하게 하며, 결국 배란을 막는다. 사실 이러한 작용기작을 이용한 것이 가장 일반적인 호르몬 조절 피임약이다.

개념 확인 문제 46.6

1. 초기 배아에서 분비되는 hCG는 황체를 자극하여 프로게스테론을 생성하게 하여 임신 유지를 돕는다. 임신의 두 번째 분기 동안 hCG 생산은 줄어들며 황체는 사라지게 됨과 동시에 태반에서 프로게스테론이 생산된다. 2. 정관수술과 난관수술은 모두 배우자가 수정이 일어나는 장소로 이동하는 것을 막는다. 3. 정세포의 핵을 난자에 직접 주입하는 ICSI 기술은 정자가 부정소에서 이동성을 획득하는 과정, 난관에서 난자를 향해 헤엄쳐 가는 과정, 그리고 난자 내로 들어가는 과정 모두를 뛰어넘는다.

자기 확인 퀴즈

1.



47장

그림 문제

그림 47.4 미수정란에 화합물을 주사하고, 난자를 정자에 노출시키면 수정막의 형성 여부를 관찰할 수 있을 것이다. **그림 47.7** 연구자들은 정상적인 피층회전이 일어나도록 함으로써 등을 형성하는 결정소의 활성화를 야기시켰다. 다음에 반대 방향으로 피층회전이 일어나게 함으로써 등이 반대쪽에서도 형성되도록 하였다. 이미 정상적인 등이 될 위치에서 분자들이 활성화되었기 때문에, 반대쪽 회전이 첫 번째 회전에 의한 등쪽 형성 자체를 막지는 못했다. **그림 47.14** 이러한 지역이 외배엽으로부터 형성되지만 바로 안쪽 부분이라는 사실 때문에, 그것들이 외배엽이 안쪽으로 접히면서 형성된 후 내배엽과 만나서 융합할 것이라는 가설을 제시할 수 있을 것이다. 그렇다면 그것은 옳다고 볼 수 있다. **그림 47.19** 카드헤린은 포배기의 세포들을 붙들어 두는 데 필요하며, 세포 밖에 있는 칼슘은 이러한 카드헤린의 기능을 위해서 필요하다. 따라서 액체 내에 칼슘이 존재하지 않는다면, SEM을 통해서 관찰했던 것과 같이 망가진 배아를 관찰할 수 있을 것이다. **그림 47.20** 2번째 실험에서 했던 것처럼 대조군과 주사한 배아로부터 같은 조직을 잘라서 인공적으로 만든 피브로넥틴(fibronectin) 기질로 코팅된 커버글라스 사이에 둘 수 있다. 만약 수렴확장(convergent extension)이 대조군 배아와 실험군 배아의 조직 모두에서 일어난다면, 수렴 확장이 배아에 먼저 있었던 피브로넥틴에 의해서 일어났다는 가설을 지지할 수 있을 것이다. **그림 47.23** 슈페만(Spemann) 실험의 대조군에서 두 할구들을 물리적으로 분리시키면 각각은 완전한 배아로 성장하였다. 루우(Roux)의 실험에서 죽은 할구의 일부분을 살아 있는 할구와 접촉한 상태로 두면 반쪽 배아로 발달하였다. 따라서 죽어 있는 세포의 일부분에 존재하는 분자들이 살아 있는 세포에 신호를 주어 완전한 배아구조가 만들어지는 것을 막을 것으로 생각된다. **그림 47.24** 분리해낸 단백질이나 그러한 단백질을 암호화하고 있는 mRNA를 초기 낭배의 배쪽 세포에 주입할 수 있다. 만약 배 부분이 될 지역에서 등쪽 구조가 형성된다면 이는 단백질이 원구배순부(dorsal lip)에서 분비되거나 존재했었다는 가설을 지지할 것이다. 가설을 좀 더 명확히 하기 위해서는 단순한 주입 과정만으로는 등쪽 구조가 형성되지 않는다는 것을 대조군 실험을 통해서 보여야 할 것이다. **그림 47.26** 정단외배엽용기(AER)를 제거하여 극성화 활성대(ZPA)의 표지제인 소닉 헤지호그(Sonic hedgehog) mRNA나 그 단백질을 찾아볼 수 있다. 만약 이들이 존재하지 않는다면 여러분의 가설을 지지할 수 있을 것이다. 또한 FGF의 기능을 막고 극성화 활성대가 형성되는지 그렇지 않은지를 확인해 볼 수 있다(소닉 헤지호그를 찾아보면 된다.)

개념 확인 문제 47.1

1. 수정막은 피층 과립이 내용물을 방출하여 난황막이 부풀어 오르고, 딱딱해지도록 함으로써 형성된다. 이렇게 형성된 수정막은 하나 이상의 정자가 들어와 수정되는 것을 막는 장벽으로 작용한다. 2. 개구리와 많은 다른 동물의 난할단계에서 세포주기는 변형되어 성장기인 G_1 및 G_2 기가 없다. 결과적으로 초기의 난할은 접합자의 세포질을 좀 더 작은 세포로 나누게 되며, 반면에 배아의 전체 크기는 일정하게 남아 있게 된다. 3. 난할은 단세포의 접합자를 많은 수의 세포로 구성된 배아로 전환시킨다. 난할은 세포나 조직의 움직임을 수반하지는 않는다. 낭배형성과정 동안 포배의 세포와 조직들은 광범위하게 재배열되어 낭배 후기에는 세 종류의 조직층이 서로 새로운 관계를

를 가지면서 배치된다. 4. 신경관은 전후 축을 따라 등쪽의 외배엽 조직대(band of ectodermal tissue)인 신경판이 등글개 관 모양으로 말리고, 나머지 외배엽에서 떨어져 나가 형성된다. 신경계세포는 신경관의 가장자리와 그것을 둘러싸고 있는 외배엽 사이 지역에서 그룹 단위의 세포들이 신경관으로부터 떨어져나가면서 만들어진다. 5. 정자가 들어가지 않더라도 미수정란에서 칼슘의 농도가 증가하면 피층과립이 세포질막과의 융합을 통해 피층과립이 방출되고, 수정막이 형성된다. 이를 통해 수정을 억제한다. 6. 쌍둥이(conjoined twins)는 일란성쌍생아가 될 배아의 일부분이 늦게 분리되면서 발생한다. 이미 형성된 부분은 쌍생아가 서로 공유한다. 이 시기에 용모막과 양막이 이미 형성되었으며, 따라서 쌍생아는 하나의 용모막과 양막을 함께 갖는다.

개념 확인 문제 47.2

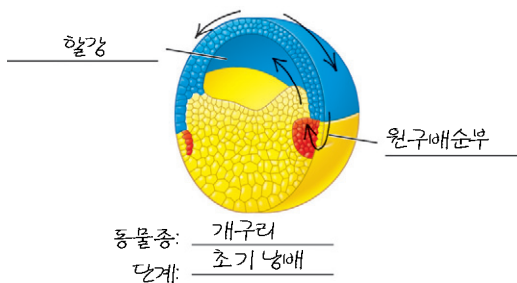
1. 미세소관은 길어져 하나의 축을 따라 세포를 길어지게 하는 데 비해, 미세섬유는 세포 접촉면의 한 끝에서 십자 형태의 모양이 나타나도록 하며 끝 부분을 더 좁게 하여 세포가 썩기 모양을 갖도록 한다. 2. 척삭의 세포들은 배아의 중앙을 향해 이동하며, 스스로 재배열하여 횡단면을 차지하는 세포들의 수가 적어짐(수렴)으로써 결국 전체적으로 척삭이 길어지게 된다(확장함, 그림 47.18). 3. 미세섬유는 수축하거나 세포의 한쪽 끝의 크기를 줄이지 못하기 때문에, 신경관의 중간에서 안쪽으로 접히고, 가장자리 경첩 부위가 바깥쪽으로 구부러지는 것 모두 불가능할 것이다. 따라서 신경관은 아마도 형성되지 않을 것이다.

개념 확인 문제 47.3

1. 처음 두 축이 특성화되면 세 번째 축이 자동적으로 결정된다. 예를 들어, 여러분 자신을 생각해 볼 때 만약 여러분의 머리와 발이 어디에 있는지를 알고 좌우를 안다면 여러분은 자동적으로 앞뒤가 어디인지를 알게 될 것이다. 물론 척추동물의 위나 충수와 같은 비대칭적으로 놓인 기관이 어디로 가야 할지를 결정하는 것에 대한 기작은 불확실하다. 2. 그렇다. BMP-4 활동을 억제하는 것이 형성체를 이식하는 것과 같은 효과를 내기 때문에 제2의 배아가 발달할 것이다. 3. 아마도 그런 상태로 발생이 진행된 사지는 저울상 복제 지골을 갖게 될 것이며, 중앙에 가장 뒤쪽의 지골을, 양 끝에 가장 앞쪽의 지골이 나타날 것이다.

자기 확인 퀴즈

1.



48장

그림 문제

그림 48.7 염소통로를 더하면 막전위가 음전하를 덜 띠게 된다. 소듐은 이미 평형 상태에 도달했고, 포타슘은 없는 상태이기 때문에 소듐이나 포타슘통로를 더하는 것은 아무런 효과가 없다. **그림 48.15** 활동전위의 생성과 전달에 아무런 영향이 없다. 그러나 활동전위가 화학적 시냅스에 도달해도 신경전달물질은 방출되지 않을 것이다. 따라서 이러한 시냅스에서의 신호전달은 차단될 것이다. **그림 48.17** 아편과 아편의 길항제인 날록손은 수용체에 직접 결합하기 때문에 이론적으로 결과는 유사할 것이다.

개념 확인 문제 48.1

1. 귀의 감각이 뇌로 전달된다. 뇌에서 정보처리 부위의 연합신경세포의 작용에 의해서 이름을 인식하고 그에 대한 반응으로 운동신경세포를 경유하여 근육에 신호를 보내 수축시킴으로써 목을 돌리게 한다. 2. 피의 순환, 기체 교환 등의 기본적인 생존을 위한 기능을 조절하는 데 신경계가 반드시 필요하며 정보의 전달은 매우 단시간 내에 일어난다. 3. 세포체로부터 축삭말단으로 신호가 전달되지 않는다.

개념 확인 문제 48.2

1. 이온 농도기울기를 능가하는 전기적 기울기가 형성되면 이온은 이온 농도를 거슬러 이동한다. 2. 포타슘에 대한 투과성이 감소하거나, 소듐에 대한 투과성이 증가한다. 혹은 두 현상이 동시에 일어난다. 3. 소듐-포타슘 펌프의 활성은 휴지막전위를 유지하는 데 필수적이다. 펌프가 불활성화되면 소듐과 포타슘의 농도경사가 점차로 사라져 휴지막전위도 사라지게 된다.

개념 확인 문제 48.3

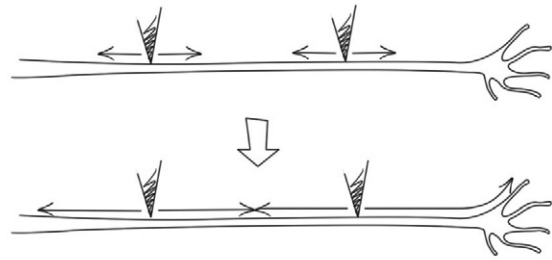
1. 단계적 전위는 자극의 크기에 따라 그 크기가 비례하여 변화하지만, 활동전위는 자극의 크기에 따라서 일어나든지 혹은 일어나지 않든지 두 가지 경우만 존재한다. 2. 수초에 의한 절연체가 없어지면 축삭을 따라 이동하는 활동전위가 교란을 받는다. 3. 불응기가 증가되어 활동전위의 최대 빈도수가 감소할 것이다.

