

고등학교 생물 I의 세포분열, 생식, 수정개념에 대한 오인 분석

최 승 일

강원 인제종합고등학교

조 회 형

강원대학교 사범대학 과학교육과

(1987년 4월 14일 받음)

I. 서 론

교수 / 학습이란 교사와 학습자 사이의 개념 전달 및 인지 과정의 변화로서, 학습에 의해서 이미 알고 있는 개념이 확대되거나 새로운 개념이 획득되며, 각 학습자들은 그들이 알고 있는 특유한 사고방식의 개념으로부터 이 뜻을 재구성하게 된다(Novak, 1981). 따라서, 학습자가 이미 알고 있는 개념이나 명제에 새로운 지식을 관련지음으로써 의미 있는 학습이 이루어진다(Ausubel, 1968). 즉, 포괄적인 관념간의 관계를 분명하게 보여 준다면, 학생들이 새로운 상황에서 그 포괄적인 관념을 쉽게 적용할 수 있게 된다.

그러나 교사 혹은 전문가가 소지한 과학개념 혹은 관념간의 관계가 학생이 받아들인 과학개념 혹은 관념간의 정합적인 관계와 서로 다를 때 과학 학습에서 문제점을 수반하게 된다(조 회형, 1985). 더구나 학생들은 학습에 들어가기 전에 어떤 주제이든 그와 관련된 개념을 이미 갖고 있어서 그 학습에 영향을 미치며, 그 개념은 전통적 교수법에 의해 커다란 영향을 받지 않는다(조 회형, 1984).

이와 같이 학습 내용과 관련된 개념의 과학 개념, 혹은 개념 체계를 선입관, 혹은 선행 개념(preconception)이라고 부르며, 교사가 가르치고자 하는, 혹은 당대의 과학자들에 의해서 받아 들

여진 과학적 개념과 다를 수 있다. 이 때의 선입관 혹은 선행개념을 대체적 개념체계(alternative framework), 오인(misconception) 등으로 부르며, 과학적 개념과 마찬가지로 과학 학습에 영향을 미칠 뿐만 아니라 그 학습에 의해서 학생에게 특유한 체계로 발달하게 되어 다음의 관련 학습에 영향을 미친다(조 회형, 1985). 그러므로, 학생의 개념 구조를 참작한 학습자료에 의한 교수(teaching)가 필요하다.

따라서 이 연구는 고등학교 생물 I의 세포분열, 생식, 수정 개념에 대한 오인과 그 오인이 어떻게 생기에 되었는지를 분석하여, 고등학생들의 올바른 개념 획득에 도움이 되는 교육자료를 개발하는데 그 목적이 있다. 이 연구의 세부적인 목적은 다음과 같다.

- (1) 고등학생들의 세포분열, 생식, 수정 개념에 대한 오인을 분석한다.
- (2) 그 오인의 원인으로서 고등학교 생물 I 교과서를 분석한다.
- (3) 위와 같은 분석을 바탕으로 새로운 교수 자료 및 모형을 개발한다.

II. 연구방법 및 절차

1. 연구 방법

표집 대상으로 이 연구에 협조를 희망하는 강원도

읍지역 한 고등학교 학생 120명을 선발하였다(표 1).

〈표 1〉 표집대상 및 생물 지식 배경

구분 집단	학년	인 원			학생의 생물 지식 배경
		남	여	계	
A	1	20	20	40	세포분열, 생식, 수정 개념을 배우지 않은 집단
B	2	20	20	40	세포분열, 생식, 수정 개념을 배운 집단
C	2	20	20	40	세포분열, 생식, 수정 개념을 새로운 학습 자료로 배운 집단

조희형(1985)은 단백질 합성의 28개의 개념을 고등학교 생물 교육과정에 '아주 중요하다'고 판정하였다. 그 중에서 중요하다고 생각되는 고등학교 생물 I의 세포분열, 생식, 수정 개념을 선발하고 문교부 검정 고등학교 생물 I 5종 교과서(표 2)의 내용을 분석하여 이들 개념에 대한 명제(부록 1)를 생명의 연속성을 기준으로 작성하였다. 이 명제에 따라 학습내용을 조직하여(부록 2) B집단의 학생들에게 그 내용을 6시간에 걸쳐 강의하였다.

〈표 2〉 문교부 검정 생물 I 5종 교과서

지 은 이	교 과 명	출 판 사	발행년도
강만식 외1인	고등학교 생물 I	교 학 사	1985
김준호 외3인	고등학교 생물 I	동아서적주식회사	1985
정해문 외1인	고등학교 생물 I	지 학 사	1985
조완규 외2인	고등학교 생물 I	동아출판사	1985
김준민 외3인	고등학교 생물 I	삼화서적	1985

아울러, 명제에 따라 BSCS Green Version의 Resource Book of Test Items에서 우리나라의 교과서 내용에 부적합하다고 판단되는 문항을 제외한 41문제를 발췌하고, 영역별로 미비한 부분에 관한 9문제를 작성하여, 도합 50 문항의 평가문제(부록 3)를 오인 조사를 위한 평가도구로 사용하였다.

이 평가문제를 A, B집단에 50분간 답하게 한 후

A, B집단 학생들과 면담하였고, 면담 중 문제에 대하여 설명하도록 하였으며, 그 내용을 녹음하였다. 학생이 설명한 내용 중 올바른 개념을 학생들 자신에게 고유하고 특별한 관념으로 오해한 내용을 오인(misconception)으로 정의하여 그 오인을 조사하였다.

위와 같은 방법으로 밝혀 낸 오인과, 표2의 교과서를 분석하여, 각 교과서가 안고 있는 문제점을 바탕으로 하여 새로 작성한 교육내용을 C집단에 6시간 강의하였다. 강의 후 C집단에 50분 동안 부록3의 평가문제에 답하게 하고, 면담을 통해서 그 내용을 녹음하여 오인을 분석하였다.

2. 교과서 분석 및 교수/학습 모형 개발

교과서의 단원 배열이 세포분열, 생식, 수정 개념 체계의 이해 및 학습전이와 어떠한 관계를 가지고 있으며, 개념간의 관계 및 기본 개념을 어떻게 기술하고 있으며, 또한 사용된 용어에 어떠한 차이가 있는지를 교과서에 기술된 내용의 정도와 그림의 적절한 표현을 중심으로 분석하였다.

이상에서 조사·분석된 C집단과 A·B집단 사이의 오인 정도 차이와, 교과서 내용을 고려하여 세포분열, 생식, 수정 개념 사이의 연계성을 중요시한 교수/학습 자료 및 모형을 개발하였다.

Ⅲ. 결과 및 토의

1. A, B 집단의 오인 분석

(1) 학생의 응답과 오인

전체 50문항에 대한 정답률은 A집단이 37%, B집단은 56%였다. 정답률이 30% 이하인 문항은 A집단에 24개, B집단에 6개였다. 이러한 A, B집단의 차이(표 3, 표4)는 A집단은 중학교 과학 교과에서 배운 지식으로 응답하였고, B집단은 부록2의 내용을 학습하고 응답하였기 때문이라고 본다. 바꾸어 말하면 A집단은 문제의 뜻을 잘 몰라서 틀린 경우가 많고, B집단은 오인의 작용으로 오답을 했다고 볼 수 있다. 특히 B집단에서는 핵분열시 염색본체의 행동(6번)과 배낭의 핵상(22번) 그리고 2가염색체(39번)에 대한 정답률이 가장 낮았다.

