

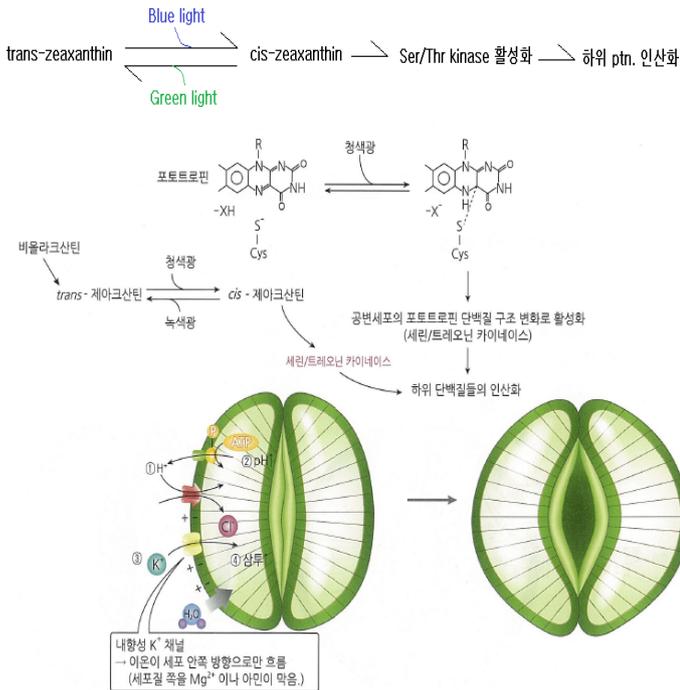
7.41.43.51.

● 기공 개폐 기작

- 고등식물은 분화된 기관들을 지닌 다세포 생물로 진화해 육상으로 올라옴
 - 건조한 육상에서 수분 증발을 막기 위해 방수성분인 큐티클 층으로 표피를 덮음
 - 기체 교환을 위해 기공을 발달시켜서 환경 조건에 따라 기공 개폐를 조절함

(i) 아침

- 청색광 : 공변세포의 *trans*-제아크산틴 → *cis*-제아크산틴, 포토트로핀 단백질 활성화
- cis*-제아크산틴과 포토트로핀이 여러 하위 단백질들을 인산화 함
- H⁺ 펌프가 활성화 되면 세포 밖으로 H⁺을 방출하고, H⁺ 기울기가 K⁺, Cl⁻을 세포질로 유입함
- 세포질에 생긴 삼투압 때문에 공변세포로 물이 들어와 세포가 팽창하면서 기공이 열린

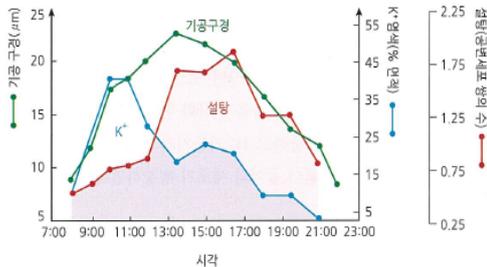


(ii) 오후

- 광합성이 계속 일어나면 공변세포(표피 중 유일하게 광합성을 함) 내 설탕 함량이 증가함
- 설탕이 공변세포 내 삼투압을 높여서 기공은 계속 열려 있음

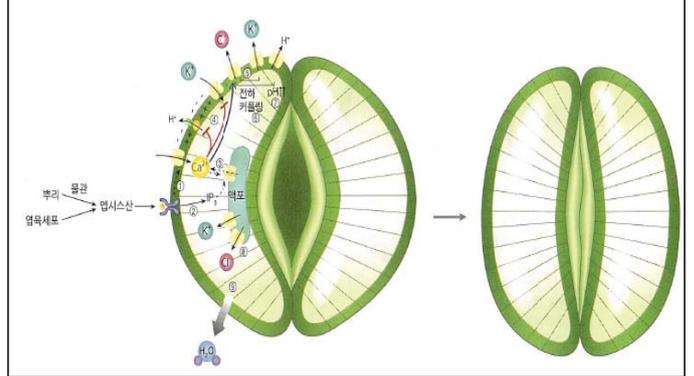
(iii) 밤

- 광합성을 멈추고, 공변세포 세포질에 쌓였던 설탕은 체관으로 이동함 → 삼투압 감소
- 계속 호흡을 하면서 이산화탄소가 축적되어 세포질의 pH가 감소함
- 공변세포에서 물이 나가면서 기공이 닫힘



