

2021학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가  
**과학탐구영역 생명과학II 정답 및 해설**

01. ⑤ 02. ② 03. ② 04. ① 05. ⑤ 06. ④ 07. ④ 08. ③ 09. ① 10. ①  
 11. ③ 12. ⑤ 13. ⑤ 14. ② 15. ④ 16. ⑤ 17. ③ 18. ④ 19. ④ 20. ②

**1. 세포의 구조와 기능**

(가)는 동물 세포, (나)는 세균이다.

[정답맞히기] ㄱ. 동물 세포(가)는 핵, 미토콘드리아, 소포체, 골지체 등의 세포 소기관을 갖는다.

ㄴ. (나)는 세균이다.

ㄷ. 동물 세포(가)와 세균(나)은 모두 단백질을 갖는다.

**정답⑤**

**2. 식물의 유기적 구성**

A는 조직, B는 조직계, C는 기관이고, (가)는 B, (나)는 C, (다)는 A이다.

[정답맞히기] ㄴ. 식물의 잎은 식물의 구성 단계 중 기관(나)의 예이다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. 기본 조직계(㉠)는 양분의 합성과 저장 기능을 하며, 개체의 바깥 표면을 덮고 있는 것은 표피 조직계이다.

ㄷ. (다)는 A(조직)이다.

**3. 세포막을 통한 물질 출입**

(가)는 막 단백질이 이용되고 ATP가 사용되므로 능동 수송이다. (나)는 막 단백질이 이용되고 ATP가 사용되지 않으므로 촉진 확산이다. 나머지 (다)는 단순 확산이다.

[정답맞히기] ㄷ. O<sub>2</sub>는 세포막의 인지질 2중층을 직접 통과하여 이동하므로 세포막을 통한 O<sub>2</sub>의 이동 방식은 단순 확산(다)이다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. (가)는 능동 수송이다.

ㄴ. 촉진 확산(나)은 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 물질이 세포막의 수송 단백질을 통해 이동하는 물질 이동 방식이다.

**4. 생명 과학의 역사**

㉠은 다윈, ㉡은 린네이다.

[정답맞히기] ㄱ. 다윈(㉠)은 자연 선택에 의한 진화의 원리를 설명하였다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. 린네(㉡)는 동식물을 체계적으로 분류하는 방법을 제시하였다. 3역 6계의 분류 체계는 특정 rRNA의 염기 서열을 이용하여 작성한 계통수를 근거로 분류한 것으로 린네는 3역 6계의 분류 체계를 제시하지 않았다.

ㄷ. (가)는 1850년대에 이룬 성과이고, (다)는 1950년대에 이룬 성과이므로 (다)는 (가)보다 나중에 이룬 성과이다.

## 5. 유전 물질

(가)는 메셀슨과 스탈의 실험, (나)는 허시와 체이스의 실험이다.

[정답맞히기] ㄱ. 메셀슨과 스탈은 DNA 염기의 구성 원소 중 하나인 질소(N)의 동위 원소 표지 기술과 초원심 분리 기술을 이용하여 DNA의 반보존적 복제를 확인하였다.

ㄴ. 허시와 체이스는 황(S)과 인의 방사성 동위 원소를 이용하여 단백질과 DNA 중 대장균 속으로 들어가 다음 세대 파지를 만드는 유전 정보를 가진 물질이 무엇인지를 확인하였다.

ㄷ. DNA의 기본 구성 단위는 뉴클레오타이드이며 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기로 구성된다. 인산에는 인(P)이, 염기에는 질소(N)가 있다. **정답⑤**

## 6. 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에 따르면 생물은 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역으로 구분되고, 세균역은 진정세균계, 고세균역은 고세균계, 진핵생물역은 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계로 구분된다. 석송은 진핵생물역의 식물계, 산호는 진핵생물역의 동물계, 메테인 생성균은 고세균역의 고세균계에 속한다.

[정답맞히기] ㄴ. 메테인 생성균은 (나)의 특징 중 'rRNA가 있다.'의 특징 1가지만 갖는다.

ㄷ. 석송과 산호는 모두 진핵생물역에 속한다. **정답④**

[오답피하기] ㄱ. (가)의 생물 중 특징 ㉠('관다발이 있다.')을 갖는 생물은 1종류이다. 석송에는 헛물관과 체관으로 이루어진 관다발이 있다.