〈표 3〉 A집단의 평가 문항에 대한 반응

번호	(%) ㄱ)	(%) ㄴ)	(%) ㄷ)	(%) ㄹ)	(%) 정답율	번호	(%) ㄱ)	(%) ㄴ)	(%) ㄷ)	(%) ㄹ)	(%) (정답율)
1	67.5	0	0	32.5	32.5	26	70	2.5	12.5	15	15
2	0	40	25	35	25	27	20	7.5	7.5	65	20
3	22.5	55	12.5	10	55	28	7.5	7.5	5	12.5	75
4	55	12.5	10	22.5	55	29	7.5	22.5	32.5	37.5	7.5
5	30	2.5	60	7.5	60	30	25	15	42.5	17.5	25
6	12.5	55	2.5	30	30	31	32.5	37.5	17.5	12.5	37.5
7	20	75	0	5	75	32	47.5	0	32.5	20	20
8	7.5	10	27.5	55	55	33	20	27.5	42.5	10	27.5
9	22.5	2.5	45	30	30	34	37.5	7.5	22.5	32.5	22.5
10	2.5	10	10	77.5	77.5	35	35	37.5	7.5	20	35
11	35	0	17.5	47.5	35	36	15	27.5	37.5	20	15
12	17.5	20	35	27.5	27.5	37	32.5	22.5	22.5	22.5	22.5
13	40	22.5	12.5	25	40	38	57.5	7.5	20	15	7.5
14	12.5	37.5	25	25	37.5	39	10	67.5	12.5	10	10
15	17.5	32.5	20	30	20	40	2.5	2.5	22.5	72.5	22.5
16	15	37.5	32.5	12.5	37.5	41	15	72.5	7.5	5	15
17	7.5	12.5	72.5	5	72.5	42	20	17.5	32.5	30	32.5
18	10	2.5	60	27.5	60	43	37.5	25	12.5	25	37.5
19	7.5	17.5	47.5	27.5	47.5	44	55	15	7.5	22.5	22.5
20	90	7.5	2.5	0	90	45	15	32.5	15	37.5	15
21	12.5	10	27.5	50	50	46	25	40	12.5	22.5	22.5
22	60	15	7.5	17.5	17.5	47	25	25	12.5	37.5	25
23	25	55	7.5	12.5	25	48	15	17.5	27.5	40	40
24	5	82.5	7.5	5	82.5	49	12.5	37.5	32.5	15	32.5
25	17.5	47.5	22.5	12.5	17.5	50	10	67.5	10	12.5	67.5

〈표 4〉 B집단의 평가 문항에 대한 반응

번호	(%) ㄱ)	(%) ㄴ)	(%) ㄷ)	(%) ㄹ)	(%) 정답율	번호	(%) ㄱ)	(%) ㄴ)	(%) ㄷ)	(%) ㄹ)	(%) (정답율)
1	22.5	0	0	77.5	77.5	26	30	2.5	10	57.5	57.5
2	0	10	62.5	27.5	62.5	27	57.5	7.5	10	25	57.5
3	15	75	5	5	75	28	17.5	57.5	20	5	57.5
4	75	12.5	7.5	5	75	29	55	7.5	20	17.5	55
5	7.5	2.5	87.5	2.5	87.5	30	57.5	12.5	20	10	57.5
6	7.5	52.5	32.5	7.5	7.5	31	10	75	7.5	7.5	75
7	25	62.5	7.5	5	62.5	32	27.5	5	15	52.5	52.5
8	7.5	27.5	15	50	50	33	7.5	52.5	25	15	52.5
9	0	0	22.5	77.5	77.5	34	12.5	22.5	52.5	12.5	52.5
10	0	10	5	85	85	35	57.5	22.5	5	15	57.5
11	57.5	10	10	22.5	57.5	36	50	7.5	22.5	20	50
12	15	20	12.5	52.5	52.5	37	17.5	50	15	17.5	50
13	57.5	12.5	5	25	57.5	38	42.5	22.5	10	25	22.5
14	12.5	52.5	17.5	17.5	52.5	39	10	52.5	20	17.5	10
15	15	15	52.5	17.5	52.5	40	10	15	55	20	55
16	30	52.5	12.5	5	52.5	41	50	15	17.5	17.5	50
17	2.5	15	77.5	5	77.5	42	17.5	15	50	17.5	50
18	7.5	7.5	72.5	12.5	72.5	43	55	17.5	10	17.5	55
19	7.5	17.5	60	15	60	44	47.5	15	7.5	30	30
20	92.5	5	0	2.5	92.5	45	50	20	10	20	50
21	5	15	15	65	65	46	22.5	30	12.5	35	35
22	75	10	10	5	5	47	60	22.5	12.5	5	60
23	52.5	17.5	2.5	27.5	52.5	48	20	17.5	12.5	50	50
24	5	82.5	7.5	5	82.5	49	15	20	52.5	12.5	52.5
25	50	25	10	15	50	50	10	70	10	10	70

면담을 통해서 확인된 오인은 표5와 같다.

〈표5〉 A·B 집단 학생이 소지한 오인

구분 순서	문항번호	평가개념		오인율(40명)	
				A집단	B 집단
1	6	염색분체	염색체의		50%의 오답자
2	39	2가염색체	행 동		50%의 오답자
3	44	DNA 량의 변 화	DNA 량 의 변화		40%, 7.5% 오 답자
4	13	생식세포 (배우자)	식물의 생식세포	20%의 오답자	10%의 오답자
5	22	배 낭 형성			10%의 오답자
	47				10%의 오답자
6	46	중복수정	식물의 수 정		20%의 오답자 10%의 정답자

(2) 염색분체에 관한 오인

6번 문제의 염색분체에 관한 질문에 A집단은 염색 분체의 뜻을 몰라 정답을 선택하지 못하였다. 그러나 B집단은 40명중 50%의 학생들이 염색분체와 염색체가 동일하다고 오인하였다. 이것은 2분염색체와 2가 염색체가 같으며 그것이 바로 염색체 자체라고 생각하는 데서 기인하였다.

〈예〉

교사 : 세포분열시 염색분체란 무엇인가?

학생 : 염색분체는 염색체가 2가닥으로 갈라진 것입니다.

교사 : 그렇다면 한개의 염색체가 염색분체를 2개씩 가지 고 있는가?

학생 : 엄밀히 말해서 염색분체는 4개 입니다.

교사 : 어떻게 4개인가?

학생 : X모양에서 I모양이 4개이므로 4분염색체이고 이 것이 바로 2가염색체입니다.

교사 : 1개의 염색체가 2가염색체로 된다는 것인가?

학생 : 예

이와 같은 오인을 갖는 학생들은 세포분열시 염색 체의 행동에는 주의할 기울이지 않고 분열에 관한 모 든 문제를 수량적(체세포 분열시 $2n \rightarrow 2n$ 감수분열 시 $2n \rightarrow n$)으로만 생각하기 때문이다. 따라서 세포 분열시 염색체와 그 안에 들어 있는 DNA의 변화 에 대한 상관관계를 정확히 인식하지 못한 것으로 생각된다.

(3) 2가염색체에 관한 오인

39번 문제의 2가 염색체에 관한 질문에 B집단은 40 명 중 50%의 학생들이 2분염색체와 2가염색체가 같 으며 그것이 바로 염색체 자체라고 오인하였다.

