

초파리 반성유전 실험과 침샘 관찰 실험을 통한 염색체 및 유전 법칙 확인

Flyology

20305 모가연

20205 박시은

10101 강서윤

목차

I . 서론

II . 이론

III . 실험 방법

IV . 실험 과정

V . 실험 결과

VI . 결론

I . 서론

반성 유전이란 어떤 형질이 표현되는 것이 해당 개체의 성별과 관련되어 나타나는 유전 현상으로 남성과 여성 사이의 표현형 빈도 차이를 설명할 수 있다. 초파리에서 관찰되는 반성 유전은 X염색체에 위치한 열성 유전자의 특징을 그대로 보여주어 인간에게서 나타나는 대표적인 X염색체 열성 유전 질환을 이해하는 데 도움이 된다. 인간에서 반성 유전 현상을 보이는 형질로는 X연관 우성 유전을 보이는 연약 X염색체 증후군과 X연관 열성 유전을 보이는 혈우병과 색맹 등이 있다.

이러한 원리 파악은 질병 예측, 성별에 따른 표현형의 차이의 원리 이해 등 실제 문제 해결 능력과 직결되는 학문적 의미를 가진다. 반성 유전 원리를 이용해 X염색체 열성 유전 질환의 가계도 분석과 유전 확률 계산이 가능하다. 또한 이를 확장시켜 신생아나 태아의 성별에 따라 특정 질환 유무를 더 정밀하게 예측할 수 있다. 대표적인 반성 유전에 따른 유전병은 혈우병과 색맹으로 반성 유전의 원리 이해를 바탕으로 유전병 발현 여부를 예측할 수 있다. 나아가 특정 유전 진황이 X염색체에 국한되어 있기 때문에, 유전자 편집 기술을 적용할 경우 표적을 좁힐 수 있다는 의의가 있다.

이 실험에 초파리를 사용하는 이유는 정상 눈 초파리와 흰 눈 돌연변이 초파리를 교배하여 반성 유전을 설명할 수 있기 때문이다. 초파리는 유전학 연구에서 가장 많이 사용되는 실험동물로, 암수의 구별이 쉽고 형질관찰이 용이하며 짧은 세대 시간과 다양한 돌연변이체가 존재하는 장점이 있다. 초파리는 평균적으로 3mm의 크기로 작아 다루기가 쉽다. 또한 한 세대에서 다음 세대 간의 기간이 상온에서 10일 정도로 짧아 유전적 변이를 짧은 기간 내에 관찰할 수 있고 배양이 쉽다는 장점이 있다.

초파리의 침샘 염색체는 다사 염색체로, 다사 염색체 관찰은 염색체 지도 제작, 유전자 위치 추정, 유전자가 발현되는 물리적 위치 관찰 등에 있어 의의를 가진다. 다사 염색체에서 관찰되는 가로줄은 유전의 위치와 일치하게 때문에 쉽게 관찰할 수 있어 염색체 지도를 만드는데 적합하고 이를 바탕으로 유전자의 위치 추정도 가능하다. 또한 초파리의 다사 염색체에서 관찰되는 퍼프는 RNA 합성이 활발하게 일어남을 확인할 수 있게 해준다.

초파리 같은 쌍시류 곤충의 유충에서 볼 수 있는 침샘 염색체는 보통 세포에 비하여 길이와 폭이 약 100배가량 크고 염색체에서 관찰되는 가로선이 뚜렷하기 때문에 유전 실험 재료로 많이 사용한다. 따라서 광학 현미경으로도 쉽게 관찰이 가능하다. 이 가로선은 초파리 유충의 침샘 염색체에서 관찰되는 약 5000여 개의 크고 작은 띠로, 유전자들의 염색체 상의 위치를 결정하는데 중요한 기준이 된다.

II. 이론

1. 반성유전

반성유전은 암수에 공통으로 존재하는 성염색체의 유전자에 의한 유전으로, 그 유전자를 모친이 갖는지 부친이 갖는지에 따라 자손의 유전형질의 발현 양상이 달라진다. 초파리의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY을 가지고 있는데 사람도 남자는 XY, 여자는 XX 성염색체를 가지고 있어 두 종은 같은 형태를 갖는 것을 알 수 있다. 따라서 초파리의 성염색체의 유전을 이해하면 인간의 성염색체에 의한 유전을 좀 더 쉽게 이해할 수 있다. X 염색체 있는 것으로 구별이 용이한 것이 눈의 색깔을 결정하는 유전자이다. 정상의 초파리는 빨간 눈이며, 돌연변이는 흰 눈이다. 빨간 눈은 X+, 흰 눈은 X-로 유전자를 표시할 수 있다. X 염색체에 연관되어 있기 때문에 암수를 달리 교배하면 즉, 상호교배하면 다른 결과가 나오며, 수컷은 암컷보다 더 큰 영향을 받는다. 왜냐하면 수컷은 XY이므로 X 염색체에 있는 눈 색깔 유전자가 돌연변이가 생기면 Y 염색체에 이에 해당하는 정상적인 유전자가 없어 바로 흰 눈 수컷이 나타나는 반면, 암컷은 XX로 한 염색체에 돌연변이가 생기더라고 다른 X 염색체, 즉 상동염색체에 정상의 색깔 결정 유전자가 있으면 이 암컷은 정상이 된다.