## 7. 효소의 구성과 활성화

효소 중에는 단백질 성분만으로 활성을 나타내는 것과, 단백질 성분과 함께 비단백질 성분이 있어야 활성을 나타내는 것이 있다. 단백질 성분을 주효소, 비단백 성분을 보조 인자라고 하며, 이들이 결합한 것을 전효소라고 한다. A는 주효소, B는 보조 인자이다.

[정답맞히기] ㄱ. 실험 결과에서 A와 B가 있는 III, A와 열처리한 B(㉡)가 있는 IV에서는 생성물이 생성되었지만 열처리한 A(㉠)와 B가 있는 V에서는 생성물이 생성되지 않았다. 따라서 A는 열에 의해 변성이 일어나는 주효소(단백질 성분), B는 열에 의해 변성이 일어나지 않는 보조 인자(비단백질 성분)이다.

ㄷ. 효소는 기질과 결합하여 효소·기질 복합체를 형성함으로써 활성화 에너지를 낮추어 반응을 촉매한다. III에는 A(주효소), B(보조 인자), 기질이 있어 효소·기질 복합체가 형성되어 생성물이 생성되었다. **정답④**

[오답피하기] ㄴ. VI에는 열처리한 A(㉠)와 열처리한 B(㉡)가 첨가되었다. A는 주효소(단백질 성분)로 열처리를 하면 입체 구조에 변화가 일어나 효소로서의 기능을 할 수 없다. VI에서는 생성물이 생성되지 않으므로 ㉠은 'x'이다.

---

## 8. 피루브산의 산화와 TCA 회로

피루브산 1분자가 피루브산 산화 및 TCA 회로를 거쳐 완전히 분해되면서 CO<sub>2</sub> 3분자, NADH 4분자, FADH<sub>2</sub> 1분자가 생성되고, 기질 수준 인산화로 ATP가 1분자 생성된다. 따라서 2분자의 피루브산으로부터는 CO<sub>2</sub> 6분자, NADH 8분자, FADH<sub>2</sub> 2분자, ATP 2분자가 생성된다. NADH와 FADH<sub>2</sub>는 전자 전달계와 산화적 인산화를 통해 ATP 합성에 이용된다.

[정답맞히기] 다. 이 반응에서 NADH와 FADH<sub>2</sub>가 생성되는 탈수소 반응, CO<sub>2</sub>가 생성되는 탈탄산 반응이 모두 일어난다. 정답㉓

[오답피하기] 가. 2분자의 피루브산으로부터 6분자의 CO<sub>2</sub>가 생성되므로 ㉔은 6이다. 2분자의 피루브산으로부터 ATP는 NADH 8분자(8×2.5)로부터 20분자, FADH<sub>2</sub> 2분자(2×1.5)로부터 3분자, 기질 수준 인산화로 2분자가 생성된다. 따라서 ㉔은 25이다. ㉔+㉔=31이다.

나. ㉔(O<sub>2</sub>)는 미토콘드리아 기질에서  $2e^{-} + 2H^{+} + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$ 이 된다.

## 9. 유전자풀의 변화 요인

집단의 유전자풀을 변하게 하는 요인에는 자연 선택, 돌연변이, 유전적 부동, 이주에 의한 유전자 흐름 등이 있다. 유전적 부동에는 병목 효과와 창시자 효과가 있다.

[정답맞히기] 학생 A: 여러 가지 요인으로 집단의 크기가 급격하게 감소하였을 때 대립유전자의 구성과 빈도가 우연히 변하는 현상 중 모집단에서 적은 수의 개체가 분리되어 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성하여 모집단과 대립유전자의 빈도가 달라지는 현상을 창시자 효과라고 한다. 정답㉑

[오답피하기] 학생 B: 돌연변이는 유전 물질인 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타나는 현상으로 유전적 부동의 한 현상이 아니다.

학생 C: DNA 변화에 의해 집단 내 존재하지 않던 새로운 대립유전자를 제공하는 현상은 돌연변이이고, 창시자 효과는 대립유전자의 빈도가 모집단과 달라지는 현상으로 새로운 대립유전자를 제공하는 현상이 아니다.