〈예〉

교사 : 세포분열시 염색체가 염색체로 되는데, 염색분체 는 무엇인가?

학생 : 염색분체는 염색체가 두 가닥으로 갈라진 것입니 다.

교사 : 2가염색체의 염색분체는 어떠한가?

학생 : 갈라진 염색분체 두 개를 2가염색체라고 합니다.

교사 : 왜 그렇게 생각하는가?

학생 : 2가라는 것은 두 개를 뜻합니다. 그러므로 2가염색 체는 염색분체가 두 개입니다.

교사 : 그러면 2가염색체와 2분염색체가 같다는 것인가?

학생 : 예

교사 : 2가염색체의 DNA량과 2분염색체의 DNA량도 같 은가?

학생 : 예

교사 : 그렇다면 감수분열시 2분염색체가 2회 연속 분열 되면 각 세포에는 염색분체가 $\frac{1}{2}$ 씩 (X \rightarrow I) 있게 되는가?

학생 : ……

아러한 오인도 역시 세포분열에 관한 모든 문제를 수량적(체세포 분열시 $2n \rightarrow 2n$, 감수분열시 $2n \rightarrow n$)으 로만 생각하기 때문이다. 따라서, $2n \rightarrow 2$ 의 세포가 감 수분열을 할 경우 X모양의 2가염색체가 2개 만들어 져서 제1분열시 I모양으로 각각 2개씩 딸세포로 나 누어지고, 제2분열시 I모양으로 각각 2개씩 딸세포로 나누어져서 딸세포의 염색체는 I모양이 2개인, 즉, I모양이 1개인 $n=1$ 의 세포로 된다는 생각이다. 이 러한 오인을 갖는 학생들은 동원체의 역할과 작용을 잘못 인식한 것으로 생각된다. 또한 이러한 오인을 갖는 학생들은 유전물질인 DNA와 염색체의 상관 관 계를 잘못 인식하여, 모세포의 유전자가 생식세포에 전달되는 과정에서도 오인을 갖게 된다.

(4) DNA 량의 변화에 관한 오인

44번 문제의 감수분열시 DNA 량의 변화에 관한 질문에 B집단은 40명중 40%의 학생들(예 I)이, DNA 복제를 염색체 배가현상으로 오인하였고, 7.5

%의 학생들(예 II)은 제1분열시 염색체가 반감되는 현상을 모세포에 대한 DNA량 반감으로 오인하였다.

<예 I>

교사 : DNA복제와 염색체의 관계는 어떠한가?
학생 : DNA복제시 염색체 n이 2n으로 두배가 됩니다.
교사 : 그렇다면 제1분열후 염색체는 어떠한가?
학생 : 이형분열로 반감되었기 때문에 n입니다.
교사 : 제2분열후 염색체는 어떠한가?
학생 : 동형분열 되었기 때문에 n입니다.

<예 II>

교사 : 제1분열된 딸세포의 DNA량이 모세포의 1/2이라 고 생각한 이유는 무엇인가?
학생 : 이형분열되어 염색체가 반감되었기 때문입니다.
교사 : 염색체가 반감되었으므로 DNA도 역시 반감되었다는 것인가?
학생 : 예. 염색체가 반감되었으므로 DNA량도 역시 모세포의 1/2로 반감됩니다.

이러한 오인을 갖는 학생들은 감수분열에서 DNA량의 변화와 핵상의 변화를 동일시 취급(예를 들면 n일 경우 DNA량이 2라면, 2n일 경우 DNA량은 4라는 생각)하는 데서 오인이 발생된다. 또한 감수분열시 DNA량의 변화와 염색체의 행동에는 주의를 기울이지 않고, 분열에 관한 모든 문제를 염색체 수와 관련시키려는데(제1분열시 2n→n, 제2분열시 n→n) 그 원인이 있는 것으로 생각된다.

따라서, 이러한 오인을 갖는 학생들은 유전 단원에서 생식세포 형성시 유전자의 행동에 관한 오인을 갖게 된 것으로 보인다(Cho, Kahle & Nordland, 1985).

(5) 생식세포에 관한 오인

13번 문제의 유성생식에 필수적인 것은 어느 것인가 라는 질문에 A집단은 40명 중 20%의 학생들이, B집단은 40명 중 10%의 학생들이 다같이 배우자를 남편과 아내의 각기 한쪽으로 오인하여 아버지가 유성생식에 필수적이라고 오인하였다.

<예>

교사 : 아버지로 택한 이유는?
학생 : 아버지가 각각 난자와 정자를 만들어서 유성생식을 합니다.
교사 : 배우자는 무엇인가?
학생 : 배우자는 남편과 아내의 각기 한 쪽을 말합니다.
교사 : 생식세포는 무엇인가?

학생 : 감수분열로 만들어진 정자, 난자를 말합니다.
교사 : 생식세포와 배우자에는 같은 의미가 없는가?
학생 :

이러한 오인은 용어가 다양하게 사용되는 것에 원인이 있는 것으로 생각된다. 실제로 중학교 과학 교과에서는 생식세포로 사용되나 고등학교 생물 교과에서는 배우자와 생식세포를 혼용하고 있다.

(6) 배낭의 핵상에 관한 오인

22, 47번 문제의 배낭의 핵상에 관한 질문에 B집단은 40명중 10%의 학생들이 배낭에서 감수분열로 난세포를 만드는 것으로 오인하여 배낭의 핵상을 2n으로 생각하였다.

<예>

교사 : 배낭의 핵상을 2n으로 생각한 이유는?
학생 : 배낭에서 감수분열로 난세포를 만듭니다.
교사 : 난세포의 핵상은 n인가?
학생 : 예, 난세포의 핵상은 n이고 배낭의 핵상은 2n입니다.
교사 : 그렇다면 꽃가루는?
학생 : 2n입니다. 꽃가루에서 감수분열이 일어나서 n의 정핵이 만들어집니다.
교사 : 배낭모세포, 꽃가루모세포는 무엇인가?
학생 :

이러한 오인을 갖는 학생들은 감수분열과 핵분열을 구분하여 인지하지 않고, 배낭과 꽃가루에서 각기 감수분열로 난세포와 정핵이 만들어진다고 생각한다.

(7) 중복수정에 관한 오인

46번 문제의 속씨식물의 배낭모세포와 배젖의 염색체를 묻는 질문에 B집단은 40명 중 20%의 학생들이 중복수정 과정을 오인하여 오답을 택하였고, 또한 10%의 학생들도 중복수정 과정을 오인하여 정답을 택하였다.