2. 보인자

유전 질환이나 특정 형질에 대한 유전자를 가지고 있지만, 해당 형질이 겉으로 드러나지 않는 개체를 의미한다. 예를 들어 초파리 눈 색깔 유전자에 대해 R을 붉은 눈, r을 흰 눈이라고 할 때, 그 중 유전자 형 Rr은 붉은 눈으로 표현되지만 흰 눈 유전자를 갖고 있으므로 보인자이며, 자손에게 그 유전자를 전달할 수 있다.

3. 다사 염색체

다사염색체는 DNA가 복제를 반복하여 염색체가 중복된 후 그대로 분리되지 않고 다발이 된 특수한 대형 염색체이다. 초파리 침샘 세포의 경우 세포질 분열 없이 핵분열만 한다는 특징이 있기 때문에, 분열횟수는 10회로 염색체가 1024배로 불어나게 되는데 이 염색체를 다사염색체라고 한다. 각 상동염색체는 서로 결합하여 마치 하나의 염색체처럼 보이며, 또한 모든 동원체끼리 붙어 있다. 다사염색체는 염색하면 특징적인 때 무늬, 즉 횡대를 볼 수 있다.

4. 퍼프

그 중 특정 횡대가 부풀어 오르는 현상을 puffs라고 하며, 이 현상이 일어나는 곳은 RNA가 활발하게 합성되는 곳으로 전사가 활발히 일어나고 있음을 보여준다. 이 부분은 염색체의 응축이 풀어진 것으로 유전자에서 전사활동, 즉 mRNA를 만들고 있다는 것을 나타내며 조직에 따라 다른 부위에서 나타나므로 유전자의 발현이 조직마다 차별적으로 일어난다는 간접적인 증거를 확인할 수 있다.

III. 실험 방법

초파리를 통해 염색체와 반성유전을 확인해보기 위해 초파리 침샘 염색체 관찰 실험과 반성유전 실험을 진행하였다.

1. 초파리 침샘 염색체 관찰 실험

준비물

유충 초파리, 아세트올세인, 식염수, 슬라이드글라스, 커버글라스, 마취도구 (CO_2 발포제, 마취통, 붓, 마취 바늘, 물), 현미경, 해부 도구 (핀셋, 침), 스포이드

- 1) 초파리 유충을 핀셋으로 조심히 꺼내 페트리 접시에 올려놓은 후 식염수 3방울 정도를 떨어 뜨려 곁에 묻은 이물질을 제거한다.
- 2) 이물질을 제거한 초파리 유충을 현미경 위 슬라이드글라스에 올려둔다.
- 3) 현미경으로 확인하며 해부 키트를 사용하여 핀셋과 침으로 각각 초파리 유충의 머리와 끝 쪽 을 앞부분으로부터 1/3 부분을 잡아 천천히 잡아당겨 침샘을 얻는다.
- 4) 해부한 침샘 위에 아세트올세인 시약을 5방울 떨어뜨린 후 5분 동안 염색 시킨다.
- 5) 염색을 시킨 후 커버글라스를 슬라이드글라스 위에 놓아 약하게 눌러 염색체가 퍼지도록 만든다.
- 6) 현미경 저배율 (400배)에서 침샘 염색체를 관찰한다.

2. 초파리 반성유전 실험

준비물

정상 눈 수컷 초파리, 정상 눈 암컷 초파리, 흰 눈 수컷 초파리, 흰 눈 암컷 초파리 각각 2마리 이상, 마취도구 (CO_2 발포제, 마취 통, 붓, 마취 바늘, 물), 페트리 접시, 초파리 배지 관병, 슬라이드 글라스, 현미경, 핀셋, 지퍼백

- 표현형 관찰

- 1) 초파리 (정상 눈 수컷, 정상 눈 미교배 암컷, 흰 눈 수컷, 흰 눈 미교배 암컷)을 CO_2 발포제를 사용해 마취시킨다.

- (마취방법 1. 마취 병의 2/3 정도의 물을 붓는다.
2. CO₂ 밸포제를 넣고 뚜껑을 닫는다.
3. 초파리 관병을 뒤집고 마개와 관병 사이로 마취병과 연결된 바늘을 집어 넣는다.
4. 마취 병의 밸브를 열고 약 30초가 경과하면 초파리들이 점점 떨어진다.
5. 마취된 초파리들을 붓을 이용해 거름종이 위에 올려둔다.)
- 2) 현미경을 이용해 초파리의 표현형을 관찰하고 암수를 구분한다. (암컷: 몸통 뒷부분이 흰색으로 밝음, 수컷: 몸통 뒷부분은 검정색으로 어두움)

- 초파리 교배

- 1) 표현형 관찰이 끝난 초파리들은 정상 눈 암컷 2마리 흰 눈 수컷 2마리를 같은 배지에 넣어 교배시키고 흰 눈 암컷 2마리, 정상 눈 수컷 2마리를 같은 배지에 넣어 교배 시킨다.
- 2) 매일 변화를 관찰하며 약 10일 간 기다린다.
- 3) 이후 자손들이 태어나면 각 마취를 시킨다
- 4) 다시 교배를 진행할 자손 초파리 8마리 (정상 눈 수컷, 암컷, 흰 눈 수컷, 암컷 각각 2마리 씩)만 남겨두고 남은 초파리들은 폐트리 접시에 옮겨 담아 냉동시킨다.
- 5) 이후 표현형과 암수를 구분하고 결과를 통계 낸다.
- 6) 1~6 과정을 자손 초파리로 다시 진행한다.

