

2023학년도 대학수학능력시험  
과학탐구영역 생명과학Ⅱ 정답 및 해설

\*최근 수정일 : 22.11.23(수)

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

### 1. 생명과학의 주요 성과

A는 플레밍, B는 다윈, C는 하비이다.

[정답맞히기] ㄴ. 자연 선택에 의한 진화의 원리를 설명한 사람은 다윈(B)이다.

ㄷ. ‘C(하비)는 인체에서 혈액이 순환한다는 사실을 알아냄’은 1600년대의 성과이므로 I이고, ‘B(다윈)는 자연 선택에 의한 진화의 원리를 설명함’은 1800년대의 성과이므로 II이며, ‘A(플레밍)는 ⑦에서 페니실린을 발견함’은 1900년대의 성과이므로 III이다.

정답④

[오답피하기] ㄱ. 플레밍(A)이 배양 접시에 푸른곰팡이(⑦) 주변에서 세균이 생존하지 못하는 것을 관찰하고 푸른곰팡이에서 페니실린을 발견하였다. ⑦은 푸른곰팡이이다.

### 2. 식물의 구성 단계

[정답맞히기] ㄱ. A의 예에 잎이 있으므로 A는 기관이다.

ㄴ. 기관(A)의 예에 해당하는 ⑦은 뿌리이고, 나머지 ⑧은 관다발 조직계이다. 관다발 조직계(⑧)는 물질 이동 통로인 물관부와 체관부로 구성되므로 관다발 조직계(⑧)를 통해 물질이 이동한다.

ㄷ. B의 예에 관다발 조직계(⑧)가 있으므로 B는 조직계, 나머지 C는 세포이다. 체관 세포는 세포(C)의 예이다.

정답⑤

### 3. 효소

[정답맞히기] ㄷ. 세포 호흡의 해당 과정에서 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성된다. 기질 수준 인산화는 제시된 그림처럼 기질의 인산기를 떼어 ADP에 전달함으로써 ATP를 생성하는 반응이며, 이 과정에서 전이 효소(A) 작용한다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. A는 전이 효소, B는 이성질화 효소이다.

ㄴ. 효소 ⑦은 X-인산에서 인산기를 떼어 ADP에 전달하는 작용을 하므로 전이 효소(A)에 해당한다.

### 4. 삼투

[정답맞히기] ㄱ. 고장액에 있던 X를 저장액에 넣었을 때 세포의 부피가 증가함에 따라 감소하는 A는 삼투압, 일정 부피 이상부터 증가하는 B는 팽압이다.

정답①

[오답피하기]

- 
- └ 흡수력은 삼투압(A)에서 팽압(B)을 뺀 값이다. 삼투압(A)은  $V_1$ 일 때가  $V_2$ 일 때보다 크고, 팽압(B)은  $V_1$ 일 때가  $V_2$ 일 때보다 작으므로 X의 흡수력은  $V_1$ 일 때가  $V_2$ 일 때보다 크다.
  - ㄷ.  $V_3$ 일 때 삼투압(A)과 팽압(B)이 같아 흡수력이 0이다. 이때의 X는 세포의 부피와 팽압이 최대인 최대 팽윤 상태이다.

## 5. 핵치환 기술

- [정답맞히기] ㄱ. A의 체세포로부터 핵 ⑦을 추출하여 핵 ⑧을 제거한 B의 난자에 ⑦이 삽입되는 과정은 핵치환 기술이다.
- ㄷ. 복제 동물 X는 A로부터 체세포 핵을 제공받았으므로 X는 A를 복제한 동물이다.

정답 ③

- [오답피하기] ㄴ. 배아 ⑦는 A의 체세포 핵을 B의 무핵 난자에 넣어 만들어진 것이다. ⑦의 세포에는 A의 체세포 핵에 있는 유전자와 B의 미토콘드리아에 있는 유전자가 있다. 따라서 ⑦의 세포에 있는 모든 유전자는 B의 체세포에 있는 모든 유전자와 염기 서열이 동일하지 않다.

## 6. 원시 생명체의 진화

- A와 B는 모두 핵막을 갖는다고 하였으므로, 핵막을 갖지 않는 최초의 원핵생물은 C이다. 독립된 단세포 진핵생물이 모여 군체를 이룬 후 다세포 진핵생물로의 진화가 이루어졌으므로 A~C 중 가장 나중에 출현한 A는 최초의 다세포 진핵생물이고, B는 최초의 단세포 진핵생물이다.