## 10. 광합성

엽록체의 ㉠에 리보솜이 있으므로 ㉠은 스트로마, ㉡은 틸라코이드 내부이다. (나)는 명반응 과정 중 틸라코이드 막의 광합성 색소가 흡수한 빛에너지를 이용하여  $H_2O$ 을 분해하는 반응이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 NADPH가 산화되는 반응으로 엽록체의 스트로마(㉠)에서 광합성 과정 중 탄소 고정 과정(캘빈 회로)에서 일어난다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. 광계에는 반응 중심 색소가 P700인 광계 I과 반응 중심 색소가 P680인 광계 II가 있다. 광계 I은 파장이 700nm인 빛의 파장을 가장 잘 흡수하고, 광계 II는 파장이 680nm인 빛의 파장을 가장 잘 흡수한다. 따라서 반응 중심 색소가 가장 잘 흡수하는 빛의 파장은 광계 I에서가 광계 II에서보다 길다.

ㄷ. (나) 반응을 통해 방출된 전자는 전자 전달계를 따라 이동할 때 에너지를 방출하고, 이 에너지는 스트로마에서 틸라코이드 내부로  $H^+$ 을 이동시키는 데 이용된다. 따라서  $H^+$ 의 농도는 틸라코이드 내부(㉡)에서가 스트로마(㉠)에서보다 높다.

## 11. 종분화

새로운 종이 생겨나는 과정을 종분화라고 한다.

[정답맞히기] ㄱ. 자연 상태에서 서로 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 생산할 수 있는 개체의 무리를 생물학적 종이라고 한다. A와 B는 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

ㄷ. 원래의 집단이 섬의 분리와 같은 지리적 격리에 의해 두 집단으로 분리된 후 서로 다른 환경에서 각 집단에 다른 변이가 축적되고 서로 교배가 불가능한 생식적 격리 상태가 되어 종분화가 일어난다. 따라서 지리적 격리는 종분화가 일어나는 요인 중 하나이다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. 한 개체군 내에 존재하는 모든 대립유전자의 총합을 유전자풀이라고 한다. A와 B는 서로 다른 생물학적 종으로 서로 다른 개체군을 이룬다. 따라서 A와 B의 유전자풀은 다르다.

## 12. 동물계

거머리는 배엽을 형성하고, 원구가 입이 되는 선구동물이며, 몸은 좌우 대칭성이다. 창고기는 배엽을 형성하고, 원구가 항문이 되는 후구동물이며, 몸은 좌우 대칭성이다. 해파리는 배엽을 형성하고, 몸은 방사 대칭성이다.

[정답맞히기] ㄱ. 창고기(A)에만 있는 ㉠은 '원구가 항문이 된다.', 창고기(A), 거머리(B), 해파리(C) 모두에 있는 ㉡은 '배엽을 형성한다.', 창고기(A)와 거머리(B)에만 있는 ㉢은 '몸의 대칭성은 좌우 대칭성이다.'이다.

ㄴ. B는 환형동물에 속하는 거머리이다. 환형동물의 몸은 마디인 체절로 구성되어 있다.

ㄷ. C는 해파리로 먹이를 잡는 데 자포를 이용하는 자포동물에 속한다. **정답⑤**

### 13. DNA 복제

DNA 이중 가닥에서 아데닌(A)의 개수=타이민(T)의 개수, 구아닌(G)의 개수=사이토신(C)의 개수이다. 또한 새로 합성된 가닥은 주형 가닥과 상보적인 염기로 구성된다.

[정답맞히기] ㉠에서 구아닌(G)의 개수가 180개이므로 사이토신(C)의 개수도 180개이다.  $G+C=360$ 개이다.  $\frac{360\text{개}}{\text{㉠의 염기 개수}} \times 100 = 40\%$ 이므로 ㉠의 염기 개수는 900개이고,

$A+T=540$ 개( $A=270$ 개,  $T=270$ 개)이다. 또한 ㉠의 염기 개수는 X의 염기 개수의 40% ( $\frac{900\text{개}}{X\text{의 염기 개수}} \times 100 = 40\%$ )이므로 X의 염기 개수는 2250개이다. ㉡에서 새로 합성된

가닥의 염기 개수는 X의 염기 개수-㉠의 염기 개수= $2250\text{개}-900\text{개}=1350\text{개}$ 이며, ㉡에서 새로 합성된 가닥의 G+C 함량이  $40\% \left( \frac{G\text{의 개수}+C\text{의 개수}}{1350\text{개}} \times 100 = 40\% \right)$ 이므로 ㉡에

서 새로 합성된 가닥의 구아닌(G)의 개수는 270개, 사이토신(C)의 개수는 270개, 아데닌(A)의 개수는 405개, 타이민(T)의 개수는 405개이다.

