중3 과학 | 생식과 유전 | V06

부모에게 보이지 않던 형질이 자손에게 다시 나타날 수 있을까?

한 형질의 유전 — 궁금증에서 문제 풀이까지

질문 지도

묶음	읽다가 생기는 질문	이어지는 확인 문제
1. 실험과 용어	Q1 완두의 장점 · Q2 형질·표현형·유전자형 · Q3 순종과 잡종	1–8
2. 형질의 전달	Q4 한쪽만 나타남 · Q5 우열의 뜻 · Q6 형질의 재등장	9–20
3. 비율과 확률	Q7 두 가지 비율 · Q8 확률과 실제 · 탐구	21–29
4. 유전자형 알아내기	Q9 검정 교배	30–36

먼저 꺼내 올 것

앞에서 배운 개념	이번에 연결할 내용
상동 염색체	부모에게서 하나씩 받은 한 쌍이며, 같은 종류의 유전자가 같은 위치에 있다.
감수 분열	한 쌍의 상동 염색체가 나뉘어 생식세포로 전달된다.
수정	두 생식세포가 만나 자손이 양쪽 어버이의 유전 정보를 받는다.

이 편에서는 **완두의 씨 모양이라는 한 형질**을 따라간다. 모든 형질이 이와 같은 방식으로 유전되는 것은 아니다.

© 대치동 재우쌤 | 010-9524-4849
https://leessaem.com/ | https://blog.naver.com/leessaem84
본 자료는 직접 제작한 학습 자료입니다. 개인 학습을 위한 열람·인쇄는 자유롭게 할 수 있으며, 무단 복제·재배포·수정 후 재배포 및 상업적 이용을 금합니다.

묶음 1 실험과 용어

Q1 멘델은 왜 완두로 실험했을까?

한줄답 형질을 구별하기 쉽고, 교배 상대를 정하여 많은 자손을 비교할 수 있기 때문이다.

완두의 장점	실험에서 좋은 점
기르기 쉽고 한 세대가 짧다.	여러 세대의 결과를 비교하기 좋다.
자손을 많이 얻을 수 있다.	몇 개의 우연한 결과에만 기대지 않을 수 있다.
둥근 씨·주름진 씨처럼 대립 형질이 뚜렷하다.	나타난 형질을 나누어 세기 쉽다.
자가 수분이 잘 일어난다.	같은 형질을 계속 나타내는 순종을 얻기 좋다.
다른 개체의 꽃가루를 옮겨 줄 수 있다.	원하는 두 개체를 교배할 수 있다.

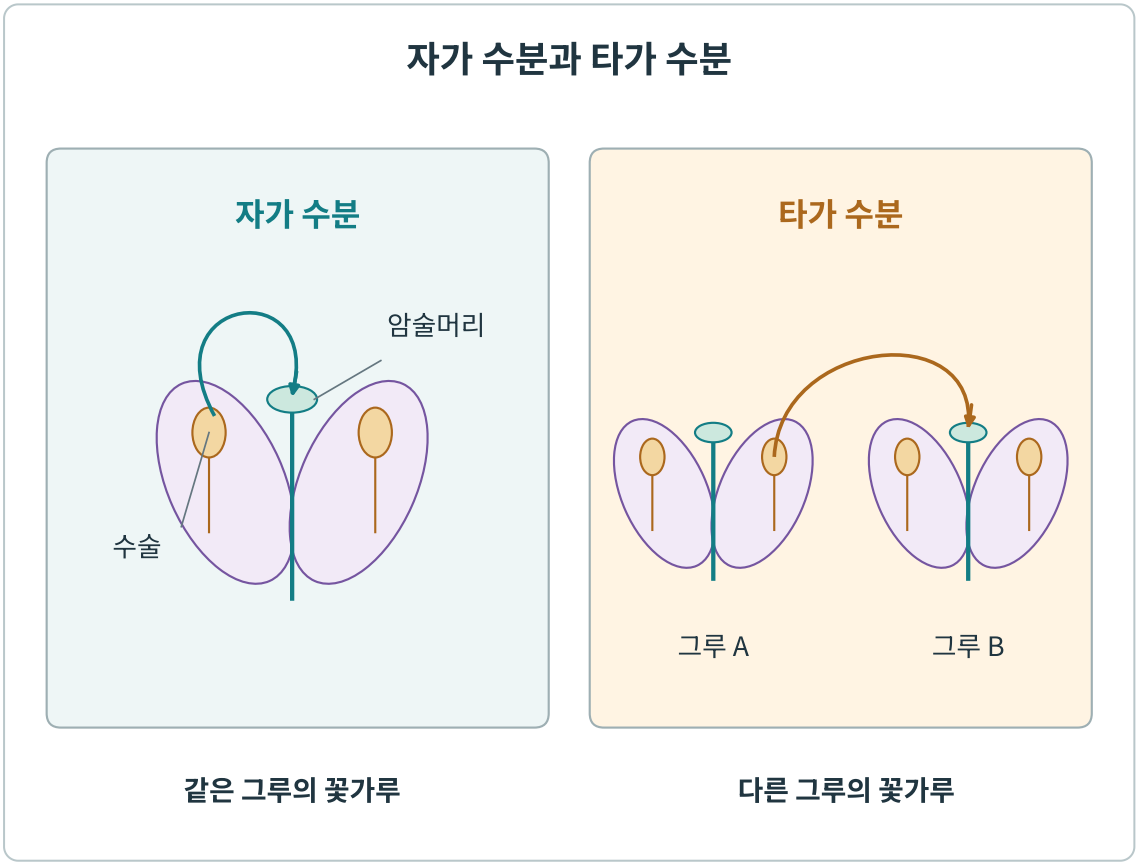


그림 1 꽃가루가 오는 곳으로 구별하는 자가 수분과 타가 수분

용어	뜻
수분	수술의 꽃가루가 암술머리에 붙는 일
자가 수분	같은 개체(그루)의 꽃가루가 암술머리에 붙는 일
타가 수분	다른 개체의 꽃가루가 암술머리에 붙는 일
교배	두 개체 사이에서 생식세포가 만나 자손을 얻도록 하는 것

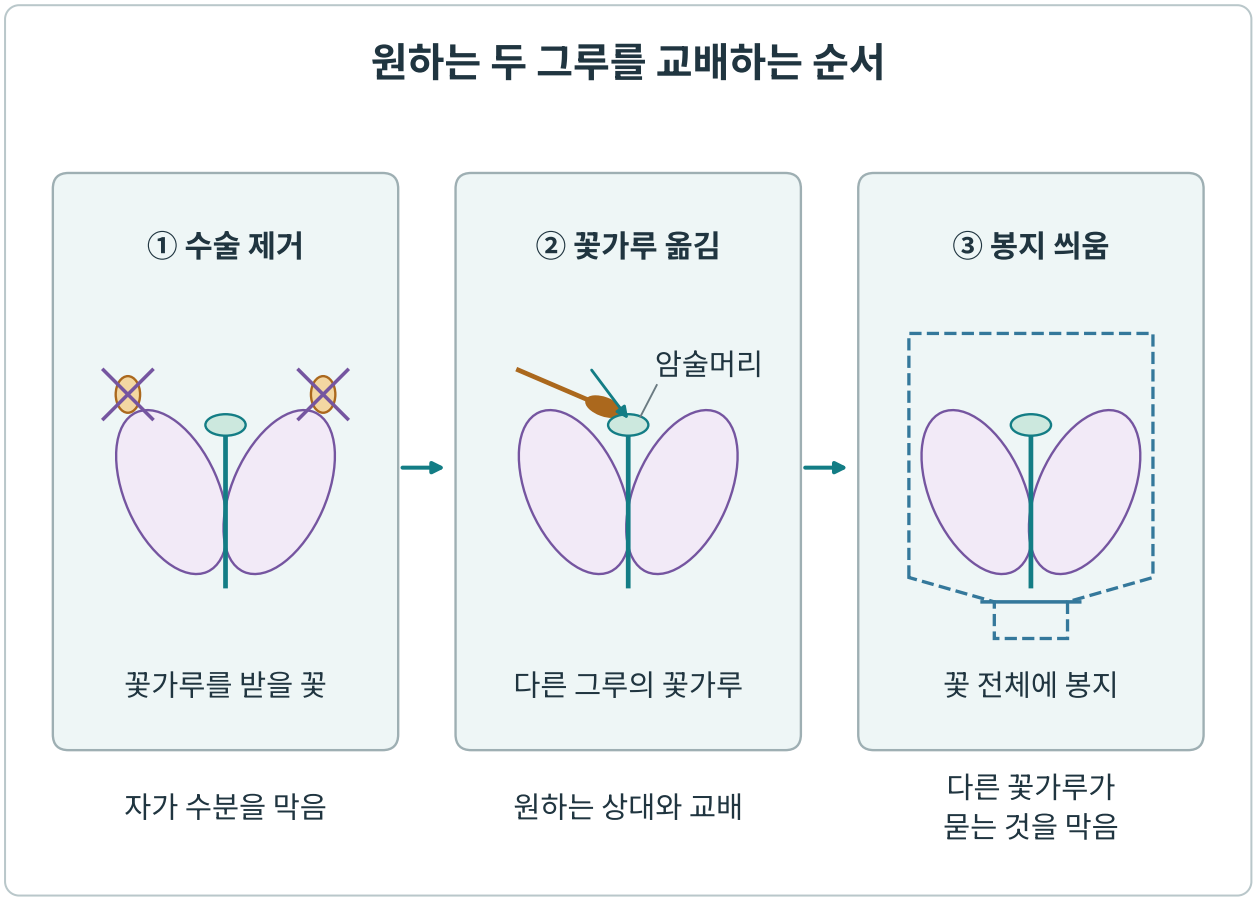


그림 2 원하는 두 개체를 교배하는 인공 타가 수분

쉽게 생각하면 **같은 그루의 꽃가루를 받으면 자가 수분, 다른 그루의 꽃가루를 받으면 타가 수분이다.**

헷갈림 바로잡기

✕ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
같은 종류의 식물끼리면 모두 자가 수분이다.	같은 **개체**인지, 서로 다른 개체인지로 구별한다.

Q2 형질·표현형·유전자형은 무엇이 다를까?

한줄답 형질은 생물의 특성, 표현형은 겉으로 드러난 형질, 유전자형은 유전자 구성을 기호로 나타낸 것이다.