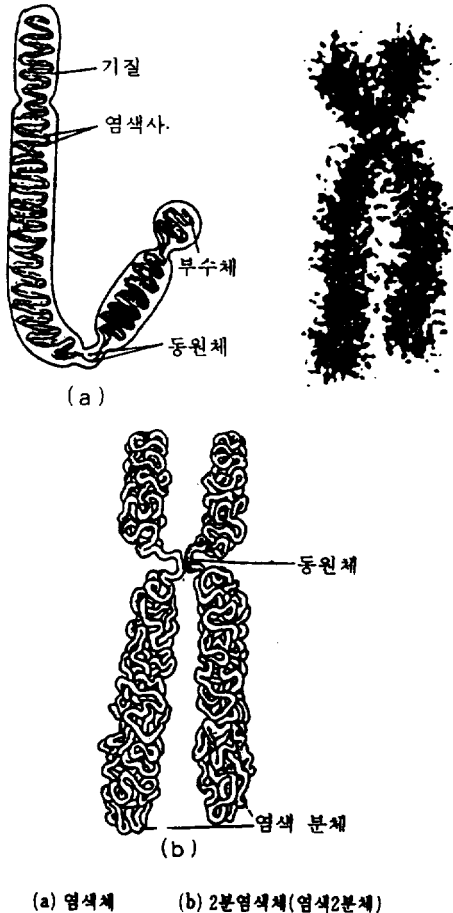
<오답자의 예>

교사 : 배젖의 핵상이 2n인 이유는?

DNA량의 변화 및 유전 단위의 형질전달 사이의 오인이 역시 진화 단위의 자연선택 개념에의 오인 형성에 영향을 미친다고 한다. 그러므로 오인의 원인으로서의 교과서를 분석해 보는 것이 중요하다.

(1) 염색체의 행동과 DNA량의 변화

세포분열시 염색체가 변화된 염색분체를 그림2와 같이 강만식(p.68), 김준호(p.57)는 도해하였으나 정해문, 조완규, 김준민은 그림으로 설명하지 않고 있다. 또한 강만식(p. 69), 김준호(p. 55), 정해문(p. 63), 조완규(p. 75)는 체세포분열시 염색분체에 관해 서술하고 있으나 김준민(p. 77)은 “.....핵속의 염색사가 굵어지며, 염색사가 세로로 갈라져서 같은 크기와 모양의 염색체가 2개씩 생기며.....”라고 염색체의 배가현상($n \rightarrow 2n$)으로 기술하여 학생들에게 오인의 소지를 제공하고 있다.



(a) 염색체 (b) 2분염색체(염색2분체)
그림 2 염색체의 모형과 세포분열 때의 모습

감수분열시 2가염색체를 모든 교과서에서 4분염색체(염색4분체)로 좀더 자세히 설명하고 있으나, 감수분열시 염색체 분열을 그림3과 같이 도해하여 설명하고 있는 교과서는 강만식(p. 72), 김준호(p. 59), 김준민(p. 81)뿐이고 정해문, 조완규는 도해하여 설명하고 있지 않다.

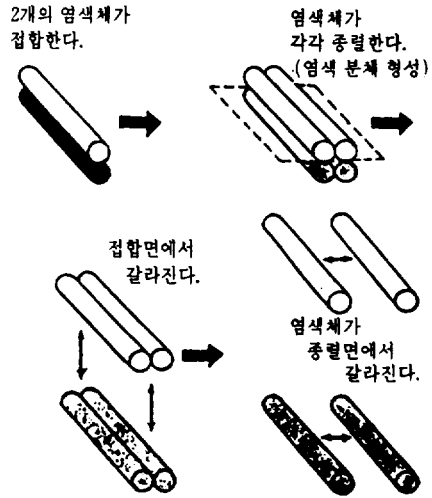


그림 3 감수분열에서의 염색체 분열

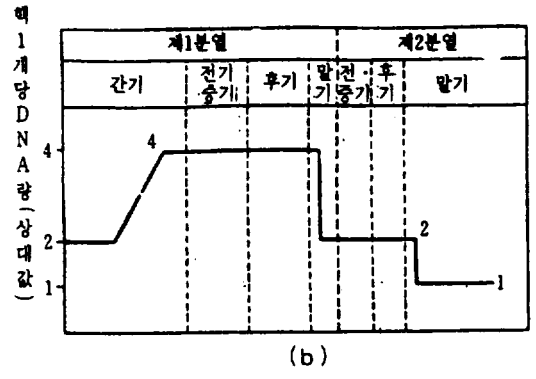
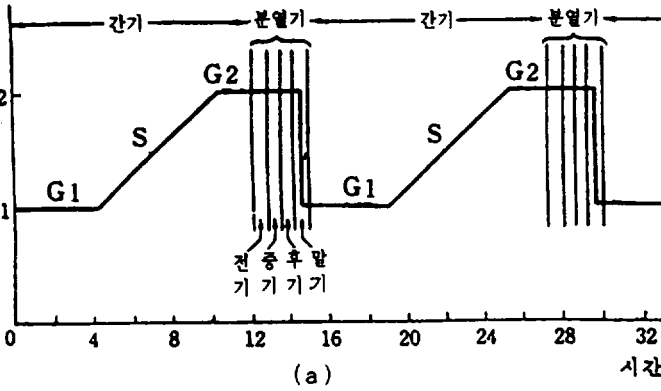
세포분열시 DNA량의 변화를 그림4와 같이 도해하고 있는 교과서는 김준호(p. 54), 조완규(p. 78, 81), 김준민(p. 80)뿐이고 강만식, 정해문은 도해하여 설명하지 않고 있다. 게다가 김준호와 김준민조차도 그림4의 (b)를 도해하지 않고 그림4의 (a)만 도해하고 있다.

학생들의 학습전이에 효과적인 교과내용 순서는 염색체 단원에서 염색분체를 배우고나서, 세포분열 단원에서 체세포분열과 감수분열시 염색체의 행동을 배운 후에, 종합적으로 세포분열시 염색체 행동에 따른 DNA량의 변화를 배우는 것으로 생각된다. 이렇게 염색체→세포분열→세포주기 순으로 교과내용이 배열된 것은 강만식뿐이었다.

(2) 생식세포와 그 형성

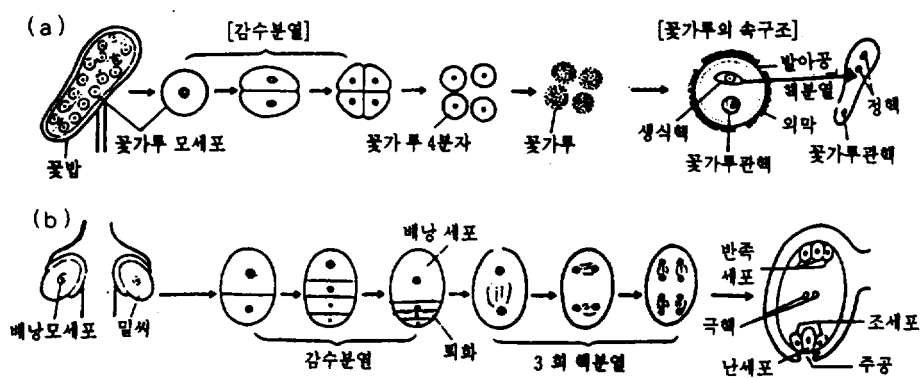
분석된 모든 교과서에서 배우자와 생식세포의 두 단어가 혼용되고 있었다. 따라서 학생들에게 친숙한 단어인 생식세포로 통일하여 사용하는 것이 좋은 방안으로 생각된다.

식물의 생식세포 형성시 그림5처럼 배낭 형성과 꽃



(a) 체세포 분열시 DNA량의 변화 (b) 감수분열시 DNA량의 변화

그림 4. 세포분열시 DNA량의 변화



(a) 꽃가루와 정핵 형성 (b) 배낭과 난세포 형성

그림 5. 속씨식물의 생식세포 형성(모식도)

가루 형성이 감수분열이고, 난세포와 정핵 형성이 핵분열임을 명확히 그림과 글로써 설명하고 있는 교과서는 김준호(p. 65), 정해문(p. 76), 조완규(p. 89), 김준민(p. 94)뿐이고 강만식은 그림 안에 감수분열과 핵분열을 구분하여 기록하지 않았다.

