



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사 학위 논문

식물의 영양에 대한 중학교 과학 교과서와
중학생의 개념 관계망 비교

Comparison of Conceptual Networks
in Plant Nutrition of Middle School
Science Textbook and Students' Learning

2018년 2월

서울대학교 대학원

과학교육과 생물전공

김 미 희

식물의 영양에 대한 중학교 과학 교과서와
중학생의 개념 관계망 비교

Comparison of Conceptual Networks
in Plant Nutrition of Middle School
Science Textbook and Students' Learning

지도교수 김 영 수

이 논문을 교육학 석사 학위 논문으로 제출함
2017년 12월

서울대학교 대학원
과학교육과 생물전공
김 미 희

김미희의 석사 학위 논문을 인준함
2018년 1월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

본 연구에서는 식물의 영양에 대한 내용을 중심으로 중학교 과학 교과서에서는 어떻게 설명하고 있는지 그리고 학생의 지식 구조에서는 그 지식이 체계적으로 잘 구조화되었는지를 조사하고자, 교과서의 핵심 개념과 개념 간의 관계 그리고 수업 후 학생이 가지고 있는 핵심 개념과 개념 간의 관계를 분석 및 비교하였다.

교과서 자료는 2009 개정 과학과 교육과정에 따라 (주)두산동아에서 발행된 중학교 1학년 과학 교과서의 광합성 단원 중 생물의 구성 단계를 제외한 내용에서 본문을 중심으로 명제를 추출하였고, 학생이 가진 지식 자료는 중학교 1학년 남학생 5명으로부터 인지구조 분석 검사지와 인터뷰를 이용하여 자료를 수집하였다.

이렇게 얻어진 자료를 개념 관계 분석 프로그램인 Concept Relation Analyzer v1.0과 Gephi v0.9.2를 이용하여 분석하였다. 교과서와 학생이 가지고 있는 핵심 개념과 개념 관계망을 도출하기 위해서 개념의 빈도, 연결 정도, 중심성 지수 등을 계산하였고, 개념 간의 관계 분석을 통해 찾아진 주요 개념 관계망을 그림으로 시각화하였다.

연구 결과는 다음과 같았다:

첫째, 교과서의 개념 관계망은 학생의 개념 관계망보다 더 많은 개념과 관계를 가지고 있었다. 학생은 교과서 보다 작은 개념 관계망을 갖는데 이는 교과서의 모든 내용을 기억하는 것이 아니라 일부의 중요한 내용 위주로 기억을 하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 성취도가 높은 학생들일수록 밀도가 낮은 결과가 나타났는데 이를 통해 개념 관계망에서 사용된 개념이 많을수록 밀도가 낮아지고 분산된 개념 관계를 가짐을 알

수 있었다.

둘째, 교과서는 학생의 개념 관계망과 비교했을 때 세포와 기관, 유기양분 개념의 연결 중심성이 크게 차이가 나는 것으로 나타났다. 세포와 기관은 학생의 개념 관계망에서 나타나지 않는 개념으로 학생과 교과서의 설명 방식에서 차이가 있음을 보여준다. 교과서에는 생물체의 기본 단위인 세포를 중심으로 설명을 구성하는 반면 학생들은 개체 수준에서 설명을 구성하여 세포와 기관으로 나누어 설명하지 않는 모습을 보였다. 반면 유기양분은 학생들의 개념 관계망에서만 나타나고 교과서에는 없는 개념으로 교과서는 유기양분이라는 정확한 용어 대신 양분이라는 표현으로 대신하고 있어 학생들이 혼란을 겪고 있음을 인터뷰를 통해 알 수 있었다. 또한 위세 중심성 지수를 살펴보면 교과서의 위세 중심성이 높은 상위 20개 개념들은 식물의 구조에 대한 개념들이 상당히 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있었고, 교과서의 상위 20개 위세 중심성이 학생들의 상위 20개 개념들보다 높은 것으로 보아 교과서에서 사용한 다수의 개념들은 중요도가 낮고 핵심 개념을 설명하기 위해 사용한 것으로 판단된다.

셋째, 교과서에서 나타난 개념 관계가 학생 모두에게서 한 번 이상 나타난 공통된 개념 관계는 총 10개의 공통된 개념 관계가 나타났고 성취도가 높은 학생일수록 더 많은 공통된 개념 관계를 가지고 있음을 볼 수 있었다. 이를 통해 성취도가 높은 학생일수록 교과서에서 강조하는 개념 관계를 더 많이 학습했다는 것을 알 수 있었다. 개념 관계의 빈도를 분석해 보면 교과서는 식물의 구조와 관련된 뿌리, 물관, 체관, 잎과 관계된 개념의 빈도가 높게 나타나는 것을 볼 수 있었고, 학생들은 산소, 이산화탄소와 관계된 개념이 높은 빈도로 나타남을 볼 수 있었다. 교과서는 식물의 구조에 대한 설명이 많은 부분을 차지하였고 학생들의 설명에

서는 광합성의 기능에 대한 설명이 많은 부분을 차지하였기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 생각되었다.

넷째, 교과서의 개념 관계망과 학생의 개념 관계망은 서로 다른 개념군을 가지고 있었다. 개념군에 포함된 개념은 조금씩 차이가 있었지만 공통적으로 증산작용, 광합성과 호흡, 양분의 주제에 대한 개념군을 가지고 있었다. 이처럼 교과서에서 나타난 개념군의 구조가 학생의 개념 관계망에서도 나타난 것을 보아 교과서에서 강조하는 식물의 기능이 학생에서 주제별로 밀접한 관계를 가지고 구조화되고 있는 것으로 생각되었다. 연구를 통해 얻어진 핵심 개념과 개념 관계, 개념군의 분석 결과는 교사와 학생들에게 주요 개념의 관계에 대한 개관을 제공함으로써 생물학 지식의 구조를 보여줄 수 있고, 또한 학습의 연속성이 보장된 발전된 교수 학습전략을 설계하는 기초 자료로서 활용할 수 있을 것이다.