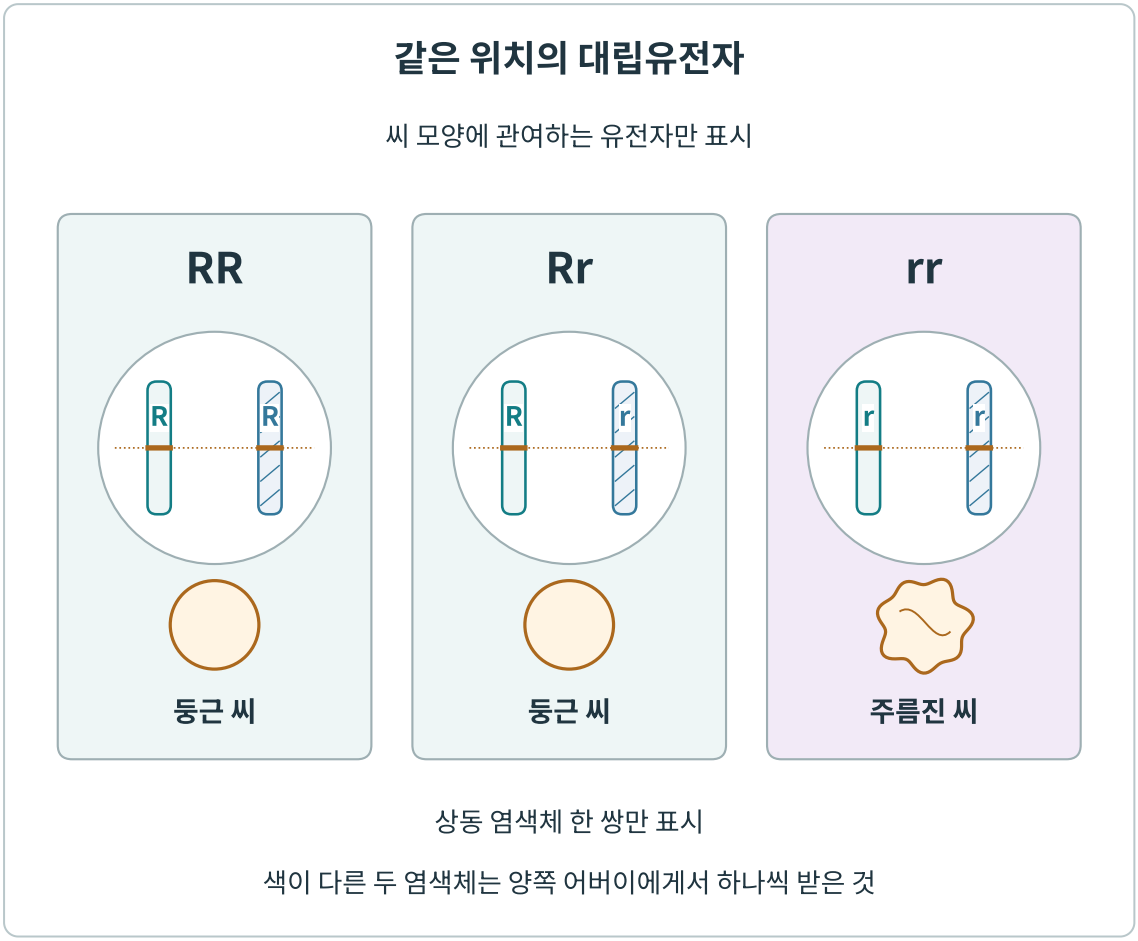


그림 3 상동 염색체의 같은 위치와 유전자형·표현형

정의 **유전**
어버이의 형질이 자손에게 전달되는 현상이다.

구분	용어	뜻	씨 모양에 적용하면
눈에 보이는 것	**형질**	생물이 가진 모양·색깔 등의 특성	씨 모양
	대립 형질	한 형질에서 서로 뚜렷하게 구별되는 형질	둥근 것 ↔ 주름진 것
	표현형	겉으로 드러나는 형질	둥글다 / 주름지다
세포 속에 있는 것	**대립유전자**	한 형질에 관여하며 상동 염색체의 같은 위치에 있는 유전자	R, r
	유전자형	유전자 구성을 기호로 나타낸 것	RR·Rr·rr

기호 약속: 둥근 모양의 대립유전자를 **R**, 주름진 모양의 대립유전자를 **r**로 나타낸다. **RR·Rr은 둥근 완두, rr은 주름진 완두**이다. Rr이 왜 둥근지는 Q4에서 푼다.

체세포에는 씨 모양에 관여하는 대립유전자가 한 쌍 있다. RR·rr처럼 같은 종류 두 개를 가질 수도 있다.

쉽게 생각하면 '무엇을 가졌나'는 RR·Rr·rr, '어떻게 보이나'는 둥근 완두·주름진 완두다.

헷갈림 바로잡기

✕ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
둥글면 유전자형도 모두 같다.	RR과 Rr은 유전자형이 달라도 둘 다 둥글다.

Q3 순종과 잡종은 무엇이 같거나 다르다는 뜻일까?

한줄답 한 형질의 대립유전자 두 개가 같으면 순종, 다르면 잡종이다.

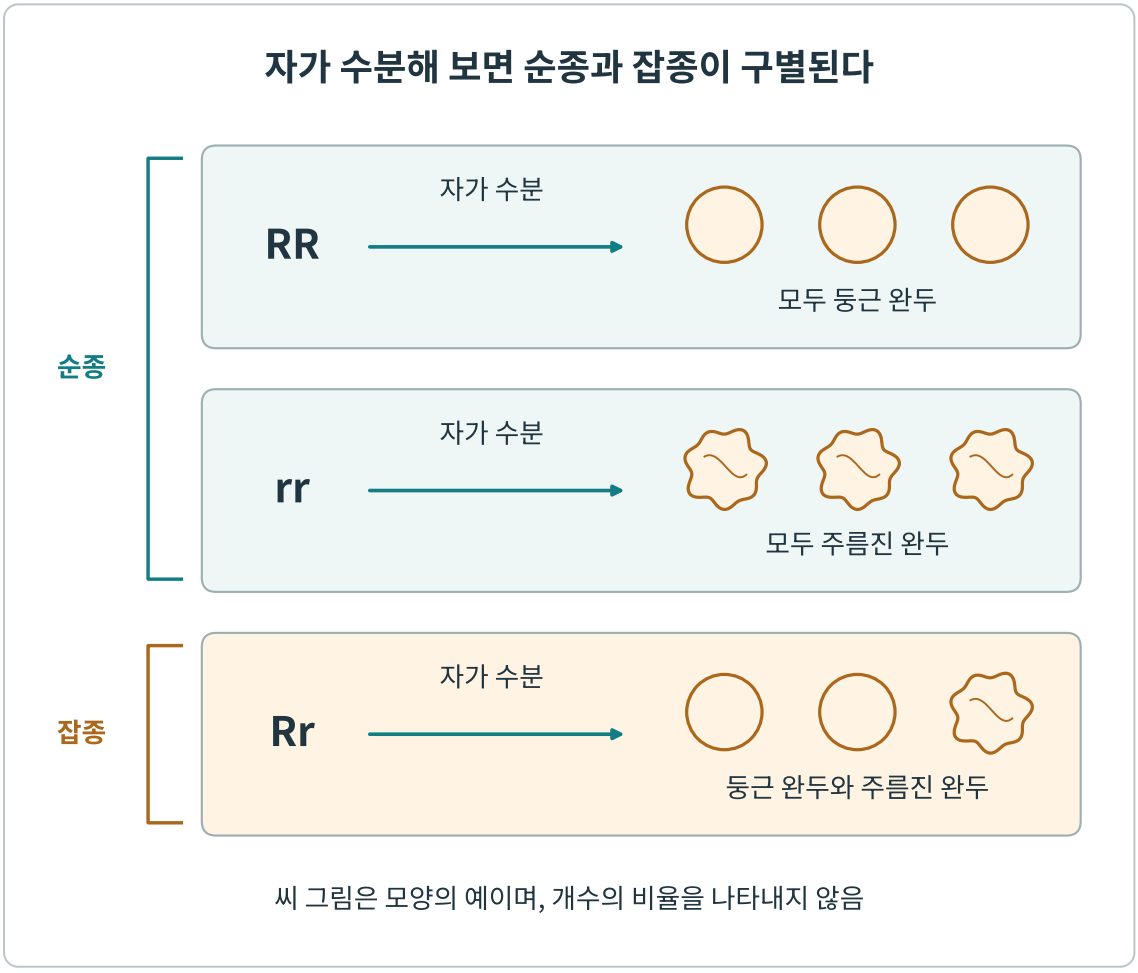


그림 4 순종과 잡종의 자가 수분 결과

구분	대립유전자 구성	씨 모양의 예	자가 수분했을 때
순종	같은 종류 두 개	RR 또는 rr	그 형질이 자손에게 계속 나타난다.
잡종	서로 다른 종류	Rr	자손에게 둥근 씨와 주름진 씨가 나타날 수 있다.

정의 **순종**

한 형질의 대립유전자 두 개가 같은 개체이다. 여러 세대 자가 수분하여도 같은 형질의 자손만 나온다. 씨 모양의 예는 RR·rr이다.

정의 **잡종**

조사하는 형질의 대립유전자 두 개가 서로 다른 개체이다. 씨 모양의 예는 Rr이다.

쉽게 생각하면 RR과 rr은 같은 종류끼리 한 쌍, Rr은 서로 다른 종류가 한 쌍이다.

헷갈림 바로잡기

✕ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
씨 모양이 순종이면 다른 형질의 유전자까지 모두 같다.	지금 조사하는 **씨 모양의 유전자**에 대한 말이다. 다른 형질의 유전자까지 같다는 뜻은 아니다.

실전 연결 ① **겉모습으로 지울 수 있는 후보**

대표 문제

완두 두 개체의 씨 모양이 각각 둥근 것과 주름진 것이다. 각 완두의 유전자형으로 가능한 것을 모두 쓰시오.

관찰한 단서	남는 유전자형	이유
둥근 씨	RR 또는 Rr	두 유전자형이 같은 표현형을 나타낸다.
주름진 씨	rr	주름진 형질은 r이 두 개일 때 나타난다.

기억할 기준 **둥근 완두는 후보가 둘(RR·Rr), 주름진 완두는 rr 하나다.**

확인 문제 1-8

1 완두가 유전 실험에 적합한 까닭으로 옳은 것은?

① 자손이 한 개씩만 생겨 결과가 단순하다.
② 한 세대가 매우 길어 같은 개체를 오래 관찰할 수 있다.
③ 대립 형질이 뚜렷하여 자손을 나누어 세기 쉽다.
④ 다른 개체의 꽃가루를 옮길 수 없어 교배가 불가능하다.
⑤ 모든 완두의 유전자형이 같아 비교할 필요가 없다.

2 다음 상황을 **자가 수분·타가 수분** 중 하나로 구분하시오.

(가) 한 완두 개체의 꽃가루가 그 개체의 다른 꽃 암술머리에 붙었다. (　　)

(나) 한 완두 개체의 꽃가루가 다른 완두 개체의 꽃 암술머리에 붙었다. (　　)

3 다른 개체의 꽃가루를 묻히기 전에, 꽃가루를 받을 꽃의 수술을 미리 제거하는 주된 까닭은?

① 꽃잎의 색을 바꾸려고
② 자가 수분을 막으려고
③ 주름진 모양 대립유전자를 없애려고
④ 자손의 염색체 수를 두 배로 늘리려고
⑤ 수정 없이 씨를 만들려고

4 〈보기〉에서 알맞은 용어를 골라 쓰시오. 각 용어는 한 번씩 쓴다.

보기

형질 · 대립 형질 · 유전자형 · 표현형

내용	용어
완두의 씨 모양이라는 특징	(　　)
씨가 둥근 것과 주름진 것처럼 대비되는 특징	(　　)
대립유전자 구성을 Rr로 나타낸 것	(　　)
Rr인 개체에서 나타나는 둥근 씨 모양	(　　)

5 완두 씨 모양에 관한 설명으로 옳은 것은?

① Rr은 표현형이다.
② 주름진 씨는 유전자형이다.
③ 둥근 완두의 유전자형은 RR만 가능하다.
④ RR과 Rr은 씨 모양의 대립유전자 구성이 같다.
⑤ RR과 Rr은 유전자형이 달라도 같은 표현형을 나타낸다.

6 RR·Rr·rr 중 **순종인 유전자형을 모두** 쓰시오.

답: ( )

7 **씨 모양에 대해 '잡종'이라는 말의 뜻으로 옳은 것은?**

① 그 형질의 대립유전자 두 개가 서로 다르다.
② 그 형질의 대립유전자가 세 개 있다.
③ 두 종의 생물이 반드시 섞여 있다.
④ R은 없고 r만 있다.
⑤ 자손을 만들 수 없다.

8 **옳으면 O, 틀리면 X를 쓰시오.**

(가) rr은 순종이다. ( )

(나) 씨 모양의 순종이라는 말은 다른 형질의 유전자까지 모두 같다는 뜻이다. ( )

(다) Rr은 잡종이며 둥근 씨 모양을 나타낸다. ( )

묶음 2 형질의 전달

먼저 멘델이 **서로 다른 형질의 순종**을 교배하여 관찰한 결과를 보자.

