

2025학년도 대학 신입학생 수시모집 일반전형

면접 및 구술고사

생명과학

문항 · 제시문 · 예시 답안

문제 1. 뿌리 표피세포의 분화(H/N세포)와 유전자 A·B·C의 발현 조절, 세균 감염·3역 6계

문제 2. 조간대 핵심증(불가사리)과 생물 다양성, 담치 접착 단백질 변이, 동물 계통 분류

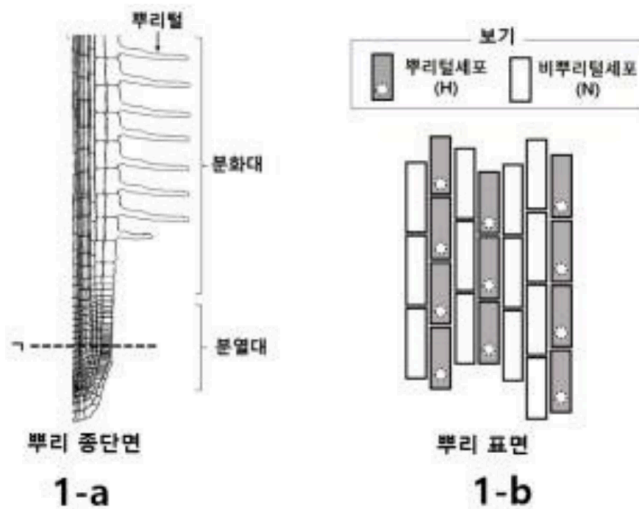
서울대학교

※ 예시 답안은 자체 풀이·검토 결과이며 학습용 참고 자료입니다.

생명과학 — 문제 1. 뿌리 표피세포의 분화

제시문

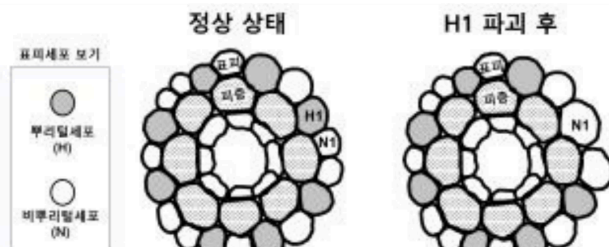
발생 과정에서 서로 다른 구조와 기능의 세포가 형성되는 과정을 ‘세포 분화’라고 한다. 분화된 세포들은 대개 특정한 공간적 패턴으로 분포함으로써 그 개체의 기능에 영향을 미친다. 관다발 식물의 뿌리는 말단에서부터 세포 분열이 일어나는 ‘분열대’와 세포 분화가 일어나는 ‘분화대’의 두 발달 부위로 나뉜다([그림 1-a]). 뿌리의 맨 바깥층을 이루는 표피세포는 발달 과정에서 뿌리털세포(H세포)와 비뿌리털세포(N세포)로 분화되며, H세포는 분화대에 이르렀을 때 관 모양의 돌출 구조인 ‘뿌리털’을 형성한다([그림 1-a]). 식물 X의 뿌리를 살펴본 결과, H세포와 N세포가 뿌리 표면에서 [그림 1-b]와 같은 분포를 보였다.



[그림 1] (1-a) 뿌리 종단면의 분열대·분화대와 뿌리털, (1-b) 뿌리 표면의 H세포·N세포 분포

문제 1-1.

[그림 2-a]는 [그림 1-a]의 ‘ㄱ’ 위치에서 식물 X의 뿌리 횡단면을 보여준다. 뿌리 분열대 부위에서 표피세포 H1을 레이저로 파괴했더니 이웃한 N1세포가 파괴된 H1세포의 자리를 차지했고([그림 2-b]), 이 N1세포는 뿌리의 분화대에 이르렀을 때 뿌리털을 형성했다. H세포와 N세포의 분포 패턴과 H1세포의 파괴 실험 결과로부터 식물 X에서 H세포와 N세포가 분화하는 원리를 추론해 보시오.



[그림 2] (2-a) 정상 뿌리 횡단면, (2-b) H1세포 파괴 후 N1세포가 그 자리를 차지

문제 1-2.