주요어 : 지식의 구조, 인지구조, 과학 교과서, 개념 관계망,
식물의 영양, 광합성, 증산작용, 호흡

학 번 : 2016-21591

목 차

국문초록	i
목 차	iii
표 목 차	vi
그림목차	vii
I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 내용	5
3. 연구의 제한점	6
II. 이론적 배경	7
1. 지식의 구조	7
1) Bruner의 지식의 구조	7
2) 구조화된 지식 교육의 중요성	8
2. 식물의 영양 관련 인지구조 연구	8
1) 생물 교육에서 식물 영양의 중요성	8
2) 오개념의 본성	9
3) 식물의 영양에 대한 오개념 선행 연구	10
3. 개념 관계망 분석	12
1) 개념 구조와 인지 구조의 관계	12
2) 개념 관계망 분석	13

3) 개념 관계망 분석의 주요 요소와 의미	14
III. 연구 방법	21
1. 연구 대상	21
2. 분석 자료 수집	22
3. 분석 도구	24
4. 연구 절차	27
IV. 연구 결과 및 논의	28
1. 교과서 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 구조 비교	28
2. 교과서 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 핵심 개념 비교	31
1) 교과서 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 연결 중심성 비교	31
2) 교과서 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 위세 중심성 비교	33
3. 교과서 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 핵심 관계 분석	40
1) 교과서 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 개념 관계 빈도 분석	40
2) 성취도별 학생과 교과서 개념 관계망의 공통 관계 분석 ·	44
3) 학생의 잘못된 명제와 개념 관계 분석	46
4. 교과서 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 개념군 비교 분석	62

V. 결론 및 제언	80
VI. 후속 연구 과제	82
VII. 참고 문헌	83
부록	90
부록 A. 학생 인지구조 검사지	90
Abstract	92

표 목 차

<표 1> 개념 관계 분석의 지수 및 의미	26
<표 2> 교과서와 학생 개념 관계망의 구조 비교	28
<표 3> 교과서와 학생 개념 관계망의 연결 중심성 비교	32
<표 4> 교과서와 학생 개념 관계망의 위세 중심성 비교	35
<표 6> 교과서와 학생A 개념 관계망의 개념 관계 빈도 ·	41
<표 7> 학생B와 학생C 개념 관계망의 개념 관계 빈도 ...	42
<표 8> 학생D와 학생E 개념 관계망의 개념 관계 빈도 ...	43
<표 9> 교과서와 학생 개념 관계망의 공통 관계 수	44
<표 10> 교과서와 학생 개념 관계망의 공통 관계 빈도 ·	45
<표 11> 교과서 개념군과 중심성 지수 분석	63
<표 12> 학생A 개념군과 중심성 지수 분석	67
<표 13> 학생B 개념군과 중심성 지수 분석	70
<표 14> 학생C 개념군과 중심성 지수 분석	73
<표 15> 학생D 개념군과 중심성 지수 분석	76
<표 16> 학생E 개념군과 중심성 지수 분석	79

그 립 목 차

<그림 1> 개념 관계망 분석 프로그램의 빈도 계산 화면	24
<그림 2> Gephi 프로그램의 개념 관계망 화면의 예	25
<그림 3> 연구의 절차	27
<그림 4> 교과서1 개념 관계망의 핵심 개념	36
<그림 5> 학생A 개념 관계망의 핵심 개념	37
<그림 6> 학생B 개념 관계망의 핵심 개념	37
<그림 7> 학생C 개념 관계망의 핵심 개념	38
<그림 8> 학생D 개념 관계망의 핵심 개념	38
<그림 9> 학생E 개념 관계망의 핵심 개념	39
<그림 10> 학생B의 호흡 중심 개념 관계망	47
<그림 11> 학생C의 증산작용 중심 개념 관계망	49
<그림 12> 학생C의 관다발 조직계 중심 개념 관계망	50
<그림 13> 학생D의 호흡 중심 개념 관계망	52
<그림 14> 학생D의 양분 중심 개념 관계망	53
<그림 15> 학생D의 증산작용 중심 개념 관계망	54
<그림 16> 학생E의 호흡 중심 개념 관계망	56
<그림 17> 학생E의 기공 중심 개념 관계망	57
<그림 18> 학생E의 증산작용 중심 개념 관계망	59
<그림 19> 학생E의 양분 중심 개념 관계망	61
<그림 20> 교과서의 개념 관계망	65
<그림 21> 학생A의 개념 관계망	68
<그림 22> 학생B의 개념 관계망	71
<그림 23> 학생C의 개념 관계망	74
<그림 24> 학생D의 개념 관계망	77
<그림 24> 학생E의 개념 관계망	78

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

오늘날 우리는 급격하게 변화하고 고도로 정보화된 사회 속에서 살고 있으며 다양한 매체를 통해 접하는 정보의 양은 하루가 다르게 늘어나고 있다. 정보의 홍수 속에서 우리가 접한 여러 문제를 합리적으로 해결하기 위해 적절한 정보를 선택하여 체계화된 지식의 구조를 가지고 이를 다양한 영역에 활용할 수 있는 지식정보처리 역량과 폭넓은 기초 지식을 바탕으로 다양한 전문 분야의 지식, 기술, 경험을 융합적으로 활용하여 새로운 것을 창출하는 창의적 사고 역량의 개발이 중요한 교육 목표 중 하나로 강조되고 있다(교육부, 2015).

김영수(2010)가 정의한 생물학적 창의성이란 ‘생물 지식을 기초로 생물 개념 간의 새로운 관계나 생물학적 문제해결방안을 구성하는 능력’으로 조혜원과 김영수(2012)의 연구를 통해 생물 지식은 생물 창의성 발현의 기초가 됨을 알 수 있었고 이를 위해 학생들이 생물 지식 내용에 대해 유의미 학습이 일어나도록 하여 전이력이 강한 인지구조를 구성하는 과정이 선행되어야 한다. 이러한 관점에서 과학과 교육과정에서는 자연 현상을 탐구하여 과학의 핵심 개념을 이해할 수 있도록 교과와 핵심 개념을 중심으로 학습 내용을 구조화한 교육과정을 제시하고 있다.

생물학 지식의 구조는 매우 복잡하여 어떠한 구조라고 한 마디로 정의하기가 매우 어렵다. 따라서 학문의 내용을 핵심 주제 또는 핵심 개념으로 구조화 하여 교육과정을 만들면 생물학의 체계적인 구조를 보여줄 수 있어 학생의 이해를 도울 수 있게 된다(Kinchin, 2011). 또한 핵심 개념

을 중심으로 하여 생물학 지식을 구조화하여 표현하면, 우리가 현재 배우는 것이 전체 생물학에서 어떤 위치를 차지하고 있는지 알 수 있고 앞으로 공부해야 할 것이 무엇인지를 알 수 있어 유의미 학습이 일어날 수 있다. 유의미 학습이 일어나 학생이 체계화된 인지구조를 갖게 되면 지식의 활용능력을 증가시켜 학생의 창의력 또한 향상시켜 줄 수 있을 것이다(김영수, 2010).