개념 확인 문제 48.4

1. 한 종류의 신경전달물질일지라도 여러 종류의 수용체와 결합할 수 있기 때문에 어떤 수용체와 결합하느냐에 따라서 시냅스 후 신경세포에서 특정 반응을 유도하게 된다. 2. 시냅스틈에 아세틸콜린이 오랫동안 남아 있어서 EPSP를 지속시킬 것이다. 3. 뇌의 활성을 낮추어 진정제의 역할을 할 것이다.

자기 확인 퀴즈

1. 다음 두 그림에서 보는 바와 같이 한 쌍의 활동전위는 미세전극으로부터 양방향으로 진행될 것이다(활동전위가 축삭의 말단에서 시작되었을 경우에만 한 방향으로 진행된다). 그러나 불응기로 인해서 두 활동전위가 만나는 지점에서 활동전위는 멈추게 될 것이다. 따라서 하나의 활동전위만이 축삭 말단에 이를 수 있다.



49장

그림 문제

그림 49.8 부신수질의 분비성 신경세포는 교감신경의 신경절전 입력에 반응하여 에피네프린을 분비한다. 에피네프린은 혈관을 순환하면서 온몸을 돌며 표적기관에 이른다. 따라서 “싸움 혹은 도망”의 반응을 위한 신체조직의 빠른 변화는 직접적인 신경계의 신호와 부신수질에서 만들어지는 신경성호르몬의 간접적인 신호에 의해 이루어진다. **그림 49.12** 만일 새로운 돌연변이가 시상교차핵의 조절자로서의 기능을 파괴했다고 가정하면 이 시상교차핵을 야생형 혹은 타우돌연변이의 것으로 교체하면 일주기 리듬을 회복시킬 수 있을 것이다. 이 새로운 돌연변이 시상교차핵을 다른 개체에 이식하는 실험은 적합하지 않은데, 그 이유는 이식 수술 자체가 실패하거나 혹은 돌연변이 시상교차핵에 의해서 동일하게 일주기 리듬이 파괴되기 때문이다. **그림 49.22** 이 자극은 뇌의 보상회로를 모방하여 쾌감을 느끼게 할 것으로 추정된다.

개념 확인 문제 49.1

1. 교감신경계가 활성화되어 스트레스 상황에서 “싸움 혹은 도망”의 반응을 일으킨다. 2. 신경절전 신경세포가 동일한 신경전달물질을 사용하여 각 신경계에서 유사한 기능을 수행하여 운동신경세포를 활성화시킨다. 신경절후 신경세포는 서로 다른 신경전달물질을 분비하며 반대의 기능을 수행한다. 3. 신경은 축삭다발이며 이 중의 일부는 중추신경계로부터 말초로 신호를 전달하는 운동신경세포이며 일부는 말초에서 중추신경계로 신호를 전달하는 감각신경세포이다. 따라서 운동과 감각 모두 영향을 받는다. 그러나 이 영향은 배인 손가락에 국한될 것인데, 그 이유는 척추동물은 신경망이 아닌 중추신경계를 가지고 있기 때문이다.

개념 확인 문제 49.2

1. 좌반구의 대뇌피질은 몸의 오른쪽의 수의적 운동을 담당한다. 2. 알코올은 소뇌의 기능을 저하시킨다. 3. 마비현상은 대뇌에서 척수로 전달되는 운동기능의 상실을 의미한다. 이 환자는 망상계 이하에 손상이 예측된다. 코마는 망상계와 대뇌 사이의 의사소통과 관련된 수면과 각성의 사이클이 파괴되어 일어난다. 이러한 환자는 망상계의 위 수준에서 손상이 일어난 것으로 예측된다.

개념 확인 문제 49.3

1. 뇌 손상은 행동, 인지, 기억 등의 기능을 파괴한다. 따라서 뇌 손상 부위와 행동적 장애를 비교함으로써 그 부위의 정상 역할을 추정할 수 있다. 2. 브

로카 영역은 언어를 생성할 때 활성을 갖게 되는데, 이 영역은 얼굴의 근육을 조절하는 1차 운동 영역과 가깝게 위치하고 있다. 베르니케 영역은 언어를 들을 때에 활성화되며 청각과 관련된 측두엽 부위에 위치하고 있다. **3.** 각 대뇌반구의 역할이 다르다. 우반구는 얼굴을 인식하는 작용을, 좌반구는 언어를 담당한다. 뇌량이 완전하지 않으면, 양쪽 반구가 다르게 획득한 정보를 서로 공유할 수 없다.

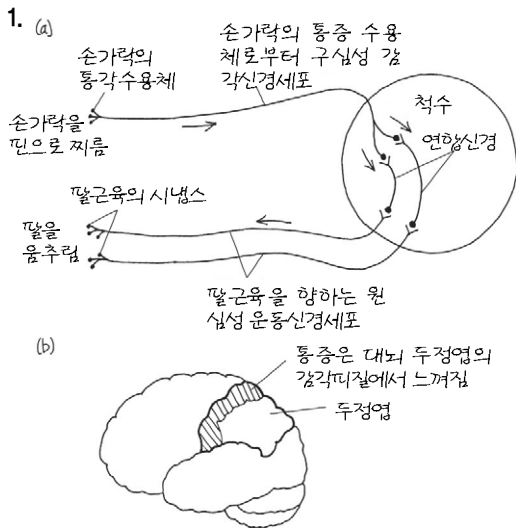
개념 확인 문제 49.4

1. 시냅스의 개수가 증가하거나 혹은 기존의 시냅스의 강도가 증가한다. **2.** 의식이 뇌 전체의 활성 상호작용에 의해서 나타난다면 뇌의 어느 한 부위의 손상이 의식에 특별한 영향을 미치리라 예측할 수 없다. **3.** 해마는 새롭게 획득한 정보를 조직하는 역할을 한다. 해마의 기능이 없이는 신피질로부터 정보를 가져올 수 없으며, 단기 및 장기 기억의 형성을 기대할 수 없다.

개념 확인 문제 49.5

1. 두 경우 모두 진행성 뇌 질환으로서 연령이 증가함에 따라서 위험성이 커진다. 뇌세포가 죽어서 발생하는 병으로서 펩티드나 단백질의 응집체가 축적되는 현상이 관찰된다. **2.** 정신분열 증상은 도파민을 분비하는 신경세포를 자극하는 약물에 의해서 재현된다. 뇌의 보상회로는 중독과 연관되어 있으며 배쪽피개부와 전뇌를 연결하는 도파민을 분비하는 세포로 이루어져 있다. 파킨슨병은 도파민 분비세포의 사멸에 기인한다. **3.** 반드시 그렇지는 않다. 사후에 관찰되는 응집체나 노인반 그리고 일부 뇌의 소실은 2차적인 영향일 수 있으며 보이지 않는 다른 요인에 의해서 뇌의 기능 변화가 초래되었을 가능성이 있다.

자기 확인 퀴즈



50장

그림 문제

그림 50.10 뇌에서, 각 음식은 기저막의 다른 위치에서 진동을 일으켜 그 부위의 털세포를 흥분시킨다. 따라서 각 음식은 귀에서 분리되어 감지가 된다. 각각의 위치에서 감각신경세포는 활동전위를 생성하여 서로 다른 청신경을 통해

전달한다. 뇌에서 각 음식이 감지가 되어 화음으로 인지가 된다. **그림 50.14** 실험의 결과는 동일하다. 문제는 특정집단의 신경세포가 활성화되는 것이지 활성화되는 방식에 있지 않다. 쓴맛을 느끼는 세포로부터 온 신호는 모두 뇌에서 쓴맛으로 인지가 된다. 화합물의 성질이나 관련된 수용체가 무엇이냐는 문제가 되지 않는다. **그림 50.15** 인지 과정에서만 일어난다. 냄새물질이 수용체와 결합하면 뇌로 전달될 활동전위가 생성된다. 과도한 양의 냄새물질은 적응에 의해서 반응의 강도를 낮출 수 있지만 다른 종류의 냄새물질이 첫 번째 냄새를 가릴 수 있는 것은 뇌에서 인지하는 과정을 통해서만 일어난다. **그림 50.22** 세 종류의 원추세포는 각각 특정 파장의 빛에 잘 반응한다. 원추세포는 빛이 존재할 경우 그 빛이 최적의 파장으로부터 가장 먼 파장일 때 완전히 탈분극될 것이다. **그림 50.27** 수백 개의 미오신머리가 가는 필라멘트와 굵은 필라멘트 한 쌍이 서로 활주하여 가교를 형성하는 데 참여한다. 가교의 형성과 분리는 동시화되어 일어나지 않기 때문에 수축 동안 많은 미오신머리는 가는 필라멘트에 항상 가교를 형성한 채로 존재한다. **그림 50.37** 오리는 유영보다는 나는 것에 특화되어 있으므로 유영을 통해 이동한다. 이 경우 물고기보다 많은 에너지를 소모하리라 추측될 수도 있다. 10^3 g의 체중을 가진 오리가 유영을 통해 이동하는 에너지 효율을 그래프를 통해 살펴보면 다른 유영동물의 경우보다 훨씬 월등함을 알 수 있다(달리는 동물보다는 약간 높은 수준이다).

개념 확인 문제 50.1

1. 전자기수용기는 일반적으로 외부의 자극만을 감지한다. 화학적수용기, 기계적수용기 등은 외부 및 내부의 자극에 반응한다. **2.** 양념에 포함되어 있는 캡사이신은 온도를 감지하는 온도수용기를 활성화한다. 온도가 높다고 인지되면 이를 낮추기 위해 신경계가 땀을 흘리도록 명령하여 기화열을 통해 체온을 낮춘다. **3.** 전기자극은 신경세포와 연결된 감각수용기가 활성화된 것과 같은 효과를 보일 것이다. 예를 들어, 멘톨에 의해 활성화되는 온도수용기에 의해 조절되는 감각신경세포를 전기자극하면 국부적으로 시원함을 느낄 것이다.

개념 확인 문제 50.2

1. 평형포는 중력에 대한 동물의 신체 방향성을 감지하는 역할을 하여 빛이 없는 환경에서 아주 중요한 정보를 제공한다. **2.** 소리가 낮은 음에서 높은 음으로 점차로 변화하는 것으로 해석한다. **3.** 중이의 소골들은 고막의 진동을 난원창으로 전달하는 역할을 한다. 따라서 이들 뼈가 결합되면 진동이 전달되지 않아 소리를 들을 수 없다.