(3) 중복수정

식물의 생식세포 형성 과정과 속씨식물의 중복수정 과정이 하나로 연결되어 설명되고 있는 교과서는 하나도 없으며, 모든 교과서마다 생식세포 형성과 중복수정 단원이 별개로 독립되어 있다. 따라서 학생들에게 오인이 발생하는 것으로 생각된다. 그러므로 식물의 생식세포 형성, 수정, 배발생을 독립적으로 기술하지 않고 직접 연결하여 교수/학습한다면 오인이

발생되지 않을 것이다. 그러나 김준호(p. 73), 정해문(p. 92)만이 식물의 배발생을 기술하였고 강만식, 조완규, 김준민은 식물의 발생을 교과서의 내용에 포함조차 하지 않고 있다.

3. C 집단의 교수/학습 및 오인 분석

A,B집단이 소지한 과학적 개념과 오인을 참작하여 부록2의 교수/학습 내용을 다음과 같이 개선하였다.

(1) 그림2를 도해하여 세포분열 전기에 1개의 염색체가 2개의 염색분체로 되는 것은, 복제된 DNA를 양분하기 위한 과정을 설명하였다(E.De Robertis & E.M. De Robertis, Jr. 1981).

(2) 그림3을 도해하여 감수분열시 2가염색체는 반

감된 생식세포를 만들기 위하여 상동염색체끼리 밀착하여 만들어진 4분염색체이며, 2회 연속 분열로 반감된다고 설명하였다.

(3) 그림4를 도해하여 세포주기와 염색체 행동에 따른 DNA량의 변화를 강조·설명하였다.

(4) 배우자와 생식세포가 같은 개념임을 주지시키고 생식세포로 통일하여 가르쳤다.

(5) 그림6을 도해하여 동·식물의 생식세포 형성 과정을 비교하여 설명하였고, 또한 식물의 생식세포 형성시 감수분열과 핵분열을 구분하여 주지시켰다.

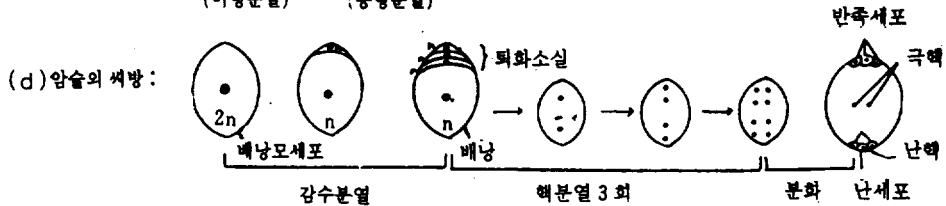
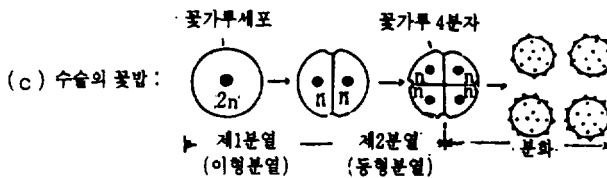
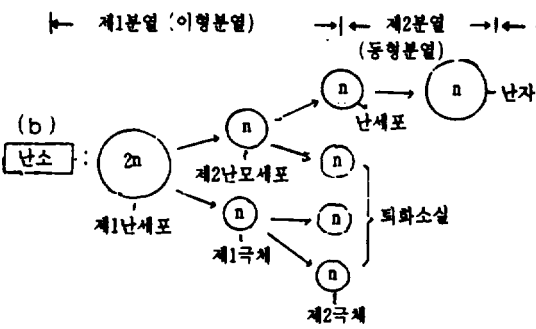
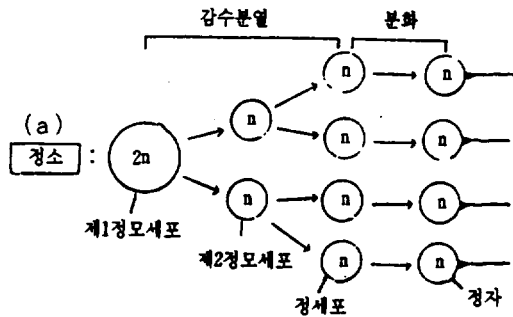
(6) 식물의 중복수정과 배발생을 그림7과 같이 도해하여 설명하였다.

(7) 개념 사이의 연계성을 고려하여 그림8의 순서로 단원을 배열하였다.

이렇게 학습 내용을 개선하여 그림8의 순서로 6시간 동안 C집단을 가르친 후, 평가문제(부록3)로 50분간 평가하고 평가 후 면담하였다.

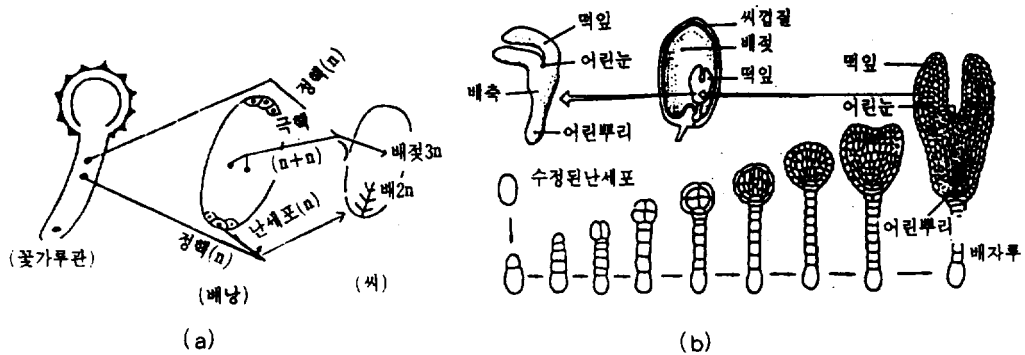
전체 50문항에 대한 정답률은 75%였으며, 정답률이 낮은 문항은 감수분열시 DNA량의 변화(44번, 50%)였다(표6).

평가와 면담을 통해서 확인된 오인은 감수분열시 DNA량의 변화에 관한 것이었다. B집단과 마찬가지로 10%의 학생들은 DNA복제를 염색체의 배가현상으로 오인하였고, 25%의 학생들은 제1분열시 염색체가 반감되는 현상을 모세포에 대한 DNA량의 반감으로 오인하였다. 그밖의 A,B집단이 소지한 오인은 발견할 수 없었다.