교육과정의 구조는 학교 현장에서 사용되는 교수·학습 자료인 교과서를 통해 구체화되고 있다(김현수, 2006). 교과서는 교수·학습을 연결해주는 연결 고리의 역할을 하고(DeLeuil, 1998), 교사의 개념 구조에 가장 큰 영향을 주는 요인이기 때문에(권혜련, 김정석, 장남기, 2001) 학생들의 학업 성취도에 큰 영향을 미치게 된다(Stinner, 1992). 따라서 교사와 학생들이 과학 개념을 유기적이고 통합적으로 이해하기 위해서는 교과서에 제시되는 개념들이 위계적이고 체계적으로 구성되어 있어야 한다(김일순, 2006).

전 세계적으로 1970년대부터 교과서의 지식 구조 및 수업 후 학생이 가지고 있는 지식 구조를 분석하는 연구들이 활발히 이루어져 왔다(Pfundt, & Duit, 1988). 그 동안 학생이 과학 핵심 개념을 체계적으로 이해했는지 알아보는 연구(김미영, 이신영, 2014; 김현경, 이준규, 2016; 정영란, 계보아, 1998), 학생의 이해도를 높이기 위한 연구(김동렬, 2011; 변춘수, 김희백, 2010; 황수연, 이진성, 2000), 학생이 잘못 가지고 있는 개념과 그 원인에 대한 연구(민진선, 박지영, 김희백, 2004; 박시호, 권영식, 이길재, 2009; 이춘승, 이미숙, 이길재, 2007; 정영란, 강경리, 1998)가 다양하게 이루어져 왔다.

그러나 현재까지 학생의 인지구조에 대한 연구는 주로 답이 정해져 있는 성취도 문항을 통한 이해도 분석이 대부분이었다. 이는 학생의 이해

정도를 수치상으로만 확인하여 학생이 가지고 있는 개념간의 구조를 볼 수 없기 때문에 학생의 오개념이 학생들의 인지구조 상 어느 위치에 있는지, 어느 개념과 잘못된 관계가 형성되었는지 알 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 또한 학생이 가진 오개념에만 주목하고 있어 전체적인 지식의 구조를 볼 수 없었기 때문에 학생이 가진 개념 관계 분석을 통해 지식 구조를 시각화하는 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

최근에는 학생의 인지구조를 분석하기 위해 Semantic network analysis(언어네트워크 분석)라는 방법을 사용한 연구가 이루어졌다. 이 방법은 언어나 문자로 표현된 자료를 통해 학생 및 교사의 인지구조를 분석하는 방법이다. 언어네트워크분석을 이용해서 야외지질학습 전후의 퇴적암에 대한 개념 구조 변화 분석(박경진, 정덕호, 조규성, 2013), 언어네트워크분석에 기초한 과학학습의 목적에 대한 고등학교 교사와 학생들의 인식(박경진, 정덕호, 하민수, 이준기, 2014), 언어네트워크 분석을 통한 2009개정 생명과학 교육과정의 연계성 분석(임수민, 김영신, 2015), 언어네트워크 분석을 이용한 초등학교 과학 교과서 개념과 성취 기준 추출 개념의 연계성 비교 연구(김영신, 권형석, 2016)등이 이루어졌다. 또한 이를 교육 연구의 목적에 맞도록 보완한 개념 관계망 분석법을 이용한 연구(박형용, 2016)가 이루어졌다.

학생의 인지구조 연구에 식물의 영양이라는 주제를 선택한 이유는 생물 교육에서 식물의 영양이 생물들 사이에서 일어나는 물질대사와 에너지 흐름의 중심이 되는 주제이므로 그 중요도가 높다고 볼 수 있기 때문이다(정영란, 강경리, 1998). 대부분의 연구 및 교과서가 주로 광합성을 주요 주제로 보고 교과서의 단원명을 광합성이라 명명하지만 식물의 광합성은 식물이 태양에너지를 이용하여 유기 영양물질을 생산하는 과정으로 그 과정만을 다루는 광합성이 단원을 대표하는 주제가 될 수 없다 생

각하여 광합성을 포함한 식물의 에너지 대사 전체를 아울러 ‘식물의 영양’이라는 주제를 선택하였다.

본 연구에서는 선행 연구들의 한계점을 보완하여 학생이 수업 후 가지고 있는 개념들 간의 관계를 개념 관계망 분석법을 통하여 시각화하고 이를 교과서 분석을 통해 얻어진 교육과정의 개념 관계망과 비교하여 교육과정에서 강조한 개념의 구조가 학생에게도 나타나는지, 학생의 개념 구조는 어떤 특징이 있는지 다각적인 측면에서 분석해보았다.

이 연구를 통해 학생이 학습해야 할 핵심 과학 개념과 개념 간의 관계를 시각화 하고 이를 분석함으로써 성취도 높은 학생들에게는 개념 관계망의 정교화를, 성취도가 낮은 학생들에게는 핵심 개념 및 관계를 구체화하는 학습이 일어날 수 있도록 발전된 교수 학습전략을 설계하는 기초 자료로서 활용할 수 있다.

2. 연구 내용

본 연구에서는 중학교 1학년 과학 교과서의 식물의 영양에 대한 개념 관계망과 학생의 개념 관계망을 비교 분석하였다.

개념 관계망 분석의 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 1) 교과서의 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 구조 비교
- 2) 교과서의 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 핵심 개념 비교
 - ① 교과서의 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 연결 중심성 비교
 - ② 교과서의 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 위세 중심성 비교
- 3) 교과서의 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 핵심 관계 분석
 - ① 교과서의 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 개념 관계 빈도 분석
 - ② 성취도별 학생과 교과서 개념 관계망의 공통 관계 분석
 - ③ 학생의 잘못된 명제와 개념 관계 분석
- 4) 교과서의 개념 관계망과 학생 개념 관계망의 개념군 비교 분석

3. 연구의 제한점

본 연구에서는 다음과 같은 제한점을 가진다.

