

[Knowledge type]

01. 이화작용은 크기가 큰 물질이 크기가 작은 물질로 전환되는 반응이다.
02. ATP의 인산은 음전하를 띠고 있으므로 인산 결합 자체가 에너지 수준이 높다. 따라서 ATP의 인산 분해는 발열 반응이고 ATP 생성반응은 인산 연결 반응으로서 흡열 반응이다. 전자전달계에서 최종 전자수용체는 무기물(유기호흡의 경우는 산소, 무기호흡의 경우는 질산화물, 황산화물, 이산화탄소)나 유기물(발효 - 피루브산이나 아세트알데하이드)이다.
03. 효소는 특정한 기질에 대해 특이성을 가지고 활성화에너지(화학반응의 에너지 장벽)를 감소시켜 화학반응의 반응속도를 증가시키는 유기물 촉매이다. 효소의 본체는 대부분 단백질이나 일부 효소는 그 본체가 RNA(리보자임)이다. 다만 효소는 화학 반응의 성격 자체(에너지의 방출 및 흡수 에너지 자체)를 변경시킬 수 없다.
04. 효소 반응은 반응물이 생성물로 전환되는 화학적 변화가 존재하고 기질의 농도가 높아지면 기질의 생성물로의 전환속도(반응속도)가 빨라진다. 유도적합설에 따라 기질과 효소 간의 결합(반응)에 따라 적합도가 높아지면서 긴장(strain)이 발생한다. 효소는 반응이 끝나도 원래 상태로 돌아오며, 보조인자는 주효소의 활성부위에 결합하여 촉매작용에 이용되는 물질이다.
05.  $Mg^{2+}$ 은 효소의 활성부위에 결합하여 작용하는 보조인자이다.
06. 탈수소효소는 전자(수소)를 전달하는 효소이다. 전이효소는 작용기(메틸기, 인산기 등)를 다른 물질로 옮겨주는 효소이다. 가수분해효소는 물을 첨가하여 특정 물질을 분해시키는 효소이고, 연결효소는 ATP(또는 GTP)를 이용하여 서로 다른 물질을 연결시키는 효소(synthetase)이다.
07. 생체 내에서 작용하는 저해제는 모두 가역적으로 작용하고, 저해제의 처리 유무와 관계 없이 효소반응의 활성화 에너지는 동일하다. 기질의 농도를 증가시킴으로써 저해 효과를 감소시킬 수 있는 것은 경쟁적 저해제이다.
08. 음성 피드백 조절이란 최종 생성물이 그 전 단계의 알로스테릭 효소(비가역적 반응 담당 효소)의 알로스테릭 자리에 결합하여 효소의 활성을 억제하는 것을 말한다.
- 09-10. 방사능을 띠는 탄소인  $^{14}C$ 를 함유하는 유기물(포도당)은 생체 내에서 산화되어  $^{14}CO_2$ 가 될 것이다. 반면 방사능을 띠는 산소 기체( $^{18}O_2$ )는 생체 내에서 환원되어  $H_2^{18}O$ 이 될 것이다.
- 11-12. 해당과정은 세포질에서 일어나며, 발효를 할 수 있는 효모(알코올 발효)나 근육(젖산발효)은 산소가 없는 상태에서도 해당과정에 필요한  $NAD^+$ 를 재생시킬 수 있으므로 해당과정이 진행된다. 포도당 1분자당 해당과정의 초기에는 2분자의 ATP가 소모되지만, 후기에는 기질 수준의 인산화를 통해 4분자의 ATP가 생성된다(알짜 ATP 생성량 2분자). 또한 1분자의 포도당이 해당과정을 거치면서 2분자의  $NAD^+$ 가 환원되어 2분자의 NADH가 생성된다.
13. 피루브산이 아세틸-CoA로 산화되는 과정에서  $NAD^+$ 가 환원되어 NADH가 생성되고,  $CO_2$ 가 떨어져 나가게 된다(산화적 탈탄산반응). 피루브산의 산화는 TCA회로와 구분되는 반응이며, ATP는 피루브산 산화 과정을 촉매하는 피루브산 탈수소효소 복합체의 알로스테릭 억제자(allosteric inhibitor)이다.
14. 말산이 옥살로아세트산으로 전환(산화)되는 과정(TCA회로의 한 반응)에  $NAD^+$ 가 환원되어 NADH가 생성된다.
15. 해당과정에서는 기질 수준의 인산화(substrate-level phosphorylation)가 일어난다.
16. 산화적 인산화 과정에서  $H^+$ 이 미토콘드리아 기질에서 막간공간으로