IV. 실험 과정

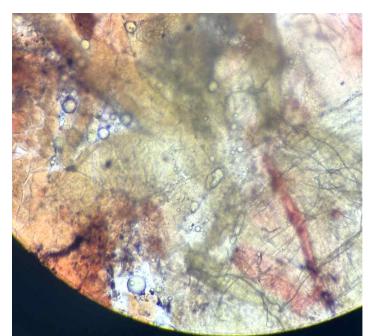
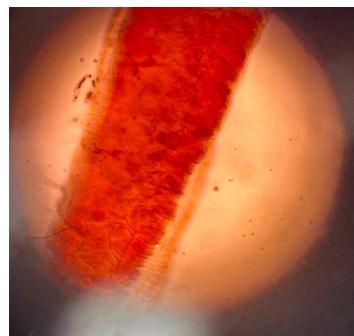
1) 초파리 침샘 염색체 관찰 실험 (5/16)

- 초파리 유충 6마리를 핀셋으로 꺼내 슬라이드 글라스에 옮겨 담은 후 식염수를 떨어뜨려 유충이 못 움직이게 만들고 이물질을 제거한다. 초파리 유충이 더 이상 안 움직이면 와이퍼로 식염수를 흡수 시킨다.
- 초파리 유충의 앞쪽과 앞으로부터 2/3 정도의 부분을 핀셋으로 잡고 잡아당긴다. 총 6마리 중 3마리는 침샘을 얻지 못하고 3마리만 해부에 성공하였다.



초파리 유충 해부 사진

- 침샘이 분리되면 슬라이드 글라스로 옮겨 아세트올세인을 5방울 정도 떨어뜨려 5분 정도 염색시킨다. 염색이 완료되면 남은 아세트올세인을 와이퍼로 흡수시킨 후 커버글라스를 올린다. 커버 글라스를 조심히 눌러 염색체가 잘 퍼지도록 만든다.
- 염색체를 현미경으로 관찰한다. 저배율에서 고배율로 관찰하여 400배율이 관찰하기 가장 적합하다.



침샘 관찰 사진

3개의 침샘 모두 관찰에 성공하였으며 다 다른 모양으로 관찰되었다. 이는 커버글라스로 염색체를 누른 힘의 차이와 염색된 정도에 의해 차이가 발생한 것으로 추정된다.

첫 번째 침샘은 가장 침샘의 일반적인 형태와 비슷하게 관찰되었으며 퍼프를 확인할 수 있었다. 두 번째 침샘은 염색이 진하게 되었으며 너무 가깝게 관찰되었다. 세 번째 염색체는 침샘 염색체가 제대로 분리되지 않아 다른 내장들과 함께 관찰되어 형태를 알아보기 쉽지 않았다.

2) 초파리 반성 유전 실험

1. 흰 눈 수컷, 정상 눈 암컷 1차 (5/9 ~ 5/21)

1) CO₂ 발포제를 사용하여 초파리들 마취를 시도하였다. 마취 관병에 물을 2/3 정도 부은 후 CO₂ 발포제 1포를 넣고 바늘을 관병 사이에 꽂아 마취를 진행하였다. 처음 마취를 진행하였기 때문에 마취 지속 기간이 짧다는 것만 인지하고 마취를 하였다.