1) 본 연구는 서울특별시 소재 1개 중학교 소속 남학생들을 대상으로 연구를 진행한 것이기 때문에 연구결과를 일반화하기에는 제한점이 있다.

2) 본 연구에서 개념 관계망 분석을 위해 개념을 추출하고 선정하는 과정, 개념 관계망을 시각화 하는 과정에서 연구자의 주관은 배제할 수 있도록 일관된 기준을 적용하고자 하였지만 그럼에도 불구하고 연구자의 주관의 완전히 배제된 것이 아니라는 한계점을 갖는다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 지식의 구조

1) Bruner의 지식의 구조

‘지식의 구조’는 Bruner(1960)의 『The Process of Education』에서 제시한 개념으로 구조를 ‘한 교과를 이루고 있는 기본 개념의 상호 관련된 체계’로 보고 교육 내용 선정의 기준으로 교과 구조를 강조하였다. Bruner의 지식의 구조를 중심으로 한 교육과정 구성은, 우리나라 학문 중심 교육사조가 도입된 3차 교육과정부터 2015개정 교육과정에 이르기까지 교육과정 내용 구성의 핵심 원리가 되고 있다.

지식의 구조를 강조한 이유로 학교에서 가르치고 있는 과학과 과학자들의 과학 사이에서 발생하고 있는 간극을 과학교육이 최우선적으로 해결해야 할 문제라고 하였고, 이 문제를 해소하기 위해서는 ‘지식의 구조’를 가르쳐야 한다고 하였다.

Bruner는 학습을 통해 배운 지식이 우리에게 쓸모 있어야 한다고 생각했다. 학습을 장차 쓸모 있게 만드는 것이 ‘일반적 전이’가 일어나도록 하는 것이며 이러한 일반적 전이는 기술의 학습이 아닌 일반적 아이디어(개념이나 원리)의 학습이라 보았고 일반적 아이디어로 구성된 교과 구조를 제시함으로써 학습의 연속성을 보장할 수 있다고 설명하였다.

2) 구조화된 지식 교육의 중요성

지식의 구조를 학생들에게 가르쳐야 하는 이유에 대해 Bruner는 다음과 같이 주장하였다. 첫째, 기본적인 원리를 이해하면 교과를 훨씬 쉽게 파악할 수 있다는 것, 둘째, 단절된 지식의 전달이 아닌 지식의 상호 관련성을 강조한 지식의 구조가 학습 내용을 오래 기억할 수 있도록 해준다는 것, 셋째, 학습에서 얻은 지식을 다른 상황에서도 사용할 수 있는 일반적 전이가 일어날 수 있다는 것, 넷째, 고등지식과 초보지식의 연속성에 기초가 되어 과학자가 하는 과학과 학교에서 가르치는 과학 사이의 간극을 좁힐 수 있다는 것이다(이홍우, 2006).

2. 식물의 영양관련 인지구조 연구

1) 생물 교육에서 식물 영양의 중요성

지구상의 생물은 태양에너지를 이용하여 생존한다. 이 태양에너지를 식물이 이용하여 유기영양물질을 만들어내면 이를 다른 생물들이 생장에 사용할 수 있게 된다. 이러한 관점에서 식물의 영양은 생물의 특징인 물질대사를 이해하기 위한 핵심적인 주제이므로 그 중요도가 높다고 볼 수 있다(정영란, 강경리, 1998).

이 연구에서 광합성이 아닌 식물의 영양으로 핵심 주제를 정한 이유는 대부분의 연구 및 교과서가 주로 광합성을 주요 주제로 보고 교과서의 단원명을 광합성이라 명명하지만 식물의 광합성은 식물이 태양에너지를 이용하여 유기 영양물질을 생산하는 과정으로 그 과정만을 다루는 광

합성이 단원을 대표하는 주제가 될 수 없다 생각하여 광합성을 포함한 식물의 에너지 대사 전체를 아울러 ‘식물의 영양’이라는 주제를 선택하였다. 식물의 영양이라는 대주제를 식물의 양분, 증산작용, 광합성, 호흡이라는 4가지 소주제로 나누어 주제들 간의 관련성을 알아볼 수 있도록 인지구조 검사지를 제작, 학생들과 인터뷰를 통해 개념들의 관계를 알아보았다.

2) 오개념의 본성

Wandersee, Mintzes, Novak(1994)은 과학에서 3000개 이상의 오개념을 검토하여 연구자들끼리 합의한 8개의 대표 명제를 추출하였다.

첫째, 학습자는 관련된 자연적 사물과 사건에 대해 다양한 오개념의 세트를 가지고 정규 과학 수업에 들어온다.

둘째, 학습자가 정규 과학 수업에 가지고 오는 오개념들은 나이, 능력, 성 그리고 문화적 장벽을 뛰어넘는다. 많은 유사한 개념들이 전 세계적으로 학생들과 일반인들에게서 발견된다.

셋째, 오개념들은 종종 전대의 과학자들이나 철학자들의 자연현상에 대한 설명과 유사하다. 이러한 초보적인 개념들이 시공간을 초월해 공유된다는 사실은 감각의 영향력을 입증하는 것이다.

넷째, 오개념들은 교사들의 설명과 수업자료들 뿐만 아니라 직접적인 관찰과 직관을 포함한 개인의 다양한 경험, 동료 문화와 언어에도 기원을 둔다.

다섯째, 위에 설명된 이유들 때문에, 오개념들은 특히 전통적인 교수 전략에 의해 해소되는데 오래 걸리고 저항적이다. 간단하게 설명하는 것은 학생들의 잘 구성된 믿음 체계를 해체하는데 충분하지 않다. 학생들

자신만의 지식들은 잘 구조화되어 있고 그들에게 충분히 만족스럽기 때문에, 그것들을 과학적 지식들로 대체하기를 꺼리게 된다.

여섯째, 때때로 교사들이 그들의 학생들과 같은 오개념을 가지고 있는 것은 문제를 보다 복잡하게 만든다.

일곱째, 학습자의 사전지식은 정규 수업에서 제시되는 지식과 심오한 방법으로 상호작용한다. 그 결과 예상치 않은 다양한 학습 결과물이 나타난다. 많은 교사들은 “내가 그들에게 말했고, 그들이 내 말을 들었으므로 그들은 그것에 대해 알 것이다.”라고 생각한다. 사실 이것은 교육에서 가장 널리 퍼진 오개념일 것이다.