- [정답맞히기] ㄱ. 최초의 원핵생물(C)→최초의 단세포 진핵생물(B)→최초의 다세포 진핵생물(A) 순으로 원시 생명체의 진화가 이루어졌고, 원핵생물인 최초의 광합성 세균은 최초의 다세포 진핵생물(A)보다 먼저 출현하였다.

- ㄷ. C는 최초의 원핵생물이다.

정답 ④

- [오답피하기] ㄴ. 코아세르베이트는 유기물이 농축되어 액상의 막에 둘러싸인 유기물 복합체이며, 생명체가 아니다. 따라서 코아세르베이트는 B에 해당하지 않는다.

## 7. 화학 삼투에 의한 인산화

- 틸라코이드 내부의  $H^+$  농도가 높고 스트로마의  $H^+$  농도가 낮으면,  $H^+$  농도 기울기를 따라  $H^+$ 이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 ATP 합성을 통해 확산되며, 이 과정에서 ATP가 합성된다.

- pH 3.8이 pH 7보다  $H^+$  농도가 높으므로 (가)에서 pH 3.8인 수용액에 넣은 엽록체를 첨가한 플라스크 ⑦에서는 ATP가 합성되지만, (가)에서 pH 8인 수용액에 넣은 엽록체를 첨가한 플라스크 ⑧에서는 ATP가 합성되지 않는다. 따라서 ⑦는 3.8이고, ⑧는 8이다.

- [정답맞히기] ㄴ. Y는 틸라코이드 막을 경계로  $H^+$  농도 기울기가 형성되지 않도록 한

다. 따라서 Y를 첨가한 ⑤에서의 ATP 합성량은 Y를 첨가하지 않은 ⑦에서의 ATP 합성량인 10보다 작다.

ㄷ. (나)에서 암실로 옮겨 실험을 진행하였고, X는 빛에너지를 이용한 광인산화 과정에 영향을 주는 물질이다. (다)의 ⑤에서 틸라코이드 내부의  $H^+$  농도가 스트로마의  $H^+$  농도보다 높으므로 화학 삼투에 의한 인산화가 일어났다. 정답 ④

[오답피하기] ㄱ. ③는 3.8이고, ④는 8이다.

## 8. 원핵세포와 진핵세포(식물 세포)

[정답맞히기] ㄱ. 대장균은 원형 DNA를 갖는 원핵세포로 이루어진 단세포 원핵생물이다.

ㄴ. 장미에서 광합성이 일어나는 세포는 주성분이 셀룰로스인 세포벽을 갖는다.  
ㄷ. 대장균과 장미에서 광합성이 일어나는 세포의 세포질에는 모두 리보솜이 있다. 리보솜은 rRNA와 단백질로 구성되므로, 대장균과 장미에서 광합성이 일어나는 세포는 모두 rRNA를 갖는다. 정답 ⑤

## 9. 벤슨의 실험

광합성은 빛이 필요한 단계(명반응)와  $CO_2$ 가 필요한 단계(탄소 고정 반응)로 구분되며, 명반응 산물인 ATP와 NADPH가 있어야 탄소 고정 반응이 일어나 포도당이 합성된다. 따라서 광합성 속도가 증가하기 전 구간에 ‘있음’으로 표기된 ⑤이 빛이고, 광합성 속도가 일시적으로 증가했다 감소하는 구간에 ‘있음’으로 표기된 ⑦이  $CO_2$ 이다.

[정답맞히기] ㄴ. 구간 I에서 광합성 속도가 증가하고 있으므로 포도당이 합성되고 있음을 알 수 있다. 탄소 고정 반응은 캘빈 회로의 세 단계가 반복해서 일어나며, 이 과정에서  $CO_2$  고정이 일어난다. 정답 ②

[오답피하기] ㄱ. ⑦은  $CO_2$ 이고, ⑤은 빛이다.

ㄷ. 명반응이 일어나면 비순환적 전자 흐름에서 고에너지 전자가 전자 전달계를 거쳐  $NADP^+$ 에 전달되어 NADPH가 생성된다. 탄소 고정 반응이 일어나면 캘빈 회로 중 3PG가 PGAL(3탄소 화합물)로 환원되는 과정에서 NADPH가  $NADP^+$ 로 산화된다. 따라서 스트로마에서 NADPH의 농도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 높다.

## 10. 동물의 분류

제시된 3가지 동물 중 편형동물에 속하는 플라나리아와 선형동물에 속하는 회충은 선구동물이고, 극피동물에 속하는 해삼은 후구동물이다. 따라서 ⑤은 선구동물, ⑥은 후구동물이고, C는 해삼이다. 탈피동물에 속하는 A는 회충이고, B는 플라나리아이다.

