

2026학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 생명과학Ⅱ 정답 및 해설

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

1. 생명 과학자들의 주요 성과

- [정답맞히기] ㄱ. 다윈은 다양한 변이를 가진 개체 중 환경에 잘 적응한 개체만 살아남으며, 이러한 자연 선택에 의해 변이가 누적되어 진화가 일어난다는 진화의 원리를 설명하였다.
ㄴ. 멘델은 완두 교배 실험을 통해 유전의 기본 원리인 멘델의 법칙을 발견하였다.
ㄷ. 왓슨과 크릭은 DNA 염기 조성의 특징과 X선 회절 사진 등을 종합하여 DNA 이중 나선 구조를 알아내었다.
- 정답 ⑤

2. 동물의 구성 단계

㉠은 세포, ㉡은 기관이다.

- [정답맞히기] ㄱ. 생명체의 구조적, 기능적 기본 단위인 ㉠은 세포이다. 정답 ①
[오답피하기] ㄴ. 적혈구는 세포의 예이므로 조직(ⓐ)의 예가 아니다. 조직(ⓐ)의 예에는 결합 조직인 혈액이 있다.
ㄷ. 동물에서는 기관(㉡)이 모여 기관계를 이루며, 조직계는 식물의 구성 단계에만 있다.

3. 효소

(나)의 효소 B에 의한 반응에서 H_2O 이 첨가되면서 기질의 분해가 일어나므로 B는 가수 분해 효소이고, A는 이성질화 효소이다.

- [정답맞히기] ㄴ. 효소의 활성이 최대일 때 효소에 의한 반응 속도가 가장 빠르다. 따라서 (가)에서 A의 활성이 최대인 pH는 B의 활성이 최대인 pH보다 낮다. 정답 ②
[오답피하기]

- ㄱ. B는 가수 분해 효소이다.
ㄷ. B의 주성분인 단백질이 pH의 영향을 받아 입체 구조가 변하면 효소·기질 복합체의 형성이 어려워져 반응 속도가 느려진다. (가)에서 B의 입체 구조는 반응 속도가 가장 빠른 h_2 일 때와 반응이 거의 일어나지 않는 h_1 일 때가 서로 다르다.

4. 세포의 구조와 기능

(가)는 식물 세포, (나)는 세균이다.

- [정답맞히기] ㄱ. 식물 세포인 (가)는 리보솜, 효소 등의 구성 성분인 단백질을 갖는다.
ㄷ. 식물 세포(가)와 세균(나)은 모두 유전 물질인 DNA를 갖는다.
- 정답 ③
- [오답피하기] ㄴ. 원핵생물인 세균(나)에는 핵막이 없어서 DNA가 세포질에 퍼져 있다.

5. 세포막을 통한 물질 이동 방식

‘막단백질을 이용한다.’는 능동 수송과 촉진 확산이 모두 갖는 특징이다. ‘저농도에서 고농도로 물질이 이동한다.’와 ‘ Na^+-K^+ 펌프를 통해 Na^+ 이 이동하는 방식이다.’는 능동 수송만 갖는 특징이다. 따라서 (가)의 특징 중 3개를 갖는 I은 능동 수송이고, II는 촉진 확산이다.

[정답맞히기] ㄱ. I은 능동 수송이다.

정답 ①

[오답피하기] ㄴ. 촉진 확산(II)은 (가)에서 ‘막단백질을 이용한다.’는 특징만 가지므로 ㉠은 1이다.

ㄷ. 촉진 확산(II)을 통해 물질이 고농도에서 저농도로 이동하는 것은 분자 운동에 의해 일어나므로 ATP가 사용되지 않는다.

6. 젖당 오페론

[정답맞히기] ㄱ. 젖당 오페론의 프로모터가 결실되면 젖당을 에너지원으로 이용할 수 없다. 따라서 포도당은 없고 젖당이 있는 배지에서 대장균 수가 증가한 A는 야생형 대장균이고, 대장균 수가 증가하지 않은 B는 젖당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균이다.

ㄴ. 야생형 대장균은 배지 내의 젖당을 이용하여 증식하므로 A를 배양하는 배지에서 젖당의 농도는 시간에 따라 감소한다. 따라서 A를 배양하는 배지에서 젖당의 농도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 높다.

정답 ③

[오답피하기] ㄷ. B는 젖당 오페론의 프로모터가 결실되었으므로 B에서 젖당 분해 효소는 생성되지 않는다.