ㄱ. X에서 G+C 함량은  $\frac{540\text{개}+360\text{개}}{2250\text{개}} \times 100 = 40\%$ 이다.

ㄴ. ㉠의 염기 개수는 새로 합성된 가닥의 개수 + 주형 가닥의 개수= $1350\text{개}+1350\text{개}=2700\text{개}$ 이다.

ㄷ. ㉠에서 사이토신(C)의 개수는 180개, 타이민(T)의 개수는 270개이므로 두 염기의 개수 합은 450개이다. 정답㉠

### 14. 유전자 발현

I은 최소 배지에 ㉠을 첨가한 배지에서 ㉠을 합성하지만 성장하지 못했다. 따라서 ㉠과 ㉡은 모두 I이 성장하는 데 필요한 최종 물질인 아르지닌이 아니다.

[정답맞히기] ㄴ. ㉠을 시트룰린이라고 가정하면, ㉠은 오르니틴이다. 이 경우 II는 최소 배지에 아르지닌(㉡)이 첨가된 배지에서 오르니틴을 합성하지 못하므로 II는 유전자 a에 돌연변이가 일어난 것이며, II는 최소 배지에 시트룰린이 첨가된 배지에서는 성장해야 하지만 성장하지 못하므로 주어진 자료에 어긋난다. 따라서 ㉠은 오르니틴, ㉡은 시트룰린이며, 오르니틴(㉠)은 효소 B의 기질이다. 정답㉡

[오답피하기] ㄱ. ㉡은 아르지닌, ㉠은 오르니틴, ㉢은 시트룰린이다.

ㄷ. I은 아르지닌(㉡)이 첨가된 배지에서 시트룰린(㉢)을 합성하므로 효소 A와 효소 B는 모두 정상적으로 생성된다. I은 유전자 c에 돌연변이가 일어나 효소 C를 생성할 수 없어 시트룰린(㉢)이 첨가된 배지에서 시트룰린(㉢)을 이용하여 아르지닌(㉡)을 합성할 수 없다. 따라서 I은 최소 배지에 시트룰린(㉢)을 첨가하여 배양하였을 때 성장하지 못한다.

### 15. 캘빈 회로

캘빈 회로는 탄소 고정, 환원, RuBP의 재생의 3단계로 진행된다. 캘빈 회로에서  $\text{CO}_2$ 와 가장 먼저 결합하는 물질은 RuBP이며,  $\text{CO}_2$ 가 고정되어 최초로 생성되는 물질은 3PG이다. (가)는 3PG, (나)는 PGAL, (다)는 RuBP이다. ㉠은 5초, ㉡은 90초, ㉢은 5분일 때이다.

[정답맞히기] ㄱ. CLSUP14를 함유한 물질은 5초일 때는 3PG, 90초일 때는 3PG, PGAL, 5분일 때는 3PG, PGAL, RuBP이다. 따라서 ㉠은 3PG(가), ㉡은 PGAL(나), ㉢은 RuBP(다)이다.

ㄴ. 1분자의 ㉠(3PG)이 ㉡(PGAL)으로 전환되는 과정에서 NADPH 1분자가 산화되어  $\text{NADP}^+$ 가 생성되고, ATP 1분자가 소모된다. 정답④

[오답피하기] ㄴ. 90초(㉡)일 때 ㉠(3PG)과 ㉡(PGAL)은 CLSUP14를 함유하지만 ㉢(RuBP)은 CLSUP14를 함유하지 않는다.