개념 확인 문제 50.3

1. 둘 다 특정 물질이 결합하는 수용체를 세포막상에 가지고 있어서 G 단백질을 매개로 하는 신호전달경로를 활성화시켜서 막전위를 탈분극시킨다. 그러나 후각수용기세포는 감각신경세포이며 미각수용기세포는 감각신경세포가 아니다. **2.** 동물들은 짝을 찾거나, 영역을 정하거나, 해로운 물질을 분별할 때 화학적 신호에 의존하기 때문에 아주 적은 수의 냄새분자에도 큰 반응을 할 수 있도록 적응되어 왔다. **3.** GPCR 단백질로 알려진 미각 수용체의 기능을 돌연변이를 통해 제거했을 때 여전히 신맛을 느낄 수 있었기 때문에 신맛 수용체는 GPCR이 아니라고 예측할 수 있다. 또한 돌연변이가 다른 GPCR과 공유하는 신호전달경로상의 단백질에서 일어난 것으로 예측할 수 있다.

개념 확인 문제 50.4

1. 플라나리아는 안점을 가지고 있어서 상은 맺지 못하지만 빛의 방향과 강도는 감지할 수 있다. 따라서 피식자를 피하여 어두운 곳으로 도피하고자 할 때 필요한 환경적인 정보를 수용하기에는 안점만으로도 충분하다. 파리는 겹눈을 가지고 있기 때문에 상을 분별하며 특별히 사물의 움직임에 민감하다. 2. 가까이 있는 사물에 초점을 맞추기 위해서는 수정체가 거의 타원이 되어야 하기 때문에 안경 없이 가까이 있는 사물을 보는 것이 어려워진다. 이러한 현상은 50세 이후에서는 흔히 발생한다. 3. 눈을 교대로 감아본다. 안구의 표면에 부유하는 물체가 있다면 눈을 뜰 때만 나타날 것이다.

개념 확인 문제 50.5

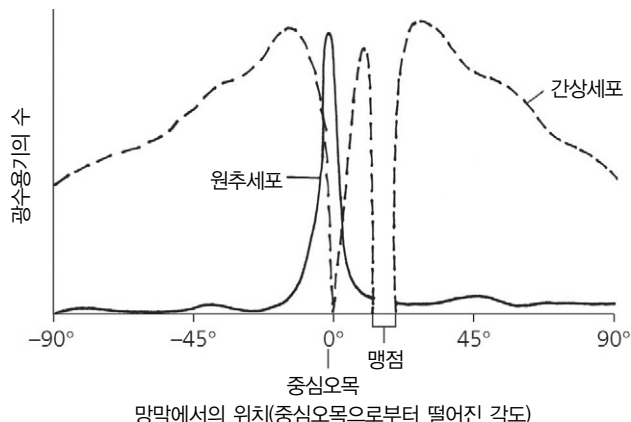
1. 근육에 연결하고 있는 모든 운동신경세포들이 동시에 강축을 유도할 수 있을 정도의 빈도로 활동전위를 생성한다. 2. 골격근섬유에서는 칼슘이온들이 트로포닌 복합체와 결합하면 액틴에 존재하는 미오신결합 부위로부터 트로포미오신을 제거하여 액틴과 미오신 사이에 가교가 형성된다. 평활근에서는 칼슘이온이 캘모듈린과 결합하여 미오신머리를 인산화시키는 효소를 활성화시킨다. 3. 사후경직(rigor mortis, 라틴어로 사후에 딱딱해짐을 의미)은 골격근 내의 ATP가 완전히 고갈되어서 일어난다. ATP는 칼슘펌프가 작동하여 칼슘을 제거하고 미오신이 액틴으로부터 떨어져 나오게 하는 데 필요하므로 사후 3~4시간부터 근육은 지속적으로 수축된다.

개념 확인 문제 50.6

1. 유령의 가장 큰 문제는 마찰이다. 몸을 방추체 모양으로 만들어서 이 마찰을 최소화할 수 있다. 비행의 주요 문제점은 중력을 극복하는 것이다. 잘 뜰 수 있는 날개의 모양을 유지하며, 공기가 차 있는 뼈등으로 몸무게를 줄이는 방향으로 몸의 구조를 적응시키게 된다. 2. 격벽은 체강을 구분지어서 몸의 각 부위가 독립적으로 조절될 수 있도록 하였고 따라서 연동운동을 통한 이동이 가능하게 된다. 3. 위팔을 몸에 밀착하고 아래팔을 몸의 바깥쪽으로 뻗어 엉덩이와 직각이 되게 한다. 그 자세에서 천천히 손을 지면을 향해 내린다. 이러한 자세에서는 중력으로 인해 손의 무게를 지탱하는 데 힘이 필요하므로 이두근을 강축을 통해 수축시킬 필요가 있다. 손을 천천히 내리면 이두근의 수축에 관여하는 운동단위의 수가 점차로 감소한다. 반면에 팔의 무게 자체가 팔을 펴는 데 드는 힘을 제공하기 때문에 삼두근의 전혀 관여하지 않는다.

자기 확인 퀴즈

1.



해답은 사람의 눈에서 간상세포와 원추세포의 실제 분포를 보여준다. 당신이 그린 그래프가 다르다 할지라도 다음과 같은 성질을 가져야 한다: 원추세포는 중심오목에만 있다; 적은 개수의 원추세포와 보다 많은 수의 간상세포가 x축의 양끝에 분포한다; 어떤 광수용기도 맹점에는 존재하지 않는다.

51장

그림 문제

그림 51.3 붉은 아랫배의 신호자극에 근거한 고정행동양식은 가시고기 수컷이 그의 영역에 침범한 다른 수컷을 쫓아내게 한다. 방어자는 침범한 수컷을 쫓아버림으로써, 또 다른 수컷이 그의 등지 속에 수정된 알을 낳을 기회를 감소시킨다. **그림 51.10** 어떠한 영향도 없을 것이다. 각인은 각 세대마다 새로이 수행되는 선천적인 행동이다. 등지가 로렌즈에 의해 교란되지 않았다고 가정하면, 로렌즈의 기러기 새끼들은 실제의 엄마 기러기를 각인할 것이다. **그림 51.11** 아마도 나나니벌은 시각적인 단서를 사용하지 않을 것이다. 나나니벌은 솔방울과 같은 것들을 외부의 사물이 아니라, 그들의 환경에 원래 존재하는 것으로 인식할지도 모른다. 틴버젠은 솔방울 연구를 수행하기 전에 이런 아이디어를 제안했다. 그가 등지 주변에 있는 나뭇가지와 자갈들을 치워버렸을 때, 나나니벌은 더 이상 그들의 등지를 찾을 수가 없었다. 만일 그가 자연의 배열상에 있는 사물들을 바꿔놓는다면, 그 랜드마크의 이동은 나나니벌이 되돌아올 장소의 변화를 가져온다. 마지막으로 나나니벌이 땅굴 속에 있는 동안, 등지 주변의 자연물을 솔방울을 가지고 재배치시켜 놓으면, 바뀌었음에도 불구하고 나나니벌은 자신의 등지로 되돌아갈 길을 발견한다. **그림 51.14** 구애 노래 형태는 구애 노래의 인식과 연결되어 있다. 또한 인지를 제어하는 특정 노래요소들의 형태를 제어하는 유전자들이 아닌 한, 잡종들은 짝짓기 배우자를 찾기가 쉽지 않을 것이다. **그림 51.15** 그들의 이주 선호도를 보여주는 비행 동안 새들은 자극이 필요할지도 모른다. 만일 이것이 사실이라면, 새들은 깎때기 실험에서 그들의 뚜렷한 유전적인 프로그래밍에도 불구하고 같은 방향으로 날아가려는 경향을 보일 것이다. **그림 51.28** 몇몇 경우에는 그렇지만, 모든 개체들에게 해당되는 것은 아니다. 만일 부모가 하나 이상의 번식 파트너가 있다면, 다른 파트너의 새끼는 0.5보다 더 낮은 혈연계수를 가질 것이다.

개념 확인 문제 51.1

1. 하나의 고정행동양식의 사례이다. 근접적인 설명은 등지 밖에 위치한 물체(알)가 신호자극이 되어 알에다가가서 굴러 등지로 가져오는데, 그 행동은 일단 한번 시작되면 완전히 성공할 때까지 수행된다. 궁극적인 설명은 알들이 등지 안에 있으면 건강한 새끼들을 생산할 가능성을 높일 수 있을 것이라는 것이다. 2. 1년주기는 일반적으로 환경에 있어서 빛과 어둠의 주기에 근거해서 일어난다. 지구의 기후변화가 일어나면, 이주하는 동물들은 이들 리듬들에 반응해서 번식과 생존을 위한 최적인 지역 환경 조건들에 맞추기 위해 그 변화의 전후에 사는 곳을 변경할 수도 있다. 3. 그들도 같은 방법으로 부상당할 수 있기 때문에, 부상당한 물고기를 찾는 것은 다른 피식자인 물고기에게 선택적 압력이 될 수 있다. 그들이 대응할 수 없는 포식자보다는 다친 물고기와 마주치기 쉽기 때문에, 경계물질에 이끌리는 포식자에 대한 선택적 반응을 볼 수 있을 것이다. 만일 경계물질에 반응하는 데 에너지를 낭비하지 않는다면 그들은 선택적 이점을 가질 수 있기 때문에, 적절한 방어를 할

수 있는 물고기는 아무 변화를 보이지 않을 것이다.

개념 확인 문제 51.2

1. 쪼거나 나쁜 맛을 가지고 있는 어떤 특정 컬러 패턴을 가진 개체들을 먹은 경험이 있는 포식자는 연상학습으로 인해, 그 후에는 중에 상관없이 그와 같은 컬러 패턴을 가진 모든 개체들을 피하려는 경향을 보일 것이다. 2. 땅속에 묻어둔 갓 씹았이 있는 먹이 저장소의 위치를 잊어버림으로써, 서식지 내에 잣나무의 숫자가 증가될 수 있기 때문에 결국 잣까마귀에게 이점이 될 수도 있다. 이 예는 행동의 목적에 관해 극단적으로 단순화한 가정을 함으로써 겪게 되는 어려움 중 하나를 보여줄 수 있는 사례이다. 3. 한 랜드마크로부터 바로 옆이나 고정된 거리에서 먹이를 갖지 않게 하기 위해 최소한의 고정 거리 관계를 유지하면서, 하나의 이론적인 규칙을 설정하기 위해 사물을 “과거 랜드마크 A, 그 시작점으로부터 A만큼의 같은 거리”로 이리저리 움직일 수 있을 것이다. 여러분이 추측하는 것처럼, 이런 종류의 정보를 제공할 수 있는 실험을 디자인하는 것은 쉽지 않다.

개념 확인 문제 51.3

1. 두 누룩뱀이 사는 지리적 변이는 이들 두 종이 사는 서식지에서의 먹이의 유용성 차이와 일치하기 때문에, 그들이 사는 특정한 지역에서 풍부한 먹이를 먹는 것은 그들의 생존과 번식 성공을 증가시키는 것을 가능하게 하는 특징이 되며, 이로 인해 자연선택은 두 지역의 누룩뱀이 서로 다른 먹이를 선호하는 행동을 낳게 했다. 2. 구애행동은 성장이나 발달, 생존을 위한 것은 아니지만, 번식을 위해서는 중요하기 때문에 연구하기가 쉽다. 많은 다른 행동들을 봉괴시키는 돌연변이는 치명적이다. 3. 이 행동이 다양한 연관관계가 없는 개체들의 비율을 알 필요가 있다.