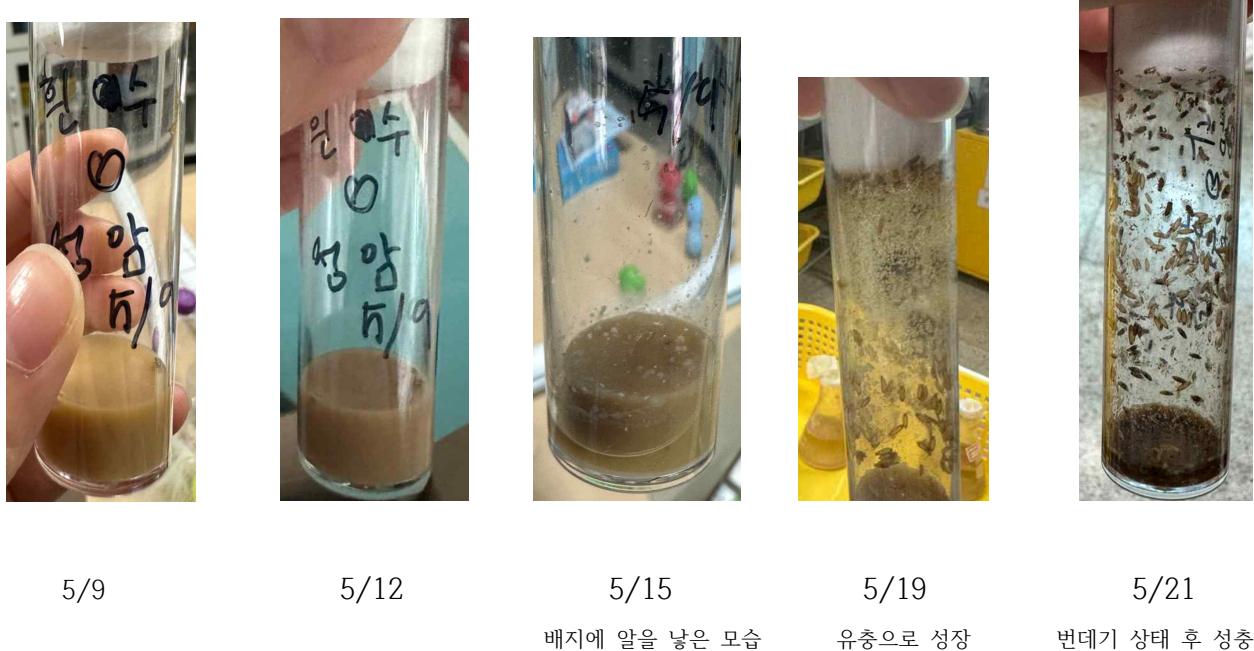
첫 마취 시도 과정



흰 눈 수컷 초파리

2) 마취 후 관병에서 초파리들을 꺼내고 표현형 관찰 도중 초파리가 나라가 흰 눈 수컷 한 마리가 나라갔다. 이후 다음 마취 때는 시간이 짧은 것을 인지하고 최대한 빠르게 표현형을 관찰하고 마취에 조금만 깔 것 같으면 다시 관병에 집어넣었다. 이 때문에 초파리 표현형 관찰 시 시간에 적어 정확한 초점을 맞추지 못했다. 하지만 육안으로는 초파리의 눈 색과 암수를 구별할 수 있었다.

3) 표현형 관찰을 끝낸 초파리들로 교배를 진행하였다. 흰 눈 수컷과 정상 눈 암컷 각각 1마리씩 같은 관병에 넣은 후 교배를 진행했다. 5/9부터 5/21일까지 교배를 진행하였으며 매일 찾아가 관찰하였다.

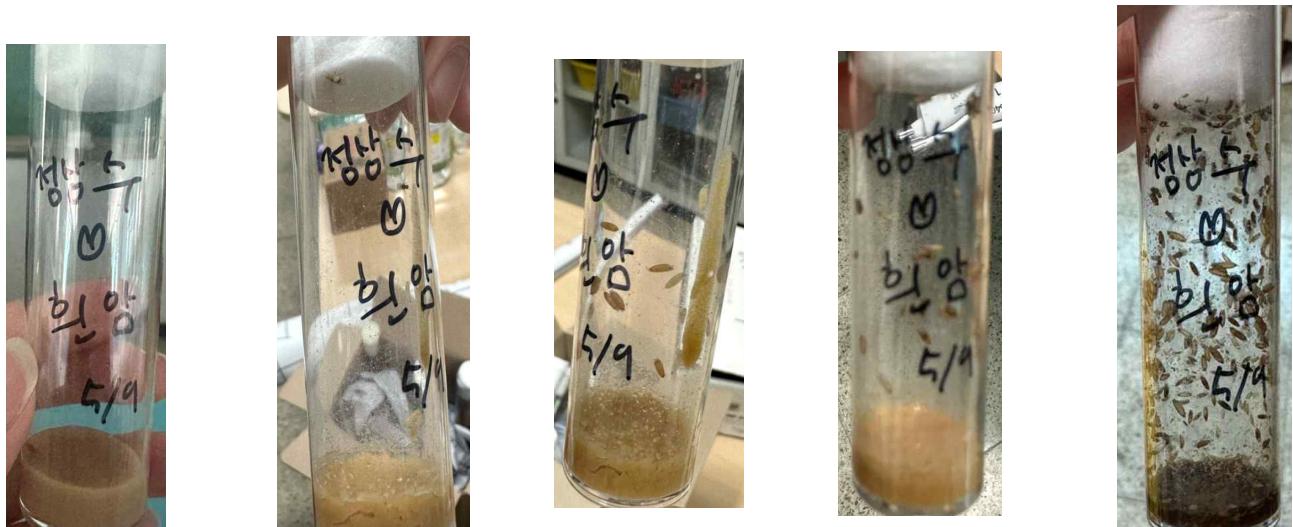


4) 초파리들이 알을 낳은 후에는 초파리들을 다른 배지로 이동시켜 자손 초파리들과 섞이지 않게 하였다.

5) 자손 초파리들이 알에서 태어난 후 표현형 관찰을 시도하였다. 이때도 앞과 마찬가지로 CO2 발포제를 사용하여 마취를 했다. 저번처럼 실패하지 않기 위해 CO2 발포제를 2팩 넣어 마취 강도를 올리고자 하였다. 하지만 자손 초파리 표현형 관찰 중 대부분 초파리들이 마취가 제대로 되지 않아 나라가 정확한 수를 알지 못해 실험 실패로 끝났다.

2. 정상 눈 수컷, 흰 눈 암컷 1차 (5/9~ 5/21)

- 1) 앞 실험에서 흰 눈 수컷과 정상 눈 암컷을 마취하고 교배한 것과 같은 과정을 거쳐 정상 눈 수컷 - 흰 눈 암컷 총 2쌍의 초파리를 교배하였다.
- 2) 5/9일부터 5/21일까지 총 13일간 교배를 진행했다. 교배 도중 정상 눈 암컷 한 마리가 사망 하여 (5/12 사망 발견) 한 쌍은 실패하고 남은 한 쌍을 계속 관찰하였다.