### 16. 유전자 재조합 기술

플라스미드가 주입되지 않은 대장균 I은 앰피실린이 첨가된 배지와 카나마이신이 첨가된 배지에서 군체를 형성하지 못하므로 ㉠은 I이다. 재조합되지 않은 플라스미드가 주입된 대장균 II는 앰피실린이 첨가된 배지와 카나마이신이 첨가된 배지에서 모두 푸른색 군체를 형성하므로 ㉡은 II이다. ㉢은 앰피실린이 첨가된 배지와 카나마이신이 첨가된 배지에서 모두 흰색의 군체를 형성하므로 앰피실린 저항성 유전자와 카나마이신 저항성 유전자는 이상이 없고 젓당 분해 효소 유전자만 이상이 있음을 알 수 있다. 따라서 ㉢은 유전자  $x$ 만 삽입된 플라스미드가 주입된 III이고,  $b$ 는 젓당 분해 효소 유전자이다. 나머지 ㉣은 IV인데 카나마이신이 첨가된 배지에서 흰색의 군체를 형성하므로  $a$ 는 카나마이신 저항성 유전자,  $c$ 는 앰피실린 저항성 유전자이다.

[정답맞히기] ㄱ. 대장균 IV(㉣)는 앰피실린 저항성 유전자( $c$ ) 부위에 유전자  $y$ 가 삽입된 플라스미드가 주입된 대장균이므로 앰피실린이 첨가된 배지에서 군체를 형성하지 못한다.

ㄴ. ㉢은 대장균 III이므로 유전자  $x$ 를 가진다. 정답⑤

[오답피하기] ㄴ. 유전자  $b$  부위에 유전자  $x$ 가 삽입된 플라스미드가 주입된 대장균 III이 앰피실린이 첨가된 배지와 카나마이신이 첨가된 배지에서 모두 흰색의 군체를 형성하므로  $b$ 는 젓당 분해 효소 유전자이다.



## 19. 줄기세포

[정답맞히기] ㄱ. 성체 줄기세포는 탯줄 혈액이나 성체의 골수 등에서 얻으므로 ㉠은 성체 줄기세포이고, 배아 줄기세포는 수정란에서 유래한 배아의 배반포의 내세포 덩어리에서 얻으므로 ㉡은 배아 줄기세포이다.

ㄴ. 핵치환 기술은 한 세포에서 핵을 꺼내어 핵을 제거한 난자에 이식하는 기술로 실험 II에서 핵치환 기술이 사용된다. 정답④

[오답피하기] ㄷ. 실험 I 과 II에서 신경 세포로의 분화에 역분화가 이용되지 않았다.

## 20. 하디·바인베르크 법칙

[정답맞히기] A\*의 빈도는  $p$ 이므로 A의 빈도는  $q$ 이다. A\*의 빈도가 클수록 ㉠을 나타내지 않는 개체의 비율이 작으므로 A는 정상 대립유전자, A\*는 ㉠ 발현 대립유전자이다.  $p$ 에 따른 ㉠을 나타내지 않는 개체의 비율 그래프가 아래로 볼록한 그래프이므로 A\*는 A에 대하여 우성이다.  $p$ 가 ㉡인 집단에서  $\frac{\text{유전자형이 AA*인 개체수}}{\text{㉠을 나타내는 개체수}} =$

$\frac{2pq}{p^2 + 2pq} = \frac{1}{3}$ 이므로  $p = \frac{4}{5}$ ,  $q = \frac{1}{5}$ 이다. ㉠을 나타내는 암컷의 유전자형은 A\*A\*, AA\*이고, ㉠을 나타내지 않는 수컷의 유전자형은 AA이다. 암컷의 유전자형이 A\*A\*일 때

F<sub>1</sub>이 ㉠을 나타낼 확률은 1, AA\*일 때 F<sub>1</sub>이 ㉠을 나타낼 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서  $p$ 가 ㉡인 집단에서 ㉠을 나타내는 임의의 암컷이 ㉠을 나타내지 않는 임의의 수컷과 교배

하여 자손(F<sub>1</sub>)을 낳을 때, 이 F<sub>1</sub>이 ㉠을 나타낼 확률은  $\frac{p^2}{p^2 + 2pq} \times 1 + \frac{2pq}{p^2 + 2pq} \times \frac{1}{2} = \frac{5}{6}$

이다.

정답②