여덟째, 개념 변화를 촉진하는 교수적 접근들은 저항력이 있는 오개념을 과학적 지식으로 대체하기 위해 필수적이다. 효과적인 개념 변화 전략의 핵심은 탐구 중심 과학 교수와 구성주의 학습에 있다.

요컨대, 오개념들은 시대와 성, 문화를 초월해 공유되어졌고, 과학의 역사에도 통상적으로 나타났고, 많은 성인의 인지구조에서도 발생하였다. 개인이 가지고 있는 수많은 오개념들을 과학적 개념으로 대체하기는 매우 어려운 일이지만 과학 교육의 발전을 위해 이를 위한 끊임없는 연구와 노력이 필요할 것이다.

3) 식물의 영양에 대한 오개념 선행 연구

식물의 영양과 관련하여 이루어진 인지구조 연구 중 가장 많은 부분을 차지하는 오개념 연구에 대해 정리해 보았다.

선행 연구들을 통해 밝혀진 학생들이 가지고 있는 오개념들은 다음과 같았다. 식물의 양분과 관련된 오개념으로 식물의 먹이가 흙에 있고, 식물은 흙에서 양분을 흡수하여 성장하며, 뿌리를 통해 흡수한 물과 무기

염류를 이용해 탄수화물을 만든다는 것 등이 있었고(Haslam & Treagust, 1987; Smith & Anderson, 1984; Wandersee, 1986; 김재영, 최소영, 1999; 전태식, 허명, 1989; 정완호, 1993; 하중섭, 1993), 식물의 광합성과 호흡의 관계와 관련된 오개념으로 광합성은 낮에 일어나고 호흡은 밤에 일어나는 과정, 식물은 광합성을 하고 동물을 호흡을 한다, 광합성과 호흡은 기체 교환을 하는 과정으로 생각하는 등(Bell, 1985; Haslam & Treagust, 1987; Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987; 김재영, 최소영, 1999; 정영란, 강경리, 1998; 정완호, 1993) 광합성과 호흡의 의의를 정확하게 이해하지 못하는 경우가 많았다.

오개념 형성 원인들도 선행연구를 통해 찾아 볼 수 있었다. 오개념은 학습자의 내적 요인(학습자 요인)과 외적 요인(환경요인)에 의해 형성될 수 있고, 교정하기가 어렵다는 것을 찾아볼 수 있었다(Driver & Erickson, 1983). 오개념 형성 원인들 중 외적 요인에 해당하는 교과서요인을 분석한 연구로 정화숙 등(2000)이 중학교 과학교과서와 고등학교 과학 및 생물교과서의 광합성 관련 단원에서 사용되는 용어를 분석한 결과 같은 뜻의 용어를 다르게 표기하거나 잘못 표기하여 학생들의 오개념 형성의 원인이 되고 있다고 하였고, 박혜경 등(2008)은 생물Ⅱ 교과서의 광합성 단원에서 나타난 내용 오류를 진단하고 이러한 오류가 반복되지 않도록 오류 없는 교과서 제작 시스템의 도입을 제안하였다.

또 다른 외적 요인인 교사 요인을 분석한 연구로는 정영란 등(1997)이 식물의 양분에 관한 오개념 형성 원인으로써 교사 요인을 분석한 결과 교사도 정확하지 않은 개념을 가지고 있어 이러한 영향이 학생의 오개념 형성의 원인이 되고 있다고 하였고, 박혜경 등(2008)은 생물Ⅱ 교과서에서 나타난 오류를 교사가 인지하고 수정하는 능력이 있는지 알아보는 연구에서 많은 교사들이 교과서의 오류를 정확히 지적하지 못하거나 올바

르게 수정하지 못하는 경우가 많음을 확인하고 교사 또한 학생들처럼 오개념을 가지고 있기 때문에 지속적인 교사 연수가 이루어져야 한다고 이야기 하였다.

학생들의 오개념을 밝히는 연구는 많이 이루어져 왔지만 지식의 구조를 분석하는 인지구조 연구는 찾아보기가 어려웠다. 따라서 오개념들이 인지구조의 어느 위치에 있는지, 어떤 개념과 잘못된 관계가 형성되었는지에 대한 연구는 많이 부족한 실정이다. 본 연구에서는 교과서와 학생의 개념 관계망 분석을 통해 각 지식의 구조를 도식화하고 교과서와 학생이 가지고 있는 핵심 개념과 관계, 개념군들에 대해 분석하였다.

3. 개념 관계망 분석

1) 개념 구조와 인지 구조의 관계

Collin과 Luftus(1975)가 제시한 활성화 확산 이론(spreading activation theory)에 따르면 여러 개념들은 위계적인 무리를 이루어 기억 속에 존재하고 이 개념들이 서로 연결되어 네트워크를 형성하여 저장되어 있어 하나의 개념이 활성화될 때 연결된 개념들이 위계에 따라 순차적으로 활성화 된다고 설명한다. 이처럼 과학 지식도 특정 주제와 관련된 단일 개념들이 연결되어 개념의 무리를 이루고, 이 개념의 무리들이 다시 상호 연결되어 하나의 네트워크인 개념 구조를 이루며 학습이 일어난다(diSessa, 2013). 이러한 인지 구조의 관점을 따르면 학생들의 인지구조 속에 여러 개념들이 상호 연결되어 개념 구조를 이루고 있고, 개념 네트워크 속 특정 개념이 활성화 되었을 때 이와 연결된 다른 개념들도 함께

활성화 되어 문자나 음성 언어의 형태로 인출된다고 볼 수 있다 (Atkinson & Shiffrin, 1968). 따라서 광합성 단원 수업 후 학생들과의 인터뷰를 통한 문자 및 음성 언어에 대한 구조적 관계를 분석하는 것은 수업을 통해 형성된 학생들의 인지구조 내의 개념 연결 구조를 해석할 수 있는 수단이 될 수 있다.