● 증산 과다 상황

- 수분 부족 시 엽육세포나 뿌리에서 합성된 앱시스산(Abscisic acid, ABA)이 이동해서 공변세포의 세포막 수용체에 결합함
- 세포 신호 전달을 통해 K⁺, Cl⁻ 등을 공변세포 밖으로 방출함 → 삼투압 감소
- 공변세포에서 물이 나가면서 기공이 닫힘



18.

② CO₂ 농도가 높으면 Calvin cycle이 활성화되어 ATP가 부족하게 되고 NADPH는 축적된다. 이 경우 부족한 ATP를 보충하기 위하여 순환적 광인산화가 일어난다.

31.

C4 식물은 엽육세포에서 CO₂를 고정하여 탄소 4개로 이루어진 oxaloacetate를 생성하고, 유관속초 세포에서 Calvin cycle을 돌린다.

33.

수소 이온이 화학 삼투 인산화에 의해 틸라코이드 내강에서 스트로마로 이동하여 ATP가 생성된다. 빛이 없는 상태에서 수행한 실험이기 때문에 광계 I은 산소 분자를 생성하지 않고 또한 전자 전달을 하지 않기 때문에 NADPH 역시 생성하지 않는다.

- 35.
- ㄷ. 식물의 잎에서 잎맥을 유관속초 세포가 감싸고 그 주위를 또 엽육 세포가 감싸고 있는 구조를 Kranz 구조라고 한다. 이 구조는 C4 식물의 특징이다.
 - ㄹ. C4 식물에는 수수, 옥수수, 사탕 수수 등이 있다. 벼는 C3 식물이다.
 - ㅁ. C4 식물도 약간의 광호흡은 하지만 C3 식물에 비해 아주 적은 광호흡을 한다.

- 39.
- ㄷ. C4 식물은 광호흡을 최소화하므로 CO₂ 보상점이 더 낮다.
 - ㄹ. 옥수수는 C4 식물이다. 엽육세포에서 PEP carboxylase가 CO₂ 고정을 하고, 유관속초세포에서는 Rubisco가 작용한다.

- 40.
- ㄷ. 집광체(안테나 복합체)에 존재하는 안테나 색소에서 Exciton transfer를 통해 반응 중심으로 에너지를 전달할 뿐 전자를 전달하지 않는다. 전자는 반응 중심 엽록소에서 방출된다.

- 42.
- ① 순수 분리된 엽록소 분자의 전자는 빛을 받아 들뜬 상태가 되었다가 다시 바닥 상태로 돌아가면서 열과 적색 형광을 방출한다. 이러한 현상은 엽록소 분자가 순수 분리되었을 때 관찰된다. 그러나 엽록체 속에서 엽록소가 빛을 받아 들뜬 상태가 된 전자는 1차 전자 수용체에 의해 포획되어 적색 잔광을 나타내지 않는다.
 - ③ 전자 전달계를 거친 전자의 최종 수용체는 NADP⁺이다.

- 49.
- 광호흡

- 빛의 세기가 강하거나 CO₂ 농도가 낮은 조건
 - 명반응에서 NADPH를 많이 합성하지만, 암반응이 잘 진행하지 않아 NADP⁺를 회수할 수 없음
 - NADP⁺가 부족하기 때문에 페레독신의 전자가 활성산소를 만들어 광저해를 일으킬 수 있음
 - NADPH를 소모하고 CO₂의 양을 늘려 광합성 기구를 보호해야 함
- 루비스코는 $\frac{CO_2}{O_2}$ 가 낮아지거나 온도가 지나치게 상승하면 기질로 CO₂ 대신 O₂와 결합해 광호흡을 진행함
 - O₂를 사용하면서 CO₂와 NH₄⁺를 방출함

- ③ 광호흡 과정에서 두 분자의 글리신이 한 분자의 세린이 되면서 암모니아 한 분자가 빠져나간다. 광호흡은 빛을 차단하면 한동안 진행되다가 멈추게 되므로 암모니아 생성률이 질소 동화율보다 증가하는 현상이 일시적으로 나타난다.