5/9

배에 알이 있는 암컷
5/12

유충으로 성장
5/15

번데기 과정
5/19

성충으로 성장
5/21

3) 한 쌍은 교배에 성공하여 자손들의 표현형을 관찰하려고 하였다. 하지만 앞 실험에서 초파리들이 나라가 실패한 것을 기억하고 일단 자손들의 표현형은 나중에 확인하고 초파리들을 어떻게 안 움직이게 할지 고민하였다.

4) 2차 실험까지 끝낸 후 자손 초파리들을 모두 얼리자는 생각이 나 나중에 2차 교배에 사용할 초파리들만 빼고 모두 페트리 접시에 옮겨 얼리기로 했다.

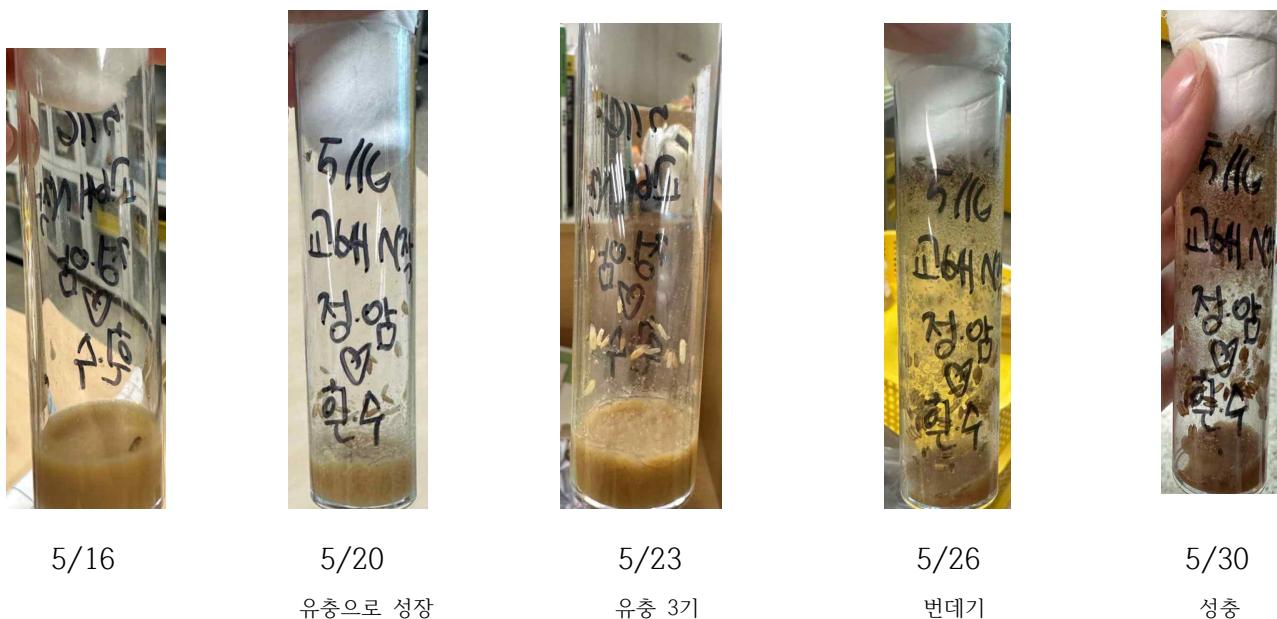
5) 얼려진 초파리들의 표현형을 관찰하고 눈 색과 암수에 따라 분류를 진행하였다.

3. 흰 눈 수컷 - 정상 눈 암컷 / 정상 눈 수컷 - 흰 눈 암컷 2차 (5/16 ~ 5/30)

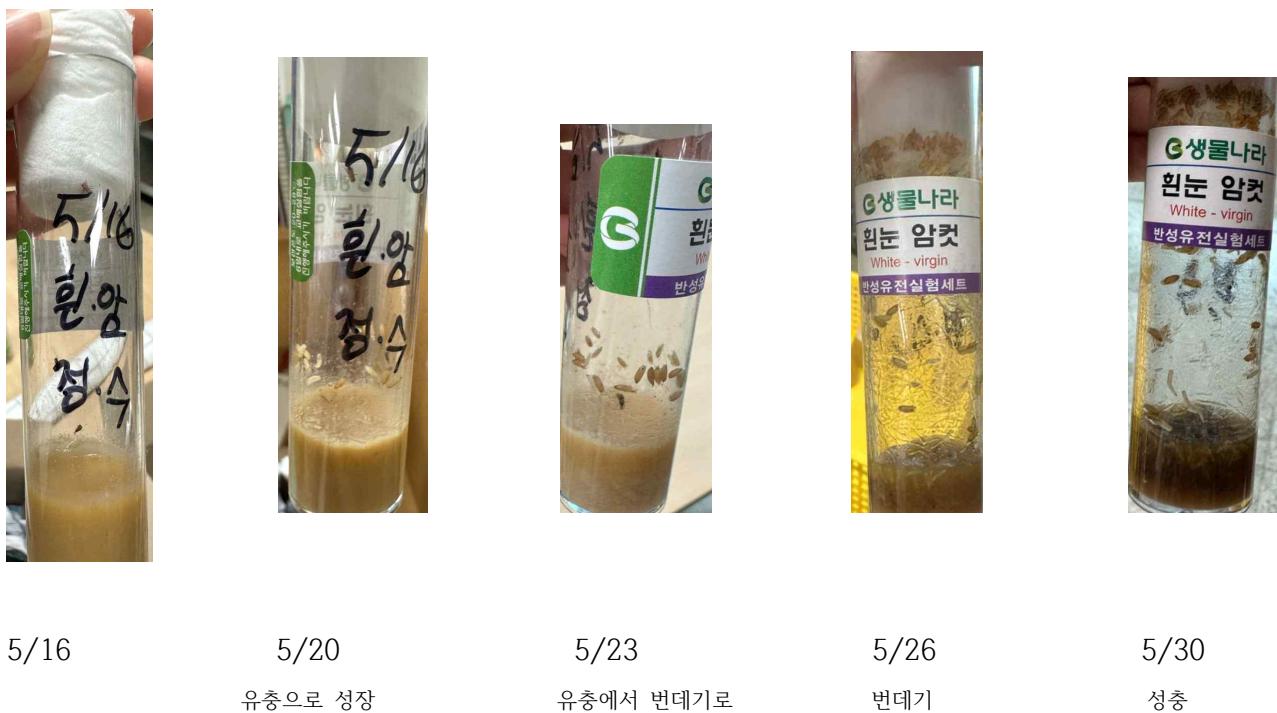
2차 실험에서는 초파리들이 마취도중 나라가지 않게 하기 위해 대부분의 마취와 실험을 지퍼백 안에서 진행하였다. 1차 실험에서는 표현형을 관찰하였지만 2차 실험부터는 육안으로만 확인한 후 바로 교배를 진행했다.