7. 세포 호흡

1분자의 6탄소 화합물인 시트르산이 5탄소 화합물로 전환될 때는 1분자의 NADH와 1분자의 CO_2 가 생성된다. 1분자의 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환될 때는 1분자의 NADH, 1분자의 CO_2 , 1분자의 ATP가 생성된다. 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환될 때는 1분자의 FADH_2 와 1분자의 NADH_2 가 생성된다. A의 탄소 수+C의 탄소 수는 B의 탄소 수+D의 탄소 수보다 크므로 A와 C 중 하나는 6탄소 화합물인 시트르산이다. C가 시트르산이고 D가 4탄소 화합물이나 옥살아세트산이라면 Ⅲ에서 ㉡+㉢이 0일 수 없으므로 D는 5탄소 화합물이다. ㉢+㉣이 1이므로 ㉣은 1이며, ㉠+㉡도 1이고, ㉠은 1이다. 따라서 ㉠과 ㉣ 중 하나는 NADH이고 다른 하나는 CO_2 이다. B가 옥살아세트산이라면 Ⅱ에서 ㉠~㉢이 생성되지 않아야 하는데 생성되었으므로 B는 옥살아세트산이 아니다. B가 4탄소 화합물이라면 Ⅱ에서 1분자의 NADH와 1분자의 FADH_2 가 생성되어야 하는데 Ⅱ에서 ㉠+㉡과 ㉢+㉣이 각각 2이므로 B는 4탄소 화합물도 아니다. 따라서 A가 시트르산이다. B가 4탄소 화합물이나 옥살아세트산이라면 I에서 ㉢+㉣이 0일 수 없으므로 B는 5탄소 화합물이다. C가 옥살아세트산이라면 Ⅲ에서 ㉡+㉢이 0일 수 없으므로 C는 4탄소 화합물이고, D는 옥살아세트산이다.

[정답맞히기] ㄱ. I에서 ⑦+⑧이 2이므로 ⑦과 ⑧ 중 하나는 NADH이고 다른 하나는 CO_2 이다. 4탄소 화합물(C)가 옥살아세트산(D)로 전환될 때 ⑧이 생성되지 않으므로 ⑦은 NADH이고, ⑧은 CO_2 이다.

ㄴ. 5탄소 화합물(B)이 4탄소 화합물(C)로 전환될 때 ⑨이 1분자 생성되므로 ⑨은 ATP이고 ⑩은 FADH_2 이다. 따라서 ⑪는 1이다.

ㄷ. Ⅲ은 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환되는 과정이므로 Ⅲ에서 FADH_2 가 생성된다.

정답 ⑤

8. 동물의 다양성

갯지렁이는 환형동물, 말미잘은 자포동물, 지네는 절지동물, 창고기는 척삭동물에 각각 속한다. 선형동물과 절지동물이 탈피동물에 속하므로 D는 지네이다. 원구가 항문이 되는 생물은 후구동물인 창고기이므로 C는 창고기이다. 몸의 대칭성이 방사 대칭성인 것은 자포동물인 말미잘이므로 A는 말미잘, B는 갯지렁이이다.

[정답맞히기] ㄴ. 갯지렁이(B)와 지네(D)는 모두 체절이 있다.

ㄷ. 발생 초기에 말미잘은 2개의 배엽이, 나머지 3가지 생물은 각각 3개의 배엽이 형성된다. 따라서 ‘배엽을 형성한다.’는 A~D가 모두 갖는 특징인 (가)에 해당한다. 정답 ④

[오답피하기] ㄱ. 갯지렁이(B)는 원구가 입이 되는 선구동물이므로 ⑫는 ‘×’이다. 말미잘(A)은 몸의 대칭성이 방사 대칭성이므로 ⑬는 ‘○’이다.

9. 줄기세포

[정답맞히기] ㄴ. 유도 만능 줄기세포(역분화 줄기세포)는 난자가 아닌 체세포를 역분화시켜 만든다. 따라서 ⑭은 체세포이다.

정답 ②

[오답피하기] ㄱ. X는 탯줄 혈액이나 골수에서 얻으므로 성체 줄기세포이다.

ㄷ. X와 Y는 모두 분화가 완료되지 않아 다양한 세포로 분화할 수 있는 세포이다.

10. 광인산화

비순환적 광인산화에는 광계 I과 광계 II가 모두 관여하고 순환적 광인산화에는 광계 I만 관여한다. 따라서 A는 순환적 광인산화, B는 비순환적 광인산화이고, ⑮은 광계 I, ⑯은 광계 II이다.