[정답맞히기] ㄴ. 플라나리아(B)는 편형동물에 속한다. 정답 ②

[오답피하기] ㄱ. 선구동물(⑤)은 원구가 입이 되고, 원구의 반대쪽에 항문이 생기는 동물이다.

ㄷ. 일생 또는 발생 과정 중 일정 시기에 척삭을 갖는 동물은 척삭동물이며, 극피동

---

물에 속하는 해삼(C)은 척삭을 갖지 않는다.

## 11. 이중 가닥 DNA의 구조

X에서 염기 간 수소 결합의 총개수가 170개이므로 아데닌(A)과 타이민(T) 사이의 염기쌍 수를  $a$ , 구아닌(G)과 사이토신(C) 사이의 염기쌍 수를  $b$ 라고 가정해보면,  $2a+3b=170$ 이다.

퓨린 계열 염기인 ㉠은 A 또는 G이고, 피리미딘 계열 염기인 ㉡은 C 또는 T인데,

X에서  $\frac{㉠+㉡}{㉠+㉡} = \frac{3}{4}$ 이므로 ㉠이 A이라면 ㉡은 T이고, ㉠이 G이라면 ㉡은 C이다. ㉠+㉡은 A+T, ㉠+㉡은 G+C인 경우를 먼저 가정하여 계산해보자.  $A+T = \frac{3}{4}(G+C)$ 이므로  $a = \frac{3}{4}b$ 가 성립한다.  $a$ 와  $b$ 는 모두 자연수인데,  $2a+3b=170$ 에  $a = \frac{3}{4}b$ 를 대입하여

계산하면 이 조건이 성립하지 않는다. 따라서 ㉠+㉡은 G+C, ㉠+㉡은 A+T이고,  $G+C = \frac{3}{4}(A+T)$ 이므로  $b = \frac{3}{4}a$ 를  $2a+3b=170$ 에 대입하여 계산하면  $a=40$ ,  $b=30$ 이다.

$X_1$ 에서  $\frac{G(㉠)}{C(㉡)} = \frac{2}{3}$ 이고,  $b$ (X에서 G과 C사이의 염기쌍 수)가 30이므로  $X_1$ 에서  $G+C=30$ 이다. 따라서  $X_1$ 에서 G의 개수는 12개, C의 개수는 18개이다.  $\frac{G}{A} = \frac{4}{5}$ 이므로 A의 개수는 15개이고,  $a$ (X에서 A과 T의 사이의 염기쌍 수)가 40이므로 T의 개수는 25개이다.  $\frac{㉡}{㉠} = \frac{3}{5}$ 이므로 ㉠은 A, ㉡은 T이다.

**[정답맞히기]** ㄱ. X에서 A과 T 사이의 염기쌍 수가 40, G과 C 사이의 염기쌍 수가 30이므로  $X_1$ 과  $X_2$ 는 각각 70개의 뉴클레오타이드로 이루어져 있고, X에서 뉴클레오타이드의 총개수는 140개이다.

정답 ①

**[오답피하기]** ㄴ. ㉠은 아데닌(A)이다.

ㄷ.  $X_2$ 에서 사이토신(C, ㉡)의 개수는  $X_1$ 에서 구아닌(G)의 개수와 같으므로 12개이다.

## 12. 3역 6계 분류 체계

같은 계에 속하는 생물은 같은 역에 속한다. ㉠이 역, ㉡이 계라고 가정하면 A와 C는 서로 다른 역에 속한다. 그런데 A가 F와 서로 같은 역에 속하고, C와 E가 서로 같은 역에 속하며, E와 F가 서로 같은 역에 속하므로( $\because$ E와 F가 서로 같은 계에 속하기 때문) A, C, E, F가 서로 같은 역에 속한다는 결론이 도출되어 주어진 조건에 모순된다. 따라서 ㉠은 계, ㉡은 역이다.

**[정답맞히기]** ㄴ, ㄷ. 주어진 조건을 정리하여 A~F가 속하는 계와 역을 구분하면 아래 표 1과 같고, 3역 6계 분류 체계는 아래 표 2와 같다.

계	A, F	C, E	(추론)	진정세균계	고세균계	원생생물계	균계	식물계	동물계
역	A, F, C, E	B, D		세균역	고세균역		진핵생물역		

[표 1]

[표 2]

A와 C가 서로 다른 계에 속하므로, A, F, C, E가 속하는 역은 2개 이상의 계로 이루어진 진핵생물역이다. A~F가 2개의 역으로 분류된다고 하였으므로, B와 D는 세균역 또는 고세균역에 속하고, 세균역과 고세균역은 각각 하나의 계로 분류된다. 따라서 B와 D는 같은 역이면서 같은 계에 속한다. 따라서 A~F는 총 3개의 계(A, F/C, E/B, D)로 분류되고, A와 E는 모두 진핵생물역에 속한다.