1) 1차 실험과 마찬가지로 CO₂ 발포제를 사용하여 마취 후 1마리씩 각각 넣어 교배를 진행하였다. 5/16부터 5/30일까지 총 15일간 교배를 진행한 후 매일 찾아가 관찰하였다. 이후 교배에 성공해 초파리들이 알을 낳고 알에서 자손 초파리들이 태어났다.

흰 눈 수컷 - 정상 눈 암컷 교배



정상 눈 수컷 - 흰 눈 암컷 교배



- 2) 자손 초파리들의 표현형 관찰을 위해 다시 마취를 하려고 하였지만 많은 초파리들을 한 번에 최소 1분 이상동안 마취시키는 것이 불가능하다고 판단해 여러 방법을 시도하였다. 지금 당장 다른 마취도구를 구매하는 것은 불가능하기에 초파리들을 물에 담근 후 기절할 때까지 기다리고자 하였다. 초파리들이 물에 들어가 움직임이 둔해졌지만 중간에 계속 깨어나 죽을 때까지 흔들어봤지만 결국 죽지 않아 얼리자는 결론에 도달하게 되었다.
- 3) 2세대 교배를 시킬 초파리들만 마취를 통해 지퍼백에 옮긴 후 나머지 초파리들은 페트리 접시에 옮겨 얼려 표현형을 확인하고자 하였다.
- 4) 다 얼려진 자손 초파리들의 표현형을 각각 관찰한 후 육안으로 확인하며 눈 색깔과 암수에 따라 분류하였다. 이후 실험 결과를 표로 정리한 후 이론과 같은 결과가 나왔는지 비교하였다.



4. 2세대 교배 시도

이후 자손 초파리들로 교배를 시도하였다.

- 1) 앞 실험과 같은 방법으로 정상 눈 수컷 - 흰 눈 암컷을 마취 시킨 후 교배를 시도하였다.

CO₂ 발포제를 이용하여 마취한 결과 제대로 마취가 되지 못해 새로운 마취 도구인 CO₂ 마취총을 이용해 마취를 시도하였다.

마취 시도 중 마취 도구를 제대로 숙지하지 않아 CO₂가 너무 세게 주입되어 관병이 나라가 초파리들이 다 탈출하였다. 따라서 2세대 교배도 실패하였다.

5. 흰 눈 수컷 - 정상 눈 암컷 / 정상 눈 수컷 - 흰 눈 암컷 3차 (7/10 ~)

마지막으로 다시 한 번 시도해보고자 해 3차 실험을 진행했다.

1) 1차, 2차 실험과 마찬가지로 각 초파리들을 마취시킨 후 교배를 진행했다. 하지만 1차, 2차 실험과는 달리 CO₂ 마취 총을 사용하여 마취를 시도 했다. 이때는 정확한 사용법을 익힌 후 마취했기에 나라가지 않고 진행할 수 있었다.

2) 각 1쌍 씩 교배를 하였다

하지만 온도와 환경 탓에 알은 낳았지만 초파리들이 모두 알에서 태어나지 못해 실험에 실패하게 되었다.

V. 실험 결과

1. 침샘 염색체 관찰 실험

현미경으로 관찰한 결과, 침샘 내부에 존재하는 큰 핵이 관찰되었으며, 핵 내부에는 염색질이 진하게 염색된 부분과 연하게 염색된 부분이 구분되었다. 다만, 실험을 위해 참고한 자료처럼 침샘 염색체의 가로무늬나 퍼프(Puff) 구조는 뚜렷하게 확인할 수 없었다. 이는 실제로 초파리의 침샘 염색체를 관찰할 경우 보이는 규칙적인 띠나 퍼프처럼 부풀어 오른 부분이 관찰되지 않았다는 점에서, 이번 실험에서 관찰된 구조는 침샘세포의 핵이었을 가능성이 높다고 판단하였다.