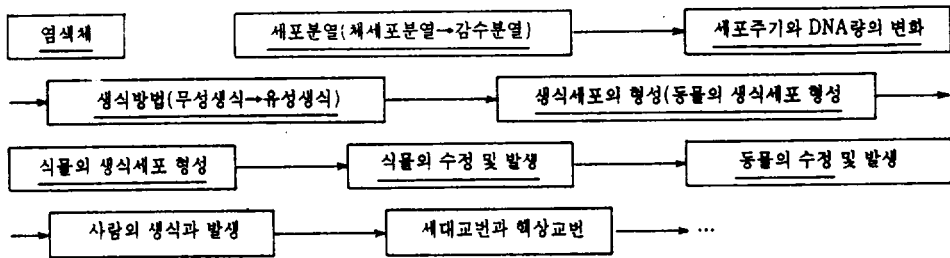


(a) 동물의 정자 형성 (b) 동물의 난자 형성
(c) 속씨식물의 꽃가루 형성 (d) 속씨식물의 배낭 형성

(그림 6) 생식세포 형성 과정



(a) 중복수정 (b) 배발생
(그림 7) 속씨식물의 중복수정과 배발생



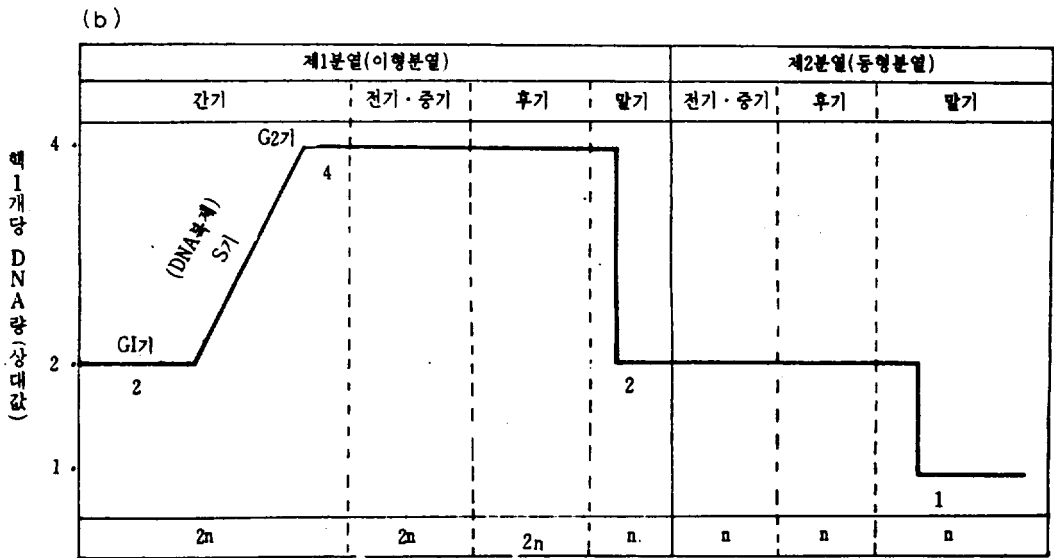
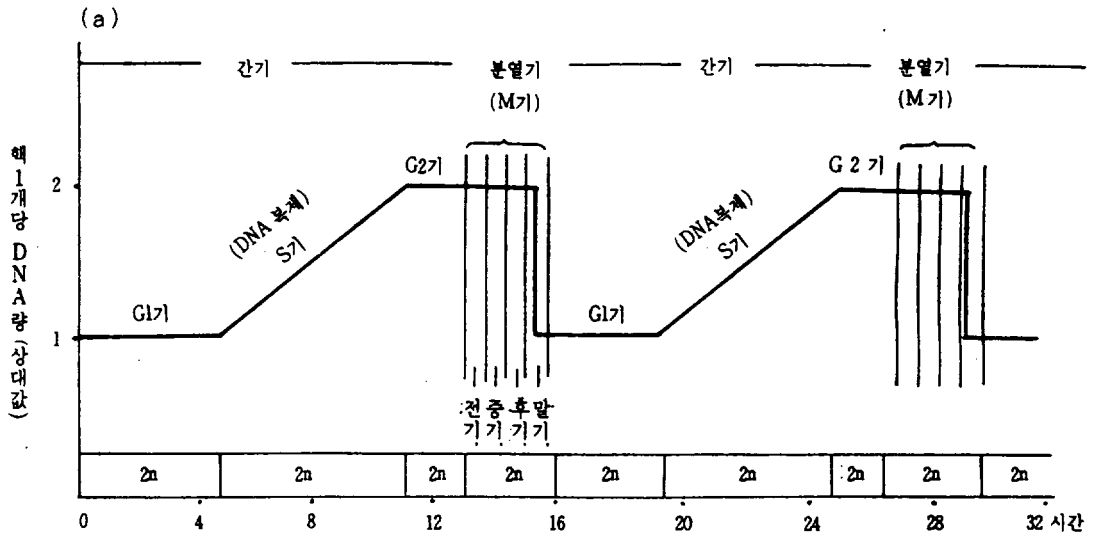
(그림 8) 교수/학습 순서도

〈표 6〉 C집단의 평가 문항에 대한 반응

번호	(%) ㄱ)	(%) ㄴ)	(%) ㄷ)	(%) ㄹ)	(%) 정답율	번호	(%) ㄱ)	(%) ㄴ)	(%) ㄷ)	(%) ㄹ)	(%) 정답율
1	20	0	0	80	80	26	15	2.5	5	77.5	77.5
2	0	12.5	72.5	15	72.5	27	80	5	5	10	80
3	10	90	0	0	90	28	10	75	15	5	75
4	80	10	5	5	80	29	62.5	7.5	20	10	62.5
5	2.5	5	90	2.5	90	30	70	7.5	15	7.5	70
6	10	10	72.5	7.5	72.5	31	10	80	5	5	80
7	20	70	5	5	70	32	15	2.5	10	72.5	72.5
8	7.5	20	10	62.5	62.5	33	5	65	20	10	65
9	0	0	15	85	85	34	7.5	7.5	77.5	7.5	77.5
10	0	7.5	2.5	90	90	35	80	10	2.5	7.5	80
11	75	0	5	20	75	36	70	5	15	10	70
12	10	20	10	60	60	37	5	72.5	7.5	15	72.5
13	77.5	2.5	5	15	77.5	38	10	70	5	15	70
14	5	70	10	15	70	39	62.5	20	10	7.5	62.5
15	5	15	75	10	75	40	5	15	60	20	60
16	20	70	5	0	70	41	70	5	10	15	70
17	0	5	90	5	90	42	7.5	2.5	80	10	80
18	7.5	5	77.5	10	77.5	43	75	10	5	10	75
19	2.5	20	70	7.5	70	44	10	15	25	50	50
20	95	0	5	0	95	45	80	10	2.5	7.5	80
21	0	10	15	75	75	46	10	2.5	5	82.5	82.5
22	10	0	10	80	80	47	70	15	10	5	70
23	75	5	5	15	75	48	15	10	2.5	72.5	72.5
24	2.5	90	5	2.5	90	49	10	15	70	5	70
25	75	10	5	10	75	50	7.5	85	5	2.5	85

따라서 이러한 오인을 방지하려면 그림9, 그림10과 같이 비교·도해하여, 체세포분열과 감수분열시 염

색체 행동에 따른 DNA량의 변화를 비교·설명하는 것이 좋으리라고 생각된다.



(a) 체세포 분열시 DNA의 변화

(b) 감수분열시 DNA량의 변화

(그림 9) 세포분열시 DNA량의 변화

로 2가염색체이며 θ 모양이 4개인 염색4분체라고 오인하였다.

세포분열시 DNA복제를 염색체 배가 현상으로 오인하였고 제1분열시 염색체가 반감되는 현상을 모세포에 대한 DNA량의 반감으로 오인하였다.

(2) 생식세포와 그 형성에 관한 오인

배우자를 남편과 아내의 각기 한쪽으로 오인하였다.