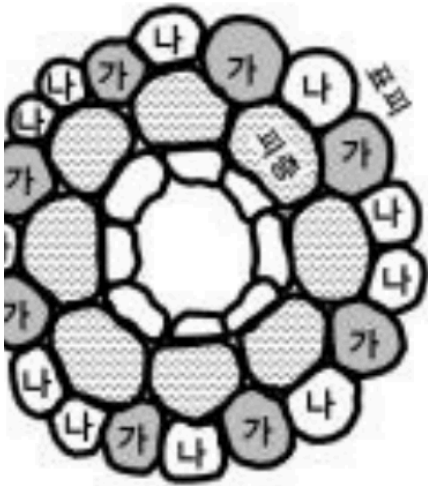
식물 X에서 서로 다른 전사 인자를 만들어내는 유전자 A와 유전자 B는 뿌리 표피세포의 분화에 중요하다고 알려져 있다. 정상 식물 및 유전자 A 또는 B가 각각 결실된 식물의 표피세포에서 유전자 A, B의 발현 양상과 뿌리털 형성 여부를 관찰하여 [표 1]로 나타내었다. ‘가’와 ‘나’는 모두 표피세포이며, [그림 3]은 ‘가’와 ‘나’의 위치를 나타낸 것이다.

[표 1] 유전자 A, B의 전사와 뿌리털 형성

식물체	정상 식물		유전자 A 결실		유전자 B 결실	
	가	나	가	나	가	나
*표피세포 위치	가	나	가	나	가	나
유전자 A 전사	×	○	×	×	×	○
유전자 B 전사	○	×	○	○	×	×
뿌리털	형성됨	안 됨	형성됨	형성됨	안 됨	안 됨

(○: 전사됨, ×: 전사 안 됨)

*표피세포 위치



[그림 3]

[그림 3] 표피세포 ‘가’, ‘나’의 위치

- (1) [표 1]의 실험 결과로부터 유전자 A와 B 사이의 작용 관계를 제시하고, 이들이 뿌리털 형성에서 어떤 역할을 하는지 설명하시오. (단, A, B 이외의 다른 유전자의 역할은 무시한다.)
- (2) 유전자 A와 B가 모두 결실된 식물의 표피세포 ‘가’와 ‘나’ 위치에서 뿌리털 형성은 어떻게 될지 설명하시오.
- (3) 또 다른 전사 인자를 만들어내는 유전자 C도 뿌리 표피세포의 분화에 관여한다는 사실이 새롭게 밝혀졌다. 정상 식물 및 유전자 A, B, 또는 C가 각각 결실된 식물의 표피세포에서 유전자 C의 발현과 뿌리털 형성 양상을 관찰한 [표 2]의 결과를 보고, 유전자 C가 뿌리털 형성 과정에 어떤 역할을 할지 설명하시오. (단, A~C 이외의 다른 유전자의 역할은 무시한다.)

[표 2] 유전자 A, B, C의 전사와 뿌리털 형성

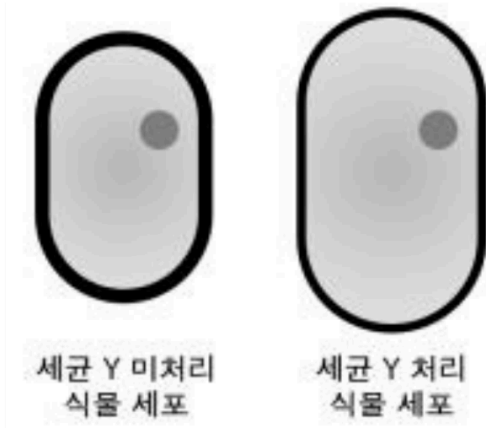
식물체	정상 식물		A 결실		B 결실		C 결실	
	가	나	가	나	가	나	가	나
A 전사	×	○	×	×	×	○	×	×
B 전사	○	×	○	○	×	×	○	○
C 전사	×	○	×	○	×	○	×	×
뿌리털	형성됨	안 됨	형성됨	형성됨	안 됨	안 됨	형성됨	형성됨

(○: 전사됨, ×: 전사 안 됨)

문제 1-3.