능동수송되므로 막간공간의  $H^+$  농도가 가장 높다.

17. 미토콘드리아나 엽록체에서의 화학삼투인산화는  $H^+$ 의 농도기울기에 따른 화학삼투에 의해 ATP가 합성되는 것을 가리킨다. 막간공간에서 미토콘드리아 기질로  $H^+$ 이 확산되어야 하므로, 미토콘드리아 기질의 pH는 높아야 하며, 포도당 1분자가 6분자의  $CO_2$ 로 완전히 산화되면 화학삼투인산화를 통해 약 28ATP가 합성된다. 산소는 미토콘드리아 내막의 기질쪽면에서 소모된다.
18. 간세포는 말산-아스파르트산 셔틀을 지니므로 해당과정에서 형성된 2NADH가 그대로 확보되지만(총 10NADH, 2FADH<sub>2</sub>), 골격근 세포는 글리세롤 3-인산 셔틀을 지니므로 해당과정에서 형성된 2NADH가 2FADH<sub>2</sub>로 전환된다(총 8NADH, 4FADH<sub>2</sub>).
19. 유기물이 산화되는 과정에서 탈락한 전자(수소)는  $NAD^+$ 나 FAD와 결합하여 전달되다가 최종적으로는 산소에 전이되어 물이 된다.
20. 방사능을 띠는 포도당이 해당과정을 마치면 방사능을 띠는 피루브산이 되고, 방사능을 띠는 피루브산은 방사능을 띠는 아세틸-CoA로 산화되어 옥살로아세트산과 결합하여 방사능을 띠는 시트르산(TCA 회로의 첫 번째 생성물질)이 된다.
21. 세포호흡의 최종전자수용체인  $O_2$ 가 고갈되면 산화적 인산화가 중단되면서 ATP 합성량이 감소한다. 시트르산은 해당과정을 담당하는 한 효소인 PFK-1의 활성을 억제하며, 해당과정에서 생성되는 ATP는 기질 수준의 인산화를 통해 형성된다. 포도당(유기물) 에너지의 약 1/3은 ATP에 저장되므로 약 2/3는 열로 발산된다.
22. 해당과정의 최종 생성 유기물은 피루브산이며, 전자전달계에서는 최종 전자수용체는  $O_2$ 를 이용하여 양성자 구동력을 형성함으로써 pH가 낮은 막간공간에서 pH가 높은 미토콘드리아 기질로  $H^+$ 이 화학삼투가 일어나면서 ATP를 합성한다(화학삼투인산화). 기질 수준의 인산화는 해당과정이나 TCA 회로에서 일어난다. TCA 회로에서 숙시닐-CoA가 숙시산으로 전환될 때 GTP(ATP)가 형성된다.
- 23-25. 세포질에서 진행되는 발효는 최종전자수용체가 유기물(젖산발효의 경우 피루브산, 알코올 발효의 경우 아세트알데하이드)인 대사과정이다. 발효에는 전자전달계를 이용하는 화학삼투인산화가 일어나지 않고, 오직 해당과정에서의 기질 수준의 인산화만 일어난다. 산소 농도가 높을수록 피루브산이 미토콘드리아로 진입하여 이용되는 비율이 높아지므로 발효의 진행은 감소한다. 효모에서 일어나는 발효는 알코올 발효이다. 해당과정에서 형성된 피루브산이 탈탄산( $CO_2$  생성)을 통해 아세트알데하이드가 되고, 아세트알데하이드는 해당과정에서 형성된 NADH로부터 전자(수소)를 건네받아 환원되어 에탄올이 된다.
26. 광합성을 수행하는 생물(광독립영양생물)에는 광합성 세균(남색세균, 녹색황세균, 홍색황세균), 조류(녹조류, 갈조류, 홍조류 등), 식물이 있다. 동물이나 균류의 경우 광합성을 수행할 수 없는 종속영양생물이다.
27. ATP 합성효소는 그라나의 틸라코이드막에 있으며, 물의 광분해는 틸라코이드막의 내강쪽에서 일어난다.
28. 엽록소 b는 틸라코이드에 위치한 광계의 광수확복합체에만 존재하는 안테나 색소(보조색소)이며, 청색광과 적색광을 주로 흡수한다. 산화-환원 과정을 통해 전자전달에 직접 참여하지는 않음에서도 흡수한 빛에너지를 반응중심색소에 건네주는데 관여함으로써 전자전달에 기여한다. 과도한 빛을 흡수하여 열로 방출하는 것은 엽록소보다는 카로티노이드의 역할에 가깝다.
29. P680은 광계II의 반응중심색소(엽록소a)로서, Mn복합체를 통해  $H_2O$ 로부터 전자를 받는다.
30. 명반응(광인산화)를 통해 생성되는 물질에는 물의 광분해를 통해 형성되는 산소와 최종전자수용체인  $NADP^+$ 의 환원을 통해 형성되는