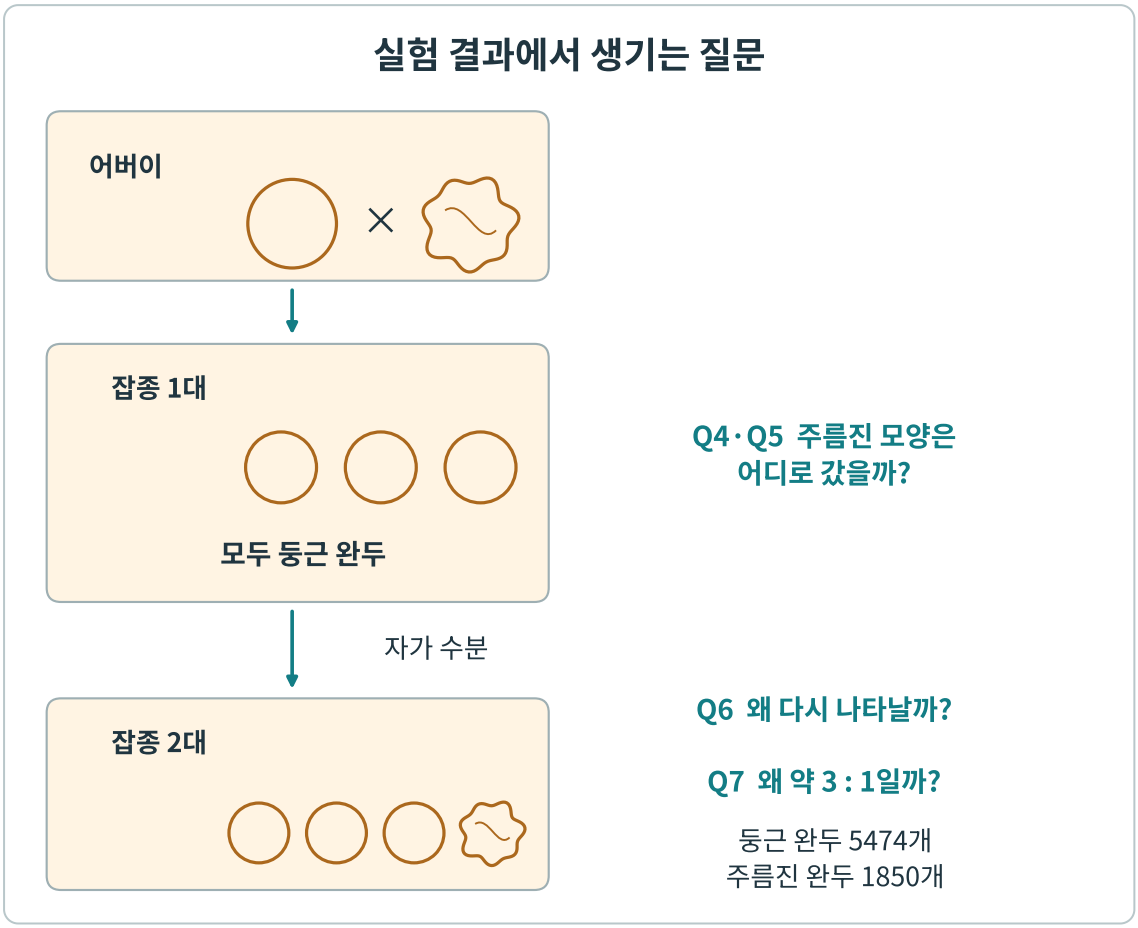


그림 5 관찰 결과에서 시작하는 세 가지 질문

세대 이름	뜻
어버이(P)	교배에 쓴 처음의 두 개체
잡종 1대(F_1)	어버이를 교배하여 얻은 자손
잡종 2대(F_2)	잡종 1대를 자가 수분하여 얻은 자손

괄호 안의 기호로 쓰기도 하지만, 여기서는 우리말 세대 이름을 쓴다.

Q4 다른 형질의 순종끼리 교배했는데 왜 잡종 1대에는 한쪽만 나타날까?

한줄답 Rr에서는 R과 r을 모두 가지지만, 우성인 둥근 형질만 나타나기 때문이다.

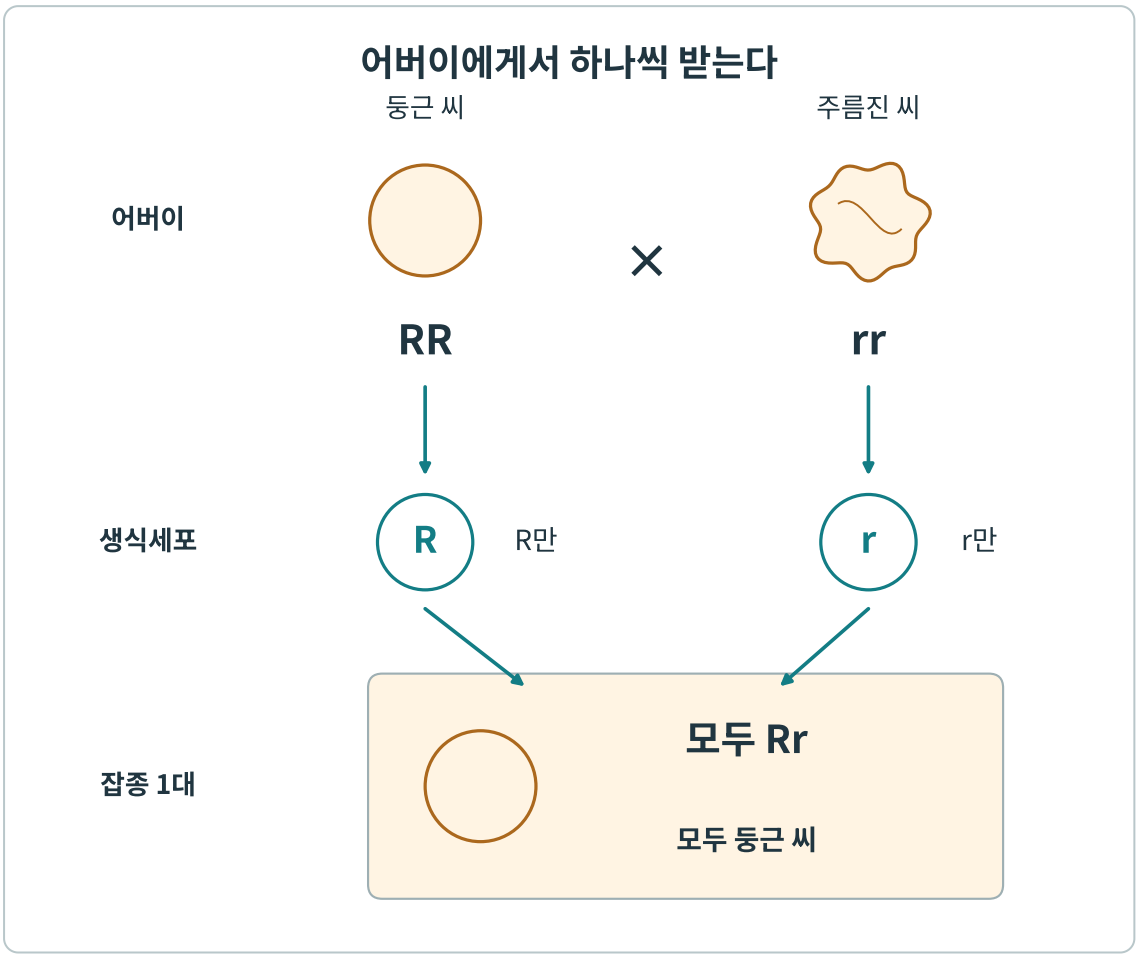


그림 6 순종끼리 교배하여 잡종 1대가 되는 과정

단계	유전자형 / 생식세포의 대립유전자	나타나는 씨 모양
어버이	RR × rr	둥근 씨 × 주름진 씨
각 어버이의 생식세포	R만 / r만	—
잡종 1대	모두 Rr	모두 둥근 씨

정의 **우열의 원리**

대립 형질이 다른 순종끼리 교배하여 얻은 잡종 1대에서 한쪽 형질만 나타나는 원리이다.

정의 **우성**

대립 형질이 다른 순종끼리 교배하여 얻은 잡종 1대에서 나타나는 형질이다.

정의 **열성**

같은 교배의 잡종 1대에서 나타나지 않는 형질이다.

우성 대립유전자는 **대문자**, 열성 대립유전자는 **소문자**로 나타낸다.

쉽게 생각하면 Rr은 양쪽 어버이에게서 R과 r을 하나씩 받지만, 겉으로는 둥근 모양만 나타낸다.

헷갈림 바로잡기

✕ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
주름이 보이지 않으므로 r을 받지 않았다.	잡종 1대는 r도 받았으며, 유전자형은 Rr이다.

Q5 우성은 더 좋거나 더 흔하고, 열성은 약해서 없어지는 것일까?

한줄답 **우성·열성은 함께 있을 때 나타나는 형질의 관계이며, 좋고 나쁨이나 흔한 정도가 아니다.**

궁금한 것	Rr에서 확인할 사실
어떤 형질이 보이는가?	우성인 둥근 형질이 보인다.
어떤 대립유전자를 가졌는가?	R과 r을 모두 가졌다.
무엇을 자손에게 전달할 수 있는가?	생식세포를 통해 R 또는 r을 전달할 수 있다.
어느 형질이 더 좋고 흔한가?	우성·열성이라는 말만으로는 알 수 없다.

쉽게 생각하면 ‘보이지 않는다’와 ‘가지고 있지 않다’는 다르다.

헷갈림 바로잡기

✕ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
순종은 우성이고 잡종은 열성이다.	RR·rr은 둘 다 순종이다. Rr은 잡종이면서 둥근 형질을 나타낸다.
R이 r을 이겨서 없애 버린다.	Rr에는 r도 남아 있고, 자손에게 전달될 수 있다.
우성이므로 생식세포에도 더 많이 들어간다.	Rr이 만드는 생식세포의 R과 r 비율은 1:1이다.

Q6 잡종 1대에 보이지 않던 형질이 왜 잡종 2대에 다시 나타날까?

한줄답 생식세포로 나뉘어 전달된 r이 수정에서 다시 한 쌍을 이루면 rr이 되기 때문이다.