2) 개념 관계망 분석(concept network analysis)

학생들이 말한 언어를 기초로 하여 개념 사이의 구조적 관계를 파악할 수 있는 적절한 분석 방법에 의미 네트워크 분석(semantic network analysis, 언어 네트워크 분석)이 있다(이혜준, 이동일, 이주현, 2010). 의미 네트워크 분석은 사회 구성원들 간의 관계를 분석하여 관계의 패턴과 영향력을 알아보고 이를 통해 구성원간의 관계 구조를 파악하는 사회네트워크분석(Wasserman & Faust, 1994)을 의사소통 속 문장에 적용한 방법론으로, 문장에서 공유된 의미를 기반으로 하여 개념 사이의 관계를 파악하는 분석 기법이다(Doerfel & Barnett, 1999). 이 분석 방법은 개념들 간 연결의 양보다는 다양한 개념들이 공유하는 핵심적인 개념을 밝히고 이를 통해 개념들 간의 관계를 알아보는데 목적이 있다(장하용, 1996). 본 연구에서는 학생들의 인지구조 속에서 의미, 즉 지식을 구성하는 것이 개념이므로 언어 네트워크라는 용어 대신에 ‘개념 관계망 (concept network)’이라는 용어를 사용하였다.

개념 관계망 분석은 개별 개념의 조합에만 주목하는 것이 아니라 핵심 개념이 전체 개념 관계망 안에서 어느 ‘위치’에 있는지, 어떠한 ‘구조’를 형성하고 있는지에 주목함으로써(Wasserman & Faust, 1994) 학생 및 교사가 가진 인지구조를 수치화하여 개인이 가진 지식의 구조를 추출할

수 있게 한다.

사회 네트워크 분석의 이론과 방법론을 토대로 한 개념 관계망 분석에서는 하나의 개념을 노드(node)로, 개념들 사이의 관계를 연결(edge)로 하여 하나의 큰 개념 관계망(network)을 그린다. 학생이나 교사로부터 구성된 개념 관계망 내에서 유사한 성격을 가져 서로 강하게 연결된 개념들은 군집(cluster)을 이루고 이러한 개념들의 모임을 개념군으로 정의한다. 개념군도 하나의 하위 관계망(subnetwork)로 볼 수 있고(Drieger, 2013), 하나의 개념군 안에 포함된 개념들은 공통된 특성을 가지고 있는 것으로 보고 이를 통해 개념군에 대한 다양한 해석이 가능하다(이혜준 등, 2010).

개념 관계망 분석은 지식을 구성하는 개념들 사이의 연결 양상을 분석하고, 이를 시각화함으로써 학생과 교사가 가진 지식의 구조와 그 의미를 도출하기 위한 연구방법이다(박형용, 2016). 전통적인 내용 분석 방법이 단순히 문장 속 개념의 빈도를 분석하거나 문장의 의미를 연구자의 주관에 의존하여 분석하는 문제점이 있다면, 관계망 분석은 개념의 빈도 뿐만 아니라 개념들 사이의 관계까지 분석함으로써 기존의 연구 방법이 지니는 한계를 넘어 인지 구조에 대한 심층적인 분석을 가능하게 해주었다(한관중, 2003).

3) 개념 관계망 분석의 주요 요소와 의미

(1) 노드(node)

개념 관계망 분석의 첫 번째 단계로 분석의 범위와 단위를 설정하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 학생이 인터뷰한 내용을 전사한 자료,

교과서의 광합성 단원 본문내용이라는 명확한 자료의 범위가 정해져 있다.

다음으로 이 자료에 포함되어있는 다양한 개념을 어떻게 노드로 전환시키는지, 그리고 어느 범위까지만 노드로 전환시킬 것인지 결정하는 과정이 이루어져야 한다. 이때 주어진 자료에 나타난 모든 개념을 노드로 사용하지 않고, 연구 주제와 목적에 따라 적합한 개념들만을 선택적으로 추출하여 사용한다(박치성, 정지원, 2013).

분석에 사용할 개념은 부가적인 어휘(stopwords*, 조사, 부사, 대명사, 일반적 동사, 형용사)들을 제외시키고 주로 명사나 명사구로 된 개념들만을 추출한다(Paranyushkin, 2011). 또한 같은 의미를 가지는 서로 다른 어휘들의 경우, 같은 어휘로 코딩해주어야 한다. 예를 들어 소화와 관련된 분석 자료에서 이자액과 췌장액이 함께 쓰이고 있다면 두 개념은 같은 의미를 가지기 때문에 췌장액을 이자액으로 또는 이자액을 췌장액으로 코딩해주어야 한다.

이러한 1차적인 개념 추출 후 확증적인(confirmatory) 접근과 탐색적인(exploratory) 접근을 통하여 실제 분석에 사용할 개념을 최종 선정하게 된다(Carley & Palmquist, 1992). 확증적인 접근은 기존의 이론에 따라 노드의 범위를 정하는 것으로 연구 주제에 대한 이론적 틀이 존재하는 경우에 이 이론에 따라 노드의 범위를 결정하는 방법이다.

탐색적인 접근은 경험적인 방법으로, 분석할 자료를 모두 읽거나 양적 내용 분석을 통해 어떤 개념들을 포함할 것인가를 결정하는 방법이다. 이러한 접근 방법에 의한 개념 선택에는 공식이나 가장 좋은 방법이란 존재하지 않는다. 경험적인 방법에 의해 개념이 선택되는 경우 연구자의 주관적 판단이 개입될 수 있는데 이를 배제하기 위해 앞서 서술된

* stopwords(불용어): 관사, 전치사, 조사, 접속사 등 검색 색인 단어로 의미가 없는 단어

1차적인 개념 추출과정을 통해 도출된 모든 개념을 분석대상으로 삼으면 연구자의 주관성이 최소화 되므로 연구 결과의 신뢰성이 높아질 수 있다(박치성, 정지원, 2013).

본 연구는 개념을 설정하기 위한 이론적 틀이 마련되어있지 않아 탐색적 접근 방법을 통한 개념 추출을 하였고, 연구자의 주관성을 최소화하기 위해 분석 자료에서 나타난 개념들을 최대한 포함하여 노드를 설정한 후 필요에 따라 출현 빈도 등을 사용하여 핵심 개념의 범위를 줄여가는 방법을 사용하였다.

(2) 관계(edge)

개념 관계망 분석에서 또 하나 중요한 과정이 개념들 간의 관계를 정의하는 것이다. 같은 분석 자료에서 추출한 동일한 개념을 사용하더라도 관계를 어떻게 정의하느냐에 따라 각자 다른 개념 관계망이 될 수 있기 때문이다.