[정답맞히기] ㄴ. B는 광계 I과 광계 II가 모두 관여하는 비순환적 광인산화이다. 비순환적 광인산화에서는 H_2O 의 광분해가 일어난다.

ㄷ. 광계 I(⑮)의 반응 중심 색소는 P_{700} 이고, 광계 II(⑯)의 반응 중심 색소는 P_{680} 이다. 따라서 적색광에서 반응 중심 색소가 가장 잘 흡수하는 빛의 파장은 ⑮(700nm)에서가 ⑯(680nm)에서보다 길다.

정답 ⑤

[오답피하기] ㄱ. A는 순환적 광인산화이다.

11. 원시 생명체의 출현과 진화

[정답맞히기] ㄱ. 미토콘드리아는 산소 호흡 세균에서 유래하였고, 엽록체는 광합성 세균에서 유래하였다. 따라서 A는 산소 호흡 세균이고, B는 광합성 세균이다. 정답 ①

[오답피하기] ㄴ. 코아세르베이트는 최초의 생명체가 출현하기 이전 유기물 복합체이므로 코아세르베이트는 B에 해당하지 않는다.

ㄷ. 최초의 진핵생물은 단세포 생물이다.

12. 유전 물질

I에서 ㉠~㉡의 수를 각각 더한 값이 50이고 II에서 ㉠의 수가 30이므로 I에서 ㉡과 ㉢ 중 하나는 ㉠과 상보적인 염기이며 이 염기의 수는 30이다. I에 X₁이고 II가 X₂라면 X₂에서 G+T가 A+C보다 작고, X₂에서 ㉠의 수가 30이므로 ㉠은 A와 C 중 하나이다. G의 개수는 X₂에서가 X₁에서보다 많으므로 X₂에서의 G의 개수는 10이고 X₁에서 G의 개수는 0이다. ㉡과 ㉢ 중 하나가 G이므로 ㉠은 C인데 이 경우 X₁에서 G의 개수는 30이어야 하므로 모순이 발생한다. 따라서 I은 X₂이고, II는 X₁이다. 퓨린 계열 염기인 ㉢이 A라면 G의 개수는 X₂에서가 X₁에서보다 많으므로 ㉠과 ㉢ 중 하나가 G이면서 염기 수가 30이어야 한다. 이 경우 X₂에서 G+T가 A+C보다 작을 수 없으므로 ㉢은 G이다. II(X₁)에서 ㉠의 개수와 ㉢의 개수가 각각 10으로 같고, Y에서 ㉠의 개수가 ㉢의 개수보다 많으므로 Y는 X₁으로부터 전사되었다. Y에서 ㉠의 개수가 ㉢의 개수보다 많으므로 I에서 ㉠의 개수는 30이고, ㉢의 개수는 0이다. ㉠과 ㉡은 각각 A와 T 중 하나이고, ㉢은 C이다. X₂에서 G+T가 A+C보다 작으므로 ㉠은 A이고, ㉠은 T이다.

[정답맞히기] ㄱ. ㉠은 T, ㉡은 A, ㉢은 G, ㉣은 C이다.

ㄴ. X에서 AT 염기쌍은 40개이고, GC 염기쌍은 10개이다. 따라서 X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 $40 \times 2 + 10 \times 3 = 110$ 개이다.

ㄷ. Y는 X₁으로부터 전사되었다.

정답 ⑤

13. 진핵생물의 전사 조절

I에는 C와 D만 있고, ㉠, ㉡, ㉢이 발현되었을 때 x가 전사되었으므로 C와 D에 ㉠과 ㉡ 또는 ㉠과 ㉢ 또는 ㉡과 ㉢이 결합한다. ㉠, ㉡, ㉢이 발현되었을 때나 ㉠, ㉡, ㉢이 발현되었을 때 x가 전사되지 않았으므로 C와 D에 각각 결합하는 전사 인자는 ㉠과 ㉢ 중 하나이고, A와 B에 각각 결합하는 전사 인자는 각각 ㉠과 ㉢ 중 하나이다. II는 B와 C만 있고, ㉠, ㉡, ㉢이 발현되었을 때 x가 전사되었으므로 ㉠은 B에 결합하고 ㉢은 A에 결합한다. III에는 A와 C만 있고, ㉠, ㉡, ㉢이 발현되었을 때 x가 전사되지 않았으므로 ㉡은 C에 결합하는 전사 인자이고, ㉢은 D에 결합하는 전사 인자이다.