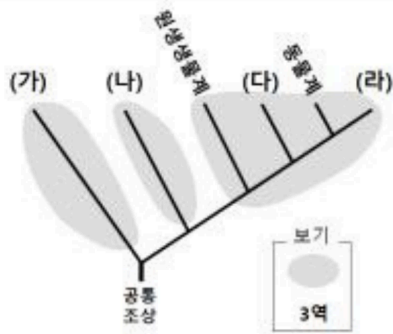
세균 Y는 식물 X의 뿌리를 감염시키는 토양 세균이다. 세균 Y는 토양에 독립적으로 살다가, 근처에 식물이 있으면 뿌리털을 통해 뿌리 안으로 침입한다. 세균 Y의 유전체에는 ‘셀룰로스 분해 오페론’이 존재한다. 세균 Y의 셀룰로스 분해 효소는 셀룰로스 분해 오페론의 구조 유전자 중 하나이다. 세균 Y를 식물이 있는 토양과 없는 토양에서 각각 배양하였을 때, 식물이 있는 토양에서 배양한 세균 Y만 셀룰로스 분해 효소를 분비하였다. 이를 바탕으로 다음 물음에 답하시오.

(1) 세균 Y를 처리한 식물 세포와 처리하지 않은 식물 세포를 동일한 저장액에 각각 넣고 일정 시간이 지난 뒤 식물 세포의 크기를 관찰하였다. 관찰 결과, [그림 4]와 같이 세균 Y를 처리한 세포의 크기가 처리하지 않은 세포보다 더 컸다. (단, 이때 터진 세포는 없었다.) 세균 Y를 처리한 식물 세포의 크기가 더 커진 이유를 설명하시오.



[그림 4] 세균 Y 미처리 세포와 처리 세포의 크기 비교

(2) 식물 X에 감염하는 곰팡이 Z도 셀룰로스 분해와 관련된 단백질들을 이용하여 뿌리털을 통해 뿌리 안으로 침입한다. [그림 5]의 3역 6계 분류체계에서 세균 Y와 곰팡이 Z는 (가)~(라) 중 어디에 속하는가?



[그림 5] 3역 6계 분류체계 계통수 (각 회색 타원 = 하나의 역)

(3) 위의 문항 1-3(2)에서 세균 Y와 곰팡이 Z가 속한 3역을 고려했을 때, 세균 Y와 곰팡이 Z에서 셀룰로스 분해와 관련된 유전자들의 전사 조절 과정은 어떤 차이를 보일지 설명하시오.

예시 답안 — 문제 1

예시 답안 — 문제 1-1

위치 정보(positional information)에 의한 분화

H세포와 N세포의 운명은 세포의 계보(혈통)가 아니라 뿌리 표면에서 그 세포가 놓인 **상대적 위치**에 의해 결정된다. 근거는 두 가지다. 첫째, [그림 1-b]처럼 H세포와 N세포가 규칙적·교대적 공간 패턴으로 분포한다는 점은 분화가 위치에 따라 결정됨을 시사한다. 둘째, H1세포를 파괴하자 그 빈자리를 채운 N1세포가 원래대로라면 N세포가 되었을 세포임에도 **H세포의 자리**에 놓이자 뿌리털을 형성하는 H세포로 분화하였다. 즉 세포의 최종 운명은 미리 정해져 있는 것이 아니라, 이웃 세포와의 관계에서 오는 위치 신호에 반응하여 결정된다.

예시 답안 — 문제 1-2

(1) A와 B의 작용 관계 — A가 B를 억제, B가 뿌리털을 직접 유도

[표 1]을 분석하면 **뿌리털 형성 여부는 유전자 B의 전사와 정확히 일치**한다(B가 전사되면 형성, 안 되면 형성 안 됨). 따라서 B는 뿌리털 형성을 직접 지시하는 전사 인자다. 또한 유전자 A가 결실되자 원래 B가 꺼져 있던 ‘나’ 위치에서도 B가 켜졌다(A 결실 식물의 ‘나’: $A \times \rightarrow B \circ$). 즉 **A는 B의 발현을 억제**한다. 정리하면, ‘가’ 위치(=H세포)는 A가 꺼져 B가 켜지므로 뿌리털을 형성하고, ‘나’ 위치(=N세포)는 A가 켜져 B를 억제하므로 뿌리털을 형성하지 않는다.