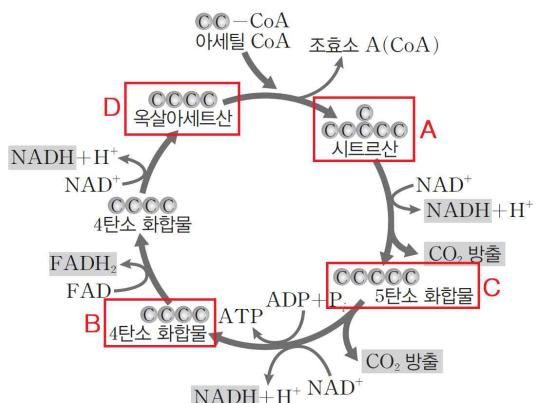
답 ⑤

[오답피하기] ㄱ. ⑦은 계, ⑨은 역이다.

### 13. TCA 회로

시트르산 1분자의 탄소 수는 6이고, 옥살아세트산 1분자와 4탄소 화합물 1분자의 탄소 수는 각각 4이며, 5탄소 화합물 1분자의 탄수 소는 5이다. 제시된 조건에서 1분자 당  $\frac{A\text{의 탄소 수}}{B\text{의 탄소 수}+D\text{의 탄소 수}} = \frac{3}{4}$  이므로 A는 시트르산이고, C는 5탄소 화합물이다.

I [시트르산(A) → 5탄소 화합물(C)]에서 ⑦과 ⑨의 문자 수를 더한 값이 2이므로, ⑦과 ⑨는 각각 CO<sub>2</sub>와 NADH 중 서로 다른 하나이고, ⑩은 FADH<sub>2</sub>이다. D는 옥살아세트산과 4탄소 화합물 중 하나인데, III[D → 시트르산(A)]에서 ⑦과 ⑨의 문자 수를 더한 값이 0이므로 D는 옥살아세트산이고, B는 4탄소 화합물이다. II[4탄소 화합물(B) → 옥살아세트산(D)]에서 ⑦과 ⑨의 문자 수를 더한 값이 2이므로 ⑨은 NADH(⑦은 CO<sub>2</sub>)이고, 4탄소 화합물을 아래 그림에서 확정지을 수 있다.



[정답맞히기] ㄱ. ⑦은 CO<sub>2</sub>, ⑨은 NADH, ⑩은 FADH<sub>2</sub>이다.

ㄴ. TCA 회로에서 1분자의 5탄소 화합물(C)이 1분자의 옥살아세트산(D)으로 전환되는 과정에서 생성되는 NADH(⑨)의 문자 수는 2이다.

정답 ③

[오답피하기] ㄴ. III(옥살아세트산→시트르산)에서 ATP가 생성되지 않는다.

## 14. 진핵생물에서의 전사 조절

제거된 유전자가 없는 I에서 W~Z 중 2가지만 발현되고, (가), (나), (다) 3가지 유전자가 모두 전사되므로 (가)의 전사 촉진에는 A에 결합한 전사 인자가, (나)의 전사 촉진에는 D에 결합한 전사 인자가, (다)의 전사 촉진에는 A와 D에 결합한 전사 인자가 관여함을 알 수 있다.  $z$ 가 제거되면 (가)와 (다)가 전사되지 않으므로 Z는 A에 결합하여 (가)와 (다)의 전사 촉진에 관여한다.  $y$ 가 제거되면 (나)가 전사되지 않으므로 Y는 D에 결합하여 (나)와 (다)의 전사 촉진에 관여한다.

제거된 유전자가 없는 II에서 W~Z 중 3가지만 발현되는데,  $y$ 가 제거(D에 결합하는 Y가 발현되지 않음)되면 (다)가 전사되지 않으므로 II에서 발현되는 전사 인자 3가지는 A, C, D에 결합하거나 B, C, D에 결합한다(전사 인자가 A, B, C 또는 A, B, D에 결합할 경우  $y$ 가 제거되어도 (다)가 전사되었어야 하므로 모순됨).  $z$ 가 제거(A에 결합하는 Z가 발현되지 않음)되었을 때 II에서 (다)가 전사되었으므로 II에서 발현되는 전사 인자 3가지의 결합 부위는 B, C, D이다.  $x$ 의 발현 산물인 X는 B와 C 중 한 부위에 결합하는데,  $x$ 가 제거되면 (가)가 전사되지 않으므로  $x$ 의 발현 산물은 C에 결합한다.  $w$ 의 발현 산물인 W는 B에 결합한다.