[정답맞히기] ㄱ. II에는 B와 C만 있고, ㉠, ㉡, ㉢이 발현되었을 때는 ㉠이 B에 결합하고, C에 ㉡이 결합하므로 x가 전사된다. 따라서 Ⓐ는 ‘○’이다.

정답 ①

[오답피하기] ㄴ. ⑦은 B에 결합한다.

ㄷ. IV에는 A와 B만 있다. 따라서 x 가 전사되기 위해서는 A에 결합하는 ②과 B에 결합하는 ⑦이 있어야 한다. 따라서 IV에서 ⑦~⑨ 중 ⑨, ⑩, ⑪만 발현되면 x 는 전사되지 않는다.

14. DNA 복제

X, Y, Z와 주형 가닥 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수가 각각 12개, 13개, 14개 중 서로 다른 하나이므로 X~Z 각각을 구성하는 염기의 개수는 5개이거나 6개이다. X, Y, Z 각각을 구성하는 염기의 개수가 6개라면 X는 A 또는 U로만 이루어져야 하는데 I에서 ①쪽 6개의 염기에도 C가 있고, ②쪽 6개의 염기에도 C가 있으므로 X, Y, Z 각각을 구성하는 염기의 개수는 5개이다.

[정답맞히기] ㄱ. ⑦과 상보적인 염기를 ⑦'이라고 하자. ①가 5' 말단이고, ②가 3' 말단이면 X의 염기 서열은 5'-UAUG⑦'-3'이고, Y와 Z의 염기 서열은 각각 5'-GUC ⑦U-3'과 5'-U⑦CCU-3' 중 하나이다. 이 경우 어느 것도 주형 가닥 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수가 14개일 수 없으므로 ③는 3' 말단이고, ④는 5' 말단이다.

ㄷ. X의 염기 서열은 5'-CAG⑦'A-3'이고, Y와 Z의 염기 서열은 각각 5'-AUAG⑦-3'과 5'-GCGA⑦-3' 중 하나이다. 5'-AUAG⑦-3'과 주형 가닥의 염기 간 수소 결합의 수가 최소 12개이어야 하므로 ⑦은 G 또는 C이다. ⑦이 C라면 X에서 $\frac{A}{C}$ 가 2인

데 5'-AUAG⑦-3'과 5'-GCGA⑦-3' 중 어떤 것도 $\frac{A}{C}$ 가 2일 수 없으므로 ⑦은 C가 아닌 G이다. X에서 $\frac{A}{C}$ 가 1이므로 $\frac{A}{C}$ 가 1인 5'-GCGA⑦-3'가 Y이고, 5'-AUAG⑦-3'이 Z이다. 따라서 자연 가닥에서는 Y를 갖는 (나)가 Z를 갖는 (다)보다 먼저 합성되었다.

정답 ④

[오답피하기] ㄴ. ⑦은 사이토신(C)이 아닌 구아닌(G)이다.

15. 하디·바인베르크 평형

I의 개체 수를 N_1 이라고 하고, II의 개체 수를 N_2 라고 하자. I에서 A의 빈도를 a 라고 하고 A^* 의 빈도를 b 라고 하면 I에서 유전자형이 AA인 개체 수는 a^2N_1 이고, AA^* 인 개체 수는 $2abN_1$ 이며, A^*A^* 인 개체 수는 b^2N_1 이다. ⑦이 AA^* 라면 I에서 유전자형이 ⑦인 개체들을 제외한 나머지 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도는

$$\frac{2a^2N_1}{2a^2N_1+2b^2N_1} = \frac{a^2}{a^2+b^2} \text{이다. 이 경우 } a \text{와 } b \text{가 모두 유리수일 수는 없으므로 } ⑦$$

은 A^*A^* 이다. I에서 유전자형이 A^*A^* 인 개체들을 제외한 나머지 개체들을 합쳐서

$$\text{구한 A의 빈도는 } \frac{2a^2N_1+2abN_1}{2a^2N_1+4abN_1} = \frac{a+b}{a+2b} = \frac{1}{1+b} = \frac{5}{7} \text{이므로 } b \text{는 } \frac{2}{5} \text{이고, } a \text{는 }$$