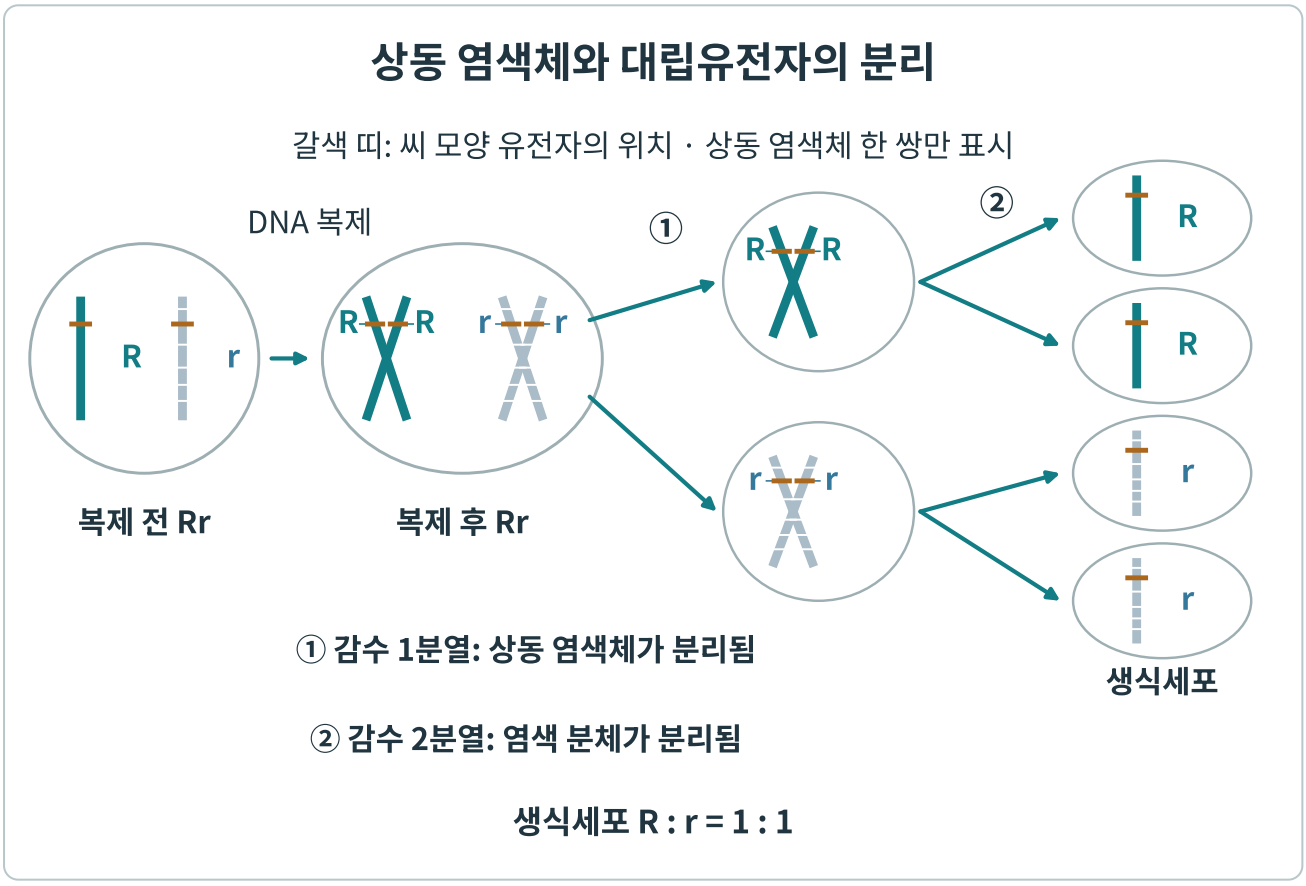


그림 7 염색체의 분리와 R·r의 전달

그림은 대립유전자가 나뉘는 과정을 나타낸 모형이다.

과정	대립유전자에 일어나는 일
잡종 1대 Rr	상동 염색체의 같은 위치에 R과 r이 있다.
생식세포가 만들어짐	R과 r이 나뉘어, 생식세포 하나는 R 또는 r을 갖는다.
수정	한쪽의 생식세포가 R 또는 r을, 다른 쪽도 R 또는 r을 전달한다.
잡종 2대	rr이 된 자손에서 주름진 형질이 나타난다.

정의 **분리의 법칙**

한 쌍의 대립유전자가 생식세포 형성 과정에서 분리되어 서로 다른 생식세포로 들어가는 법칙이다.

Rr에서는 R을 가진 생식세포와 r을 가진 생식세포가 같은 비율로 만들어진다.

자가 수분에서는 **한 개체가 암술 쪽 생식세포와 수술 쪽 생식세포를 모두 만든다.** Rr인 개체에서는 양쪽 모두 R 또는 r을 가지므로 **Rr × Rr**로 쓴다. 교배표에는 양쪽 생식세포의 대립유전자를 따로 쓴다.

쉽게 생각하면 Rr의 '한 쌍'이 생식세포에서는 '하나씩', 수정 뒤에는 다시 '한 쌍'이 된다.

헷갈림 바로잡기

✗ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
Rr인 개체는 Rr이라는 생식세포를 만든다.	**씨 모양 유전자에 대해 생식세포는 R 또는 r 하나를 가진다.**
잡종 2대에서 r이 새로 생겼다.	**잡종 1대에 있던 r이 자손에게 전달된 것이다.**

실전 연결 ② **교배표의 가장자리와 안쪽은 다르다**

대표 문제

Rr인 완두가 자가 수분하였다. 생식세포의 대립유전자부터 교배표를 만들고, 자손의 유전자형별 확률을 쓰시오.

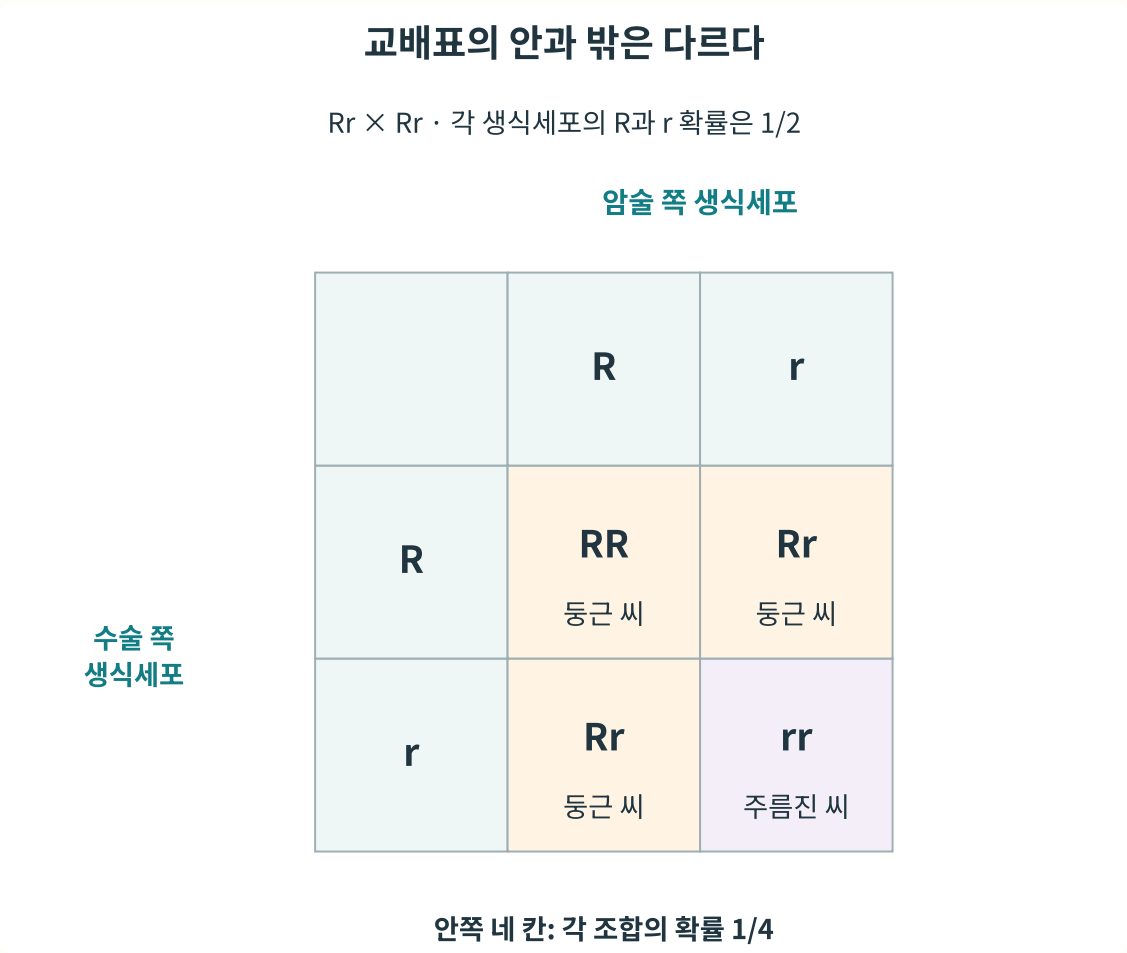


그림 8 가장자리는 생식세포, 안쪽 칸은 자손인 교배표

무엇을 읽는가?	결과
가장자리(맨 윗줄과 맨 왼쪽 줄): 생식세포	각각 R과 r, 확률은 각각 $\frac{1}{2}$
안쪽 네 칸	RR·Rr·Rr·rr, 각 조합의 확률은 $\frac{1}{4}$
같은 유전자형끼리 합침	RR $\frac{1}{4}$ · Rr $\frac{1}{2}$ · rr $\frac{1}{4}$

Rr의 두 경로는 **한쪽에서 R·다른 쪽에서 r**, 또는 **한쪽에서 r·다른 쪽에서 R**이다. 기호를 쓰는 순서가 달라도 같은 유전자형이며, 보통 Rr로 모아 쓴다.

기억할 기준 **네 칸은 자손이 네 개라는 뜻이 아니다. 자손 하나가 될 수 있는 네 가지 경우이다.**

확인 문제 9–20

9 RR과 rr인 완두를 교배하였다. 잡종 1대의 유전자형과 씨 모양을 쓰시오.

유전자형: ( ) / 씨 모양: ( )

10 대립 형질이 다른 순종을 교배했더니 잡종 1대의 씨가 모두 둥글었다. 우열의 원리에 따라 판단한 것으로 옳은 것은?

① 주름진 형질이 우성이다.
② 잡종 1대의 유전자형은 RR이다.
③ 잡종 1대에는 r이 없다.
④ 둥근 형질이 우성이다.
⑤ 우성 형질은 항상 자연에서 더 흔하다.

11 Rr인 개체의 체세포에는 씨 모양에 관여하는 대립유전자가 ( )개 있다. 생식세포 하나에는 씨 모양의 대립유전자가 ( )개 있다.

12 우성·열성에 관한 설명으로 옳은 것을 **두 개** 고르시오.

① 열성 대립유전자는 우성 대립유전자와 만나면 없어진다.
② 우성·열성만으로 생존에 더 유리한 형질을 정할 수 없다.
③ Rr은 생식세포에 R을 r보다 더 많이 전달한다.
④ 열성 형질은 자손에게 다시 나타날 수 없다.
⑤ Rr은 둥근 형질을 나타내면서 r을 자손에게 전달할 수 있다.

13 Rr인 개체에서 R과 r은 한 쌍의 ( )의 같은 위치에 있다.

14 그림 7의 분리 결과를 바탕으로, Rr인 개체가 만드는 생식세포의 종류와 비율을 쓰시오.

생식세포의 종류: ( ), ( ) / 비율: ( ):( )

15 분리의 법칙에 해당하는 과정은?

① Rr의 씨가 둥글게 보이는 과정
② 수정란의 세포 수가 늘어나는 과정
③ 생식세포를 만들 때 R과 r이 서로 나뉘는 과정
④ 꽃가루가 암술머리에 붙는 과정
⑤ 우성 형질의 개체만 살아남는 과정

16 한쪽 생식세포에서 R, 다른 쪽에서 r을 받은 자손과 그 반대로 받은 자손을 비교한 것으로 옳은 것은?

① 둘 다 Rr로 나타내며 같은 유전자형이다.
② 둘은 서로 다른 유전자형이다.
③ 하나는 RR, 다른 하나는 rr이다.
④ R을 먼저 쓴 자손만 둥근 완두이다.
⑤ r을 먼저 쓴 자손만 대립유전자를 한 개 가진다.

17 Rr인 완두와 rr인 완두를 교배하였다. 빈칸에 **자손의 유전자형**을 쓰시오.

rr의 생식세포 ＼ Rr의 생식세포	R	r
r	(가) (　　)	(나) (　　)

18 17번 교배에서 자손의 **둥근 씨:주름진 씨**의 비율을 쓰시오.

답: (　　):(　　)

19 RR × Rr의 교배 결과로 옳은 것은?

① 자손은 모두 RR이다.
② 자손의 절반은 rr이다.
③ RR인 어버이는 R과 r을 같은 비율로 전달한다.
④ 자손의 씨 모양은 둥근 것:주름진 것 = 3:1이다.
⑤ 자손은 모두 둥글며, 절반은 Rr이다.

20 rr × rr에서 둥근 씨가 생기지 않는 까닭으로 옳은 것은?

① 두 어버이의 생식세포가 만나지 않기 때문이다.
② 우성 대립유전자 R이 수정 후 r로 바뀌기 때문이다.
③ 수정할 때 자손의 염색체가 모두 없어지기 때문이다.
④ 양쪽 어버이 모두 r만 전달하여 자손이 rr이 되기 때문이다.
⑤ 열성 개체는 생식세포를 만들지 못하기 때문이다.