[정답맞히기] ㄱ. I에서  $y$ 가 발현되어 생성된 Y는 D에 결합하여 (나)와 (다)의 전사 촉진에 관여하므로  $y$ 를 제거하면 (다)가 전사되지 않는다. 따라서 ④는 'x'이다.

정답 ①

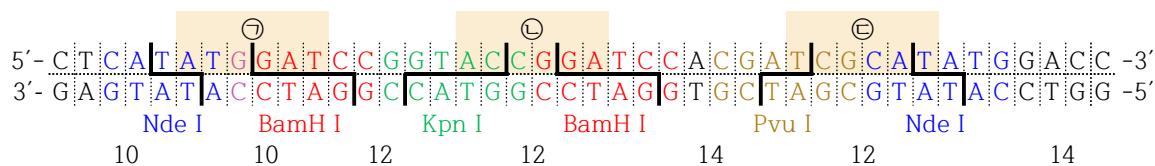
[오답피하기] ㄴ. W의 결합 부위는 B이다.

ㄷ. 제거된 유전자가 없는 I에서는 Y와 Z가 발현되고, X와 W는 발현되지 않는다.

## 15. DNA와 제한 효소

I과 II에서 생성된 DNA 조각 수가 2이므로  $x$ 에는 ④와 ⑤가 인식하는 염기 서열이 각각 1군데씩 있고, III과 IV에서 생성된 DNA 조각 수가 3이므로  $x$ 에는 ⑥과 ⑦가 인식하는 염기 서열이 각각 2군데씩 있다. 제한 효소가 인식하는 염기 서열이 ⑧, ⑨, ⑩에 의해 가려져 있으므로 제시된 서열 중 각 제한 효소가 인식하는 서열 일부와 제한 효소를 처리했을 때 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 비교하면 ④는 Pvu I, ⑤는 Kpn I, ⑥는 BamH I, ⑦는 Nde I인 것을 알 수 있다.

$x$ 에 BamH I, Kpn I, Nde I, Pvu I의 절단 위치와 절단되어 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 나타내면 다음과 같다.



[정답맞히기] ㄴ. Pvu I (④)을 첨가한 I에서는 염기 수가 26, 58인 DNA 조각이 생성되므로, 염기 개수가 26개인 DNA 조각이 생성된다.

정답 ②

[오답피하기] ㄱ. ⑧의 3' 말단 염기는 타이민(T)이다.

c. V에 첨가한 제한 효소에 의해 DNA 조각이 4개 생성되므로, 2가지 제한 효소가 인식하는 염기 서열은 총 3군데(2군데+1군데)이고, 생성된 DNA 조각의 염기 수가 14, 20, 24, 26이므로 BamH I (절단 위치 2군데)과 Pvu I (절단 위치 1군데)을 처리 했음을 알 수 있다.