(2) A·B 이중 결실 — ‘가’·‘나’ 모두 뿌리털 형성 안 됨

B는 뿌리털 형성에 반드시 필요한 직접 인자이다. A와 B가 모두 결실되면 B 산물 자체가 없으므로, A의 억제 여부와 무관하게 ‘가’와 ‘나’ 어느 위치에서도 **뿌리털이 형성되지 않는다**. (B 결실 식물에서 두 위치 모두 형성 안 됨을 보인 [표 1]의 결과와 일치.)

(3) 유전자 C의 역할 — ‘나’ 위치 특이적으로 발현되어 A의 전사를 가능하게 함

[표 2]에서 유전자 C는 정상 식물의 ‘나’ 위치에서만 전사된다(가 \times , 나 \circ). 결정적으로, C가 결실되자 원래 A가 켜져 있던 ‘나’ 위치에서 **A의 전사가 사라졌다**(C 결실의 ‘나’: $A \times$). 즉 C는 ‘나’ 위치에서 A가 전사되기 위해 필요한 상위 인자다. A가 사라지면 B에 대한 억제가 풀려 B가 켜지고(C 결실 ‘나’: $B \circ$), 그 결과 원래 N세포였던 ‘나’ 위치에 **비정상적으로 뿌리털이 형성된다**(C 결실 ‘나’: 형성됨). 정리하면 조절 경로는 **C(위치 신호) \rightarrow A \rightarrow B 억제 \rightarrow 뿌리털 억제**이며, C는 ‘나’ 위치에서 A의 발현을 매개해 N세포 운명(뿌리털 없음)을 유지한다. (동치로, B는 A와 C가 모두 존재할 때만 억제된다고 볼 수 있다.)

예시 답안 — 문제 1-3

(1) 세포벽 약화 + 삼투에 의한 세포 팽창

식물 세포는 셀룰로스 이루어진 단단한 세포벽이 팽압(turgor)을 지지하여 크기를 제한한다. 세균 Y가 분비한 셀룰로스 분해 효소는 이 세포벽의 셀룰로스를 분해해 벽을 약화시킨다. 저장액에서 삼투로 물이 세포 안으로 들어올 때, 약해진 세포벽이 팽압을 충분히 저항하지 못하므로 세포가 더 크게 팽창한다. 벽이 완전히 사라진 것은 아니어서 터지지는 않되, 미처리 세포보다 커진 것이다.

(2) 3역 6계에서의 위치

세균 Y는 오픈론 구조를 가진 **원핵생물**이므로 세균역인 (가)에 속한다. 곰팡이 Z는 균계에 속하는 **진핵생물**이므로, 진핵생물역 안에서 동물계와 자매군을 이루는 (라)(균계)에 속한다. ((나)는 고세균역, (다)는 식물계.)

(3) 전사 조절의 차이 — 원핵생물 vs 진핵생물

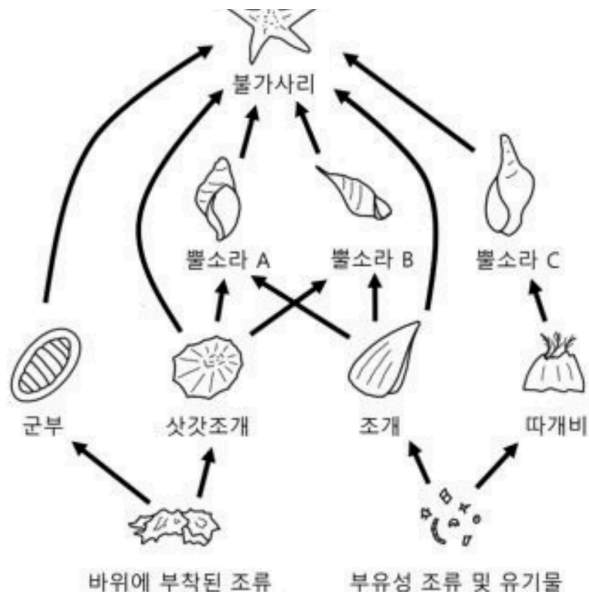
세균 Y(원핵생물)는 셀룰로스 분해 관련 유전자들이 하나의 **오페론**으로 묶여 있어 단일 프로모터·작동자(operator)에서 하나의 다시스트론 mRNA로 한꺼번에 전사되며, 조절 단백질(억제자/활성자)이 작동자에 결합해 전체를 켜고 끈다. 전사와 번역이 세포질에서 동시에 일어난다. 반면 곰팡이 Z(진핵생물)는 각 유전자가 개별 프로모터를 갖는 **단일 시스템**

