

2024학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가  
**과학탐구영역 생명과학Ⅱ 정답 및 해설**

\*최근 수정일 : 2023.09.11.(월)

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

### 1. 생명 과학의 역사

DNA는 인산, 당, 염기가 1:1:1로 결합한 뉴클레오타이드가 기본 단위이다.

- [정답맞히기] ㄱ. DNA(⑦)의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다. **정답①**  
[오답피하기] ㄴ. DNA 증폭 기술인 중합 효소 연쇄 반응(PCR)의 발명은 1983년에 멀리스가 이룬 성과이다.  
ㄷ. 왓슨과 크릭의 DNA 구조 규명(가)은 1953년에 이룬 성과이고, 맨델의 유전 기본 원리 발견(나)은 1865년에 이룬 성과이다.

### 2. 세포의 특성

(가)는 사람의 신경 세포이고, (나)는 대장균이다.

- [정답맞히기] ㄱ. 원핵세포에는 미토콘드리아가 없으므로 (나)는 대장균이다.  
ㄴ. 리보솜(⑦)에서 mRNA의 코돈 서열에 따라 단백질의 합성이 일어난다. **정답③**  
[오답피하기] ㄷ. 대장균(나)은 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 갖지만, 사람의 신경 세포(가)는 세포벽을 갖지 않는다.

### 3. 식물의 구성 단계

⑦은 조직, ⑧은 조직계, ⑨은 기관이다. ⑩(⑧)은 기관의 예이므로 A는 ⑨, 기본 조직계는 조직계의 예이므로 C는 ⑧, 나머지 B는 조직(⑦)이다.

- [정답맞히기] ㄱ. 식물의 구성 단계 중 ⑩은 기관에 해당한다. 따라서 장미의 ⑩(⑧)에는 관다발 조직계가 있다.  
ㄴ. 표피 조직은 조직(B, ⑦)의 예이다.  
ㄷ. 조직(⑦)이 모인 ⑧은 조직계이므로 C이다. **정답⑤**

### 4. 세포막을 통한 물질의 이동 방식

I은 단순 확산이고, II는 능동 수송이다.

- [정답맞히기] ㄱ. 물질이 고농도에서 저농도로 이동하는 방식인 I은 단순 확산이다.  
ㄴ. 단순 확산(I)은 물질이 막단백질을 이용하지 않고 세포막의 인지질층을 통해 이동하는 방식이고, 능동 수송(II)과 촉진 확산은 물질이 세포막의 막단백질을 통해 이동하는 방식이다. 따라서 ‘막단백질을 이용함’은 ⑦에 해당한다. **정답④**  
[오답피하기] ㄷ. 단순 확산(I)과 촉진 확산에 의해 물질은 모두 고농도에서 저농도로 이동하므로 ⑧는 ‘x’이다.

## 5. 3역 6계

대장균은 진정세균계(ⓐ)에 속하고, 지네는 동물계에 속한다.

[정답맞히기] ㄴ. 비종자 관다발 식물인 고사리는 ⑦에 해당한다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. 대장균은 진정세균계(ⓐ)에 속한다.

ㄷ. 3역 6계 분류 체계에 따르면 고세균역에 속하는 메테인 생성균과 진핵생물역에 속하는 지네의 유연관계는 메테인 생성균과 진정세균역에 속하는 대장균의 유연관계 보다 가깝다.

## 6. 효소

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 기질은 효소 X에 의해 물 분자가 첨가되어 생성물로 분해되었다. 따라서 X는 가수 분해 효소이고, ‘물 분자를 첨가하여 기질을 분해한다.’는 X의 작용에 해당한다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. (나)에서 ⑦은 X가 없을 때의 활성화 에너지이고, 반응물의 에너지와 점선 그래프의 최고 높이의 에너지 차이는 X가 있을 때의 활성화 에너지이다.

ㄷ. 활성화 에너지는 어떤 물질이 화학 반응을 일으키기 위해 필요한 최소한의 에너지로 기질인 ⓐ의 농도에 영향을 받지 않는다.

## 7. 전자 전달계

[정답맞히기] 미토콘드리아 내막의 막단백질을 통해  $H^+$ 은 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송되므로 I은 막 사이 공간, II는 미토콘드리아 기질이고, ⑦으로부터 방출된 전자가 미토콘드리아 내막의 막단백질 3개를 거치므로 ⑧은 NADH, ⑨은  $FADH_2$ 이다.

ㄱ. ⑦은 NADH, ⑧은  $FADH_2$ 이다.

ㄴ. I은 막 사이 공간, II는 미토콘드리아 기질이다.