## 16. 하디·바인베르크 법칙

[정답맞히기] ④ 유전자형이 AA\*인 개체에게서 (가)가 발현되므로 (가)는 우성 형질이다. A의 빈도는  $p$ , A\*의 빈도는  $q$ 로 한다. ㉠이 AA일 때 유전자형이 ㉠인 개체들을 제외한 나머지 개체(유전자형이 AA\*, A\*A\*)들을 합쳐서 구한 A\*의 빈도는  $\frac{2pq + 2q^2}{4pq + 2q^2} = \frac{1}{p+1}$  이다. 이 때 Ⅱ에서  $\frac{1}{p_{II} + 1} = \frac{1}{10}$ 이고,  $p_{II} = 9$ 이므로 ㉠은 AA가 아니라 AA\*이다. ㉠이 AA\*일 때 유전자형이 ㉠인 개체들을 제외한 나머지 개체(유전자형이 AA, A\*A\*)들을 합쳐서 구한 A\*의 빈도는  $\frac{2q^2}{2p^2 + 2q^2}$ 이다. I에서  $\frac{2q_I^2}{2p_I^2 + 2q_I^2} = \frac{4}{5}$ 이므로  $p_I = \frac{1}{3}$ ,  $q_I = \frac{2}{3}$ 이고, Ⅱ에서  $\frac{2q_{II}^2}{2p_{II}^2 + 2q_{II}^2} = \frac{1}{10}$ 이므로  $p_{II} = \frac{3}{4}$ ,  $q_{II} = \frac{1}{4}$ 이다. A\*가 A에 대해 완전 우성이라면, (가)가 발현된 개체(유전자형이 AA\*, A\*A\*)들을 합쳐서 구한 A의 빈도는  $\frac{2pq}{4pq + 2q^2} = \frac{p}{p+1}$ 이고, A\*의 빈도는  $\frac{2pq + 2q^2}{4pq + 2q^2} = \frac{1}{p+1}$ 이다. 이 때 A의 빈도는 I에서  $\frac{p_I}{p_I + 1} = \frac{1}{4}$ , Ⅱ에서  $\frac{p_{II}}{p_{II} + 1} = \frac{3}{7}$ 이므로 I에서가 Ⅱ에서의 2배인 조건에 맞지 않고, A\*의 빈도는 I에서  $\frac{1}{p_I + 1} = \frac{3}{4}$ , Ⅱ에서  $\frac{1}{p_{II} + 1} = \frac{4}{7}$ 이므로 I에서가 Ⅱ에서의 2배인 조건에 맞지 않는다. 따라서 A가 A\*에 대해 완전 우성이며, A는 (가) 발현 대립유전자, A\*는 정상 대립유전자이다. A가 A\*에 대해 완전 우성일 때 (가)가 발현된 개체(유전자형이 AA, AA\*)들을 합쳐서 구한 A의 빈도는  $\frac{2p^2 + 2pq}{2p^2 + 4pq} = \frac{1}{q+1}$ 이고, A\*의 빈도는  $\frac{2pq}{2p^2 + 4pq} = \frac{q}{q+1}$ 이다. 이 때 A의 빈도는 I에서  $\frac{1}{q_I + 1} = \frac{3}{5}$ , Ⅱ에서  $\frac{1}{q_{II} + 1} = \frac{4}{5}$ 이므로 I에서가 Ⅱ에서의 2배인 조건에 맞지 않고, A\*의 빈도는 I에서  $\frac{q_I}{q_I + 1} = \frac{2}{5}$ , Ⅱ에서  $\frac{q_{II}}{q_{II} + 1} = \frac{1}{5}$ 이므로 I에서가 Ⅱ에서의 2배인 조건에 맞는다. 따라서 ④는 A\*이다. Ⅲ의 개체 수는  $x$ , Ⅳ의 개체 수는  $y$ 로 한다. Ⅲ에서 (가)가 발현된 개체 수는  $y \times (p_{III}^2 + 2p_{III}q_{III})$ , Ⅳ에서 A\*(④)의 수는  $x \times (2p_{II}q_{II} + 2q_{II}^2) = x \times (2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} + 2 \times (\frac{1}{4})^2) = \frac{1}{2}x$ 이므로  $\frac{y \times (p_{III}^2 + 2p_{III}q_{III})}{\frac{1}{2}x} = 3$ 이다. Ⅳ와 Ⅲ의 개체들을 모두 합쳐서 (가)가 발현된 개체의 비율은

$$\frac{x \times (p_{\text{II}}^2 + 2p_{\text{II}}q_{\text{II}}) + y \times (p_{\text{III}}^2 + 2p_{\text{III}}q_{\text{III}})}{x+y} = \frac{x \times ((\frac{3}{4})^2 + 2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}) + y \times (p_{\text{III}}^2 + 2p_{\text{III}}q_{\text{III}})}{x+y} = \frac{\frac{15}{16}x + y \times (p_{\text{III}}^2 + 2p_{\text{III}}q_{\text{III}})}{x+y} = \frac{13}{16}$$

이다. 두 식을 연립해서 풀면  $p_{\text{III}} = \frac{1}{2}$ ,  $q_{\text{III}} = \frac{1}{2}$ 이고,  $2x = y$ 이다. III에서 임의의 암컷의 유전자형이 AA일 확률은  $p_{\text{III}}^2 = \frac{1}{4}$ , AA\*일 확률은  $2p_{\text{III}}q_{\text{III}} = \frac{1}{2}$ , A\*A\*일 확률은  $q_{\text{III}}^2 = \frac{1}{4}$ 이다. III에서 임의의 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 자손( $F_1$ )을 낳을 때, 이  $F_1$ 에게서 (가)가 발현될 확률은 암컷의 유전자형이 AA일 때 항상 (가)가 발현되므로  $\frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{4}$ 이다. 암컷의 유전자형이 AA\*일 때, 수컷의 유전자형이 AA인 경우 (가)가 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{4}$ , 수컷의 유전자형이 AA\*인 경우 (가)가 발현될 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$ , 수컷의 유전자형이 A\*A\*인 경우 (가)가 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다. 따라서 구하는 확률은  $\frac{1}{2} \times (\frac{1}{4} \times 1 + \frac{1}{2} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{4} \times \frac{1}{2}) = \frac{3}{8}$ 이다. 암컷의 유전자형이 A\*A\*일 때 수컷의 유전자형이 AA인 경우 (가)가 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times 1 = \frac{1}{4}$ , 수컷의 유전자형이 AA\*인 경우 (가)가 발현될 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ , 수컷의 유전자형이 A\*A\*인 경우 (가)가 발현될 확률은 0이다. 따라서 구하는 확률은  $\frac{1}{4} \times (\frac{1}{4} \times 1 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}) = \frac{1}{8}$ 이다. 따라서 III에서 임의의 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 자손( $F_1$ )을 낳을 때, 이  $F_1$ 에게서 (가)가 발현될 확률은  $\frac{1}{4} + \frac{3}{8} + \frac{1}{8} = \frac{3}{4}$ 이다.