트론으로 따로 전사되고, 다수의 전사 인자와 인핸서, 염색질 재구성(히스톤 변형 등)을 통해 유전자별로 조절된다. 전사는 핵에서, 번역은 세포질에서 일어나며 그 사이 RNA 가공(5' 캡·폴리A·스플라이싱) 단계가 존재한다.

생명과학 — 문제 2. 조간대 생태계와 핵심종

제시문

연구진이 어느 조간대 생태계에서 핵심종의 역할을 분석하고 있다. 이 생태계의 생물 군집은 광합성 생물인 조류(algae), 1차 소비자인 군부·삿갓조개·조개·따개비, 2차 소비자인 뿔소라 A·뿔소라 B·뿔소라 C, 그리고 최상위 포식자인 불가사리 한 종류로 이루어져 있다. 이들 생물종은 [그림 1]과 같이 매우 복잡한 먹이 그물을 형성하고 있다(화살표는 주요 포식·피식 관계).



[그림 1] 조간대 생태계의 먹이 그물

문제 2-1.

최근 불가사리의 개체수가 급격히 감소하면서 생태계의 변화가 관찰되고 있다. [표 1]은 해당 지역에서 첫 조사 이후 10년간 불가사리의 개체수를, [그림 2]는 같은 기간 동안 뿔소라 B의 개체수, 삿갓조개의 개체수, 조류로 덮인 바위의 면적을 각각 조사한 결과이다.

[표 1] 10년간 불가사리 개체수

조사 시점	시작	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
불가사리 개체수	148	35	3	1	0	0	0	0	0	0	0



[그림 2] 뿔소라 B 개체수, 삿갓조개 개체수, 조류로 덮인 바위 면적의 변화

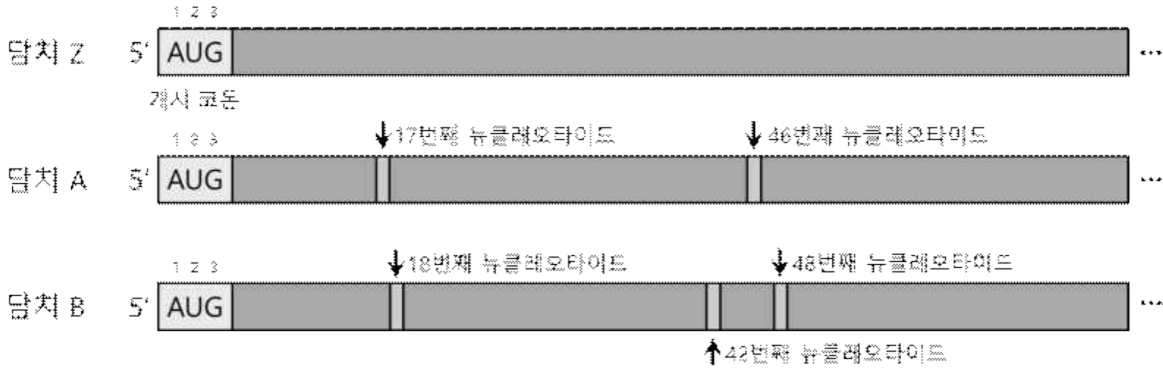
- (1) 각 생물의 개체수 변화 양상을 해석하고, 뿔소라 A와 뿔소라 C의 개체수는 어떻게 변화했는지 추론하시오.
- (2) 이 조간대 생태계에서 핵심종은 무엇이며, 이 종이 생물 다양성에 미치는 영향을 설명하시오.

문제 2-2.

이 지역에 같은 종의 불가사리를 재도입하였을 때, 생태계 평형이 어떻게 이루어질지 예상하시오.

문제 2-3.

