

2015학년도 논술고사 예시답안(자연계II)

논제 II-과학-생명과학

[논제 II-1]

(1) 광합성에서 태양의 빛에너지가 포도당의 화학 에너지로 전환되는 과정과, 세포 호흡에서 포도당의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지로 저장되는 과정을 산화-환원 반응의 관점에서 논술하시오. (15점)

광합성 과정에서 태양의 빛에너지에 의하여 물은 산화되어 산소를 생성하고, 물에서 나온 전자는 높은 에너지 궤도의 준위로 도약한 후, 전자 전달계를 거쳐 ATP를 생성하는 한편, NADP^+ 를 환원시켜 전자 전달체인 NADPH 를 생성한다. 이어서 NADPH 는 ATP와 함께 이산화탄소를 고정 및 환원하여 포도당을 생성한다. 특히, 엽록체의 틸라코이드 막에 존재하는 전자 전달계를 따라 전자가 단계적으로 내려가면서 산화-환원 반응으로 전달될 때 나오는 에너지는 막안팎에서 H^+ 의 농도 기울기로 변환되어 저장되었다가 다시 ATP의 화학 에너지로 저장된다.

세포 호흡은 이러한 화학 에너지를 가진 포도당을 해당 과정, 피루브산 산화, TCA 회로를 차례로 통과시키면서 이산화 탄소를 산화시키고 ATP를 생성하는 한편, 빼어낸 전자로 NAD^+ 와 FAD 를 환원시켜 각각 전자 전달체인 NADH 와 FADH_2 를 생성한다. 이어서 NADH 와 FADH_2 의 전자가 전자 전달계를 거친 후 마지막으로 산소를 환원시켜 물을 생성시킨다. 특히, 미토콘드리아의 내막에 존재하는 전자 전달계를 따라 전자가 단계적으로 내려가면서 산화-환원 반응으로 전달될 때 나오는 에너지는 막안팎에서 H^+ 의 농도 기울기로 변환되어 저장되었다가 다시 ATP의 화학 에너지로 저장된다.

(2) 광합성에서 발생하는 산소가 이산화 탄소가 아니라 물에서 유래한다는 것을 확인할 수 있는 실험 방법을 제시하고 논술하시오. (5점)

(실험 1) 분리한 엽록체에 옥살산철(III)을 넣고 시험관 내의 공기를 빼낸 다음 빛을 비추어, 산소가 발생하고 옥살산철(III)이 옥살산철(II)로 환원됨을 관찰하는 실험을 수행한다.

(실험 2) 산소의 동위 원소인 ^{18}O 로 표지된 물(H_2^{18}O)과 정상의 이산화 탄소(CO_2)를 광합성 식물에 공급하고 빛을 쬐 후 발생하는 산소에는 ^{18}O 동위원소가 존재함을 확인하고, ^{18}O 으로 표지된 이산화탄소(C^{18}O_2)와 정상의 물(H_2O)을 공급하고 같은 실험을 반복한 실험에서 발생하는 산소에는 ^{18}O 동위원소가 존재하지 않음을 확인한다.

[문제 II-2]

(1) 발효에서 ATP를 계속 얻기 위하여 선택한 산화-환원 반응의 전략을 전자 공여체 및 전자 수용체의 관점에서 논술하시오. (10점)

해당 과정에서 생성된 NADH가 전자를 잃으면서 전자 공여체로 작용하는 산화 반응과 해당 과정에서 생성된 내부의 피루브산 또는 피루브산 대사물이 전자를 받는 전자 수용체로 작용하는 환원 반응이 서로 산화-환원 짝을 이루도록 한다. 이러한 산화-환원 짝 반응에서 전자 수용체인 NAD^+ 가 재생되고 NADH와 피루브산은 제거(예; 젖산, 에탄올이 생성되고 분비)됨으로써 해당 반응이 계속 진행될 수 있다.

(2) 효소가 관여하는 생명체 내의 화학 반응은 온도, pH 등의 환경 조건이 최적일 때 가장 효과적으로 일어난다. 이러한 조건이 변하면 효소에 의한 화학 반응이 효과적으로 일어나지 못하는 이유에 대하여 논술하시오. (10점)

효소와 반응물들은 온도, pH 등의 환경 조건이 변하면 구조 또는 전하에서 변화를 겪게 된다. 더욱이 효소는 단백질이기 때문에 이러한 조건이 과도하게 변화면 효소의 구조는 결국 완전히 변성되고 효소 활성은 사라지게 된다. 또한, 효소와 반응 분자들의 운동성과 용해도에도 변화를 줌으로써 효소 반응의 효율성에 영향을 주게 된다. 반응 분자들과의 결합이 이뤄져서 화학 반응이 실제로 일어나는 효소의 활성 부위(active site)에서는 이러한 환경 조건의 변화가 더욱더 예민하게 영향을 주게 된다. 따라서 이 활성 부위에서 구조, 전하, 운동성이 변하면 효소와 반응물들 간의 결합에 더욱더 많은 영향을 주어서 효소의 활성을 현저히 떨어뜨리게 된다.