ㄷ. 미토콘드리아에서 화학 삼투에 의한 인산화가 일어나 ADP와  $P_i$ 로부터 ATP가 합성될 때 ⓐ(ATP 합성효소)를 통한  $H^+$ 의 이동은 I(막 사이 공간)→II(미토콘드리아 기질)이다.

정답⑤

## 8. 동물문의 특징

[정답맞히기] 해삼은 극피동물, 거머리는 환형동물, 창고기는 척삭동물이다. 척삭을 갖는 A는 창고기이다. 원구가 항문이 되는 후구 동물은 극피동물과 척삭동물이고, 표에서 원구가 항문이 되는 특징을 갖는 동물은 A(창고기)와 B이므로 B는 해삼(극피동물), 나머지 C는 거머리(환형동물)이다.

ㄴ. B(해삼)는 3배엽성 동물로 발생 과정에서 포배가 형성된다.

ㄷ. ‘환형동물에 속한다.’는 C(거머리)의 특징인 ⑦에 해당한다.

정답④

[오답피하기] ㄱ. A는 창고기, B는 해삼, C는 거머리이다.

## 9. 세포 호흡과 발효

[정답맞히기] 과당 2인산으로부터 2분자의 피루브산 또는 2분자의 아세틸 CoA 또는 2분자의 에탄올이 생성될 수 있으므로 A는 과당 2인산이다. 피루브산으로부터 아세틸 CoA 또는 에탄올이 생성될 수 있으므로 B는 피루브산이다. A(과당 2인산)가 2분자의 B(피루브산)로 되는 과정 I에서 4ATP와 2NADH가 생성되므로 ㉠은 ATP, ㉡은 NADH이다. B(피루브산)가 C(아세틸 CoA)로 되는 과정 II와 B(피루브산)가 D(에탄올)로 되는 과정 III에서 공통적으로 생성되는 ㉡은  $\text{CO}_2$ , 나머지 ㉢은  $\text{NAD}^+$ 이다.

- ㉡. A는 과당 2인산, B는 피루브산, C는 아세틸 CoA, D는 에탄올이다.      정답②

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 ATP, ㉡은  $\text{CO}_2$ , ㉢은 NADH, ㉣은  $\text{NAD}^+$ 이다.

- ㄷ. 1분자당 탄소 수는 B(피루브산)에서 3, D(에탄올)에서 2이다.

## 10. 캘빈회로

[정답맞히기] ㄷ. 5PGAL로부터 3RuBP가 생성되는 과정 I에서 3분자의 ATP가 사용된다.      정답③

[오답피하기] ㄱ. 캘빈회로에서 RuBP가  $\text{CO}_2$ 와 결합하여 최초로 생성된 X는 3PG이고, 포도당 합성에 사용되는 Y는 PGAL이다.

- ㄴ. 3RuBP는 3 $\text{CO}_2$ 와 결합하여 6분자의 3PG를 생성되므로 ㉠은 6이다. 6분자의 PGAL 중 1분자의 PGAL은 포도당 합성에 이용되고, 5분자의 PGAL은 3RuBP 생성에 사용되므로 ㉡은 1이다. 따라서 ㉠+㉡=6+1=7이다.

## 11. 종분화

[정답맞히기] ㄱ. 산맥 형성 이후에 A가 B로 분화했고, 섬의 분리 이후에 A가 C로 분화했다.

- ㄴ. B와 C는 서로 다른 생물학적 종으로 생식적으로 격리되어 있다.

- ㄷ. 종분화는 기존의 생물종이 새로운 생물종으로 분화하는 과정이다.      정답⑤

## 12. 명반응

[정답맞히기] ㄱ. 광계 II의 반응 중심 색소는 680nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a( $P_{680}$ )이고, 광계 I의 반응 중심 색소는 700nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a( $P_{700}$ )이다.      정답①

[오답피하기] ㄴ. 물의 광분해를 통해 방출된 전자가 전자 전달계를 거치면  $\text{H}^+$ 은 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송되므로  $\text{H}^+$ 의 농도는 스트로마에서가 틸라코이드 내부에서보다 낮아진다.

- ㄷ. 순환적 전자 흐름인 경로 2에서 광인산화에 의해 ATP가 합성되고, 비순환적 전자 흐름인 경로 1에서 (나)( $\text{NADP}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NADPH} + \text{H}^+$ )가 일어난다.