배낭과 꽃가루에서 감수분열로 난세포와 정핵이 만들어진다고 오인하였다.

(3) 중복수정에 관한 오인

정핵과 난세포(또는 배낭)가 수정되어 배젖으로 된다고 오인하였다. 게다가 배낭, 난세포, 난핵을 각기 별개의 생식세포로 오인하였다.

2. 교과서 분석 결과

(1) 염색체의 행동과 DNA량의 변화

염색체를 그림2와 같이 도해하여 설명하고 있는 교과서는 강만식(p. 68), 김준호(p. 57) 뿐이고 정해문, 조완규, 김준민은 그림으로 설명하지 않고 있다. 또한 강만식(p. 69), 김준호(p. 55), 정해문(p. 63), 조완규(p. 75)는 체세포분열시 염색분체에 관해 서술하고 있으나 김준민(p. 77)은 염색분체의 개념 설명없이 염색체의 배가현상으로 기술하여 학생들에게 오인의 소지를 제공하고 있다.

감수분열시 염색체의 행동을 그림3과 같이 도해하여 설명하고 있는 것은 강만식(p. 72), 김준호(p. 59), 김준민(p. 81) 뿐이고 정해문, 조완규는 도해하지 않고 있다.

세포주기에 따른 DNA의 변화를 그림4와 같이 도해하여 비교·설명되고 있는 교과서는 조완규(p. 81) 뿐이고 김준호(p. 54), 김준민(p. 80)은 그림4의 (b)를 도해하지 않고 그림4의 (a)만 도해하여 설명하고 있다. 더구나 강만식, 정해문은 어느것도 도해하지 않고 있다.

염색체, 세포분열, 세포주기 순으로 교과 내용이 배열된 것은 강만식 뿐이었다.

(2) 생식세포와 그 형성

분석된 모든 교과서에서 배우자와 생식세포가 혼용되고 있다.

그림5처럼 배낭형성과 꽃가루형성이 감수분열이고 난세포와 정핵형성이 핵분열임을 명확히 그림과 글로 설명하고 있는 것은 김준호(p. 65), 정해문(p. 76), 조완규(p. 89), 김준민(p. 94) 뿐이고 강만식은 그림 안에 감수분열과 핵분열을 구분하지 않았다.

(3) 중복수정

식물의 생식세포 형성, 수정, 발생 과정이 하나로 연결되어 설명되고 있는 교과서는 하나도 없으며, 모든 교과서마다 식물의 생식세포 형성과 식물의 수정, 그리고 식물의 배발생 단원이 떨어져서 제각기 실려 있다. 또한 김준호(p. 73), 정해문(p. 92)만이 식물의 발생을 다루고 있고 강만식, 조완규, 김준민은 식물의 발생을 다루지 않고 있다.

V. 세포분열, 생식, 수정의 교수/학습 모형

이상에서 알아본 바와 같이 세포분열, 생식, 수정 개념에 대한 학생들의 오인은 주로 염색체의 행동과 DNA량의 변화, 생식세포와 그 형성, 중복수정에 관한 개념의 이해가 정확하지 못한 데서 비롯된다. 따라서 이러한 개념의 설명을 위한 모식도 또는 개념간의 밀접한 연관성, 용어의 사용 그리고 구체적인 내용이 교재에 고려되어야 하며 교수/학습시 그 개념간의 연계성을 중요시 하여야 한다.

1. 단원배열

세포분열, 생식, 수정 개념의 교수/학습시 가장 이상적인 단원 배열은 그림8과 같다. 염색체 단원에서 염색분체를 설명하여, 세포분열시 염색체의 행동을 이해하도록 하여야 한다. 특히 감수분열시 염색체의 행동을 자세히 설명하여야 한다. 아울러 세포주기 단원에서, 세포주기에 따른 염색체의 행동과 DNA량의 변화를 체세포분열과 감수분열을 비교시켜 설명한

다.

식물의 생식세포 형성, 식물의 수정, 식물의 발생을 연이어 기술·설명한다.

2. 개념의 설명

(1) 염색체의 행동과 DNA량의 변화

세포분열 전기에 1개의 염색체가 2개의 염색분체(2분염색체)로 되는 것은 복제된 DNA를 양분하기 위한 과정임을 그림2로서 중점·설명하여야 한다. 또한 그림2, 그림10에서 동원체의 역할과 기능도 강조하여 설명하여야 한다.

감수분열시 2가염색체는 반감된 생식세포를 만들기 위하여 염색체가 상동염색체끼리 밀착하여 만들어진 4분염색체이고, 2회 연속 분열로 반감된다고 그림3으로 설명하여야 한다. 또한 그림10으로 체세포분열과 감수분열시의 염색체 행동을 비교·설명한다.

세포주기에 따른 DNA량의 변화를 그림9와 같이 체세포분열과 감수분열을 비교·설명한다. 특히 감수분열시 DNA량의 변화를 그림9, 그림10과 같이 체세포분열과 감수분열을 비교하여 생식세포를 만드는 과정에서 유전물질인 DNA가 복제되고 반감되는 것을 구체적으로 설명한다. 또한 이 반감된 DNA가 수정으로 다시 결합하여 정량의 DNA로 되돌아가는 과정을 설명하여, 아버지의 유전물질인 DNA가 자식에게 전달되는 것을 설명하여야 한다.

(2) 생식세포와 그 형성

동물의 제1정모세포, 제1난모세포와 식물의 꽃가루모세포, 배낭모세포가 동등한 위치이며 각각 감수분열로 생식세포를 형성하는 것을 그림6과 같이 비교·설명한다. 특히 식물에서 배낭과 꽃가루에서 다핵분열을 거쳐 난세포, 극핵, 정핵 등을 만드는 과정을 강조하여, 식물의 생식세포 형성 과정을 구체적으로 설명하여야 한다.

(3) 중복수정

식물의 생식세포 형성에 이미 정핵과 난세포가 수정되어 배가 되고 정핵과 극핵이 수정되어 배젖이 됨을 설명하여야 하고, 그림7과 같이 연이어 식물의 배발생을 설명한다.

3. 용어의 사용

배우자와 생식세포가 같은 의미임을 주지시키고 아울러 학생들에게 친숙한 단어인 생식세포로 통일하여 사용함이 좋다. 또한 식물의 수정에서 난세포와 난핵의 혼용을 피하여야 한다.

4. 개념 비교 학습

두 가지 이상의 개념을 그림6, 그림9, 그림10과 같이 비교하여 교수함으로써 학생들의 오인 형성을 최소로 줄여야 한다.

참 고 문 헌

1. 강만식, 이인규(1985). 고등학교 생물 I, 서울:교학사.
2. 강만식, 이인규(1985). 고등학교 생물 II, 서울:교학사.
3. 김준민, 임형빈, 임양재, 김교창(1985). 고등학교 생물 I, 서울:삼화서적주식회사.
4. 김준호, 하두봉, 이학동, 박영철(1985). 고등학교 생물 I, 서울:동아서적주식회사.
5. 박승재(1985). 과학교육, 서울:교육과학사.
6. 서울대학교 사범대학 과학교육연구소(1986). 중학교 과학1, 서울:문교부
7. 서울대학교 사범대학 과학교육연구소(1986). 중학교 과학2, 서울:문교부
8. 서울대학교 사범대학 과학교육연구소(1986). 중학교 과학3, 서울:문교부
9. 송용규(1984). 생물교육에 적용할 수 있는 학습이론, 생물교육. 12(1), 29-34.
10. 정해문, 윤경일(1985). 고등학교 생물 I, 서울:지학사.
11. 조완규, 강영희, 목창수(1985). 고등학교 생물 I, 서울:동아출판사.
12. 조희형(1985). 고등학교 생물과정에 필요한 기본 개념의 확인 및 결정, 한국과학교육학회지. 5(1), 11-17.
13. 조희형(1985). 과학개념의 선입관 및 오인과 과학교육 및 과학교사 교육과의 과제, 과학교육연구논총. 10(1), 121-130.