(1) 침샘염색체를 관찰할 수 없었던 이유

1) 침샘 조직을 충분히 펴지 않았을 가능성

초파리의 침샘 염색체는 매우 크지만, 침샘 조직을 충분히 펴지 않으면 핵 속에 묻혀 형태가 드러나지 않는다.

2) 염색 시간이 부족하거나 과염색·저염색이 되었을 가능성

아세트올세인 염색은 시간에 민감하며, 짧거나 길면 밴드가 선명하게 보이지 않는다.

3) 실제로는 침샘 전체 조직 단면을 본 경우

침샘은 큰 세포와 핵으로 이루어져 있기 때문에, 폴리틴이 있어도 핵막 안에서 겹쳐져 있어 구분되지 않을 수도 있다.

2. 초파리 반성 유전 실험

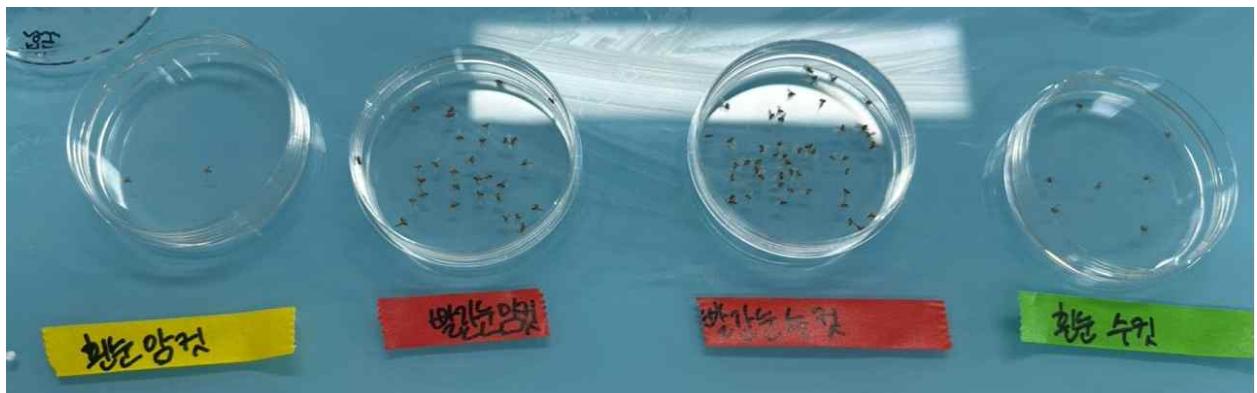
아래는 정상 수컷 - 흰 암컷, 정상 암컷 - 흰 수컷의 교배를 각각 총 3번 진행한 결과이다.

(1) 정상 눈 수컷 - 흰 눈 암컷 1차



표현형	정상 눈 수컷	흰 눈 암컷	정상 눈 암컷	흰 눈 수컷
수	51	0	32	7

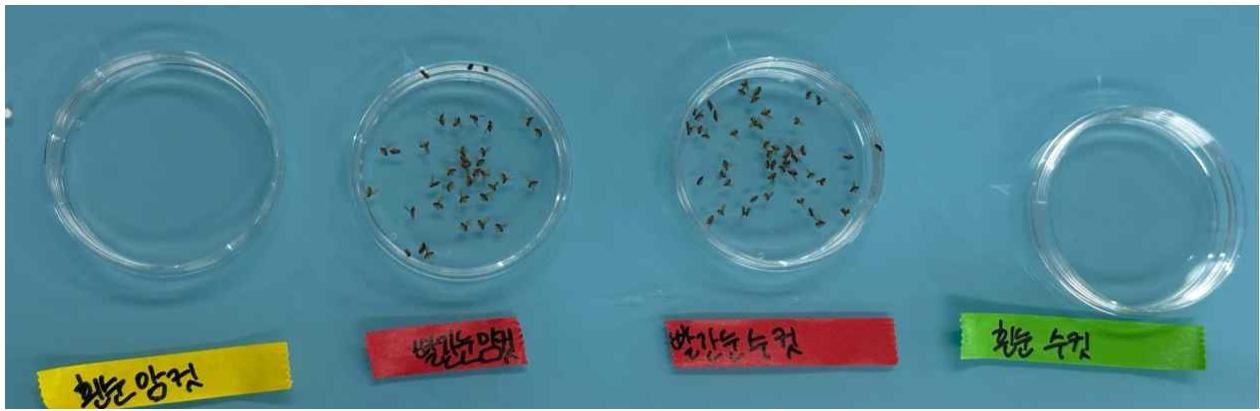
(2) 정상 눈 수컷 - 흰 눈 암컷 2차



표현형	정상 눈 수컷	흰 눈 암컷	정상 눈 암컷	흰 눈 수컷
수	24	6	6	2

(3) 흰 눈 수컷 - 정상 눈 암컷 2차

표현형	정상 눈 수컷	흰 눈 암컷	정상 눈 암컷	흰 눈 수컷
수	53	0	37	0



총 3차시에 걸친 초파리 교배 실험을 하는 과정에서 여러 초파리들이 마취 도중 날아가 많은 실험을 실패하였지만 이를 통해 실험 전에 미리 실험 도구에 대해 조사해 보고 정확하게 이해해야 한다는 것을 알 수 있었다.

(4) 실험이 실패한 원인 분석 및 추측

<1,2차 실험에서 이론과 실험 결과가 달랐던 원인>

1) 초파리가 순종이 아니었을 가능성

:완전한 순종이 아니면 교배 시 다른 결과가 나올 수 있다.