NADPH, 화학삼투인산화를 통해 형성되는 ATP가 있다.

31. 빛을 받고 있는 상태에서 틸라코이드막에서 전자전달을 이용하여  $H^+$ 의 틸라코이드 내강으로의 능동수송이 진행되므로 틸라코이드 내강의 pH가 낮고 스트로마의 pH는 높다. 핵이나 세포질의 pH는 중성에 가깝고, 미토콘드리아 내막에서 전자전달로 인해  $H^+$ 이 막간공간으로 능동수송되므로 미토콘드리아 기질의 pH는 높다.
32. 순환적 전자전달에서는 NADP $^{+}$ 가 환원되지 않으므로 NADPH가 형성되지 않고,  $H_2O$ 의 광분해가 일어나지 않으므로  $O_2$ 도 발생하지 않는다. 순환적 전자전달이나 비순환적 전자전달은 틸라코이드막에서 일어나며 시토크롬 복합체가 전자전달에 참여하고  $O_2$ 가 최종전자수용체로 이용되지 않기 때문에  $H_2O$ 이 생성되지 않는다.
33. 캘빈회로에서는 NADPH를 소모되어 NADP $^{+}$ 가 생성되며, ATP가 소모되어 ADP+Pi가 생성되며, 회로를 통해 알짜 생성물로 글리세르알데하이드 3인산이 생성된다. 캘빈회로에서 생성된 NADP $^{+}$ 와 ADP+Pi는 명반응의 반응물(기질)로 이용된다.
34. 명반응에서 생성된 NADPH는 3-PGA가 인산화되어 형성된 1,3-BPGA가 G3P로 환원될 때 이용된다.
35. Rubisco는  $CO_2$  고정효소(carboxylase)나  $O_2$  고정효소(oxygenase)로 모두 이용될 수 있다. RuBP에  $CO_2$ 를 고정하면 2분자의 3-PGA가 생성되고, RuBP에  $O_2$ 를 고정하면 1분자의 3-PGA와 1분자의 2인산글리콜산이 생성된다(광호흡).
36.  $CO_2$  고정에는 NADPH가 소모되지 않으며, RuBP 재생과정(RuMP의 인산화) 과정에 ATP가 소모된다. 루비스코는  $CO_2$ 와  $O_2$ 를 모두 기질로 삼을 수 있다.
37.  $CO_2$  공급이 중단된다면 RuBP가 3-PGA로 전환될 수 없지만, 당분간 RuBP의 재생은 일어나게 되므로 RuBP가 축적될 것이다.
38. 낮에 명반응(광인산화)이 일어날 때 캘빈회로의 기질인 ATP와 NADPH가 생성되므로, 캘빈회로도 낮에 일어난다. RuBP이 재생은 캘빈회로(스트로마에서 일어남)에 속한 반응이며, 틸라코이드막을 따라 전자전달이 일어날 때  $H^+$ 이 스트로마에서 틸라코이드 내강으로 능동수송되므로 스트로마의 pH는 높아지고, 틸라코이드 내강의 pH는 낮아진다.