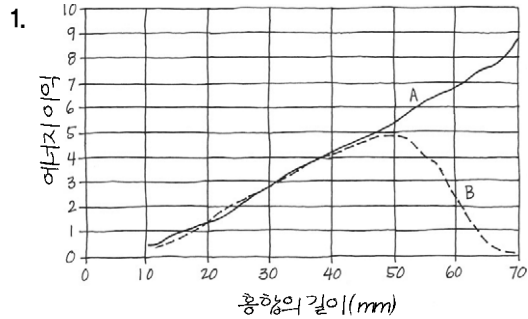
개념 확인 문제 51.4

1. 부성의 확실성은 체외 수정에서가 더 높다. 2. 자연선택은 개체군 내의 유전적 변이에 의해 작용한다. 3. 수컷보다 암컷의 수가 지금 더 많을 것이므로, 세 가지 유형의 모든 수컷은 번식에 성공할 것이다. 그렇지만 그들 영역 내의 암컷의 수가 한정되어 있음으로 인해 푸른목도마뱀은 사라질 것이며, 단기적으로 노란목도마뱀이 빈번하게 증가할 것이다.

개념 확인 문제 51.5

1. 미래에 유사한 행동들로 서로 돕는 행동을 교환하는, 상호이타주의는 비록 그러한 행동이 돕는 행동을 하는 개체에게는 종종 어떤 잠재적인 이익만을 가져다줄 수도 있지만, 혈연관계가 아닌 동물들 간의 협동적 행동을 설명할 수 있다. 2. 그렇다. 혈연선택은 연관성에 대한 어떠한 인식이나 인지도 요구하지 않는다. 3. 나이가 든 개체는 더 이상의 자식을 가질 수가 없기 때문에 수혜자가 될 수 없다. 그러나 그는 이미 자손을 두었기 때문에(하지만 아마도 여전히 자식이나 손자를 돌보는 중일지도 모르지만) 이타적인 행동을 하는 나이가 든 개체가 지불하는 비용은 저렴하다. 그러므로 번식할 나이가 넘은 개체가 젊은 친족에게 이익을 주는 이타주의적인 행동은 선택될 수 있다.

자기 확인 퀴즈



검은머리물떼새가 성공적으로 껍질을 연 홍합의 크기를 측정할 수 있고, 그 서식지 내에서의 크기 분포를 비교할 수 있다.

52장

그림 문제

그림 52.6 불과 같은 몇몇 요인들은 단지 육상계에만 관련이 있다. 언뜻 보면, 물의 유용성은 육상계에서 주요한 요인이다. 그러나 대양의 조건대나 호수의 가장자리에서 서식하는 종들은 건조로 인해라도 고통 받고 있다. 염도 증가로 인한 스트레스는 몇몇 수생 및 육상계에 속한 종들에게는 중요하다. 산소의 유용성도 몇몇 수생계와 토양과 침전물에서 사는 종들에게는 가장 중요한 요소이다. **그림 52.8** 성계만 제거되었을 때, 꽃양산조개의 수는 크게 증가될 것이며 얼마간 덮여 있던 해초는 감소될 것이다(그래프의 보라와 파란색 선 사이의 차이). **그림 52.14** 분산 한계, 인간의 활동(숲이 경작지나 선택적인 수확을 위해 크게 변환된 것과 같은), 혹은 그림 52.6에 열거되어 있는 다른 요인들.

개념 확인 문제 52.1

1. 생태학은 생물과 환경 간의 상호작용을 연구하는 학문이다. 환경주의는 환경을 옹호한다. 생태학은 환경적 이슈들에 대해 결정을 내릴 수 있도록 정보를 주고 과학적 이해를 제공한다. 2. 생물의 생존과 번식에 영향을 미치는 생태학적 시간 내에서의 상호작용은 개체군의 유전자 풀(gene pool)에 변화를 초래하고, 궁극적으로 진화학적 시간 내에서 개체군의 변화를 가져올 수 있다. 3. 만일 살균제를 함께 사용한다면, 균들은 다른 시기에 개별적으로 살균제를 사용하는 것보다 훨씬 더 빠른 속도로 네 개의 살균제에 대한 내성이 진화할 것이다.

개념 확인 문제 52.2

1. a. 인간은 전에는 지리학적인 장해로 인해 미처 도달할 수 없었던 새로운 지역으로 한 종을 이주시킬 수 있다(분산 변화). b. 인간은 한 지역으로부터 바다성계와 같은 한 포식자를 제거함으로써 한 종의 생물학적 상호작용을 변화시킬 수 있다(생물학적 상호작용). 2. 태양이 지구의 표면을 고르게 비추는 것이 아니기 때문에 따뜻한 열대지방과 추운 극지방 사이에 기후의 차이가 생성되며, 공기 덩어리의 흐름에 영향을 미쳐 위도에 따라 습기 분포가 달라진다. 3. 한 지역으로부터 사슴을 제외시키고, 그 종들이 먹는 나무가 있는 땅 주변에 울타리를 친다. 그리고 시간이 지난 후에 울타리 안쪽과 바깥

쪽의 나무 묘목의 풍부함으로 비교할 수 있다.

개념 확인 문제 52.3

1. 염도의 급속한 변화는 많은 생물들에서 염분 스트레스를 일으킬 수 있다.
2. 저생대는 빛이 도달하는 투광대 아래에 있기 때문에, 물이 너무 깊어 바닥까지 충분한 양의 빛이 도달할 수 없어 광합성 생물들을 부양할 수 없다.
3. 댐 아래에 있는 강에서는 차가운 물을 선호하는 종들을 쉽게 볼 수 있다. 여름철 저수지의 심층부는 표면층보다 더 차가우므로 댐 아래에 있는 강은 댐이 없는 지역의 강보다 더 차가울 것이다.

개념 확인 문제 52.4

1. 사막에서의 더 높은 평균 기온. 2. 지역에 따라 그 답은 다양하겠지만, 그림 52.21에 있는 정보와 지도에 근거하여 답하여야 한다. 여러분이 속한 지역이 원래 상태로부터 얼마나 변했는지에 따라 생물군계, 특히 식물과 동물 특징들이 어떻게 될 것이라고 그 영향을 예측할 수 있다.
3. 북부 침엽수림이 이들 생물군계 사이의 경계를 따라서 쉽게 툰드라로 대체될 것이다. 왜 그런지를 알아보기 위해, 북부 침엽수림 지대가 북아메리카 전역과 북부 유럽, 그리고 아시아(그림 52.19) 지역에 걸쳐 툰드라 지대와 인접해 있고, 북부 침엽수림의 온도 범위는 바로 툰드라 지역 바로 위에 위치한다는 것(그림 52.20)을 주목하라.

자기 확인 퀴즈

1.

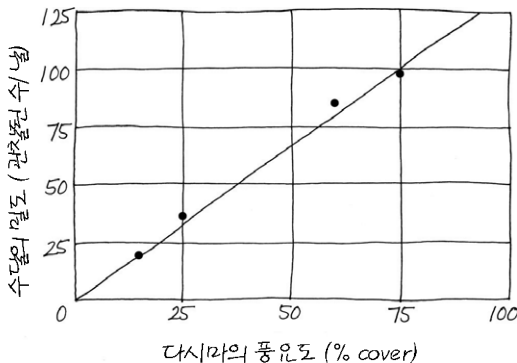


그림 52.8에서 배운 것과 야외에서 관찰된 다시마의 풍요도와 수달의 밀도 사이의 긍정적인 관계에 기초하여 수달이, 다시마를 먹는 바다성게를 감소시켜, 바다성게의 밀도를 떨어뜨린다는 가설을 세울 수 있을 것이다.

53장

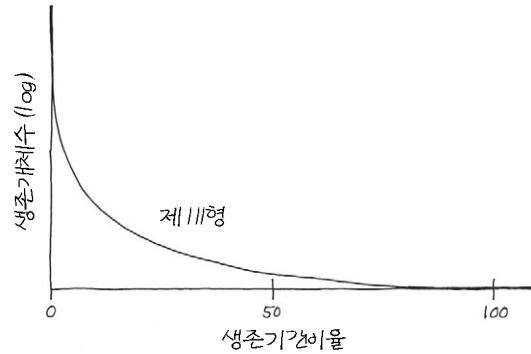
그림 문제

그림 53.4 펭귄의 분산이 뭉쳐진 형태(clumped)로 나타날 것이다. **그림 53.8** 황조롱이가 수컷이 자손을 돌보지 않게 되면 알의 수는 생존에 영향을 받지 않게 된다. 그러므로 세 개의 막대는 수컷의 생존을 의미하며 그림 53.8은 동일한 크기를 갖게 된다. 암컷의 생존은 알의 수 증가에 따라 감소하게 된다. **그림 53.19** 큰사슴의 수는 빨리 증가하게 되는데 먹이가 풍부하고 포식자가 없기 때문이다. **그림 53.20** 토끼의 수는 스라소니의 수가 피크에 도달하기 전에 먼저 최고조가 된다. 스라소니는 토끼를 먹이로 하기 때문이다.

개념 확인 문제 53.1

1. 육상종에서 개체간의 상호작용이 그들 사이에 안정적인 공간을 확보하게 하며 거의 균등한 분포 유형을 유지한다. 무리를 이루는 종은 대부분의 개체들이 뭉쳐서 살고 있기 때문에 아마도 뭉쳐 지낼 것이다.

2.



어린 개체들이 매우 드물게 생존할 것이므로 제III형의 생존곡선이다.

3. 동물은 먹이 때문에 포획이 증가될 것이다. 먹이를 선호하면 재포획 확률은 증가될 것이다. 왜냐하면 개체군(N) = mn/x 이기 때문이다. 표식된 동물이 재포획되는 숫자(x)는 과다하게 산정될 것이며, 반대로 동물이 잘 잡히지 않게 되면 재포획률은 감소될 것이며 이런 경우 x 는 과소하게 산정되고 N 은 과다하게 산정된다.

개념 확인 문제 53.2

1. 지속적으로 샘으로 채워지는 강이다. 개체군이 더 안정되고 자원을 위한 경쟁이 더 잘 이루어지는 안정된 물리 조건에서는 크고 잘 자란 새끼들이 생존할 기회가 더 많다.
2. 알을 등지에 넣음으로써 피코크 개시는 생존율을 높일 수 있다. 여러 곳에 분산되어서 낳은 알은 부모의 도움을 덜 받으므로 생존 확률이 낮게 된다. 하지만 부모는 적은 자원을 투입하여도 되며, 이런 경우 부모는 모든 알을 한 바구니에 담는 위험은 감소할 수 있다.
3. 만일 부모의 생존이 새끼를 배고 있는 스트레스 기간 동안 보상된다면 동물의 적응은 새끼를 포기하는 동안 증가하게 되며 나중에 더욱 건강한 개체를 생산한다.