(실제로 초파리를 구매한 곳에 문의를 한 결과 순종이 아닐 가능성이 있을 수 있다는 답변을 받을 수 있었다.)

2) 교배시기가 길어 자손 초파리들까지 교배가 진행되었을 가능성

정상 수컷과 흰 암컷을 교배하였을 때 1:1의 비율로 생기는 자손인 정상암컷(XX')과 흰 수컷($X'Y$)이 생기는데 이 자손들이(2세대) 교배를 하게 되면 정상 암컷(XX'), 정상 수컷(XY), 흰 암컷($X'X'$), 흰 수컷($X'Y$)이 1:1:1:1의 비율로 생기게 된다. 즉 2세대의 자손과 3세대의 자손을 합하면 표현형의 비가 정상 암컷: 정상 수컷: 흰 암컷: 흰 수컷=2:1:1:2 이다. 실제로 정상 수컷과 흰 암컷을 교배하였을 때 빨간 수컷이 나온 이유, 빨간 암컷이 예상보다 더 많이 나온 이유 또한 이러한 가능성 때문이라는 것을 알 수 있었다.

<3차 실험에서 초파리들이 태어나지 않았던 이유>

1)너무 높은 기온의 날씨

초파리들은 약 25도 상온에서 살아가지만 7월 달의 온도는 30도에 이를 정도로 높기 때문에 알이 태어나지 못했을 것이다.

2)먹이의 부족

높은 기온으로 인해 당과 옥수수 전분 등으로 만들어진 초파리 배지가 증발해 초파리들이 살기 어려운 환경에 놓여졌을 것이다.

VI. 결론 및 제언

(1) 실험 결론

이번 실험에서는 초파리 침샘의 다사 염색체 관찰과 반성유전 교배 실험을 통해 각각 염색체 구조의 이해와 X연관 열성 유전의 전형적인 특징을 확인하고자 하였다. 침샘 관찰 결과, 폴리틴 염색체의 굵은 띠 구조와 염색질 분포를 일부 확인할 수 있었지만, 문헌에서처럼 뚜렷한 밴드 무늬나 퍼프는 관찰되지 않았다. 반성유전 실험에서도 이론적으로 예측할 수 있는 표현형 비율을 모두 충족하지는 못했지만, X염색체에 위치한 열성 유전 형질이 왜 수컷에서 더 쉽게 표현되는지에 대한 이해를 할 수 있었다. 두 실험 모두 초파리라는 생물이 실험하기에 적합했던 장점과 실제 실제 실험에서 개체 상태, 주변 환경, 실험 설계의 정확성이 결과에 큰 영향을 미친다는 사실을 확인할 수 있었다.

침샘 염색체 관찰의 한계는 염색 조건의 차이, 침샘 조직을 펴는 과정에서의 물리적인 문제에서 비롯된 것으로 볼 수 있었다. 또한 3령 유충만 선별하지 못했거나 현미경으로 관찰하였을 때 정밀하게 진행하지 못했을 가능성도 생각해 볼 수 있었다. 반성 유전 실험에서는 부모 개체의 순종성 여부가 충분히 검증되지 않았고, 이산화탄소 마취 숙련도 부족, 온도 습도 변화, 세대 혼입 등이 표현형 비율에 영향을 미쳤을 것이라 판단하였다. 또한 표현형만으로 유전형을 판단하는 방식은 돌연변이의 발생이나 우성, 열성 판별의 어려움 등 불확실성이 분명 존재할 것이다. 그럼에도 두 실험에서 얻은 결과는 초파리가 유전학에서 널리 활용되는 이유를 직접 체감할 수 있는 근거가 되었고, 다른 동물의 염색체와 비교하였을 때 초파리의 다사 염색체에서만 관찰되는 요소들이 있다는 것을 확인해볼 수 있는 기회가 되었다.

(2) 초파리의 폴리틴 염색체와 척추동물의 램프브러쉬 염색체의 비교

램프브러시 염색체는 양서류나 조류 등 척추동물의 난자 형성 과정 중 감수분열 전기에 나타나는 거대 염색체로 두 개의 상동 염색체가 핵 안에서 풀려나와 길게 늘어나고 염색질이 축과 수 많은 루프 구조를 이루는 특징을 가진다. 루프 부분은 활발한 전사가 일어나는 부위로 초기 난자 발달이나 배 발생 준비를 위해 mRNA를 대량 생산하는 역할을 한다.

반면 초파리의 폴리틴 염색체는 침샘, 분비샘 조직 등 사본이 나란히 배열된 구조로 인해 두꺼운 밴딩 패턴과, 전사 활성이 높은 부위에서는 퍼프라 불하는 팽창 부위가 보인다.

두 거대 염색체 모두 일반적인 체세포 염색체보다 훨씬 크고, 광학 현미경 하에서도 유전자 발현 또는 염색체 구조를 관찰할 수 있다는 공통점이 있어 유전학 연구에 유용하다. 하지만 램프브러시 염색체는 감수분열 중 난자 형성 시기에 나타나며, 대부분이 전사를 위해 만들어진 염색체인 반면, 폴리틴 염색체는 유전 정보가 복제된 후 분열 없이 유지되는 염색체로 주로 분비 활동이나 대사 활동이 왕성한 세포에서 유전자 복제량을 늘리기 위한 것이다.