정답④

## 17. 진화의 요인

‘유전적 부동의 한 현상이다.’는 병목 효과와 창시자 효과가 갖는 특징이고, ‘자연재해에 의해 집단의 크기가 급격히 감소할 때 대립유전자의 빈도가 달라지는 현상이다.’는 병목 효과가 갖는 특징이다.

[정답맞히기] ㄴ. A와 C가 모두 갖는 특징인 ⑦은 ‘유전적 부동의 한 현상이다.’이다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. 특징 ⑦과 ⑧을 모두 갖는 C는 병목 효과, ⑨만 갖는 A는 창시자 효과, 나머지 B는 자연 선택이다.

ㄷ. 병목 효과(C)는 유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공하지 않는다. 돌연변이는 유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.

## 18. 진핵생물의 유전자 발현과 돌연변이

X의 아미노산 서열과 가능한 코돈은 표와 같다.

메싸이오닌	세린	글루탐산	히스티딘	트레오닌	류신	발린	타이로신
AUG	UCU	<u>GAA</u> <u>GAG</u>	CAU CAC	ACU	UU <u>A</u>	<u>GUU</u> <u>GUC</u> <u>GUA</u> <u>GUG</u>	UAU UAC
	UCC			ACC	UUG		
	UCA			ACA	CUU		
	UCG			ACG	CUC		
	<u>AGU</u>				CU <u>A</u>		
	<u>AGC</u>				CUG		

$x$ 의 전사 주형 가닥에서 결실과 삽입이 일어난 ①는 CT와 TC 중 하나이고, 코돈에서는 GA와 AG 중 하나이다.  $x$ 의 전사 주형 가닥에서 결실이 일어날 수 있는 부분(위 표에서 밑줄 표시)은 세린에 해당하는 부분에서 TC, 세린과 글루탐산 사이에 해당하는 부분에서 TC, 글루탐산에 해당하는 부분에서 CT, 글루탐산에 해당하는 부분에서 TC, 류신과 발린 사이에 해당하는 부분에서 TC이다. 이중 세린과 글루탐산 사이에 해당하는 부분에서 TC가 결실되거나 글루탐산에 해당하는 부분에서 TC가 결실된 후 다른 위치에 삽입되었을 때  $y$ 의 전사 주형 가닥의 염기 서열 (가)-(나)-(다)와 Y에 ⑦가 2개 있는 조건을 만족한다. 만족하는  $y$ 의 전사 주형 가닥의 염기 서열은 II - I - III이며, 다음과 같다. ⑦은 T, ⑧은 A, ⑨은 G, ⑩은 C이다.

3'-⑩⑨⑩⑦⑩⑨⑩⑦⑩⑨⑩⑦⑩⑨⑩⑦⑩⑨⑩⑦⑩⑨⑩⑦⑩⑨⑩-5'

3'-GCGTACAGTCGTATGCGAGCAATCATGATT-5'

$y$ 의 전사 주형 가닥으로부터 전사된 mRNA의 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같다.

CGC	AUG	UC <u>A</u> GAGCA (AG 결실)		UAC	GCU	CGU	U <u>A</u> G (삽입)	UAC UAA
		UCA	GCA					
	메싸이오닌	세린	알라닌	타이로신	알라닌	아르지닌	종결코돈	

$x$ 의 전사 주형 가닥,  $x$ 의 전사 주형 가닥으로부터 전사된 mRNA의 염기 서열과 아미노산 서열은 다음과 같다. 밑줄 친 TCTC 중 하나의 TC는 결실 부위, 괄호 안 TC는 삽입 부위이다.