$\frac{3}{5}$ 이다. II에서 A의 빈도를 e라고 하고 A^* 의 빈도를 f라고 하면 II에서 유전자형이 AA 인 개체 수는 e^2N_2 이고, AA^* 인 개체 수는 $2efN_2$ 이며, A^*A^* 인 개체 수는 f^2N_2 이다. II에서 유전자형이 AA^* 인 개체들을 제외한 나머지 개체들을 합쳐서 구한 A^* 의 빈도는 $\frac{2f^2N_2}{2e^2N_2+2f^2N_2} = \frac{f^2}{e^2+f^2} = \frac{4}{5}$ 이므로 e는 $\frac{1}{3}$ 이고, f는 $\frac{2}{3}$ 이다. (가) 발현 대립유전자가 A이고, A가 A^* 에 대해 완전 우성이라면 I에서 (가)가 발현된 개체 수는 $\frac{3}{5} \times \frac{3}{5}N_1 + 2 \times \frac{3}{5} \times \frac{2}{5}N_1$ 이고, II에서 (가) 발현 대립유전자의 수는 $2 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3}N_2 + 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3}N_2$ 이다.

1) (가) 발현 대립유전자가 A이고 A가 A^* 에 대해 완전 우성인 경우

$$\frac{\text{I에서 (가) 발현 대립유전자의 수}}{\text{II에서 유전자형이 } \odot(AA^*)\text{인 개체 수}} = \frac{\frac{3}{5} \times 2N_1}{2 \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3}N_2} = \frac{3}{5} \text{이므로 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{9} \text{이다.}$$

$$\frac{\text{I에서 (가)가 발현된 개체 수}}{\text{II에서 (가) 발현 대립유전자의 수}} = \frac{\frac{3}{5} \times \frac{3}{5}N_1 + 2 \times \frac{3}{5} \times \frac{2}{5}N_1}{\frac{1}{3} \times 2N_2} = \frac{1}{25} \text{이므로}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{63} \text{이다. 따라서 이 경우는 조건을 만족하지 않는다.}$$

2) (가) 발현 대립유전자가 A이고 A^* 가 A에 대해 완전 우성인 경우

$$\frac{\text{I에서 (가) 발현 대립유전자의 수}}{\text{II에서 유전자형이 } \odot(AA^*)\text{인 개체 수}} = \frac{\frac{3}{5} \times 2N_1}{2 \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3}N_2} = \frac{3}{5} \text{이므로 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{9} \text{이다.}$$

$$\frac{\text{I에서 (가)가 발현된 개체 수}}{\text{II에서 (가) 발현 대립유전자의 수}} = \frac{\frac{3}{5} \times \frac{3}{5}N_1}{\frac{1}{3} \times 2N_2} = \frac{1}{25} \text{이므로}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{2}{27} \text{이다. 따라서 이 경우는 조건을 만족하지 않는다.}$$

3) (가) 발현 대립유전자가 A^* 이고 A^* 가 A에 대해 완전 우성인 경우

$$\frac{\text{I에서 (가) 발현 대립유전자의 수}}{\text{II에서 유전자형이 } \odot(AA^*)\text{인 개체 수}} = \frac{\frac{2}{5} \times 2N_1}{2 \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3}N_2} = \frac{3}{5} \text{이므로 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

$$\frac{\text{I에서 (가)가 발현된 개체 수}}{\text{II에서 (가) 발현 대립유전자의 수}} = \frac{2 \times \frac{3}{5} \times \frac{2}{5} N_1 + \frac{2}{5} \times \frac{2}{5} N_1}{\frac{2}{3} \times 2N_2} = \frac{1}{25} \text{이므로}$$

$\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{12}$ 이다. 따라서 이 경우는 조건을 만족하지 않는다.

4) (가) 발현 대립유전자가 A*이고 A가 A*에 대해 완전 우성인 경우

$$\frac{\text{I에서 (가) 발현 대립유전자의 수}}{\text{II에서 유전자형이 } \odot(AA^*) \text{인 개체 수}} = \frac{\frac{2}{5} \times 2N_1}{2 \times \frac{1}{3} \times \frac{2}{3} N_2} = \frac{3}{5} \text{이므로 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

$$\frac{\text{I에서 (가)가 발현된 개체 수}}{\text{II에서 (가) 발현 대립유전자의 수}} = \frac{\frac{2}{5} \times \frac{2}{5} N_1}{\frac{2}{3} \times 2N_2} = \frac{1}{25} \text{이므로}$$

$\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{3}$ 이다. 따라서 집단 II의 개체 수는 집단 I의 개체 수의 3배이고, (가) 발현

대립유전자는 A*이며 A는 A*에 대해 완전 우성이다.