### 13. 줄기세포

[정답맞히기] 핵 치환 기술을 이용하여 배아 줄기세포를 만들 때 핵이 제거된 난자에 체세포로부터 추출한 핵을 이식하므로 실험 I에서 Ⓐ는 난자, Ⓛ는 체세포, Ⓝ은 배아 줄기세포이다. 실험 II에서 역분화를 일으키는 유전자를 이용하여 줄기세포를 만들었으므로 Ⓟ은 역분화 줄기세포이다.

- ㄱ. Ⓐ는 난자, ⒁는 체세포이다.
- ㄴ. Ⓝ은 배아 줄기세포, Ⓟ은 유도 만능 줄기세포(역분화 줄기세포)이다.
- ㄷ. 실험 I에서 핵치환 기술이 사용되었다.

정답⑤

### 14. 유전자 전사 조절

[정답맞히기] 표의 Ⅲ에서 A, C가 제거되었을 때  $x$ 가 전사되었으므로 Ⅲ에서는 B에 결합하는 Ⓟ과 D에 결합하는 Ⓡ이 발현되었고, I~Ⅲ에서 모두 Ⓢ이 발현된다고 하였으므로 Ⅲ에서는 Ⓢ, Ⓟ, Ⓡ이 발현된다. Ⓢ은 A 또는 C에 결합하는데, Ⓢ이 C에 결합한다면 표에서 A, B가 제거되었을 때 Ⅲ에서는 Ⓢ(C에 결합), Ⓟ(B에 결합), Ⓡ(D에 결합)에 의해  $x$ 가 전사되어야 하지만 전사되지 않았으므로 Ⓢ은 A에 결합하는 전사 인자이다. I에서는 Ⓢ이 발현되고, Ⓟ~Ⓡ 중 나머지 1개가 발현된다. 표의 I에서 D가 제거되었을 때  $x$ 가 전사되었으므로 I에서는 Ⓟ과 Ⓣ 중 1개가 발현됨을 알 수 있다. 표의 I에서 B와 D가 제거되었을 때  $x$ 가 전사되지 않았으므로 I에서는 Ⓟ이 발현됨을 알 수 있다. Ⅱ에서는 Ⓢ이 발현되고, Ⓡ과 Ⓣ 중 나머지 1개가 발현된다. Ⅱ에서 Ⓡ이 발현된다면 표의 Ⅱ에서 D가 제거되었을 때  $x$ 가 전사되어야 하지만 전사되지 않았으므로 Ⅱ에서는 Ⓡ이 발현되었다.

제거된 부위	x의 전사		
	I (Ⓢ, Ⓟ 발현)	II (Ⓢ, Ⓣ 발현)	III (Ⓢ, Ⓟ, Ⓡ 발현)
없음	○	○	○
D	○	×	?(○)
A, B	×	×	×
A, C	×	×	○
B, D	×	Ⓐ(×)	?(×)

(○: 전사됨, ×: 전사 안 됨)

- ㄱ. Ⓐ는 ‘×’이다.
- ㄴ. Ⓢ은 A에, Ⓟ은 B에, Ⓣ은 C에, Ⓡ은 D에 결합한다.
- ㄷ. Ⅲ에서는 Ⓢ, Ⓟ, Ⓡ이 발현되고, Ⓣ은 발현되지 않는다.

정답③

### 15. 전사

[정답맞히기] DNA를 구성하는 뉴클레오파이드에서 인산은 5' 말단에 있으므로 인산이 없는 (가)는 3' 말단이다. DNA를 구성하는 염기 중 아데닌(A)과 구아닌(G)은 모두 이중 고리 구조를 갖고, 타이민(T)과 사이토신(C)은 모두 단일 고리 구조를 갖는다. A

와 T는 2개의 수소 결합으로 연결되고, G와 C는 3개의 수소 결합으로 연결된다. ⑦은 단일 고리 구조를 갖고, 이중 고리를 갖는 A와 2개의 수소 결합으로 연결되므로 타이민(T)이다. I의 염기 서열은 5'-TGTAG-3'이고, II의 염기 서열은 3'-ACATC-5'이다.

ㄴ. ⑦은 타이민(T)이다.

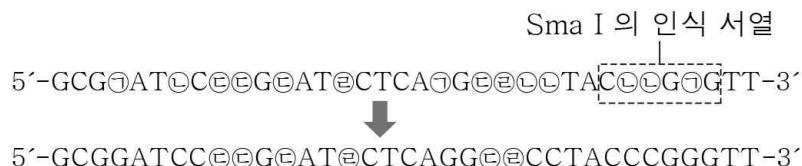
정답②

[오답피하기] ㄱ. (가)는 3' 말단이다.