개념 확인 문제 53.3

1. 비록 r_{max} 가 일정하다 하더라도, 개체군 크기인 N 는 증가한다. r_{max} 가 계속적으로 증가하는 N 에 적용되면 개체군 성장($r_{max}N$)은 빨라져서 J-곡선을 그린다.
2. 새로 형성된 섬이다. 섬에서 적당한 서식지를 발견한 첫 식물은 넓은 공간과 풍부한 영양분 그리고 햇빛을 얻을 수 있을 것이다. 우림에서는 영양분을 두고 식물 사이의 경쟁이 격렬하다.
3. 순성장은 $\Delta N / \Delta t = bN - dN$ 이 된다. 출산에 의한 성장률 b 는 $14/1,000$ 혹은 0.014 가 되며 개체당 사망률, d 는 $8/1,000$ 혹은 0.008 이 된다. 그러므로 순성장은

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = (0.014 \times 300,000,000) - (0.008 \times 300,000,000)$$

혹은 180만 명이 된다. 개체군은 개인의 성장이 최고에 이르는 것과 동일한 경우 지수성장이 나타난다. 현재 미국에 해당되는 경우는 아니다.

개념 확인 문제 53.4

1. N (개체군 크기)이 작을 때는 상대적으로 적은 개체들이 자손을 퍼뜨린다. N 이 커서 거의 수용능력에 근접하면 개체당 성장량은 이용 가능한 자원이 제한적이기 때문에 상대적으로 적어진다. 로지스틱형 성장곡선이 최고로 가파른 부분은 그러나 아직 수용능력에 근접하지 않고 있으며 생식을 하는 개체수도 상당히 많다. 2. r -선택형. 버려진 밭에 자라는 잡초는 경쟁이 거의 없는 환경이 되며, 초기개체군은 환경수용력 훨씬 아래가 된다. 3. 개체군 1,600은 공식을 이용하여

$$\frac{dN}{dt} = r_{max}N \frac{(K - N)}{K} = \frac{1(1,600)(1,500 - 1,600)}{1,500}$$

이 되며 이때 개체군성장률은 -107개체가 된다. 개체군의 감소는 환경수용력에서 많이 초과할수록 급격히 감소될 것이다. 만일 N 이 1,750인 경우 감소는 292가 되며, 2,000인 경우 667이 된다. 마이너스 성장률은 *Daphnia* 개체군이 환경수용력 이상이 되게 되면 나타나며 그림 53.13b에서 65~100 일 사이의 모습이 된다.

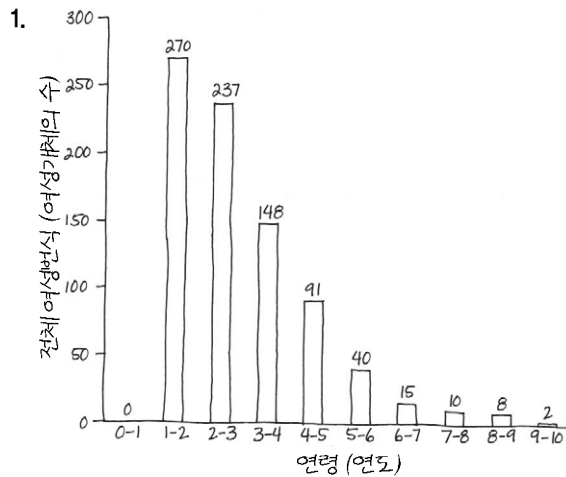
개념 확인 문제 53.5

1. 자원과 공간에 대한 경쟁은 생식을 통한 출산을 제한하기 때문에 개체군 성장에서 부정적이다. 질병은 밀집된 개체군들에서 더 쉽게 전파될 수 있어서 개체군 크기의 증가에 음성되먹임을 발휘한다. 어떤 포식자는 높은 밀도의 생물을 선호할 수도 있다. 이는 그들이 낮은 밀도의 피식자들보다 더 쉽게 발견되기 때문이다. 또한 밀집된 개체군에서 독성 대사산물은 축적되고 생물들에게 독소가 된다. 2. 세 가지 요인은 크기, 질 그리고 패치의 고립이다. 높은 질의 패치는 개체를 유인할 수 있으며, 다른 지역에 개체의 공급원이 된다. 고립된 패치는 다른 패치의 개체와 개체들 간의 교류가 덜 나타나게 된다. 3. 여러분은 개체군의 주기가 나타나는 10년 이상을 조사하여야 하며 경우에 따라 20년의 주기 동안 조사해야 한다. 그렇지 않으면 조사기간의 연구가 주기의 전부인지 아니면 일부분인지 판단하기가 어렵게 된다.

개념 확인 문제 53.6

1. 젊은 연령층의 수가 많아 불균등한 바닥이 큰 연령구조는 젊은 연령층이 생식을 하여 개체군이 지속적으로 성장할 것을 예견하게 한다. 그 반면에 더 균등하게 분포된 연령구조는 개체군의 크기가 비교적 안정적일 것을 예견하게 한다. 2. 지구의 인간 성장률은 1960년대 이래 반으로 감소되었는데 1962년에 2.2%이던 것이 오늘날에는 1.15%로 감소되었다. 그럼에도 불구하고 성장률은 많이 감소되질 않았다. 적은 성장률이라 할지라도 인구가 증가한 관계로 아직도 많은 인구성장이 나타난다. 최근에 약 7,500만의 잉여인구가 매년 추가된다는 연구도 있다. 3. 생태적 지문은 우리가 사는 방식, 먹는 것 에너지 사용, 폐기물 발생 등과 같은 요인에 의해 영향을 받는다. 또한 우리가 생산하는 자녀에 의해서도 영향을 받는다. 자원을 적게 소비하는 것은 생태적 지문을 적게 만든다.

자기 확인 퀴즈



생산하는 전체 암컷 개체수는 1~2년에 최고가 된다. 이 연령대의 암컷은 252개체 \times 1.07 암컷수/개체 = 270 암컷 자녀수가 된다.

54장

그림 문제

그림 54.3 기본 생태적 지위와 실제 생태적 지위는 유사하다. **그림 54.4** 만일 두 종이 동일한 크기의 종자를 섭식한다면 시간에 따라 부리크기의 변화가 발생할 것이며, 다른 크기의 식물종자를 먹는 방향으로 진화할 것이다. **그림 54.14** 낮은 생산성의 처리구는 먹이연쇄가 가장 짧게 나타날 것이며, 가장 안정적이다. **그림 54.15** *Mytilus* 우점하는 종이며 이 개체의 사망은 다른 종이 출현할 여지를 남기게 되며, *Pisaster*가 없는 경우에도 출현종이 증가할 것이다. **그림 54.19** 두 번째 포식종은 토양의 온도증가에 영향을 받지 않게 되므로 전체 포식 개체수의 감소가 크게 나타나지는 않는다. 따라서 여기에 하향식 모형이 적용된다면 실제보다 적은 *S. lindsayae* 개체의 증가가 나타나게 된다. **그림 54.28** 모델에 포함되지 않은 다른 요인들은 결과에 설명할 수 없는 변이라 표시된다.

개념 확인 문제 54.1

1. 중간 경쟁은 양쪽 종에게 부정적인 영향을 준다(-/-). 포식에서는 포식자의 개체군은 피식자 개체군의 비용으로 이익을 본다(+/-). 상리공생은 두 종이 모두 이익을 보는 공생이다(+/+). 2. 경쟁종 중의 하나는 더 효율적인 경쟁자가 더 생식적으로 성공하기 때문에 그 지역에서 소멸될 것이다. 3. 적절한 관계의 예로는 잡초와 식물생산 사이의 경쟁이다. 예를 들면, 인간에 의한 소와 같은 초식동물의 포식, 상추나 시금치를 사람이 먹는 것, 콩과식물을 심어 질소고정을 이루는 것 등이다.

개념 확인 문제 54.2

1. 종의 풍부도는 군집에서 종의 수를 의미한다. 상대수도는 다양한 종으로 대표되는 군집에서 한 종의 비율이다. 한 종이 매우 높은 비율로 포함되고 있는 군집과 종의 구성이 보다 균등한 다른 군집을 비교할 때, 후자의 경우가 다양성이 더 높다. 높은 종의 풍부도와 더 균등한 수도의 분포는 모두 생물다양성을 높이는 데 기여한다. 2. 에너지 가설은 먹이사슬의 길이가 그 사슬을

통하여 에너지가 전달될 때의 비효율성으로 인하여 제한적이라고 말한다. 반면에 동적 안정 가설은 긴 사슬이 짧은 사슬보다 안정적이지 않다고 주장한다. 에너지 가설은 1차 생산이 높은 서식지에서 먹이사슬이 더 길다고 예측한다. 동적 안정 가설은 먹이사슬은 예측 가능한 환경에서 더 길어진다고 예상한다. **3.** 상향식 모형에서, 포식자를 추가하는 것은 하층소비자, 특히 식물과 같은 생산자에게 거의 영향을 미치지 않는다. 하향식 모형에서는 삶의 증가는 너구리수의 감소와 뱀의 증가 메뚜기수의 감소, 그리고 식물생산량의 증가로 이어진다.

개념 확인 문제 54.3

1. 높은 수준의 교란은 너무 파괴적이어서 군집의 많은 종이 멸종되게 하고, 몇몇 내성종들만 남아 군집을 우점하게 한다. 반면에 낮은 수준의 교란은 경쟁적으로 우점종이 군집 내의 다른 종들을 제거하는 것을 허용한다. 하지만 중위 수준의 교란은 경쟁적인 우점종이 군집내 다른 종들을 제거하는 데 충분하리만큼 수도가 높아지는 것을 방해하며 군집 내에 더 많은 종들이 공존할 수 있도록 촉진한다. **2.** 초기 천이종은 토양의 비옥도나 수분 보유 기능을 증진시키고, 바람과 강한 햇볕으로부터 피하며 썩어 자랄 수 있게 해주는 것 같은 여러 방법을 통하여 새로운 종의 정착을 돕는다. **3.** 100년 동안 산불이 없게 되면 낮은 교란이 발생한다. 중간교란 모델에서 이 변화는 우점종이 덜 우점하는 종을 밀어내는 충분한 시간이 되며 다양성을 감소시키는 요인이 된다.

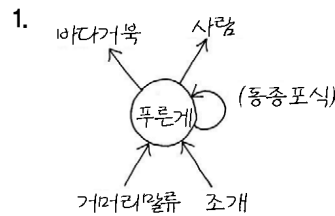
개념 확인 문제 54.4

1. 생태학자들은 열대 지역의 큰 종의 풍부도는 그 지역의 오랜 진화적인 역사와 더 큰 태양 에너지의 투입, 그리고 높은 수분 이용성의 결과라고 생각한다. **2.** 종의 섬으로 이입은 대륙에서 거리가 가까울수록, 섬 크기가 클수록 증가한다. 종의 멸종은 큰 섬일수록, 멀리 떨어져 고립되지 않은 섬일수록 낮아진다. 섬의 종수가 이입률과 멸종률 간의 차이로 결정되므로 종의 수는 대륙에 인접한 큰 섬일수록 많고, 대륙에서 떨어진 작은 섬일수록 적다. **3.** 움직임이 좋기 때문에 새들은 뱀이나 포유동물보다 섬에 도착하는 비율이 높게 나타난다. 따라서 조류는 보다 높은 출현종을 볼 수 있다.