[정답맞히기] ㄴ. (가) 발현 대립유전자는 A*이다.

정답 ②

[오답피하기] ㄱ. I의 개체 수는 II의 개체 수의 $\frac{1}{3}$ 배이다.

ㄷ. (가) 발현 대립유전자는 열성 대립유전자이므로 유전자형이 AA*인 개체에서는 (가)가 발현되지 않는다.

16. 알코올 발효

O₂가 없는 조건에서 효모는 배양액의 포도당을 분해하여 알코올 발효를 한다. 따라서 시간에 따라 농도가 감소하는 ㉡은 반응물인 포도당이고, 농도가 증가하는 ㉠은 생성물인 에탄올이다.

[정답맞히기] ㄴ. 구간 I에서 에탄올(㉠)의 농도가 증가하므로 아세트알데하이드가 NADH로부터 수소와 전자를 받아 환원되는 반응이 일어난다.

ㄷ. 포도당(㉡)과 에탄올(㉠)의 농도 그래프의 기울기 변화를 통해 구간 I에서는 알코올 발효의 반응 속도가 빠르고, 구간 II에서는 포도당이 소진되어 알코올 발효가 거의 일어나지 않음을 알 수 있다. 따라서 단위 시간당 생성되는 CO₂의 양은 구간 I에서가 구간 II에서보다 많다.

정답 ⑤

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 에탄올이다.

17. 캘빈 회로

과정 I 과 II에서 모두 CO_2 가 사용되지 않았으므로 Y가 Z로(또는 Z가 Y로) 전환되는 과정에서 CO_2 가 사용된다. 따라서 Y와 Z는 RuBP와 3PG 중 서로 다른 하나이고, X는 PGAL이다. I에서 ATP와 NADPH가 모두 사용되었으므로 I은 3PG 환원 단계이고, Z는 3PG, Y는 RuBP이다. II는 RuBP 재생 단계이므로 ATP는 사용되고 NADPH는 사용되지 않는다.

[정답맞히기] ㄴ. 캘빈 회로의 반응이 $\text{RuBP}(Y) \rightarrow 3\text{PG}(Z) \rightarrow \text{PGAL}(X)$ 순으로 일어나므로 회로 반응의 방향은 ④이다.

ㄷ. I에서 1분자의 3PG(Z)가 1분자의 PGAL(X)로 전환될 때 1분자의 ATP와 1분자의 NADPH가 사용된다. 따라서 I에서 사용되는 $\frac{\text{NADPH의 분자 수}}{\text{ATP의 분자 수}} = 1$ 이다. 정답 ④

[오답피하기] ㄱ. X는 PGAL, Y는 RuBP, Z는 3PG이다.

18. 진핵생물의 유전자 발현과 돌연변이

X가 6개의 아미노산으로 구성되므로 총 23개의 염기 중 X의 번역에 21개의 염기가 사용된다. 제시된 염기 서열이 전사 비주형 가닥인 경우 5' 말단에 5'-ATG-3'가 있어야 하는데 없으므로 전사 주형 가닥이며, 3' 말단에서 5'-CAT-3'에 상보적으로 개시 코돈이 위치한다. X의 mRNA인 x의 서열은 다음과 같다.

x 5' - AUG □□□ □□A □□□ □□□ □□A UGAU - 3'

X와 Y가 2개 아미노산만 같으므로 x → y로 될 때 결실은 2번째 또는 3번째 아미노산의 코돈 안에서 일어났음을 알 수 있다.

1] ④=2, ⑤=1인 경우

- Y의 아미노산의 코돈 중 가운데 염기가 A인 것은 라이신뿐이므로, 메싸이오닌-류신-라이신-류신 순서임을 알 수 있다.
- 류신의 코돈을 고려하면 y의 5번째와 11번째 염기가 U인 것을 알 수 있고, y의 종결 코돈을 고려하면 y의 14번째 염기가 U인 것을 알 수 있다.
- 전사 주형 가닥에서 1개의 C이 결실된 것은 mRNA인 x에서 1개의 G이 결실된 것을 의미하며, 결실로 인해 y의 8번째 염기는 A이고, x의 12번째 염기가 U, x의 14번째 염기가 U임을 알 수 있다.

x		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21 22		
	5'	-	AUG	□□□	□□A	□□U	□U□	□□A	UGAU	- 3'

y		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21		
	5'	-	AUG	□U□	□A□	□U□	U□□	□AU	GAU	- 3'
	메싸이 오닌	류신	라이신	류신	종결					

- X에서 2번째 아미노산이 메싸이오닌이면 결실 시 Y의 2번째 아미노산이 류신이 아니어서 모순이므로 메싸이오닌은 5번째 아미노산이다.
- X에 라이신이 2개 있는데, 2번째 아미노산이 라이신이면 결실 시 Y의 2번째 아미노산이 류신이 아니어서 모순이므로 라이신은 3번째와 6번째 아미노산이고 둘 다 코돈의 염기 서열이 AAA이다.