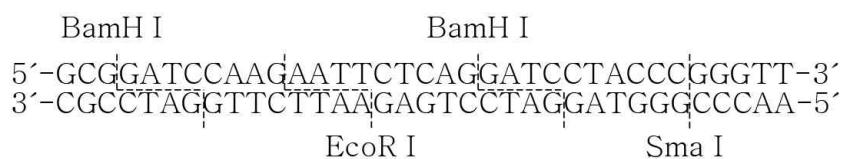
ㄷ. Ⅲ의 염기 서열은 5'-CUACA-3'이므로 상보적인 가닥은 I(5'-TGTAG-3')이다.

## 16. 제한 효소

제시된 염기 서열에서 Sma I 이 인식하는 염기 서열인 5'-CCCGGG-3'가 가능한 부위는 아래 그림에 제시된 곳만 가능하므로 ⑦은 구아닌(G), ⑧은 사이토신(C)이다.



Sma I에 의해 2개의 DNA 조각이 형성되고, 염기 수가 10인 DNA 조각이 있으므로 Ⅱ에 첨가한 ⑥가 Sma I이다. 제시된 염기 서열의 5' 말단에서 3번째 염기인 구아닌(G)부터 6번째 염기인 사이토신(C)까지가 BamH I의 인식 서열에 포함되므로 BamH I을 첨가한 시험관에서 생성된 DNA 조각 중에는 염기 수가 10인 조각이 있다. 따라서 BamH I은 Ⅲ에 첨가한 ⑦이고, 나머지 EcoR I은 ⑧이다. I에서 생성된 2개의 DNA 조각의 염기 수가 각각 26과 44이므로 EcoR I이 인식하는 염기 서열의 위치는 그림과 같으며 ⑨은 아데닌(A), ⑩은 타이민(T)이고, 각 제한 효소가 인식하는 염기 서열 위치를 제시된 가닥에 나타내면 다음과 같다.



[정답맞히기] ㄴ. BamH I (⑦)을 첨가한 Ⅲ에서 생성된 DNA 조각 중 염기 수가 10인 DNA 조각에서 구아닌(G)의 개수는 4개이다.

ㄷ. EcoR I (⑧)과 Sma I (⑨)을 함께 첨가한 Ⅳ에서 생성된 3개의 DNA 조각의 염기 수는 각각 10, 26, 34이다.

정답⑤

[오답피하기] ㄱ. ⑩는 Sma I이다.

## 17. 유전자풀

I 시기 이후에 집단 P에서 유전자형이 Rr인 개체가 사라졌으며, R의 빈도와 r의 빈도는  $t_1$ 일 때가  $11/24$ ,  $13/24$ 이고,  $t_3$ 일 때가  $1/4$ ,  $3/4$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 병목 효과(⑦), 창시자 효과 등은 유전적 부동의 현상에 해당한다.

## 정답①

[오답피하기] ㄴ. R의 빈도와 r의 빈도가 변하였으므로 P의 유전자풀은  $t_1$ 일 때와  $t_3$ 일 때가 서로 다르다.

ㄷ. 유전자형이 RR인 개체 수는  $t_2$ 일 때가 1이고,  $t_3$ 일 때가 3이다.

## 18. 유전자 발현

제시된 주형 가닥으로부터 전사된 mRNA의 서열은 다음과 같다.

$x$ 의 전사 주형 가닥에서 1개의 염기가 1회 결실된  $y$ 로부터 합성된 Y에 프롤린이 있으려면 사이토신(C)이 첫 번째 염기인 코돈이 있어야 하므로 그림에서 점선으로 표시된 3'-AGUGG-5' 중 하나의 염기가 결실되어야 한다.

$Y$ 는 3 종류의 아미노산(메싸이오닌, 글리신, 프롤린)으로 구성되므로  $x$ 의 전사 주형 가닥으로부터 전사된 mRNA에서 A, G, U 중 결실된 염기는 유라실(U)이고,  $x$ 의 전사 주형 가닥에서 결실된 염기는 아데닌(A)이다.  $z$ 는  $y$ 의 전사 주형 가닥에서 피리미딘 계열에 속하는 연속된 2개의 서로 다른 염기가 1회 결실된 것이므로  $Y$ 의 합성에 이용된 mRNA에서 결실이 가능한 부위는 그림의 ①, ②이다.

①이 결실된 부위라면 Z는 4종류의 아미노산으로 구성되고, ②가 결실된 부위라면 Z는 5종류의 아미노산으로 구성된다. 따라서  $y$ 의 전사 주형 가닥에서 결실된 부위는 ①과 상보적인 부위이다.