개념 확인 문제 54.5

1. 군집의 개체 가설은 군집이 환경 구배에 따라 다른 종들과 독립적으로 분포하는 종들의 집합체라고 제안한다. 이 가설은 군집 내의 대부분의 종은 서로 밀접하게 연관되어 있지 않다는 최근의 반복 모형과 가깝다. 통합 가설은 군집이 고도로 통합된 상호 의존적인 종의 집합체라고 제안한다. 이 생각은 고정 모형으로 최근에 재현되었다. **2.** 만일 기생충이 다른 사람과 다른 동물과의 접촉이 필요하다면, 질병을 일으키는 병원체의 매개동물이 될 것이다. **3.** 모기나 벼룩과 같은 질병의 숙주뿐만 아니라 중간숙주가 밝혀지면 우리는 사람과 숙주의 접촉을 감소시키거나 밀도를 낮춤으로써 질병의 발생비율을 감소시킬 수가 있게 된다.

자기 확인 퀴즈



개의 숫자는 증가할 것이며 거머리말류의 풍부도는 감소할 것이다.

55장

그림 문제

그림 55.6 습지, 산호초, 그리고 바다인접 지역은 너무 작아서 전체적인 지구에 나타낼 수 없다. **그림 55.7** 새로운 오리농장이 원래 인이 있는 것처럼 질소를 많이 공급한다면 실험에서 질소를 더 첨가하는 것은 플랑크톤의 밀도를 증가시키지 않을 것이다. **그림 55.13** 광물을 용해하는 것을 통해서 곱팡이는 저장고 D(양분으로서 사용 불가능한 무기물)로부터 저장고 C(양분으로서 사용 가능한 무기물)로 양분을 옮긴다. **그림 55.15** 물의 이용성은 장소마다 다른 요소일 것이다. 실험 설계에 포함되지 않은 이러한 요소는 결과를 예측하는 것을 더 어렵게 만든다. 많은 요소들이 자연에 널리 있기 때문에 생태학자들은 그들이 연구하는 요소들이 실제로 관찰된 결과를 야기하는지 그것과 관계가 없는지를 신중하게 판단해야만 한다.

개념 확인 문제 55.1

1. 에너지는 빛으로 생태계에 들어와서 먹이그물의 화학적 에너지로 전이되어 이동하다 열로서 생태계를 떠난다. 생태계 내에서 에너지는 순환되지 않는다. **2.** 제2법칙은 모든 에너지의 전달 또는 전이에 있어서 열의 형태로 에너지의 일부가 주변으로 흩어진다는 것이다. 생태계로부터의 이와 같은 에너지의 "탈출"은 계속 유입되는 태양 광선에 의해 보충된다. **3.** 영양이 구역에서 얼마나 많은 양을 먹는지와 여기에 얼마나 많은 질소가 있는지를 알아야 한다. 또한 배설물에 질소가 얼마나 있는지도 알아야 한다.

개념 확인 문제 55.2

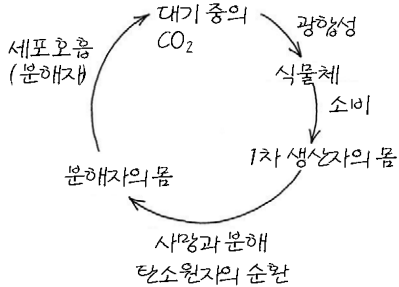
1. 태양광선의 일부만이 광합성 생물에게 전달되며, 전달된 빛의 일부만이 광합성에 알맞은 파장의 빛이다. 그리고 그 빛의 대부분이 복사나 조직의 열로서 방출된다. **2.** 인이나 토양의 수분, 1차 생산자의 반응의 측정 등의 요소를 조절한다. **3.** 학생은 초식동물에 의해서 먹힌 식물의 양과 식물 뿌리와 다른 지하 조직에 의한 생산을 빠뜨렸다.

개념 확인 문제 55.3

1. 20 J; 40% **2.** 니코틴이 식물을 초식동물로부터 보호한다. **3.** 생산 효율성을 줄이는 데는 많은 방법이 있다. 예를 들어, 운동을 격렬하게 하는 것은 다른 곳으로 가는 질량인 에너지를 사용하게 할 것이고 집을 시원하게 하는 것은 몸을 따뜻하게 하는데 에너지를 사용하게 할 것이다.

개념 확인 문제 55.4

1. 탄소 순환의 예를 들면 다음과 같다.



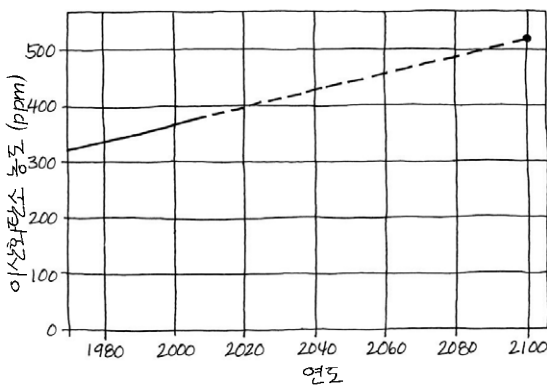
2. 나무를 제거하면 숲에서 질소 순환이 파괴되고 토양에 축적된 질산이 하천으로 씻겨내려 간다. 3. 열대 우림의 대부분의 양분은 나무에 포함되어 있기 때문에 벌목으로 나무를 제거하는 것은 생태계로부터 많은 양분을 잃게 한다. 토양에 남아 있는 양분은 많은 강수량 때문에 하천과 지하수로 빠르게 흘러간다.

개념 확인 문제 55.5

1. 양분 첨가는 이들을 먹고 사는 생물과 조류 개체군이 급격히 성장하게 한다. 잔재물 섭식자를 포함한 조류(algae)와 소비자에 의해 호흡이 증가하게 되면 호수에서 물고기의 생존에 필요한 산소가 고갈된다. 2. 낮은 영양단계가 더 좋다. 왜냐하면 생물 농축을 통하여 독성물질은 먹이사슬을 따라 높이 올라갈수록 축적되기 때문이다. 3. 높은 온도가 분해를 빠르게 하기 때문에 이러한 토양의 유기물은 지구 온난화를 만드는 이산화탄소에 빠르게 분해될 수 있다.

자기 확인 퀴즈

1.



1974년과 2007년 사이에 지구 대기 중의 CO₂ 농도는 대략 330 ppm에서 385 ppm으로 증가하였다. 만약 1.7 ppm/yr의 속도가 계속된다면 2100년에는 CO₂의 농도가 540 ppm이 될 것이다. 이산화탄소 농도의 실제 증가는 지구의 인구, 두당 에너지 사용, 화석연료를 대체가능한 연료나 핵에너지로 바꾸는 것을 포함한 사회가 CO₂ 방출을 줄이는 정도에 의존하여 이보다 더 클 수도 있고 작을 수도 있다. CO₂와 같은 온실효과가 얼마나 빨리 생물권의 대기에서 제거되는지를 결정하는 것을 포함해서 추가적인 과학적 자료는 많은 이유에서 중요한 것이다.

56장

그림 문제

그림 56.4 모든 범위에서 빠진 종들의 범위를 완성하는 것이 필요하다. 또한 지하에서 동면하는 동물이나 종자의 형태로 있는 식물의 경우와 같이 숨어 있는 종이 없는지를 확실하게 해야 한다. **그림 56.11** 일리노이 새의 개체수는 다른 지역의 새들보다 다른 유전적 구성을 갖고 있기 때문에 이 개체군에서만 발견되는 유전자나 대립유전자의 빈도를 확장하는 것이 필요하다. 복원을 할 때, 이 종의 유전적 다양성을 보존하는 것은 개체수를 늘리는 것만큼 중요하다. **그림 56.13** 이 서식지의 자연분포 조직은 지하에서 자라는 생물은 제거하지만 성숙한 소나무는 죽이지 않는 빈번한 화재를 포함한다. 이러한 화재가 없으면 지하 생물은 빨리 생겨날 것이고 서식지는 딱따구리에게 적합하지 않은 장소가 될 것이다.

개념 확인 문제 56.1

1. 종의 손실에 더하여 생물다양성의 위기는 개체군과 종 내에서의 유전적 다양성의 손실과 전체 생태계의 파괴를 포함한다. 2. 벌목, 강의 수로화, 혹은 자연 생태계를 농토 또는 도시로 전환시키는 것과 같은 서식지 파괴는 종들이 살 장소를 빼앗는 것이다. 자연적인 병원균과 포식자에 의해 조절되는 그들의 고유 서식 범위 밖으로 인간에 의하여 옮겨진 도입종들은 종종 경쟁과 포식을 통하여 재래종의 개체군 크기를 작게 한다. 남획은 동식물의 개체군을 줄여왔고 때로는 그들을 멸종에 이르게 하였다. 3. 각각의 개체군이 따로 길러진다면 개체군 사이의 유전자 흐름은 일어나지 않을 것이고 이들 사이의 유전적 차이는 더욱 커질 것이다. 그 결과 유전적 다양성의 손실은 개체군이 같이 길러지는 것보다 더 커질 것이다.

개념 확인 문제 56.2

1. 유전적 변이의 감소는 변화에 직면했을 때 개체군의 진화능력을 감소시킨다. 2. 유효 개체군 크기 N_e 는 $4(35 \times 10)/(35+10) = 31$ 개체이다. 3. 수백만 명의 사람이 엘로스톤의 생태계를 이용하기 때문에 사람과 곰의 모든 연결을 없애는 것은 불가능하다. 대신에 곰을 죽이는 사람들을 만나는 경우를 줄일 수는 있다. 공원 안의 도로에서는 속도를 줄이고, 엄마곰과 새끼곰과의 접촉을 줄이기 위해서 (공원 근처에서 사냥이 허락된다면) 사냥을 할 수 있는 계절의 시간과 장소를 조정하며, 가축을 보호하기 위해서 (개를 키우는 것과 같은) 대안적인 방법을 시도하는 주인에게 경제적 유인을 제공한다.

개념 확인 문제 56.3

1. 멸종 위기종의 불균형적인 수뿐만 아니라 예외적으로 많은 수의 고유종을 부양하는 작은 지역. 2. 구역으로 나누어진 보호구역은 숲의 생산물, 물, 수력 발전, 교육 기회, 생태관광으로 인한 수입과 같은 공급을 지속적으로 제공할 수 있다. 3. 서식지 연결통로는 서식지 간에 생물의 이동 비용을 증가시킬 수 있기 때문에 소개체군 사이의 유전자 흐름의 비용도 증가시킨다. 그들은 동종 번식 때문에 생기는 개체군의 감소를 막는다. 그들은 또한 생물이 퍼질 때 인간과 생물 사이의 상호작용을 최소화한다. 곰이나 큰 고양이와 같은 잠재적인 포식자가 관여된 경우에 이러한 상호작용을 최소화하는 것은 바람직하다.

개념 확인 문제 56.4

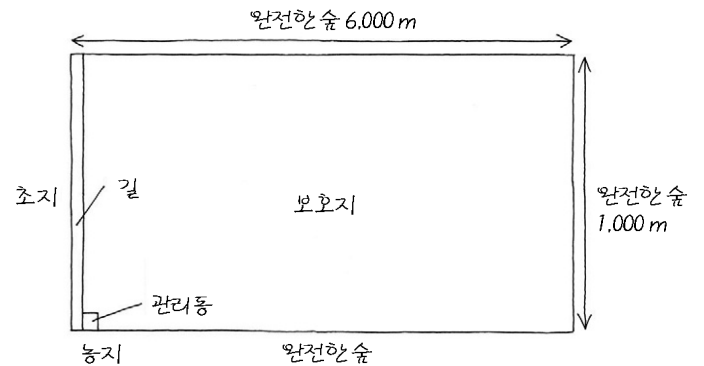
1. 주 목적은 황폐화된 생태계를 더 자연적인 상태로 복원하는 것이다. 2. 생물정화는 생태계로부터 오염물질을 제거하거나 독성을 제거하기 위하여 원핵생물, 균류, 또는 식물과 같은 생물을 이용한다. 생물학적 축진은 파괴된 생태계에 필수 물질을 더하기 위해 질소고정 식물과 같은 생물을 이용한다. 3. 키시미강의 프로젝트는 원래 수로의 물의 흐름을 돌려놓았고 스스로 유지할 수 있는 결과인 자연적인 흐름을 회복하였다. 마운가타우타리 보호지역의 생태학자들은 장기간에는 스스로 유지될 수 없는 결과인 담장의 통합을 유지할 필요가 있을 것이다.