여기까지 알아낸 **x**와 **y**의 염기 서열은 다음과 같다.

		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21		
x	5'	-	AUG	□□□	AA A	□□U	AUG	AAA	UGAU	- 3'
		메싸이 오닌		라이신		메싸이 오닌	라이신			
y	5'	-	AUG	□UA	AA□	□UA	UGA	AAU	GAU	- 3'
		메싸이 오닌	류신	라이신	류신	종결				

- X의 2번째 아미노산이 발린인 경우는 조건과 맞지 않아 모순이고, 2번째 아미노산이 아르지닌이면서 코돈이 AGA 또는 AGG인 경우도 조건과 맞지 않아서 모순이다.
- X의 2번째 아미노산이 아르지닌이면서 코돈이 CG□이고, 4번째 아미노산이 발린인 경우는 다음과 같으며, **x**의 5번째 염기인 G가 결실될 때 조건을 만족한다.

		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21		
x	5'	-	AUG	CGU	AA A	GUU	AUG	AAA	UGAU	- 3'
		메싸이 오닌	아르지 닌	라이신	발린	메싸이 오닌	라이신	종결		

(**x**의 5번째 염기 G 결실)

		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21		
y	5'	-	AUG	CUA	AAG	UUA	UGA	AAU	GAU	- 3'
		메싸이 오닌	류신	라이신	류신	종결				

(**y**의 6,7번째 염기 AA 결실)

	5'	-	AUG	CUA	GUU	AUG	AA A	UGA	-	3'
-> z			메싸이 오닌	류신	발린	메싸이 오닌	라이신	종결		

가능

(**y**의 7,8번째 염기 AA 결실)

	5'	-	AUG	CUA	GUU	AUG	AA A	UGA	-	3'
-> z			메싸이 오닌	류신	발린	메싸이 오닌	라이신	종결		

가능

(**y**의 10,11번째 염기 UU결실)

	5'	-	AUG	CUA	AAG	AUG	AA A	UGA	-	3'
-> z										

발린이 나오지 않아 모순

(**y**의 15번째 염기 이후에서 결실)

	5'	-	AUG	CUA	AAG	UUA	UGA		-	3'
-> z										

발린이 나오지 않아 모순

2] ①=1, ②=2인 경우

- Y의 아미노산의 코돈 중 가운데 염기가 A인 것은 라이신뿐이므로 메싸이오닌-류신-라이신 순서임을 알 수 있다.
- 류신의 코돈을 고려하면 **y**의 5번째 염기가 U인 것을 알 수 있고, **y**의 종결코돈을 고려하면 **y**의 10번째 염기가 U인 것을 알 수 있다.
- 전사 주형 가닥에서 1개의 C이 결실된 것은 mRNA인 **x**에서 1개의 G이 결실된 것을 의미하며, 결실로 인해 **y**의 8번째 염기는 A이고, **x**의 11번째 염기가 U임을 알 수 있다.

x		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21 22		
	5'	-	AUG	□□□	□□A	□U□	□□□	□□A	UGAU	- 3'
y		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21		
	5'	-	AUG	□U□	□A□	U□□	□□□	□AU	GAU	- 3'
		메싸이 오닌	류신	라이신	종결					

- X에서 2번째 아미노산이 메싸이오닌이면 결실 시 Y의 2번째 아미노산이 류신이 아니어서 모순이므로 메싸이오닌은 4번째 또는 5번째 아미노산이다.
- X에 라이신이 2개 있는데, 2번째 아미노산이 라이신이면 결실 시 Y의 2번째 아미노산이 류신이 아니어서 모순이므로 라이신은 3, 5, 6번째 아미노산 중 하나이다.
- 이 경우는 모두 조건과 맞지 않아서 모순이다.

따라서 확정된 염기 서열은 다음과 같다.