묶음 3 비율과 확률

Q7 왜 유전자형은 1:2:1인데 표현형은 3:1일까?

한줄답 Rr × Rr에서 RR과 Rr을 같은 둥근 표현형으로 묶기 때문이다.

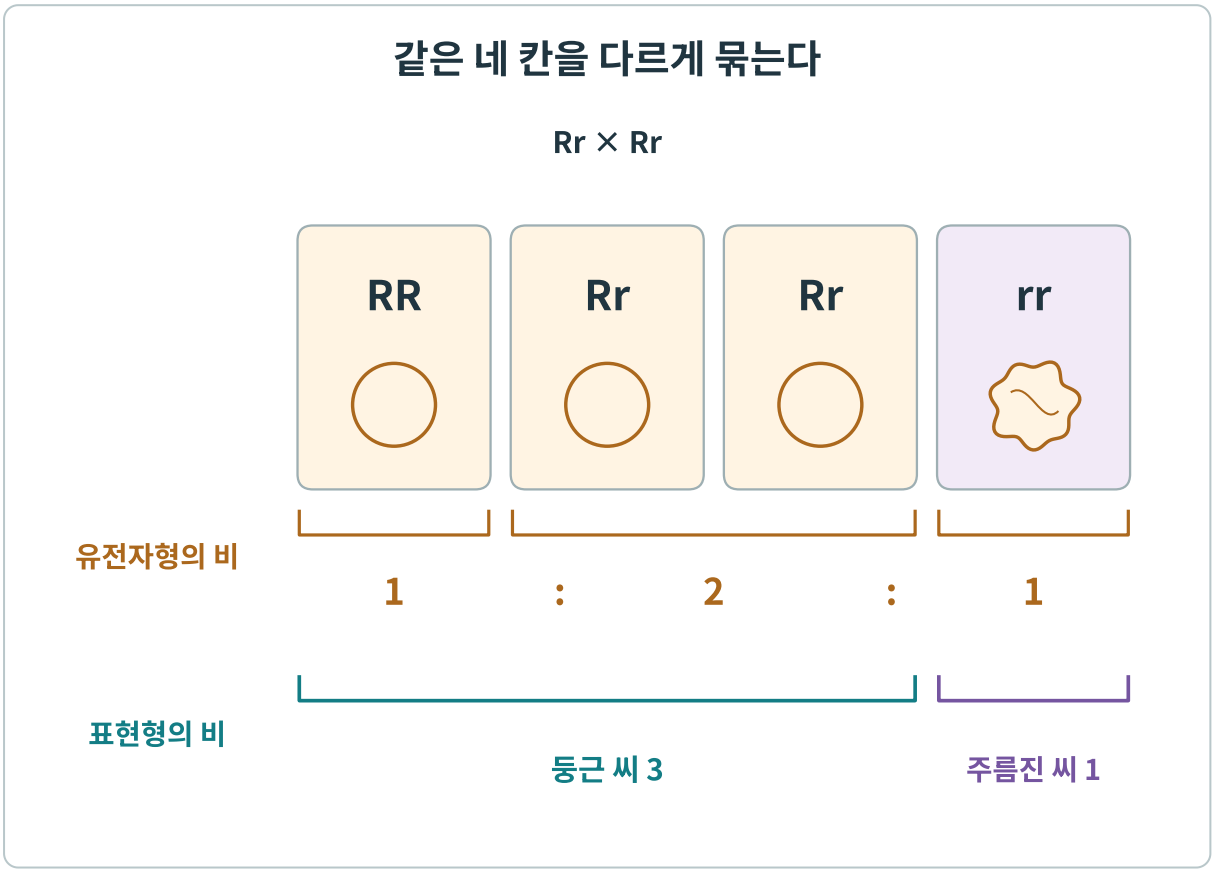


그림 9 유전자형으로 나누기와 표현형으로 묶기

나누는 기준	분류	이론적 비율
대립유전자 구성	RR : Rr : rr	1 : 2 : 1
겉으로 나타난 씨 모양	둥근 씨 : 주름진 씨	3 : 1
대립유전자 두 개가 같은가?	순종 : 잡종	1 : 1

이론적 비율은 각 생식세포가 만들어지고 만날 확률로 예상한 비율이다.

순종은 **RR과 rr을 합친 것**이다. 우성인 둥근 개체만 뜻하지 않는다.

쉽게 생각하면 같은 네 칸을 '글자'로 나누면 세 무리, '씨 모양'으로 묶으면 두 무리다.

헷갈림 바로잡기

✗ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
3:1은 모든 교배에서 나온다.	여기서는 Rr × Rr의 표현형 비율이다. 어버이의 유전자형이 달라지면 비율도 달라진다.

Q8 자손이 네 개면 반드시 둥근 것 세 개, 주름진 것 한 개일까?

한줄답 **아니다. 3:1은 이론적 비율이며, 실제 적은 자손의 수는 우연에 따라 달라질 수 있다.**

Rr × Rr에서 묻는 것	답
자손 하나가 주름진 씨일 확률	$\frac{1}{4}$
자손 네 개의 실제 결과	둥근 씨만 네 개일 수도 있고, 주름진 씨가 둘 이상일 수도 있다.
앞에서 둥근 씨만 나왔을 때 다음 자손	같은 조건이면 주름진 씨일 확률은 여전히 $\frac{1}{4}$이다.
많은 자손을 얻었을 때	보통 이론적 비율에 가까운 결과를 얻기 쉽다. 정확히 3:1일 필요는 없다.

멘델이 얻은 둥근 완두 5474개와 주름진 완두 1850개도 **약 2.96 : 1**이다. 실제 결과는 정확히 3 : 1이 아니었다.

이론상 예상 개수 = 전체 자손 수 × 해당 유전자형·표현형의 확률

이 계산은 예상값을 구한다. 실제로 세어 얻은 개수와 반드시 같다는 뜻은 아니다.

헷갈림 바로잡기

✗ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
앞에서 주름진 씨가 안 나왔으니 다음에는 반드시 나온다.	**앞의 결과가 다음 수정에서 R·r이 만날 확률을 바꾸지 않는다.**

탐구 두 주머니에서 카드를 뽑으면 무엇을 나타낼까?

① 무엇을 비교하나

비교할 것	같게 할 것	기록할 것
시행 횟수가 적을 때와 많을 때의 결과	각 주머니에 같은 크기·재질의 R·r 카드 한 장씩, 매번 되넣고 섞기	RR·Rr·rr의 횟수와 둥근 씨·주름진 씨의 비율

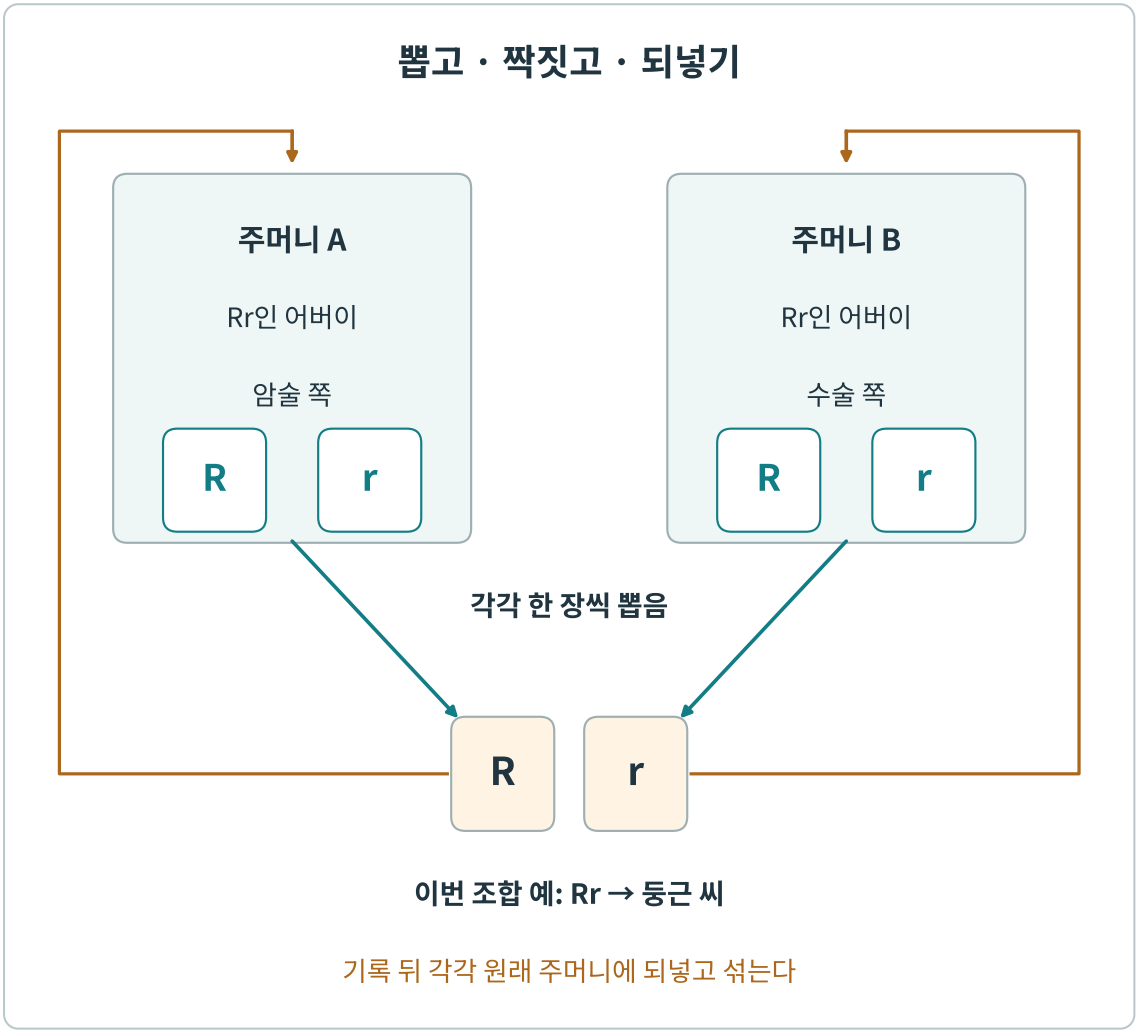


그림 10 뽑기·조합·되넣기로 나타낸 Rr × Rr 모의실험

모형	실제
주머니 A, 주머니 B	Rr인 어버이. 자가 수분에서는 같은 개체의 암술 쪽과 수술 쪽을 각각 나타낸다.
주머니 속 R·r 카드 한 장씩	어버이가 가진 한 쌍의 대립유전자
주머니에서 한 장 뽑기	생식세포를 만들 때 R과 r이 나뉘어 하나만 들어감(분리의 법칙)
뽑은 두 장을 함께 놓기	수정
되넣고 섞기	다음 자손을 볼 때도 어버이는 여전히 Rr이며, 같은 전달 확률을 유지함

② 순서와 그 이유

순서	할 일	왜 하나?
1	주머니 두 개에 R·r 카드를 한 장씩 넣는다.	양쪽 모두 Rr인 경우를 나타낸다.
2	안을 보지 않고 각 주머니에서 한 장씩 뽑는다.	R이나 r을 일부러 고르지 않는다.
3	조합과 표현형을 기록한다.	Rr과 rR은 모두 Rr로 세며, RR·Rr은 둥근 씨로 묶는다.
4	각각 원래 주머니에 되넣고 섞은 뒤 반복한다.	시행마다 같은 전달 확률을 유지한다.

③ 결과 자료

다음은 **가상의 결과**이다.

시행 횟수	RR	Rr	rr	둥근 씨	주름진 씨	둥근 씨의 비율
16회	3	8	5	11	5	$\frac{11}{16} = 68.75\%$
160회	39	83	38	122	38	$\frac{122}{160} = 76.25\%$

④ 해석

이 예시에서는 시행 횟수가 많은 자료가 둥근 씨의 이론적 비율 **75%**에 더 가깝다. 다만 시행을 한 번 늘릴 때마다 오차가 반드시 줄어드는 것은 아니다.