개념 확인 문제 56.5

1. 지속 가능한 개발은 인간사회와 이를 부양하는 생태계의 장기 번영을 위한 개발방법이다. 이것은 생물과학과 사회과학, 경제, 그리고 인문학이 서로 연관됨을 의미한다. 2. 다른 형태의 삶과 자연을 향한 교감인 생명에는 종이 멸종되는 것 또는 생태계가 파괴되는 것을 용납하지 않는 환경 윤리의 발달을 위한 중요한 동기로 작용할 수 있다. 이와 같은 윤리는 우리가 환경을 더 주의 깊고 효과적인 보호자가 되기 위하여 필수적인 사항이다. 3. 최소한으로 개체군의 크기와 그 안의 개체의 평균 생식률을 알 수 있다. 어류를 유지 가능하게 개발하기 위해서 단기간보다는 장기간의 수확량을 최소화하고 원래 크기의 개체군을 유지하는 수확률을 알아볼 수 있다.

과학적 탐구

2.



찌르레기가 관통하는 숲의 면적을 최소화하기 위해서 보호구역의 가장자리를 따라서 길을 만들어야 한다. 다른 지역은 서식지에 영향을 주는 지역을 증가시킬 것이다. 비슷하게 관리동은 찌르레기가 영향 받기 쉬운 지역을 최소화하는 보호구역의 구석에 만들어져야 한다.

B 주기율표

Representative elements

Alkali metals
↓
Group 1A

Alkaline earth metals
↓
Group 2A

Period number

1

2

3

4

5

6

7

1
H
1.008

3
Li
6.941

11
Na
22.99

19
K
39.10

37
Rb
85.47

55
Cs
132.9

87
Fr
(223)

4
Be
9.012

12
Mg
24.31

20
Ca
40.08

38
Sr
87.62

56
Ba
137.3

88
Ra
(226)

21
Sc
44.96

22
Ti
47.87

23
V
50.94

24
Cr
52.00

25
Mn
54.94

26
Fe
55.85

27
Co
58.93

28
Ni
58.69

29
Cu
63.55

30
Zn
65.41

31
Ga
69.72

32
Ge
72.64

33
As
74.92

34
Se
78.96

35
Br
79.90

36
Kr
83.80

39
Y
88.91

40
Zr
91.22

41
Nb
92.91

42
Mo
95.94

43
Tc
(98)

44
Ru
101.1

45
Rh
102.9

46
Pd
106.4

47
Ag
107.9

48
Cd
112.4

49
In
114.8

50
Sn
118.7

51
Sb
121.8

52
Te
127.6

53
I
126.9

54
Xe
131.3

57*
La
138.9

72
Hf
178.5

73
Ta
180.9

74
W
183.8

75
Re
186.2

76
Os
190.2

77
Ir
192.2

78
Pt
195.1

79
Au
197.0

80
Hg
200.6

81
Tl
204.4

82
Pb
207.2

83
Bi
209.0

84
Po
(209)

85
At
(210)

86
Rn
(222)

89†
Ac
(227)

104
Rf
(261)

105
Db
(262)

106
Sg
(266)

107
Bh
(264)

108
Hs
(269)

109
Mt
(268)

110
Ds
(271)

111
—
(272)

112
—
(285)

113
—
(284)

114
—
(289)

115
—
(288)

3B

4B

5B

6B

7B

8B

1B

2B

13
Al
26.98

14
Si
28.09

15
P
30.97

16
S
32.07

17
Cl
35.45

18
Ar
39.95

5
B
10.81

6
C
12.01

7
N
14.01

8
O
16.00

9
F
19.00

10
Ne
20.18

2
He
4.003

Transition elements

*Lanthanides

†Actinides

58
Ce
140.1

59
Pr
140.9

60
Nd
144.2

61
Pm
(145)

62
Sm
150.4

63
Eu
152.0

64
Gd
157.3

65
Tb
158.9

66
Dy
162.5

67
Ho
164.9

68
Er
167.3

69
Tm
168.9

70
Yb
173.0

71
Lu
175.0

90
Th
232.0

91
Pa
231.0

92
U
238.0

93
Np
(237)

94
Pu
(244)

95
Am
(243)

96
Cm
(247)

97
Bk
(247)

98
Cf
(251)

99
Es
252

100
Fm
257

101
Md
258

102
No
259

103
Lr
260

Metals

Metalloids

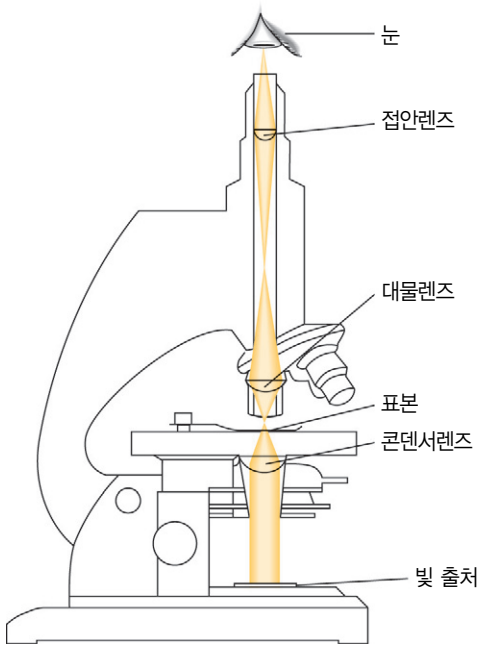
Nonmetals

Name
(Symbol) Atomic
Number

Actinium (Ac)	89	Cobalt (Co)	27	Iodine (I)	53	Osmium (Os)	76	Silicon (Si)	14
Aluminum (Al)	13	Copper (Cu)	29	Iridium (Ir)	77	Oxygen (O)	8	Silver (Ag)	47
Americium (Am)	95	Curium (Cm)	96	Iron (Fe)	26	Palladium (Pd)	46	Sodium (Na)	11
Antimony (Sb)	51	Darmstadtium (Ds)	110	Krypton (Kr)	36	Phosphorus (P)	15	Strontium (Sr)	38
Argon (Ar)	18	Dubnium (Db)	105	Lanthanum (La)	57	Platinum (Pt)	78	Sulfur (S)	16
Arsenic (As)	33	Dysprosium (Dy)	66	Lawrencium (Lr)	103	Plutonium (Pu)	94	Tantalum (Ta)	73
Astatine (At)	85	Einsteinium (Es)	99	Lead (Pb)	82	Polonium (Po)	84	Technetium (Tc)	43
Barium (Ba)	56	Erbium (Er)	68	Lithium (Li)	3	Potassium (K)	19	Tellurium (Te)	52
Berkelium (Bk)	97	Europium (Eu)	63	Lutetium (Lu)	71	Praseodymium (Pr)	59	Terbium (Tb)	65
Beryllium (Be)	4	Fermium (Fm)	100	Magnesium (Mg)	12	Promethium (Pm)	61	Thallium (Tl)	81
Bismuth (Bi)	83	Fluorine (F)	9	Manganese (Mn)	25	Protactinium (Pa)	91	Thorium (Th)	90
Bohrium (Bh)	107	Francium (Fr)	87	Meitnerium (Mt)	109	Radium (Ra)	88	Thulium (Tm)	69
Boron (B)	5	Gadolinium (Gd)	64	Mendelevium (Md)	101	Radon (Rn)	86	Tin (Sn)	50
Bromine (Br)	35	Gallium (Ga)	31	Mercury (Hg)	80	Rhenium (Re)	75	Titanium (Ti)	22
Cadmium (Cd)	48	Germanium (Ge)	32	Molybdenum (Mo)	42	Rhodium (Rh)	45	Tungsten (W)	74
Calcium (Ca)	20	Gold (Au)	79	Neodymium (Nd)	60	Rubidium (Rb)	37	Uranium (U)	92
Californium (Cf)	98	Hafnium (Hf)	72	Neon (Ne)	10	Ruthenium (Ru)	44	Vanadium (V)	23
Carbon (C)	6	Hassium (Hs)	108	Neptunium (Np)	93	Rutherfordium (Rf)	104	Xenon (Xe)	54
Cerium (Ce)	58	Helium (He)	2	Nickel (Ni)	28	Samarium (Sm)	62	Ytterbium (Yb)	70
Cesium (Cs)	55	Holmium (Ho)	67	Niobium (Nb)	41	Scandium (Sc)	21	Yttrium (Y)	39
Chlorine (Cl)	17	Hydrogen (H)	1	Nitrogen (N)	7	Seaborgium (Sg)	106	Zinc (Zn)	30
Chromium (Cr)	24	Indium (In)	49	Nobelium (No)	102	Selenium (Se)	34	Zirconium (Zr)	40