14. 조희형(1984). 선입관의 철학적 배경 및 오인과 과학 학습의 관계, 한국과학교육학회지. 4(1), 34-43.

15. 한국생물학교육위원회(1982). BSCS생물(녹판), 서울: 탐구당.

16. Ausubel, D.P.(1968). Educational Psychology: a cognitive view, New York: Holt, Rinehart, and Winston.

17. E.De Robertis & E.M.De Robertis, Jr.(1981). Essentials of Cell and Molecular Biology. Philadelphia: Saunders

College Publishing.

18. Cho H.H., Kahle J.B., Nordland F.H.(1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics, Science Education. 69(5), 707-719.

19. Margaret N. Brumby(1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students, Science Education.68(4), 493-503.

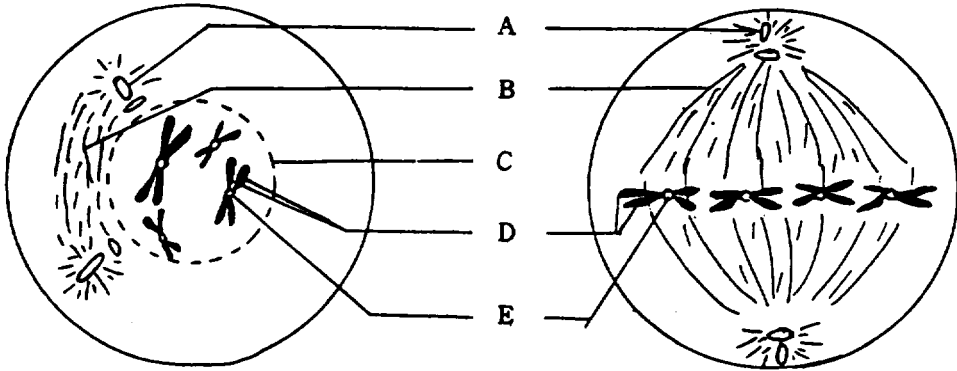
부록1: 명제

부록2: 교수/학습 내용

부록3: 평가문제

*지면 관계상 부록1, 부록2와, 부록3의 일부 내용을 생략합니다. 필요하신 분은 필자에게 연락 바랍니다.

*** 아래 유사분열의 두 단계 모식도를 보고 다음 5개 문제의 맞는 답을 적으시오: (4)-(8)



(6) 염색분체는 몇개인가?

ㄱ) 2 ㄴ) 4 ㄷ) 6 ㄹ) 8

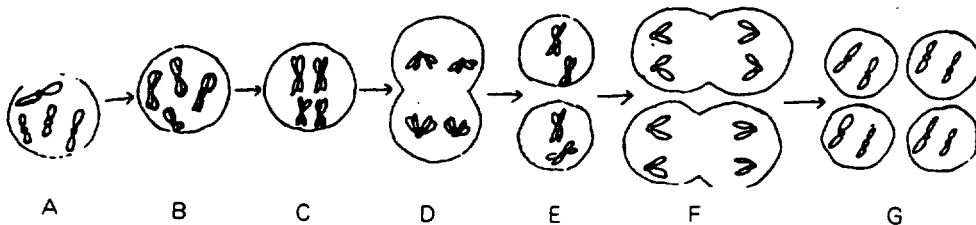
(13) 유성생식에 필수적인 것은 다음중 어느 것인가?

ㄱ) 두개의 배우자 ㄴ) 아버지 ㄷ) 두개의 포자 ㄹ) 두개의 접합체

(22) 꽃식물에 있어서 난핵이 형성되기 이전의 배낭은 어떠한가?

ㄱ) 모든 꽃가루 ㄴ) 배수체 ㄷ) 9개의 세포 ㄹ) 반수체

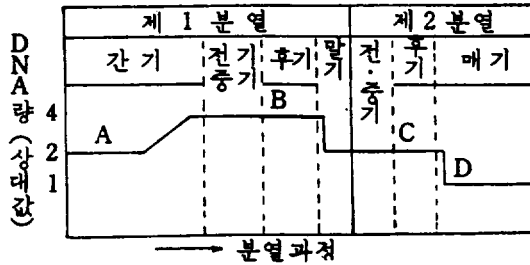
*** 아래 세포 진행 과정을 보고 다음 4개 문제의 맞는 답의 기호를 답지에 적으시오: (38)-(41)



(39) 2가 염색체는 몇개인가?

- ㄱ) 2개 ㄴ) 4개 ㄷ) 6개 ㄹ) 8개

(44) 그림은 감수분열과 DNA량의 변화를 나타낸 것이다. 내용설명으로 옳은 것은?



- ㄱ) A과정의 세포의 핵상은 n 이다. ㄴ) C과정의 세포의 핵상은 $2n$ 이다.
 ㄷ) C과정의 세포의 DNA량은 모세포의 $\frac{1}{2}$ 이다. ㄹ) D과정의 세포의 DNA량은 모세포의 $\frac{1}{2}$ 이다.

*** 다음 보기를 잘 보고 맞는 답의 기호를 답지에 적으시오 : (46)-(48)

(보기)

생물명	염색체(2n)	생물명	염색체(2n)
벼	24	해삼	24
수박	22	소나무	18

- (46) 벼의 배낭모세포와 배젖의 염색체 수는? ㄱ) 24, 24 ㄴ) 24, 12 ㄷ) 12, 24 ㄹ) 24, 36
 (47) 수박의 배낭세포와 염색체 수는? ㄱ) 11 ㄴ) 22 ㄷ) 33 ㄹ) 44

Abstract

An Analysis of Misconceptions about the Concepts of Cell-division, Reproduction and Fertilization in High School Biology Textbook I

Seung-Il Choi
 Kangweon In-Je High School

Hee-Hyung Cho
 Kangweon University

The recent studies on the learning of the scientific concepts have suggested that most students have miscon-

ceptions related to the contents to be learned and that those misconceptions exert their influences on the subsequent learning of the content. Those facts necessitate the identification of the misconceptions before the instructions and the preparation of the instructional materials based on those misconceptions identified.

Several studies also revealed that such biological areas as cell division, reproduction and fertilization were ranked among the most difficult areas for high school students to learn. Therefore, this study had its triple objectives as follows:

- (1) Identification of misconceptions in such areas as cell division, reproduction and fertilization.
- (2) Investigation of the current high school biology textbook I's as the sources of those misconceptions.
- (3) Development of teaching materials based on the misconceptions identified and the problems in the text books analyzed.

This study identified several misconceptions held by high school students of biological concepts related to the conceptual areas of life-continuity, and found the problems in learning of the high school biology textbooks. Based on the misconceptions and the problems, a teaching / learning model and its content material were developed at the final course of this study.