쉽게 생각하면 **카드를 되넣는 것은 '어버이의 조건을 그대로 두고 자손을 하나 더 보는 것'이다. 실제로 수정한 생식세포가 되돌아오는 것은 아니다.**

⑤ 결과가 3 : 1과 다를 때

구분	확인할 내용
우연한 차이	적은 횟수에서는 우연히 한쪽으로 치우칠 수 있다.
결과가 예상과 다를 때	카드를 되넣었는지, 충분히 섞었는지, 두 카드의 크기·재질이 같은지 확인한다.

실전 연결 ③ **무엇을 전체로 삼는가?**

대표 문제

Rr × Rr의 자손에서, 다음 두 비율을 구하시오.

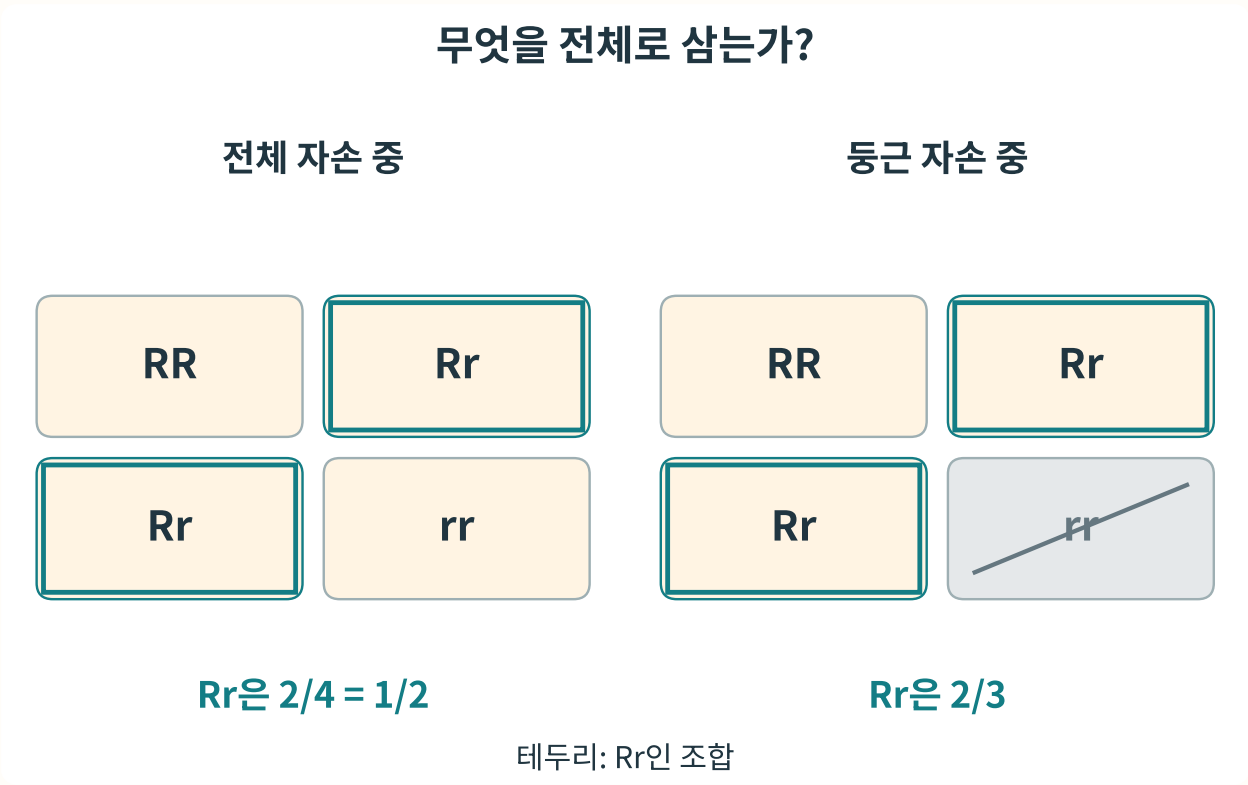


그림 11 같은 네 칸에서 비교 대상을 바꾸기

묻는 것	세는 대상	계산·정답
전체 자손 중 Rr인 비율	RR·Rr·Rr·rr의 네 칸	$\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$
둥근 자손 중 Rr인 비율	RR·Rr·Rr의 세 칸	$\frac{2}{3}$

기억할 기준 **‘둥근 자손 중’이라고 하면 rr은 비교 대상에서 빠진다.**

확인 문제 21–29

21–29번에서 별도 설명이 없으면 **Rr × Rr**을 다룬다.

21 **비율을 쓰시오.**

유전자형 RR : Rr : rr = ( ):( ):( )

표현형 둥근 씨 : 주름진 씨 = ( ):( )

22 **잡종 2대의 둥근 개체가 가질 수 있는 유전자형을 모두 쓰시오.**

답: ( )

23 **자손 180개를 얻을 때의 이론상 예상 개수**를 구하시오.

유전자형	RR	Rr	rr
예상 개수	( )개	( )개	( )개

24 **잡종 2대에서 둥근 자손만을 대상으로 할 때,** 그중 순종인 비율은 얼마인가?

① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{2}{3}$ ⑤ $\frac{3}{4}$

25 **앞에서 얻은 자손 네 개가 모두 둥글었다. 같은 조건에서 다음 자손 하나가 주름진 씨일 확률은?**

① 0 ② $\frac{1}{4}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{3}{4}$ ⑤ 1

26 **3:1의 의미를 바르게 이해한 것은?**

① 자손은 반드시 네 개씩 생긴다.
② 자손 네 개마다 주름진 씨가 정확히 한 개씩 들어 있다.
③ 자손이 많아지면 다음 자손의 유전자형이 순서대로 정해진다.
④ 실제 비율이 3:1과 다르면 분리의 법칙은 성립하지 않는다.
⑤ 각 수정의 확률로 예측한 비율이며 자손 수가 적을 때는 다른 비율도 나올 수 있다.

27 **탐구에서 각 주머니에서 뽑은 카드를 한 장씩 함께 놓아 두 글자를 만드는 과정**은 생물에서 무엇에 해당하는가?

답: ( )

28 모의실험에서 카드를 매번 원래 주머니에 되넣는 까닭으로 옳은 것은?

① 한 번 쓴 대립유전자를 없애기 위해서
② 다음에는 반드시 다른 카드가 나오게 하려고
③ 다음 시행에서도 R과 r의 선택 확률을 같게 유지하려고
④ 실제 수정에 쓰인 생식세포도 어버이 몸으로 돌아가기 때문에
⑤ 자손 하나가 R과 r을 모두 한쪽 어버이에게서 받게 하려고

29 모의실험 12회의 **가상의 결과**에서 RR 2회, Rr 6회, rr 4회가 기록되었다. 아래 빈칸을 채우시오.

기록된 둥근 씨: ( )회 / 기록된 주름진 씨: ( )회

12회의 이론상 예상값 — 둥근 씨: ( )회 / 주름진 씨: ( )회

묶음 4 유전자형 알아내기

Q9 겉모습이 같은 두 개체의 유전자형은 어떻게 알아볼까?

한줄답 열성 순종과 교배하여 자손의 표현형을 보고, 조사한 개체가 순종인지 잡종인지 판단한다.

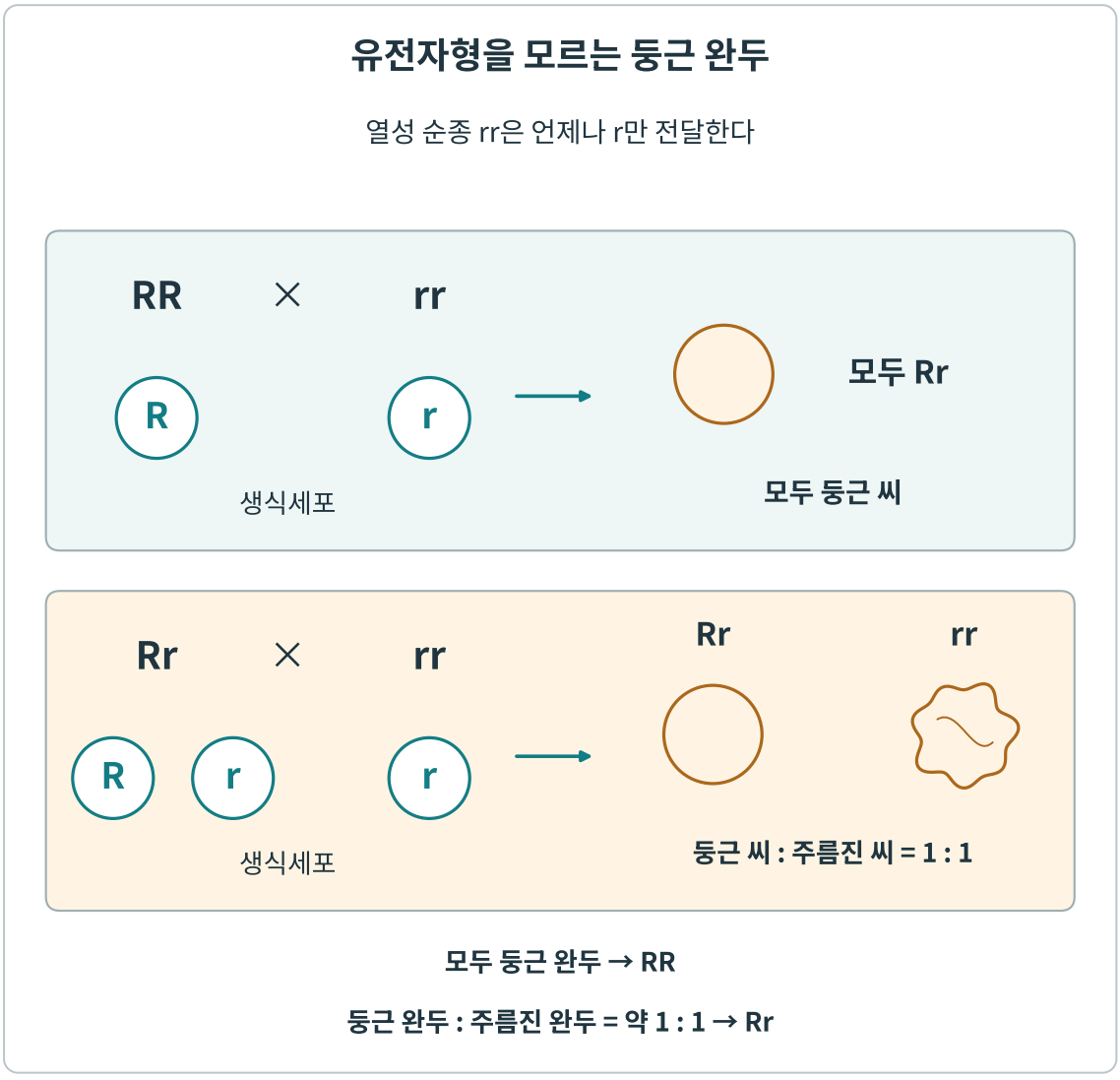


그림 12 r만 전달하는 상대와 교배하면 드러나는 차이

판정 기준

충분히 많은 자손을 조사한 결과	조사한 둥근 완두의 유전자형	이를 설명하는 교배
모두 둥근 완두	**RR(순종)**로 판단	RR × rr → 모두 Rr
둥근 완두 : 주름진 완두 = 약 1 : 1	**Rr(잡종)**로 판단	Rr × rr → Rr : rr = 1 : 1

자손을 몇 개만 조사하면 우연히 둥근 것만 나올 수 있으므로, 자손을 충분히 많이 얻어 판단한다.