- 51.
- ④ 브라시노스테로이드는 스테로이드 계열의 식물 호르몬으로 유식물의 세포 신장과 분열을 유도한다.

- 옥신과 기능적으로 유사함
 - 옥신과 함께 줄기, 유식물의 세포 신장과 분열을 유도함

5.

G₀기

- 분열을 멈춘 세포들이 머무는 휴지기
 - 우리 몸의 대부분 세포들은 분열을 하지 않고 G₀기에 머물러 있음
- 사이클린, Cdk(Cyclin-dependent protein kinase) 단백질들이 발현되지 않음 (분열을 유도하는 성장인자 신호가 있어야 발현됨)

MPF(Maturation promoting factor)

- G₂ → M기 진행을 유도
- 사이클린 B + Cdk1 으로 구성
 - 사이클린은 세포 분열을 하는 동안 주기적으로 양이 변하고 충분한 양이 되었을 때 평소 일정하게 발현되어 있는 Cdk와 결합함
 - 하위 단백질들을 인산화 해서 M기 개시를 함

라민 인산화 - 핵막 사라짐
 콘덴신 인산화 - 염색체 응축 → M기 개시
 미오신 인산화 - 수축환의 조기 생성 방지

6.

- * 미세섬유 저해제
- 라트루쿨린: 미세섬유 합성 저해제, G-액틴에 결합해 단위체의 농도를 낮춤
 - 팔로이딘: 미세섬유 분해 저해제, 미세섬유에 결합해 G-액틴의 해리를 막음
 - 사이토킨라진: 미세섬유의 (+) 말단에 결합하면 (+) 말단의 합성, 분해가 모두 일어나지 못함

Cytochalasin B는 미세섬유 합성을 저해하여 수축환 형성을 막아 난할이 억제된다.

7.

④ 이중자 형태(doublet form)란 염색체가 응축되어 자매염색 분체 2개가 붙어 있는 것을 말한다. 이는 체세포 분열의 M기에 관찰된다.

14.37.

망막아세포종(Retinoblastoma, Rb)의 조절

- G₁기에 Rb가 E2F와 결합해 E2F의 활성을 억제함
- 사이클린 D + cdk4 복합체가 Rb를 인산화 하면 Rb와 E2F가 분리됨
 - 분리된 E2F는 여러 유전자들의 전사를 촉진해 S기를 개시함

p53

- 평소 소량 발현되지만 산소 고갈, 미세소관 파괴, DNA 파손, 텔로미어 마모, 생존 신호 결여 등의 상황일 때 반감기가 늘어나면서 세포 내에 축적됨
 - 세포주기, 세포자살, 유전자 안정성 등을 조절
- 인간의 암 중 거의 절반에서 p53 유전자가 망가진 것을 볼 수 있음
 - 세포 분열이 멈추지 않고 계속 진행되고 세포자살이 일어나지 못함
 - 계속 DNA가 망가지면서 다른 유전자들의 돌연변이가 축적되어 암세포로 발전함

종양 유전자, 미세소관 저해제들, 리보뉴클레오타이드 고갈, 화학 요법 → DNA 손상, 생존신호의 부재 → p53 활성화, 저산소증, 텔로미어 소실

수선할 수 있는 손상 → 세포주기 억제 → DNA 수선
 수선할 수 없는 손상 → 세포사멸 ↑

- 주변 세포들이 분비한 분열 촉진 인자(Mitogen)가 수용체에 결합해 신호를 전달함
 - Cdk 활성을 억제하던 제어 장치들이 제거되면서 G₁ → S기를 진행함

*** 분열 촉진 인자(Mitogen)**

PDGF(Platelet-derived growth factor), EGF(Epidermal growth factor), FGF(Fibroblast growth factor), 에리트르포이에틴 등 50여 가지 이상이 발견됨

*** E2F**

S기를 개시하는데 필요한 여러 유전자들의 전사를 촉진하는 전사인자

32.