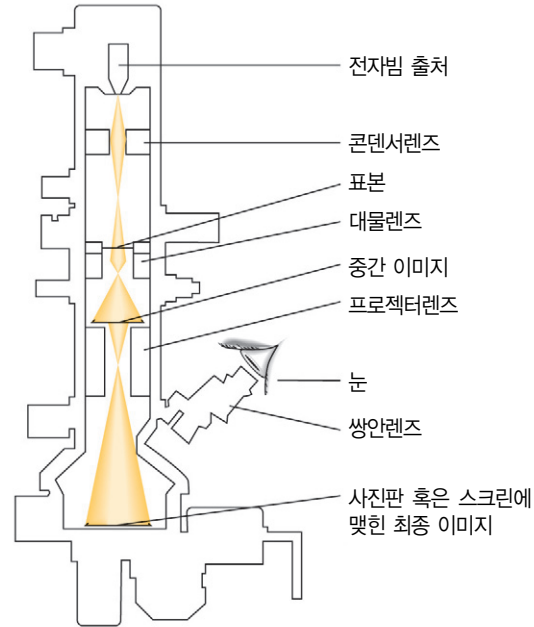
측정	단위와 약어	등가 단위	전환율 (미터법 → 영어)	전환율 (영어 → 미터법)
길이	1 kilometer (km)	= 1000 (10 ³) meters	1 km = 0.62 mile	1 mile = 1.61 km
	1 meter (m)	= 100 (10 ²) centimeters = 1000 millimeters	1 m = 1.09 yards 1 m = 3.28 feet 1 m = 39.37 inches	1 yard = 0.914 m 1 foot = 0.305 m
	1 centimeter (cm)	= 0.01 (10 ⁻²) meter	1 cm = 0.394 inch	1 foot = 30.5 cm 1 inch = 2.54 cm
	1 millimeter (mm)	= 0.001 (10 ⁻³) meter	1 mm = 0.039 inch	
	1 micrometer (μm) (formerly micron, μ)	= 10 ⁻⁶ meter (10 ⁻³ mm)		
	1 nanometer (nm) (formerly millimicron, mμ)	= 10 ⁻⁹ meter (10 ⁻³ μm)		
	1 angstrom (Å)	= 10 ⁻¹⁰ meter (10 ⁻⁴ μm)		
면적	1 hectare (ha)	= 10,000 square meters	1 ha = 2.47 acres	1 acre = 0.405 ha
	1 square meter (m ²)	= 10,000 square centimeters	1 m ² = 1.196 square yards 1 m ² = 10.764 square feet	1 square yard = 0.8361 m ² 1 square foot = 0.0929 m ²
	1 square centimeter (cm ²)	= 100 square millimeters	1 cm ² = 0.155 square inch	1 square inch = 6.4516 cm ²
질량	1 metric ton (t)	= 1000 kilograms	1 t = 1.103 tons	1 ton = 0.907 t
	1 kilogram (kg)	= 1000 grams	1 kg = 2.205 pounds	1 pound = 0.4536 kg
	1 gram (g)	= 1000 milligrams	1 g = 0.0353 ounce 1 g = 15.432 grains	1 ounce = 28.35 g
	1 milligram (mg)	= 10 ⁻³ gram	1 mg = approx. 0.015 grain	
	1 microgram (μg)	= 10 ⁻⁶ gram		
부피 (고체)	1 cubic meter (m ³)	= 1,000,000 cubic = centimeters	1 m ³ = 1.308 cubic yards 1 m ³ = 35.315 cubic feet	1 cubic yard = 0.7646 m ³ 1 cubic foot = 0.0283 m ³
	1 cubic centimeter (cm ³ or cc)	= 10 ⁻⁶ cubic meter	1 cm ³ = 0.061 cubic inch	1 cubic inch = 16.387 cm ³
	1 cubic millimeter (mm ³)	= 10 ⁻⁹ cubic meter = (10 ⁻³ cubic centimeter)		
부피 (액체와 기체)	1 kiloliter (kl or kL)	= 1000 liters	1 kL = 264.17 gallons	1 gallon = 3.785 L
	1 liter (l or L)	= 1000 milliliters	1 L = 0.264 gallons	1 quart = 0.946 L
	1 L 1.057 quarts			
	1 milliliter (ml or mL)	= 10 ⁻³ liter = 1 cubic centimeter	1 mL = 0.034 fluid ounce 1 mL = approx. 1/4 teaspoon	1 quart = 946 mL 1 pint = 473 mL 1 fluid ounce = 29.57 mL
	1 microliter (μl or μL)	= 10 ⁻⁶ liter (10 ⁻³ milliliters)	1 mL = approx. 15-16 drops (gtt.)	1 teaspoon = approx. 5 mL
시간	1 second (s)	= 1/60 minute		
	1 millisecond (ms)	= 10 ⁻³ second		
온도	Degrees Celsius (°C) (Absolute zero, when all molecular motion ceases, is -273°C. The Kelvin [K] scale, which has the same size degrees as Celsius, has its zero point at absolute zero. Thus, 0°K -273°C.)		°F 9/5°C + 32	°C 5/9 (°F - 32)

D 광학현미경과 전자현미경의 비교



광학현미경

빛이 유리 콘덴서렌즈에 의해 표본 위에 비추지면 상이 대물렌즈와 접안렌즈에 의해 확대되고 이를 눈을 통해서 보거나 사진을 찍는다.



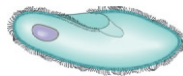
전자현미경

현미경의 꼭대기에 있는 전자빔이 빛 대신에 이용되며, 또한 전자석이 유리렌즈 대신에 이용된다. 전자빔이 콘덴서렌즈에 의해 표본 위에 쏘아지면 상이 대물렌즈와 프로젝터렌즈에 의해 확대되고 이를 스크린으로 보거나 사진을 찍는다.

This appendix presents a taxonomic classification for the major extant groups of organisms discussed in this text; not all phyla are included. The classification presented here is based on the three-domain system, which assigns the two major groups of prokaryotes, bacteria and archaea, to separate domains (with eukaryotes making up the third domain). This classification contrasts with the traditional five-kingdom system, which groups all prokaryotes in a single kingdom, Monera. Systematists no longer recognize the kingdom

Monera because it would have members in two different domains (see Chapter 26).

Various alternative classification schemes are discussed in Unit Five of the text. The taxonomic turmoil includes debates about the number and boundaries of kingdoms and about the alignment of the Linnaean classification hierarchy with the findings of modern cladistic analysis. In this review, asterisks (*) indicate currently recognized phyla thought by some systematists to be paraphyletic.



DOMAIN BACTERIA

- ▶ **Proteobacteria**
- ▶ **Chlamydia**
- ▶ **Spirochetes**
- ▶ **Gram-positive Bacteria**
- ▶ **Cyanobacteria**



DOMAIN ARCHAEA

- ▶ **Korarchaeota**
- ▶ **Euryarchaeota**
- ▶ **Crenarchaeota**
- ▶ **Nanoarchaeota**

DOMAIN EUKARYA

In the phylogenetic hypothesis we present in Chapter 28, major clades of eukaryotes are grouped together in the five “supergroups” listed below in bold type. The traditional five-kingdom classification scheme united all the eukaryotes generally called protists in a single kingdom, Protista. However, advances in systematics have made it clear that Protista is in fact polyphyletic: Some protists are more closely related to plants, fungi, or animals than they are to other protists. As a result, the kingdom Protista has been abandoned. In contrast, the kingdoms Plantae (land plants), Fungi, and Animalia (animals) have survived from the five-kingdom system.

Excavata

- ▶ Diplomonadida (diplomonads)
- ▶ Parabasala (parabasalids)
- ▶ Euglenozoa (euglenozoans)
 - Euglenophyta (euglenids)
 - Kinetoplastida (kinetoplastids)

Chromalveolata

- ▶ Alveolata (alveolates)
 - Dinoflagellata (dinoflagellates)
 - Apicomplexa (apicomplexans)
 - Ciliophora (ciliates)
- ▶ Stramenopila (stramenopiles)
 - Bacillariophyta (diatoms)
 - Chrysophyta (golden algae)
 - Phaeophyta (brown algae)
 - Oomycota (water molds)



Archaeplastida

- ▶ Rhodophyta (red algae)
- ▶ Chlorophyta (green algae: chlorophytes)
- ▶ Charophyceae (green algae: charophyceans)
- ▶ Plantae

Phylum Hepatophyta (liverworts)	} Bryophytes (nonvascular plants)
Phylum Anthocerophyta (hornworts)	
Phylum Bryophyta (mosses)	
Phylum Lycophyta (lycophytes)	} Seedless vascular plants
Phylum Pterophyta (ferns, horsetails, whisk ferns)	
Phylum Ginkgophyta (ginkgo)	
Phylum Cycadophyta (cycads)	} Gymnosperms
Phylum Gnetophyta (gnetophytes)	
Phylum Coniferophyta (conifers)	
Phylum Anthophyta (flowering plants)	} Angiosperms

Rhizaria

- ▶ Chlorarachniophyta (chlorarachniophytes)
- ▶ Foraminifera (forams)
- ▶ Radiolaria (radiolarians)

Unikonta

- ▶ Amoebozoa (amoebozoans)
 - Myxogastria (plasmodial slime molds)
 - Dictyostelida (cellular slime molds)
 - Gymnamoeba (gymnamoebas)
 - Entamoeba (entamoebas)
 - Nucleariida (nucleariids)
- ▶ Fungi
 - *Phylum Chytridiomycota (chytrids)
 - Phylum Zygomycota (zygomycetes)
 - Phylum Glomeromycota (glomeromycetes)
 - Phylum Ascomycota (sac fungi)
 - Phylum Basidiomycota (club fungi)
- ▶ Choanoflagellata (choanoflagellates)
- ▶ Animalia
 - Phylum Calcarea } (sponges)
 - Phylum Silicea } (sponges)
 - Phylum Cnidaria (cnidarians)
 - Class Hydrozoa (hydrozoans)
 - Class Scyphozoa (jellies)
 - Class Cubozoa (box jellies and sea wasps)
 - Class Anthozoa (sea anemones and most corals)
 - Phylum Ctenophora (comb jellies)
 - Phylum Acoela (acoel flatworms)
- Lophotrochozoa (lophotrochozoans)
 - Phylum Placozoa (placozoans)
 - Phylum Kinorhyncha (kinorhynchs)
 - Phylum Platyhelminthes (flatworms)
 - Class Turbellaria (free-living flatworms)
 - Class Trematoda (flukes)
 - Class Monogenea (monogeneans)
 - Class Cestoda (tapeworms)
 - Phylum Nemertea (proboscis worms)
 - Phylum Ectoprocta (ectoprocts)
 - Phylum Phoronida (phoronids)
 - Phylum Brachiopoda (brachiopods)
 - Phylum Rotifera (rotifers)
 - Phylum Cycliophora (cycliophorans)
 - Phylum Mollusca (molluscs)
 - Class Polyplacophora (chitons)
 - Class Gastropoda (gastropods)
 - Class Bivalvia (bivalves)
 - Class Cephalopoda (cephalopods)



Ecdysozoa (ecdysozoans)

- Phylum Annelida (segmented worms)
 - Class Oligochaeta (oligochaetes)
 - Class Polychaeta (polychaetes)
 - Class Hirudinea (leeches)
- Phylum Acanthocephala (spiny-headed worms)
- Phylum Loricifera (loriciferans)
- Phylum Priapula (priapulans)
- Phylum Nematoda (roundworms)
- Phylum Arthropoda (This survey groups arthropods into a single phylum, but some zoologists now split the arthropods into multiple phyla.)
 - Subphylum Cheliceriformes (horseshoe crabs, arachnids)
 - Subphylum Myriapoda (millipedes, centipedes)
 - Subphylum Hexapoda (insects, springtails)
 - Subphylum Crustacea (crustaceans)
- Phylum Tardigrada (tardigrades)
- Phylum Onychophora (velvet worms)
- Deuterostomia (deuterostomes)
 - Phylum Hemichordata (hemichordates)
 - Phylum Echinodermata (echinoderms)
 - Class Asteroidea (sea stars)
 - Class Ophiuroidea (brittle stars)
 - Class Echinoidea (sea urchins and sand dollars)
 - Class Crinoidea (sea lilies)
 - Class Concentricycloidea (sea daisies)
 - Class Holothuroidea (sea cucumbers)
 - Phylum Chordata (chordates)
 - Subphylum Cephalochordata (cephalochordates: lancelets)
 - Subphylum Urochordata (urochordates: tunicates)
 - Subphylum Craniata (craniates)
 - Class Myxini (hagfishes)
 - Class Cephalaspidomorphi (lampreys)
 - Class Chondrichthyes (sharks, rays, chimaeras)
 - Class Acinopterygii (ray-finned fishes)
 - Class Actinistia (coelacanths)
 - Class Dipnoi (lungfishes)
 - Class Amphibia (amphibians)
 - Class Reptilia (tuataras, lizards, snakes, turtles, crocodilians, birds)
 - Class Mammalia (mammals)

Vertebrates