자료 분석을 통해 추출된 개념(node)들 사이의 관계(edge), 즉 한 개념이 다른 한 개념과 어떤 관계를 있는가를 측정하는데 기본이 되는 특성이 근접성(proximity)으로 이는 두 개념이 의미적으로 얼마나 가까이 위치하는 가를 나타내준다(Paranyushkin, 2011).

이러한 개념 간 근접성을 정의하고 나타내는 용어로 공출현(co-occurrence)이라는 개념을 사용한다. 공출현이란 분석 자료의 특정 범위에서 개념들이 함께 출현하였을 때 이 범위 내의 모든 개념들이 서로 의미론적인 연관이 있다고 가정하는 것이다. 여기서 중요한 것은 공출현 판단의 범위를 어떻게 정할 것인가이다(박치성, 정지원, 2013).

분석 자료의 범위 설정 기준에는 정답이 있는 것이 아니라 연구자가

문장의 의미를 파악하고 연구 목적을 고려하여 판단하여야 한다. 본 연구에서는 공출현의 의미를 담고 있는 Anderson(1971)의 역동적 구조이론을 적용하여 분석의 기본 단위를 문법적으로 완전한 생각을 표현하고, 주부와 술부를 갖춘 하나의 완전한 문장으로 사용하였다.

(3) 중심개념(허브)

중심성(centrality)은 사회네트워크에서 개인이 가지는 권력과 영향력이라는 개념으로 개발되었으며, 개념 관계망 분석에서는 한 개념이 전체 연결망에서 차지하는 중요도를 나타내는 양적 지표이다. 중심성이 두드러지게 높은 개념을 허브(hub)라 하고 이 개념이 관계망의 의미 형성에 기여하는 정도를 질적으로 분석할 수 있다.

전역적 허브(global hub)는 개념 관계망에서 다른 개념들과 다양하게 연결된 중심 개념으로 연결 중심성은 낮지만 사이 중심성이 높아 개념 관계망의 전체적인 의미를 대표한다고 볼 수 있다. 반면 지역적 허브(local hub)는 특정 맥락에서 자주 언급되는 개념으로 연결 중심성은 높지만 사이 중심성이 낮아 부분적인 의미를 대표한다고 볼 수 있다(Drieger, 2013; 박형용, 2016).

중심성의 유형은 관점에 따라 여러 가지로 나눌 수 있는데, 이 중에서 개념 관계망 분석에 주로 사용되는 연결 중심성(degree centrality), 근접 중심성(closeness centrality, 인접 중심성), 위세 중심성(prestige centrality), 사이 중심성(betweenness centrality, 중개 중심성, 매개 중심성)을 살펴보면 다음과 같다(Drieger, 2013).

- 개념의 연결 중심성

연결 중심성(degree centrality)은 특정 개념과 인접한 개념들과의 관계를 통해 계산된 해당 개념의 중심성 값으로 한 개념이 다른 개념들과 연결된 정도를 중점적으로 보는 지표이다. 연결 중심성은 한 개념에 연결된 다른 개념의 수에 비례하는 특징을 갖기 때문에 크기가 다른 두 개념 관계망을 비교할 때는 표준화된 연결 중심성 지수를 사용하여야 한다. 특정 개념의 연결 중심성은 아래와 같이 정의된다.

$$C_D(i) = \frac{\sum_{j=1}^n a(i,j)}{n-1}$$

n : 개념 관계망 내 전체 개념의 수

$a(i,j)$: 개념 i 와 개념 j 가 인접해 연결되어 있으면 $a=1$, 없으면 $a=0$

- 개념의 위세 중심성

위세 중심성은 특정 개념과 인접한 개념들의 중요성을 고려한 가중치를 적용하여 계산된 해당 개념의 중심성 값으로 위세 중심성이 높은 개념은 개념 관계망에서 중요한 위치를 차지하고 있다는 것을 의미한다(김용학, 2015). 특정 개념의 위세 중심성은 아래와 같이 정의된다.

$$C_P(i) = \frac{1}{\lambda_i} \sum_{j=1}^{n-1} C_P(j)a(j,i)$$

λ_i : 개념 i 의 고유값(eigenvalue*)

$a(j,i)$: 개념 j 와 개념 i 가 인접해 연결되어 있으면 $a=1$, 없으면 $a=0$

* eigenvalue : 행렬 A와 C에 대하여 $AC = \lambda C$ 를 만드는 상수 λ

- 개념의 사이 중심성

사이 중심성(betweenness centrality)은 특정 개념이 다른 개념들 사이의 연결을 얼마나 중개하는지 고려하여 계산된 해당 개념의 중심성 값으로 개념 관계망에서 사이 중심성이 높은 개념은 서로 다른 개념군을 연결하는 역할이 큰 개념으로 볼 수 있다(박형용, 2016). 사이 중심성 또한 크기가 다른 두 개념 관계망을 비교할 때는 표준화된 사이 중심성 지수를 사용하여야 한다. 특정 개념의 사이 중심성은 다음과 같이 정의된다(Freeman, 1977).

$$C_B(i) = \frac{\sum_{j < k} N(p_{jk}(i)) / N(p_{jk})}{(n-1)(n-2)/2}$$

$N(p_{jk})$: 개념 관계망 내에서 개념 j 와 개념 k 사이에 존재하는 최단 경로에 대한 모든 경우의 수

$N(p_{jk}(i))$: 개념 관계망 내에서 개념 j 와 개념 k 사이에 존재하는 최단 경로 중 개념 i 를 경유하는 경우의 수

(4) 개념군(cluster)

개념군은 개념 관계망에서 개념들 간의 관계가 부분적으로 밀집되어 상대적으로 연결이 많지 않은 개념들과는 지역적으로 구분되는 개념의 집단으로 모듈(module) 혹은 커뮤니티(community)라고도 한다(Newman, 2006). 개념군은 강하게 연결되어 있는 단어들의 그룹을 나타내고 이를 통해 특정 주제를 나타내는 개념들을 찾아낼 수 있다. 또한 한 개념군 내의 지역적 허브(hub)가 다른 개념군들을 중개 및 보완해주는 역할을 하여 주제들이 지역적 허브를 통해 어떻게 연결되어 있는지 알아낼 수

있다(Drieger, 2013).