같은 종의 불가사리를 재도입한 이후 충분한 시간이 지난 뒤 외래종 담치 두 종, 담치 A와 담치 B가 유입되었다. 담치는 접착 단백질을 생산하여 몸을 바위에 고정시키는데, 담치 B는 담치 A에 비해 바위에 강하게 접착하여 파도에 잘 쓸려 내려가지 않는다. 연구진은 두 종의 접착 단백질을 암호화하는 mRNA 염기서열을, 담치 B와 동일한 강도의 접착 단백질을 만드는 담치 Z의 mRNA 염기서열과 비교하였다. [그림 3]은 담치 Z를 기준으로 담치 A와 B의 mRNA에서 차이가 있는 뉴클레오타이드의 위치를 표시한 것이다. 담치 A에서만 더 약한 접착 단백질이 발현되는 이유를 추론하시오.



- 담치 A, B, Z의 접착 단백질은 세 종이 공유하고 있는 단일 유전자 부위에서 발현된다.
- 그림은 접착 단백질 mRNA의 일부이며, 그림에 나타난 영역에 종결 코돈은 없다.
- 세 종의 mRNA 염기서열에는 주어진 것 이외의 차이는 없다고 가정한다.

[그림 3] 담치 Z 대비 담치 A·B의 mRNA 차이 위치 (담치 A: 17·46번, 담치 B: 18·42·48번)

문제 2-4.

담치는 다른 조개나 따개비에 비해 몸집이 커서 뿔소라와 불가사리가 먹이로 선호하지 않았다. 그러나 담치가 유입된 이후 충분한 시간이 지나자, 담치를 포식하는 불가사리가 관찰되기 시작하였다. 담치를 포식하는 개체들을 따로 분리해 조사한 결과, 전체 불가사리 개체군에 비하여 몸집이 유의미하게 크다는 사실을 발견하였다.

- (1) 담치 유입 초기에 발생할 것으로 예상되는 생태계의 변화를 설명하시오.
- (2) 담치를 포식하는 불가사리의 몸 크기를 조사한 결과를 토대로 앞으로 불가사리 개체군에서 나타날 진화적 양상을 설명하고, 이 현상이 생태계에 어떤 영향을 미칠지 예측하시오.

문제 2-5.

불가사리는 극피동물, 군부는 연체동물, 따개비는 절지동물에 속한다. 각 분류군의 공통점과 차이점을 계통수를 기반으로 설명하시오.

예시 답안 — 문제 2

예시 답안 — 문제 2-1

(1) 개체수 변화 해석과 뿔소라 A·C 추론

불가사리(최상위 포식자)가 급감하자 포식 압력이 풀려 뿔소라 3종은 초기에 모두 증가한다. 그러나 세 종은 생태적 지위가 크게 겹쳐 서로 경쟁하므로, **경쟁 배타 원리**에 따라 결국 한 종만 우점하여 지속하고 나머지는 밀려난다. [그림 2]에서 뿔소라 B는 초기에 증가해 정점을 찍은 뒤 0으로 감소하는데, 이는 B가 경쟁에서 밀린 종임을 뜻한다. 삿갓조개와 조류로 덮인 면적이 함께 감소하는 것은, 우점하게 된 소비자·경쟁종이 먹이와 바위 공간을 독점하면서 다른 종이 배제되기 때문이다. 따라서 **뿔소라 A와 C 중 한 종은 지속적으로 증가하여 우점하고(승자), 다른 한 종은 뿔소라 B처럼 증가 후 감소한다(패자)**고 추론할 수 있다.

(2) 핵심종과 생물 다양성

이 생태계의 핵심종(keystone species)은 **최상위 포식자인 불가사리**이다. 불가사리는 우점 경쟁종(뿔소라 등)을 포식해 특정 종의 독점을 막음으로써 여러 종이 공존하도록 하여 **생물 다양성을 높게 유지**한다. 개체수는 적어도 군집 구조에 미치는 영향이 크다는 점이 핵심종의 특징이다. 불가사리가 사라지면 경쟁 배타로 소수 종이 자원과 공간을 독점하여 다양성이 급격히 붕괴한다.