39. 광계(반응중심과 광수확복합체)와 전자전달계는 틸라코이드막에 있다. 광계II의 반응중심색소는 P680으로 680nm 파장의 빛을 가장 잘 흡수한다. NADP $^{+}$ 의 환원은 틸라코이드의 스트로마쪽 면에서 일어나고, 캘빈회로는 스트로마에서 일어나며, 설탕의 합성은 세포질에서 일어나며, 스트로마에서는 합성된 포도당을 연결하여 녹말을 합성하여 저장한다..
40. 광합성은 식물 뿐만 아니라 광합성 세균(남색균, 홍색황세균, 녹색황세균 등), 조류(녹조류, 갈조류, 홍조류 등)에서도 일어난다. 광합성 시 방출되는 산소는 물의 광분해를 통해 형성된 것이며, Rubisco는  $CO_2$ 와  $O_2$  모두에 대해 기질 친화력이 있다.
41. 홍색황세균이나 녹색황세균은 남색균, 조류, 식물과는 달리  $H_2O$ 이 아닌  $H_2S$ 를 전자공여체로 사용하기 때문에  $O_2$ 가 발생하지 않는다. 암반응(캘빈회로)에서는 NADPH와 ATP를 합성하지 않고 소모하며, Rubisco는  $O_2$ 보다는  $CO_2$ 에 대한 기질친화력이 더욱 크고, 광합성은 산화적 인산화가 아닌 광인산화를 통해 ATP가 합성된다.
42. 광합성에서는 광인산화를 통해 ATP를 생성하며, 명반응(광인산화반응)에서는 캘빈회로에 필요한 ATP와 NADPH를 생성하고, 캘빈회로에서 생성된 글리세르알데하이드는 당생합성과정을 거쳐 포도당이 된다. 세포호흡 전자전달계에서 최종전자수용체는  $O_2$ 이고, 광합성 전자전달계에서 최종전자수용체는 NADP $^{+}$ 이다.  $O_2$ 는  $H_2O$ 의 광분해를 통해 형성된다.
43. 빛에너지의 화학에너지로의 전환,  $H_2O$ 의 광분해,  $CO_2$ 로부터 당이 합성되는 것, NADP $^{+}$ 의 환원을 통한 NADPH의 형성은 엽록체에서만 일어난다. 막을 통한  $H^+$ 의 수송은 미토콘드리아 내막과 엽록체 틸라코이드막에서 모두 일어난다. 전자전달을 이용한  $H^+$ 의 능동수송이 일어나  $H^+$  농도기울기가 형성되고  $H^+$  농도기울기를 이용한 화학삼투인산화(미토콘드리아의 경우 산화적 인산화, 엽록체의 경우 광인산화)가 일

어난다.

44. 식물세포는 미토콘드리아와 엽록체를 모두 지닌다. 해당과정이나 TCA 회로에서 기질수준의 인산화를 통해 ATP가 생성되며, 미토콘드리아에서의 산화적 인산화, 엽록체에서의 광인산화를 통해 ATP가 합성된다. 다만 미토콘드리아에서 합성된 ATP는 일부 세포질로 수송되어 이용되지만, 엽록체에서 합성된 ATP는 오직 캘빈회로와 같은 유기물 합성 반응에만 이용된다. 캘빈회로에서는 ATP가 생성되지 않고 소모된다.