- ①=2, ②=1

x		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21		
	5'	-	AUG	CGU	AAA	GUU	AUG	AAA	UGAU	- 3'
		메싸이 오닌	아르지 닌	라이신	발린	메싸이 오닌	라이신	종결		
y		1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21		
	5'	-	AUG	CUA	AAG	UUA	UGA	AAU	GAU	- 3'
		메싸이 오닌	류신	라이신	류신	종결				

(6,7번째 염기 AA 결실)

->z	5'	-	AUG	CUA	GUU	AUG	AAA	UGA	-	3'
			메싸이 오닌	류신	발린	메싸이 오닌	라이신	종결		

(7,8번째 염기 AA 결실)

->z	5'	-	AUG	CUA	GUU	AUG	AAA	UGA	-	3'
			메싸이 오닌	류신	발린	메싸이 오닌	라이신	종결		

[정답맞히기] ㄱ. X에 있는 2개의 라이신을 암호화하는 각 코돈의 염기 서열은 모두 AAA이다.

정답 ①

[오답피하기] ㄴ. Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UGA이다.

ㄷ. Z는 2개의 메싸이오닌을 가진다.

19. 진화의 요인

‘유전적 부동의 한 현상이다.’는 병목 효과와 창시자 효과가 갖는 특징이고, ‘원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다.’는 창시자 효과만 갖는 특징이다. 따라서 (가)에서 2개의 특징을 갖는 ①은 창시자 효과이고, 1개의 특징을 갖는 ②은 병목 효과이며, 나머지 ③은 돌연변이이다.

[정답맞히기] ㄱ. ③은 돌연변이이다.

ㄴ. 자연재해에 의해 집단의 크기가 급격히 감소할 때 대립유전자의 빈도가 달라지는

현상은 병목 효과인 ⑨에 해당한다.

정답 ③

[오답피하기] ㄷ. ‘유전자풀의 변화 요인이다.’는 돌연변이, 병목 효과, 창시자 효과가 모두 갖는 특징이므로 ④에 해당하지 않는다.

20. 제한 효소

I 과 II에서 각각 생성된 DNA 조각 수가 2이므로 x 에 ②와 ⑤의 절단 위치는 각각 한 군데 있다. III과 IV에서 각각 생성된 DNA 조각 수가 3이므로 x 에 ③과 ④의 절단 위치는 각각 두 군데 있다. V에서 생성된 DNA 조각 수가 4이고, V에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 고려하면 V에 첨가한 제한 효소는 ⑥과 ⑦이다.

II, III, V에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 고려하여 각 조각의 염기 수를 순서대로 제시하면 5' 말단-12-20-32-16-3' 말단 또는 5' 말단-16-32-20-12-3' 말단 중 하나이다.

- 1) 5' 말단-12-20-32-16-3' 말단인 경우, ②가 Pvu I 인데, 이때 Sac I, Xho I, Xma I 이 모두 ③가 될 수 없어서 모순이다.

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
5'-AGGCG	A	T	C	G							CG					CG									C	G	A	T	C	GGTGG-3'	
Pvu I															Pvu I																

- 2) 5' 말단-16-32-20-12-3' 말단인 경우, ④는 Xma I이고, ⑤는 Xho I인데, Xho I의 위치가 2가지 경우가 가능하다.

- 2-1. ⑤인 Xho I 의 절단 부위가 14~19번째 염기에 위치하는 경우, ⑥는 Pvu I 이다.
그러나 ⑥가 Sac I 일 때 절단 위치가 한 군데만 나와서 모순이다.

The diagram shows the sequence of the pET-28a(+) vector from position 6 to 35. Key restriction sites are highlighted: Xma I at positions 6-7, Xho I at positions 10-11, Sac I at positions 13-14, Pvu I at positions 21-22, and a second Xma I site at positions 28-29. The sequence is: 5'-AGGCG C C C G G G C T CG A G C T C CG A T C G C C C G GGTGG-3'.

- 2-2. ⑤인 Xho I 의 절단 부위가 22~27번째 염기에 위치하는 경우, ⑥는 Pvu I 이고, 이어서 ⑦가 Sac I 이 것도 맞다.

[정답맞히기] ㄴ. V에 첨가한 제한 호소는 Xho I (Ⓑ)과 Xma I (Ⓒ)이다.

정답 ②

[오답피하기] 그. (나)의 5' 말단 익기는 아데노(A)이다.

ㄷ. IV에서 생성된 DNA 조각 중 염기 개수가 20개인 조각에서 사이토신(C)의 개수는 6개이다.