예시 답안 — 문제 2-2

불가사리 재도입 → 원래 평형 회복

불가사리를 재도입하면 우점하던 경쟁종(뿔소라 등)에 대한 포식 압력이 회복된다. 우점종이 억제되면서 경쟁에서 밀려났던 종들이 다시 늘어나고, 삿갓조개·조류 등도 회복된다. 그 결과 먹이 그물의 복잡성과 종 다양성이 되살아나, **핵심종이 조절하던 원래의 생태계 평형 상태로 되돌아간다**.

예시 답안 — 문제 2-3

코돈의 위치와 변이의 효과 — 담치 A만 약한 이유

mRNA에서 연속된 3개의 염기가 하나의 코돈을 이루며(개시 코돈 AUG = 1~3번 위치), 하나의 아미노산을 지정하는 코돈이 여러 개일 수 있다(코돈의 중복성). 개시 코돈을 기준으로 코돈 내 위치를 계산하면:

- **담치 A:** 17번(코돈의 2번째 자리), 46번(코돈의 1번째 자리)에서 차이 → 1·2번째 자리 변화는 지정 아미노산을 바꾸는 **과오(missense) 변이**일 가능성이 높다. 따라서 담치 A의 접착 단백질은 아미노산 서열이 담치 Z와 달라져 **접착력이 약해진다**.
- **담치 B:** 18번·42번·48번에서 차이 → 모두 코돈의 **3번째 자리** 변화다. 코돈의 3번째 자리는 중복성(wobble)으로 인해 대개 같은 아미노산을 지정하므로 **침묵(동의, synonymous) 변이**일 가능성이 높다. 따라서 담치 B는 담치 Z와 동일한 아미노산 서열의 단백질을 만들어 **Z와 같은 강한 접착력**을 갖는다.

결론적으로 세 종의 mRNA 차이 중 담치 A의 변이만 아미노산 서열을 바꾸므로, 담치 A에서만 더 약한 접착 단백질이 발현된다.

예시 답안 — 문제 2-4

(1) 담치 유입 초기의 생태계 변화

담치는 몸집이 커서 초기에는 포식자(뿔소라·불가사리)가 선호하지 않으므로 천적 압력이 거의 없다. 그 결과 담치가 빠르게 번식해 바위 표면(공간)을 독점하고, 공간을 두고 경쟁하던 따개비·조개 등 정착성 생물을 밀어낸다. 따라서 **종 다양성이 감소**하는 방향으로 군집이 재편된다.

(2) 진화적 양상과 생태적 영향

담치를 포식하는 불가사리가 전체 개체군보다 몸집이 유의미하게 크다는 것은, 큰 개체만 담치를 먹을 수 있어 먹이 자원 측면에서 유리함을 뜻한다. 이는 큰 몸집을 선호하는 **방향성 선택(자연 선택)**으로 작용하여, 세대를 거치며 불가사리 개체군의 평균 몸 크기가 커지는 **진화**가 일어날 것으로 예상된다. 큰 불가사리가 늘어나면 독점하던 담치가 포식되어 바위 공간이 다시 열리고, 밀려났던 종들이 회복된다. 즉 불가사리가 **담치에 대해서도 핵심종의 조절 기능을 회복**하여 생물 다양성이 다시 높아진다.

예시 답안 — 문제 2-5

계통 기반 공통점과 차이점

불가사리(극피동물), 군부(연체동물), 따개비(절지동물)는 모두 좌우 대칭·삼배엽·체강을 갖는 후생동물이라는 공통점이 있다. 계통상 극피동물은 **후구동물(deuterostome)**, 연체동물과 절지동물은 **선구동물(protostome)**에 속하므로, 발생 초기 원구(입·항문 형성 순서)의 차이에 따라 군부와 따개비가 서로 더 가깝고 불가사리가 이들의 외군(outgroup)이 된다. 계통수로는 (군부, 따개비)가 한 분지를 이루고 불가사리가 바깥에 놓인다. 형질 차이로는, 극피동물은 **수관계(관족)·석회질 골편·(성체) 오방사 대칭**, 연체동물은 **외투막·패각·근육질 발**, 절지동물은 **키틴질 외골격·마디로 나뉜 몸과 부속지·탈피**를 특징으로 한다.