3'-GCG	TAC	AGT	<u>CTC</u>	GTA	TGC	GAG	CAA(TC)	ATG	ATT-5'
CGC	AUG	UCA	GAG	CAU	ACG	CUC	GUU	UAC	UAA
	메싸이오닌	세린	글루탐산	히스티딘	트레오닌	류신	발린	타이로신	종결코돈

[정답맞히기] ㄱ. ⑧은 A이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. ⑦는 알라닌이다.

ㄷ. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAA이고, Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAG이다.

## 19. 세포 호흡과 발효

과당 2인산이 2분자의 피루브산이 되는 과정 I에서 2분자의 NADH와 4분자의

ATP가 생성된다. ④은 NADH이다. 피루브산이 아세틸 CoA가 되는 과정 Ⅱ에서 1분자의  $\text{CO}_2$ 와 1분자의 NADH가 생성된다. (나)가 Ⅱ이고, ⑤이  $\text{CO}_2$ 이다. 피루브산이 젖산이 되는 과정 Ⅲ에서  $\text{NAD}^+$ 가 생성되고, 피루브산이 에탄올이 되는 과정 Ⅳ에서  $\text{CO}_2$ 와  $\text{NAD}^+$ 가 생성된다. (다)가 Ⅳ, (가)가 Ⅲ이고, ⑥은  $\text{NAD}^+$ , 나머지 ⑦은 ATP이다. 표를 정리하면 다음과 같다.

과정	물질	④( $\text{CO}_2$ )	⑤(ATP)	⑥(NADH)	⑦( $\text{NAD}^+$ )
I	과당 2인산 $\rightarrow$ 2 피루브산	0	④(4)	2	⑦(0)
(가)(Ⅲ)	피루브산 $\rightarrow$ 젖산	?(0)	0	0	1
(나)(Ⅱ)	피루브산 $\rightarrow$ 아세틸 CoA	1	?(0)	1	0
(다)(Ⅳ)	피루브산 $\rightarrow$ 에탄올	1	?(0)	0	⑦(1)

[정답맞히기] ㄱ. (나)는 Ⅱ이다.

ㄷ. I에서 ATP(⑤)는 4분자가 생성되므로 ④는 4이다. Ⅳ에서  $\text{NAD}^+$ (⑦)는 1분자가 생성되므로 ⑧는 1이다. 따라서 ④+⑧=5이다. 정답 ③

[오답피하기] ㄴ. ⑤은  $\text{CO}_2$ 이다.

## 20. DNA 복제

(가)와 ④ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수와 (나)와 ⑤ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 같으므로 G+C 함량이 ④와 ⑤에서 서로 같다. G+C 함량을 분수로 표현하면 ⑤은  $\frac{4}{5}$ , ④은  $\frac{2}{5}$ , I은  $\frac{2}{5}$ , Ⅱ는  $\frac{11}{20}$ , Ⅲ은  $\frac{3}{5}$ 이다. 프라이머인 ⑦과 ⑨의 염기 개수는 5의 배수로 서로 같고, Ⅱ의 염기 개수는 20의 배수이다. Ⅱ가 프라이머 ⑩이면 ⑦과 ⑨의 염기 개수는 각각 20개, ⑧과 ⑩의 염기 개수는 각각 25개이지만, G+C 함량은 ④와 ⑤에서 같을 수 없다. Ⅱ는 ⑦과 ⑧ 중 하나이다. Ⅱ의 염기 개수가 20개이면, ⑦과 ⑨의 염기 개수가 각각 25개이지만 G+C 함량은 ④와 ⑤에서 같을 수 없다. 따라서 Ⅱ의 염기 개수는 40개이고, ⑦과 ⑨의 염기 개수는 각각 5개이다. ⑦에서 G+C의 개수는 4개, ⑨에서 G+C 개수는 2개, Ⅱ에서 G+C 개수는 22개이다. ④와 ⑤에서 G+C 개수가 같은 조건을 만족하는 경우는 Ⅱ가 ⑦이고, Ⅲ이 ⑨인 경우이다. 이 때 ④와 ⑤에서 G+C 개수는 각각 26개이다.

[정답맞히기] ㄱ. 프라이머 ⑦이 있는 부분이 5' 말단이고, DNA 합성 방향은 5'  $\rightarrow$  3'이다. ④와 ⑤는 지연 가닥이므로 ⑧가 ⑨보다 먼저 합성되었다.

ㄷ. ④와 ⑤에서 G+C 개수는 각각 26개이므로 상보적인 (나)에서 G+C 개수는 52개이며, (나)와 상보적인 (나)에서 G+C 개수도 52개이다. (나)에서 아데닌(A)의 개수와 타이민(T)의 개수의 합은 90-52=38이다. 정답 ③

[오답피하기] ㄴ. Ⅲ은 ⑨이고, ⑦은 I이다.