[정답말하기] ㄴ. Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 5'-UGA-3'이다. 정답②

[오답피하기] 그. ②는 아데님(A)이다.

ㄷ. Z의 아미노산 서열은 메싸이오닌-글리신-프롤린-글리신-페닐알리닌이므로 류신이 없다.

## 19. 하디 · 바인베르크 평형

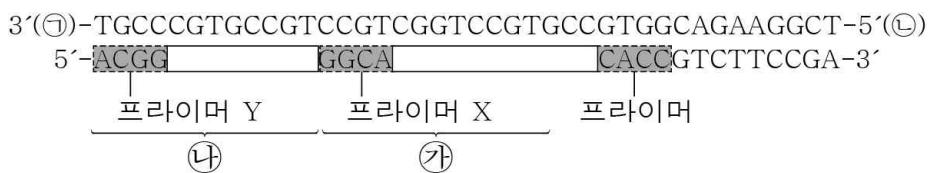
[정답맞히기] (가)에서 유전자형이 AA인 개체 수를  $x$ ,  $AA^*$ 인 개체 수를  $y$ 라고 하자.

A가  $A^*$ 에 대해 완전 우성이라면  $\frac{x+y}{2x+y} = \frac{2}{5}$ 이고, 이를 정리하면  $x = -3y$ 이며, 개체

수는 0보다 작을 수 없으므로 모순이다. 따라서  $A^*$ 는 A에 대해 완전 우성이다. (가)에서  $\frac{x}{2x+y} = \frac{2}{5}$ 이므로  $x=2y$ 이다. (가)에서 A의 빈도를  $p$ ,  $A^*$ 의 빈도를  $q$ 라고 할 때,  $p^2 = 2 \times 2pq$ 이므로  $p=4q$ 이며,  $p=\frac{4}{5}$ ,  $q=\frac{1}{5}$ 이다. I에서 A의 빈도,  $A^*$ 의 빈도, 개체 수를 각각  $p_1$ ,  $q_1$ ,  $2N$ , II에서 A의 빈도,  $A^*$ 의 빈도, 개체 수를 각각  $p_2$ ,  $q_2$ ,  $N$ 이라고 하자. 자료의 조건에서  $\frac{p_1^2 \times 2N}{2p_2 q_2 \times N} = \frac{1}{4}$ 이고, 이를 정리하면  $4p_1^2 = p_2 q_2$ 이다. (가)가 I이라면  $p_2 q_2 = \frac{64}{25}$ 이다. 이 경우  $p_2 q_2$ 가 1보다 클 수 없으므로 모순이다 ( $0 \leq p_2 \leq 1, 0 \leq q_2 \leq 1$ ). 따라서 (가)는 II이고,  $4p_1^2 = \frac{4}{25}$ 이므로  $p_1 = \frac{1}{5}$ ,  $q_1 = \frac{4}{5}$ 이다. I에서 유전자형이 AA $^*$ 인 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 자손(F<sub>1</sub>)을 낳을 때, 이 F<sub>1</sub>이 검은색 몸일 확률은 암컷 개체에서 A가 선택될 확률과, 임의의 수컷 개체에서 A가 선택될 확률의 곱과 같으므로  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{10}$ 이다. 정답①

## 20. DNA 복제

제시된 주형 가닥과 프라이머 X, Y, Z는 상보적으로 결합하고, ㉠~㉢의 염기 수를 모두 더한 값이 40이므로 제시된 가닥의 끝부분에 X~Z 중 주형 가닥과 상보적으로 결합하는 프라이머가 있다. 만일 ㉠이 3' 말단이라면 제시된 가닥에서 그림과 같은 위치에 프라이머가 결합하여야 하는데, Z의 서열이 5'-AGCC-3'이므로 모순이다.



따라서 ㉠은 5' 말단이고, 제시된 가닥과 프라이머 X~Z 위치 및 단일 가닥 ㉠~㉢의 서열은 그림과 같다.



### [정답맞히기]

- ㄴ. Y는 X보다 먼저 주형 가닥과 결합하므로 ㉢은 ㉡보다 먼저 합성되었다.
- ㄷ. ㉠에서 퓨린 계열 염기 개수는 10개, ㉢에서 피리미딘 계열 염기 개수는 9개이므로  $\frac{\text{가에서 퓨린 계열 염기 개수}}{\text{다에서 피리미딘 계열 염기 개수}} > 1$ 이다. 정답④

---

[오답피하기] ㄱ. ⑦에서 3' 말단의 염기는 구아닌(G)이다.