1개의 제1 난모 세포로부터 1개의 난자가 생성된다(3개는 극체로 퇴화된다). 따라서 50개의 제1 난모 세포로부터 50개의 난자가 만들어진다. 1개의 제2 정모 세포로부터는 2개의 정자가 만들어진다. 따라서 50개의 제2 정모세포로부터 100개의 정자가 만들어진다. 이 둘을 더하면 150개가 된다.

42.

⑤ early postzygotic mitotic division

두 배우자(정자, 난자)가 접합자(zygote)를 형성한 후 발생 초기에 일어나는 체세포 분열

• 체세포 분열 중 염색체 비분리 현상이 일어나면, 신체 일부에서 염색체 수 이상 돌연변이 세포 군집이 생길 수 있음
- 돌연변이 세포 군집이 배세포를 만들지 않으면 자손으로 유전되지 않음
다운 증후군이 초기 배아에서 체세포 분열 중 염색체 비분리 현상으로 나타나기도 함

46.

③

제1 감수분열 말기와 분열 간기
• 일시적인 단계로 짧게 나타나며 생물에 따라 핵막은 생길 수도, 안 생길 수도 있음

<part I >

6.

● 뒤센 근위축증

X 염색체 열성 유전, 미세 섬유 조절 단백질인 dystrophin 손상으로 근육 세포가 사멸하며, 그 자리를 섬유성 조직이나 지방 조직이 대체한다.

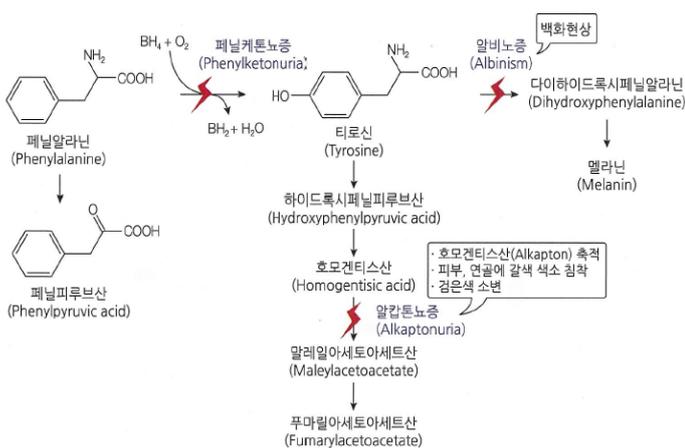
● 중증 근무력증

자가면역질환. 신경근육연접부의 근육 종판에 존재하는 아세틸콜린 수용체에 대한 자가항체가 형성되어 신경 신호가 근육 세포로 전달되지 못하여 근 수축이 일어나지 못하고 근력이 약화되는 질환

14.

	Hb ^A /Hb ^A	Hb ^A /Hb ^S	Hb ^S /Hb ^S	우열 관계
생산하는 폴리펩티드				공동 우성
평소 환경의 적혈구				Hb ^A : 우성 Hb ^S : 열성
스트레스 또는 산소 부족 시	정상	약한 빈혈	심한 빈혈	불완전 우성
말라리아에 대한 감수성	감수성 높음	감수성 없음	감수성 없음	Hb ^S : 우성 Hb ^A : 열성

17.



22.

$1/2 \times 1/2 \times 1/4 \times 1/2 = 1/32$

25.

$2pq = 2 \times 0.6 \times 0.4 = 0.48$

27.

암컷 벌(일벌과 여왕벌)은 2n이고 수컷 벌(수벌)은 n이다. 갈색의 수벌(b+)은 b+의 배우자만을 만들 수 있고, 분홍색 눈의 여왕벌(b-b-)은 b-의 배우자만을 만들 수 있다. b+와 b-가 접합하여 만든 접합자 b+b-는 정상적인 갈색 눈의 일벌(암벌)이 된다. 그리고 여왕벌의 b- 배우자는 단위 생식(=처녀생식)하여 분홍색 눈의 수벌로 발생한다.

33.

② 키와 색깔은 같은 대사 과정에 속하는 형질이 아니다.
④ 큰 키의 유전자와 검정색의 유전자가 연관되어 있기 때문에 키가 크고 흰색인 개체는 생식세포 형성 시 교차에 의해 만들어진 생식 세포에 의해 발생한 것이며 이는 유전적 변이에 의한 유전 현상으로 볼 수 있다.