정의 **검정 교배**

우성 형질을 나타내는 개체를 열성 순종과 교배하여, 우성 개체가 순종인지 잡종인지 알아보는 방법이다.

쉽게 생각하면 rr인 상대는 r만 준다. 자손이 가진 나머지 대립유전자 하나를 보면 조사한 완두가 무엇을 주었는지 알 수 있다.

헷갈림 바로잡기

✗ 이렇게 생각하기 쉽다	✓ 바르게 고치면
검정 교배의 상대는 어떤 완두든 된다.	r만 전달하는 열성 순종(rr)과 교배해야 조사한 완두가 준 대립유전자를 구별할 수 있다.

실전 연결 ④ 자손의 표현형으로 거꾸로 판단하기

대표 문제

각각 둥근 완두 A·B를 주름진 완두와 교배하여 많은 자손을 얻었다. 아래 가상의 결과를 보고 A·B의 유전자형을 쓰시오.

조사한 둥근 완두	자손 자료	판단
A	둥근 완두 62개, 주름진 완두 58개	약 1 : 1이므로 **Rr**. 주름진 자손에게 A도 r을 전달했다.
B	둥근 완두 120개, 주름진 완두 0개	모두 둥글므로 **RR**로 판단한다. RR × rr의 자손은 모두 Rr이다.

기억할 기준 **열성 순종과 교배한 결과가 '모두 둥근가, 둥근 것과 주름진 것이 약 1 : 1인가'를 구별한다.**

확인 문제 30–36

30 둥근 완두의 유전자형을 검정 교배로 조사할 때 알맞은 상대는?

① 유전자형을 모르는 둥근 완두
② RR인 완두
③ Rr인 완두만 가능
④ rr인 완두
⑤ 어느 개체를 골라도 같은 정보를 얻는다.

31 둥근 완두와 주름진 완두를 교배하여 주름진 자손을 얻었다. 둥근 완두의 유전자형을 쓰시오.

답: ( )

32 유전자형을 모르는 둥근 완두를 주름진 완두와 교배하여 많은 자손을 얻었더니 모두 둥근 완두였다. 조사한 둥근 완두의 유전자형은?

① RR ② Rr ③ rr ④ R ⑤ r

33 다음 중 **나타날 수 없는 결과**는?

① RR × Rr에서 Rr인 자손이 생김
② Rr × rr에서 rr인 자손이 생김
③ RR × rr에서 rr인 자손이 생김
④ Rr × Rr에서 RR인 자손이 생김
⑤ rr × rr에서 rr인 자손이 생김

34–35번 공통 자료

가상의 식물에서 보라색 꽃의 대립유전자 **T는 우성**, 흰색 꽃의 대립유전자 **t는 열성**이다. 이 형질은 완두의 씨 모양과 같은 방식으로 유전된다. 그림 13은 보라색 개체와 흰색 개체를 교배하여 실제로 얻었다고 가정한 자손의 **일부**를 나타낸다.

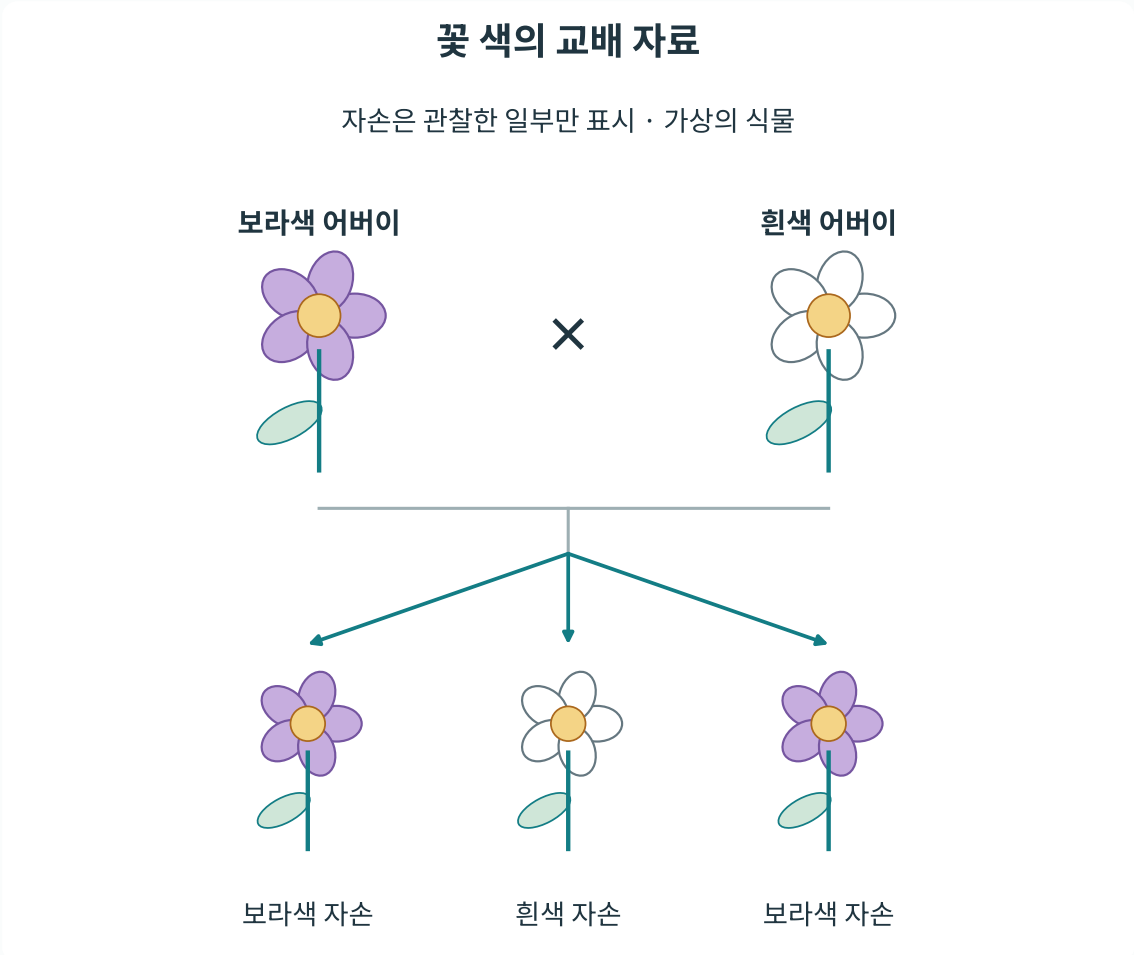


그림 13 두 꽃 색의 어버이와 자손에서 찾는 단서

34 두 어버이의 유전자형을 각각 쓰시오.

보라색 어버이: ( ) / 흰색 어버이: ( )

35 같은 두 어버이의 교배에서 태어나는 **보라색 자손의 유전자형**과, **다음 자손 하나가 흰색일 확률**을 쓰시오.

보라색 자손의 유전자형: ( ) / 흰색일 확률: ( )

36 〈보기〉에서 옳은 것을 있는 대로 고른 것은?

보기

ㄱ. Rr인 개체는 씨 모양 유전자에 대해 R 또는 r을 가진 생식세포를 만든다.
ㄴ. Rr × Rr의 자손에서 순종인 둥근 개체는 전체의 $\frac{3}{4}$이다.
ㄷ. 둥근 완두 둘에게서 rr 자손이 나왔다면 두 어버이는 모두 Rr이다.
ㄹ. 우성 대립유전자가 열성 대립유전자보다 생식세포에 먼저 들어간다.

① ㄱ ② ㄴ, ㄹ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄷ

정리 한눈에 정리

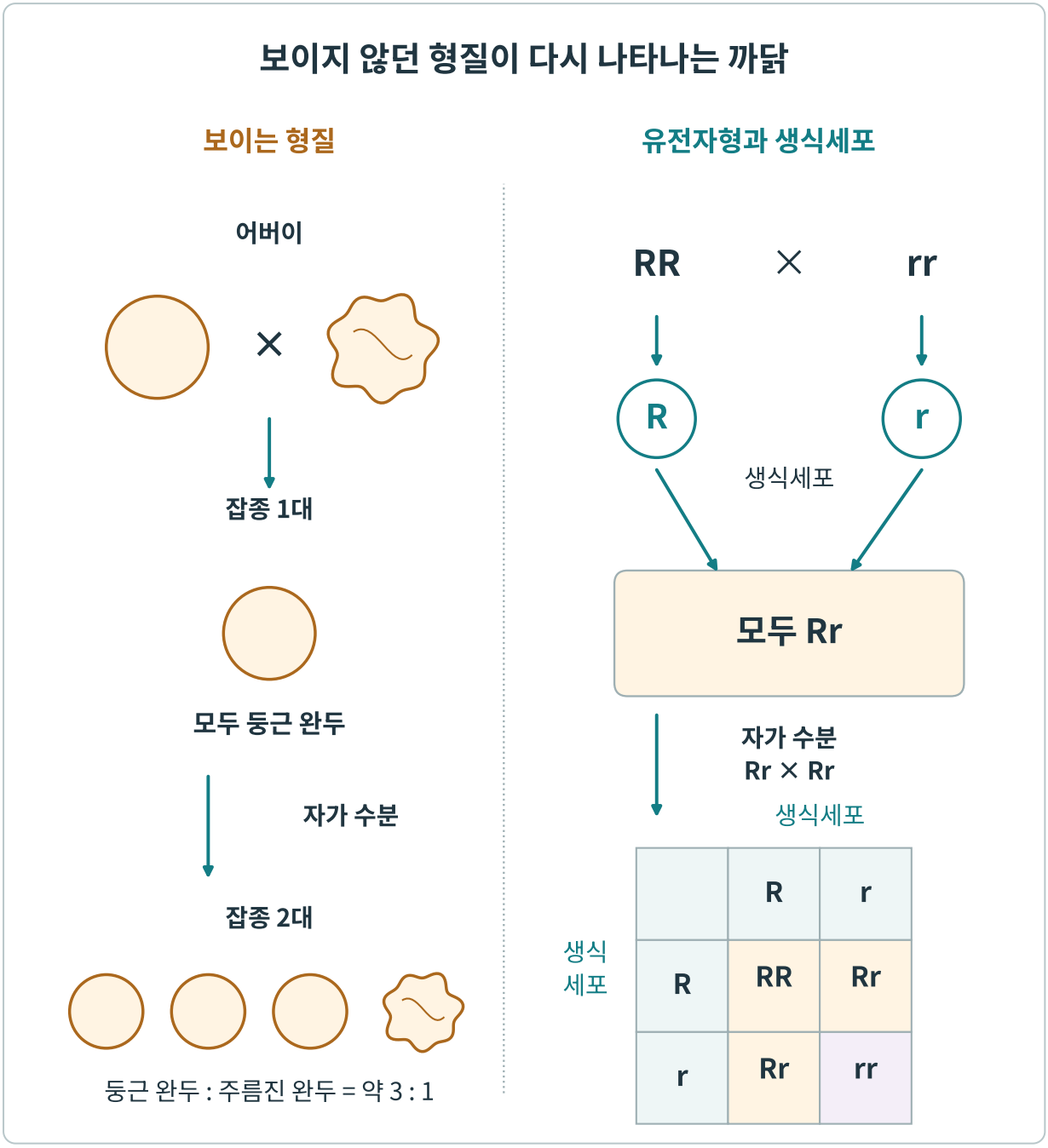


그림 14 보이지 않던 r이 다시 짝을 이루는 세대별 전달

비교	우열의 원리	분리의 법칙
설명하는 것	잡종 1대에 한쪽 형질만 나타남	잡종 2대에 열성 형질이 다시 나타남
일어나는 때	Rr인 개체에서 형질이 나타날 때	생식세포를 만들 때(감수 분열)
핵심	Rr → 둥근 모양만 나타남	Rr → 생식세포 R ∶ r = 1 ∶ 1

분리되어 전달된 r이 **수정에서 다시 만나 rr**이 되면 열성 형질이 나타난다.