36.

$2pq = 2 \times 0.7 \times 0.3 = 0.42$

38.

관찰된 이중 교차(AbC + aBc)의 수 = 6 + 4
관찰된 이중 교차의 빈도 = 10 / 1000
예상된 이중 교차의 수 = 0.2 × 0.13

39.

$1/2 \times 1/4 \times 1/4 \times 1/2 \times 1/4 \times 1/2$

41.

키가 큰 유전자를 T라고 하고 매끈한 유전자를 R이라고 하자. TTRR × ttrr 교배 결과 F1에서 TtRr이 만들어진다. TtRr을 어떤 것과 시험교배(검정교배)하였더니 T_R_ : T_rr_ : ttR_ : ttrr = 78:22:18:82가 되었다. 이것으로부터 F1의 TtRr은 상인이고, 감수 분열 시 교차에 의해 22개, 18개의 경우가 만들어졌다. 따라서 교차율은 0.2이다.

51.

- ㄱ. A의 D mRNA 또는 D 단백질이 난자를 통해 전달되므로 A의 자식은 모두 우측 꼬임이다.
- ㄴ. A의 어머니가 좌측 꼬임인 것은 외할머니가 dd였기 때문이다. 그러나 A의 어머니의 유전자형은 알 수 없다.(_d)
- ㄷ. A의 형제자매들은 모두 어머니로부터 D mRNA 또는 D 단백질을 난자를 통해 받거나 받지 못하므로 패각의 방향은 동일하다.

52.

• 포유류 암컷 배아의 발생 중 포배기가 됐을 때 배아줄기 세포들에서 일어남
 - 각 세포 내의 X 염색체 한 쌍 중 무작위로 한 개에서 X 염색체 불활성화 중심(XIC)의 *Xist*(X inactive-specific transcript) 유전자가 전사됨
 → 전사된 *Xist* RNA가 자신이 발현된 X 염색체를 감싸면, 감싸진 X 염색체에 심한 메틸화가 일어나면서 핵막에 붙어 응축됨
 → 이후 체세포 분열을 할 때마다 모든 딸세포에서 똑같은 X 염색체가 응축된 채로 유지됨
 - 나머지 한 개의 X 염색체는 *Tsix* 유전자가 전사되어 *Xist* 유전자의 발현이 억제됨
 • 암컷에서 배세포가 생기면, 배세포는 불활성화 되었던 X 염색체의 응축이 풀림

• X 염색체의 유전자들이 이형 접합인 여성들은 발생 중 각 배아줄기 세포의 두 X 염색체 중 한 개가 무작위로 불활성화 되기 때문에, X 연관 형질에 대해 세포 수준에서 모자이크 표현형을 나타냄

무한성 외배엽 형성 이상증

• XX'의 보인자 여성 중 일부는 X 염색체 불활성화 때문에 질병이 나타나기도 함

X 염색체 연관 질환으로, 피부에 땀샘이 생기지 않음

- ♂ XY: 피부에 땀샘이 없어서 어린 나이에 사망함
- ♀ XX': 피부 일부에는 땀샘이 없지만, 일부에는 땀샘이 있어서 정상 생활 가능

53.

$$2pq = 2 \cdot 0.6 \cdot 0.4$$

55.

- a) 2^6
- b) 재조합 개체수 = 45 + 39
전체 개체수 = 247

61.

$$2pq = 2 \cdot 99/100 \cdot 1/100$$

<part II >

11.

ㄹ. $1/3$

21.

적어도 1명이 O형일 확률

$= 1 - (\text{둘 다 O형이 아닐 확률}) = 1 - (3/4 * 3/4)$

24.

$B+AB=38, A+AB=42, 3AB=O, A+B+AB+O=100$

25.

$B+AB=23, A+AB=24, O=12, A+B+AB+O=50$

28.

② 25 ③ red or white ④ 50

30.

$1/4 * 1/4$

32.

$1/10 * 100$

33.

$1 - (95/100)^2$

34.

$2pq = 2 * 99/100 * 1/100$

36.

$4/10 * 1/8$

38.

$p^2 + 2pq = 1 - q^2 = 0.36$

39.

$(1/4)^4$

41.

$1/2 * 1/2$