교배	각 어버이의 생식세포	자손 유전자형의 비율	둥근 씨 : 주름진 씨
RR × rr	R / r	모두 Rr	모두 둥근 완두
Rr × Rr	R·r / R·r	RR ∶ Rr ∶ rr = 1 ∶ 2 ∶ 1	3 ∶ 1
Rr × rr	R·r / r	Rr ∶ rr = 1 ∶ 1	1 ∶ 1
RR × Rr	R / R·r	RR ∶ Rr = 1 ∶ 1	모두 둥근 완두
rr × rr	r / r	모두 rr	모두 주름진 완두

핵심 연결: 부모에게서 하나씩 받음 → 생식세포에는 하나씩 나뉨 → 수정으로 다시 한 쌍을 이룸.

보이는 형질과 전달되는 대립유전자는 다르다. Rr에는 r도 있으며, rr이 된 자손에서 열성 형질이 다시 나타난다.

정답과 해설

1–8. 실험과 용어

1. ③
대립 형질이 뚜렷하면 자손을 분류하여 세기 쉽다. ① 완두는 많은 자손을 얻을 수 있다. ② 한 세대가 비교적 짧은 것이 장점이다. ④ 타가 수분으로 교배 상대를 정할 수 있다. ⑤ 유전자형이 다른 순종 등을 비교한다.

2. **(가) 자가 수분, (나) 타가 수분**
꽃이 다르더라도 같은 개체의 꽃가루를 받으면 자가 수분이다. 같은 종인지보다 같은 개체인지가 기준이다.

3. ②
자기 꽃가루를 받지 않도록 수술을 미리 제거한다. ① 꽃잎의 색을 바꾸는 조작이 아니다. ③ 대립유전자를 골라 없애는 것이 아니다. ④ 염색체 수를 두 배로 늘리는 과정이 아니다. ⑤ 수분 뒤 수정이 일어나 자손의 씨가 생긴다.

4. **형질 / 대립 형질 / 유전자형 / 표현형**
‘씨 모양’은 특징의 종류, ‘둥근 것과 주름진 것’은 서로 대비되는 특징이다. Rr은 대립유전자 구성이고, 둥근 씨는 그 구성에서 드러난 모습이다.

5. ⑤
RR과 Rr은 모두 둥글다. ① Rr은 유전자형이다. ② 주름진 씨는 표현형이다. ③ 둥근 개체는 RR 또는 Rr이다. ④ 대립유전자 두 개가 RR과 Rr로 다르다.

6. **RR, rr**
씨 모양에 관여하는 대립유전자 두 개가 같다. rr도 순종이다. 둥근 완두만 순종인 것이 아니다.

7. ①
Rr처럼 상동 염색체의 같은 위치에 있는 대립유전자 두 개가 다르다는 뜻이다. ② 두 개이지 세 개가 아니다. ③ 여기서 잡종은 서로 다른 종이라는 뜻이 아니다. ④ R과 r을 함께 갖는다. ⑤ 잡종 완두도 생식세포를 만들어 자손을 얻을 수 있다.

8. **(가) O, (나) X, (다) O**
(나) 순종·잡종은 조사하는 형질의 대립유전자 구성에 대한 말이다. 씨 모양이 순종이라는 이유로 다른 형질의 유전자까지 모두 같다고 할 수 없다.

9–20. 형질의 전달

9. **Rr, 둥근 씨**
RR인 어버이는 R만, rr인 어버이는 r만 전달하므로 자손은 모두 Rr이다.

10. ④
대립 형질이 다른 순종끼리 교배했을 때 잡종 1대에 나타난 둥근 형질이 우성이다. ① 주름진 형질은 열성이다. ② 잡종 1대는 Rr이다. ③ r도 갖고 있다. ⑤ 우성과 집단에서의 빈도는 다른 기준이다.

11. **2, 1**
체세포에는 해당 대립유전자가 한 쌍, 생식세포에는 그중 하나가 있다. 생식세포 전체에 유전자가 한 개뿐이라는 뜻은 아니다.

12. ②, ⑤
우열은 Rr에서 어떤 형질이 드러나는지에 관한 관계이다. ① r은 사라지지 않는다. ③ Rr에서 R·r을 가진 생식세포는 같은 비율이다. ④ r을 전달받아 rr이 되면 열성 형질이 나타난다.

13. **상동 염색체**
R과 r은 상동 염색체의 같은 위치에 있다. 한 염색체 위의 서로 다른 두 위치에 나란히 있다는 뜻이 아니다.

14. **R, r / 1:1**
씨 모양의 대립유전자 종류로 구분하면 R과 r 두 가지이다. 그림에서 생식세포는 네 개 만들어지지만 종류는 R, r 두 가지이다.

15. ③
한 쌍의 대립유전자가 생식세포로 나뉘어 들어가는 것이 분리의 법칙이다. ①은 우열의 원리와 관련된다. ②는 세포 분열에 의한 발생 과정이다. ④는 수분이다. ⑤는 분리의 법칙의 뜻이 아니다.

16. ①
전달된 순서가 달라도 R 하나와 r 하나를 가진 같은 유전자형이다. ② 둘은 모두 Rr로 같은 유전자형이다. ③ 둘 다 서로 다른 대립유전자를 하나씩 받았다. ④ 기호 순서로 표현형이 달라지지 않는다. ⑤ 두 자손 모두 대립유전자를 두 개 가진다.

17. **(가) Rr, (나) rr**
rr의 생식세포에 있는 r이 Rr의 생식세포에 있는 R 또는 r과 만난다. 가장자리는 생식세포의 대립유전자, 안쪽 칸은 수정 뒤 자손의 유전자형이다.

18. **1:1**
Rr과 rr이 각각 $\frac{1}{2}$의 확률로 생긴다. Rr × Rr의 3:1을 그대로 가져오면 안 된다.

19. ⑤
자손은 RR과 Rr이 각각 $\frac{1}{2}$이고 모두 둥글다. ① Rr도 가능하다. ② rr은 불가능하다. ③ RR은 R만 전달한다. ④ 자손이 모두 둥근 완두이므로 3:1이 아니다.

20. ④
r과 r이 만나 자손은 모두 rr이다. ① 생식세포는 정상적으로 수정한다. ② 전달할 R이 처음부터 없다. ③ 염색체가 없어지는 일이 아니다. ⑤ 열성 개체도 생식세포를 만든다.

21–29. 비율과 확률

21. **1:2:1 / 3:1**
RR·Rr·Rr·rr의 네 조합 중 RR·Rr·Rr은 모두 둥근 씨로 묶인다. 비율을 쓸 때 무엇을 나눈 것인지 함께 확인한다.

22. **RR, Rr**
둥근 개체에는 순종과 잡종이 모두 있다. rr은 주름진 완두이다.

23. **RR 45개, Rr 90개, rr 45개**
각각 $180 \times \frac{1}{4} = 45$, $180 \times \frac{1}{2} = 90$, $180 \times \frac{1}{4} = 45$이다. 합은 180개이다. 실제로 반드시 이 개수로 관찰된다는 뜻은 아니다.

24. ②
둥근 자손에 해당하는 RR·Rr·Rr의 세 칸 중 순종 RR은 한 칸이므로 $\frac{1}{3}$이다. ① $\frac{1}{4}$은 전체 자손 중 RR의 비율이다. ③ $\frac{1}{2}$은 전체 자손 중 Rr 또는 전체 순종의 비율이다. ④ $\frac{2}{3}$은 둥근 자손 중 잡종의 비율이다. ⑤ $\frac{3}{4}$은 전체 자손 중 둥근 자손의 비율이다.

25. ②
각 수정의 조건은 같으므로 주름진 씨 rr의 확률은 $\frac{1}{4}$이다. ①·⑤ 앞선 결과 때문에 불가능하거나 확실해지지 않는다. ③은 이 교배에서 Rr의 확률이다. ④는 둥근 씨의 확률이다.

26. ⑤
3:1은 이론적 표현형 비율이다. ① 네 칸은 실제 자손 수를 정하지 않는다. ② 네 개마다 결과가 묶여 나오지 않는다. ③ 생식세포의 만남에 정해진 순서가 없다. ④ 우연한 차이만으로 법칙이 틀렸다고 판단하지 않는다.

27. **수정**
두 생식세포가 대립유전자를 하나씩 전달하여 자손의 한 쌍이 되는 것을 나타낸다. 두 카드를 함께 놓는 단계를 생식세포의 형성이나 감수 분열로 설명하지 않는다.

28. ③

되넣어야 각 주머니가 다시 R·r 한 장씩인 상태가 된다. ① 대립유전자를 없애려는 것이 아니다. ② 같은 카드가 연속해서 나올 수도 있다. ④ 실제로 쓰인 생식세포가 되돌아오는 모형이 아니다. ⑤ 자손은 양쪽에서 하나씩 받는다.

29. **기록값 8회·4회 / 이론상 예상값 9회·3회**

기록에서 둥근 씨는 RR 2회 + Rr 6회 = 8회이고, 주름진 씨는 rr 4회이다. 예상값은 $12 \times \frac{3}{4} =$ 9회, $12 \times \frac{1}{4} =$ 3회이다. 기록값이 예상값과 달라도 오류로 단정하지 않는다.

30–36. 유전자형 알아내기

30. ④

열성 순종 rr은 r만 전달하므로 상대가 R을 주었는지 r을 주었는지 자손을 통해 구별할 수 있다. ① 상대의 유전자형이 불명확하다. ② RR은 어느 후보와 교배해도 자손이 모두 둥글어 두 후보를 가리기 어렵다. ③ Rr과의 교배에서도 정보는 얻을 수 있으나, 이를 검정 교배라고 하지 않는다. ⑤ 상대에 따라 얻는 정보가 다르다.

31. **Rr**

rr인 자손은 둥근 완두에게서도 r을 받았다. 둥근 완두는 R도 가져야 하므로 Rr이다. RR은 r을 전달할 수 없다.

32. ①

검정 교배에서 많은 자손이 모두 둥글면 RR로 판단한다. RR × rr에서는 자손이 모두 Rr이다. ② Rr × rr의 예상 표현형 비율은 1:1이다. ③ rr은 주름진 완두이다. ④·⑤ R·r 하나만으로는 이 개체의 유전자형을 나타낼 수 없다.

33. ③

RR × rr에서는 R과 r이 만나 모두 Rr이다. ① RR × Rr에서는 RR·Rr이 가능하다. ② Rr × rr에서는 Rr·rr이 가능하다. ④ Rr × Rr에서는 RR·Rr·rr이 가능하다. ⑤ rr × rr에서는 모두 rr이다.

34. **보라색 어버이 Tt, 흰색 어버이 tt**

흰색 자손 tt이 나왔으므로 보라색 어버이도 t를 전달했다. 보라색 어버이는 T와 t를 함께 가진 Tt이다. 흰색 어버이는 열성 형질을 나타내므로 tt이다.

35. **Tt, $\frac{1}{2}$**

Tt × tt에서 자손은 Tt와 tt가 각각 $\frac{1}{2}$이다. 흰색 어버이는 t만 주므로 보라색 자손의 유전자형은 TT가 아니라 Tt이다. 그림은 관찰한 자손의 일부이며, 그 배열이 다음 자손의 색을 정하지 않는다.

36. ⑤

ㄱ·ㄷ이 옳다. ㄴ에서 순종인 둥근 자손 RR은 전체의 $\frac{1}{4}$이다. ㄹ에서 우성·열성에 따라 생식세포로 들어가는 순서가 정해지는 것은 아니다. ①은 옳은 ㄷ을 빠뜨렸고, ②는 틀린 ㄴ·ㄹ, ③·④는 틀린 ㄴ을 포함한다.

다음에 이어질 질문

씨 모양과 씨 색깔을 함께 보면, 부모에게 보이지 않던 새로운 조합은 어떻게 나타날까? 다음 편에서는 두 형질의 생식세포 조합과 독립의 법칙을 연결한다.