전체 개념 관계망은 다양한 하위 집단에 의해 구성 되어 있다는 가정 하에, 귀납적으로 하위 집단을 도출하는 다양한 알고리즘이 개발되었고, 그 중 본 연구에서는 Newman(2006)이 개발한 모듈성 계산 알고리즘을 사용하였다. Newman이 개발한 모듈성 값(Q)은 음, 양의 값이 모두 가능하다. 모듈성 값(Q)이 양이고 그 값이 클수록 개념 관계망 안에 군집 구조가 존재할 가능성이 커지기 때문에 Q값이 양이고 최대일 때의 개념 군 수를 해당 개념 관계망의 개념군 수로 본다.

개념 관계망 분석에서 개념군 분석을 통해 학생과 교사, 교과서가 가진 식물의 영양과 관련된 주제별 개념들과 핵심 개념을 찾아보고 핵심 개념들이 어떤 개념을 통해 연결되어 있는지 분석해 보았다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상

1) 교과서는 연구대상인 학생들이 배우는 교과서로 2009 개정 과학과 교육과정에 따라 (주)두산동아에서 발행된 중학교 1학년 과학 교과서 (이진승 외 13인, 2013)의 광합성 단원을 본문 중심으로 분석하였다.

2) 서울 소재의 남자 중학교 1학년 186명의 학생 중 기말고사 과학 성취수준 85% 1명, 82% 1명, 68% 1명, 64% 1명, 48% 1명, 22% 1명이 연구에 참여하였다.

2. 분석 자료 수집

1) 교과서는 연구 대상 학생들이 배우는 교과서로 2009 개정 과학과 교육과정에 따라 (주)두산동아에서 발행된 중학교 1학년 과학 교과서 (이진승 외 13인, 2013)를 분석 대상으로 선정하였다. 이 교과서의 광합성 단원 중 생물의 구성 단계를 제외한 내용을 본문 중심으로 명제를 추출하였고, 추출된 명제를 의미단위(분석단위)에 따라 나누고 대명사를 지칭하는 개념으로 바꾸는 정제 작업을 진행 하였다.

2) 수업 후 학생의 개념 관계망을 분석하기 위해 인지구조 분석 검사지와 인터뷰를 이용하여 자료를 수집하였다. 인지구조 검사 및 인터뷰는 광합성 단원의 수업이 끝난 후 1주일 뒤에 시행하였다. 인지구조 분석 검사지는 연구자가 제작한 것으로 검사지의 문항은 식물의 양분, 증산작용, 광합성, 호흡의 4가지 주제 중 두 가지를 임의 선정하여 이들의 관계에 대한 서술을 요구한다. 머릿속의 생각을 글로 쓰는 것을 어려워하는 학생들이 있기 때문에 주제에 대한 일부 개념 목록을 제시하였다. 검사 도구는 중학교 1학년 과학 교과서에 제시된 내용에 기반 하여 제작하고 생물교육전공 교수 1인과 생물교육학 박사 1명, 생물교육 석사 과정생 4인의 검토와 수정을 거쳐 연구 대상이 아닌 중학교 학생 6명에게 파일럿 테스트를 하여 재수정 되었다. 이렇게 개발된 검사지는 <부록 A>에 제시하였다.

3) 인지구조 검사 과정은 다음과 같다. 학생에게 검사지를 먼저 배부하고 생각을 정리할 시간을 주며 필기구로 검사지 내용에 응답하도록 안내한다. 학생이 작성한 내용을 소리 내어 읽고, 교과서에 존재하는 개념

이지만 서술되지 않은 내용의 경우 연구자가 질의하여 관계의 인지 여부를 알아보는 내용을 인터뷰 형식으로 진행하며, 이를 녹음하여 전사하였다. 이 과정에서 성취수준 48% 인 학생이 연구 중단 의사를 밝혀 연구에서 제외 되었다.

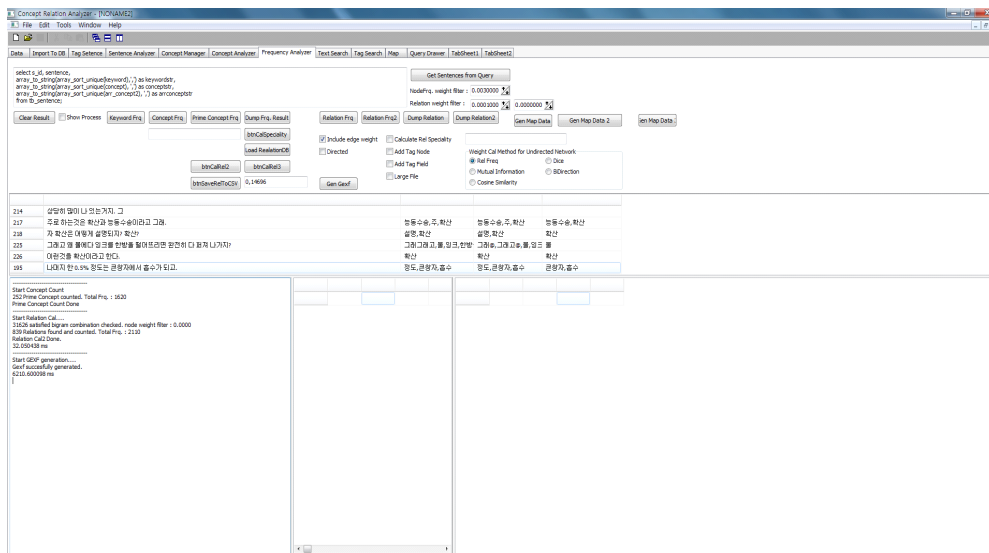
연구에 참여한 학생은 개인 정보 보호를 위해 학생A와 같이 명명하였다. 학생의 명명 순서는 학생의 기말고사 과학 과목 학업 성취수준에 따라 성취도가 높은 학생부터 낮은 학생 순으로 명명하였다.

3. 분석 도구

1) 개념 관계망 분석 프로그램(Concept Relation Analyzer v1.0, 박형용, 2016)

교과서에서 추출 및 정제하여 만들어진 텍스트 파일과 학생의 인지구조 검사 및 인터뷰를 통해 만들어진 텍스트 파일은 박형용(2016)의 연구에서 개발된 개념 관계망 분석 프로그램을 사용하여 개념을 추출하고, 추출된 개념들 중 생물학 지식 구성에 사용된 개념만을 정제하여 생물 개념 목록을 만들어 그 빈도와 관련된 지수들을 계산하였다.

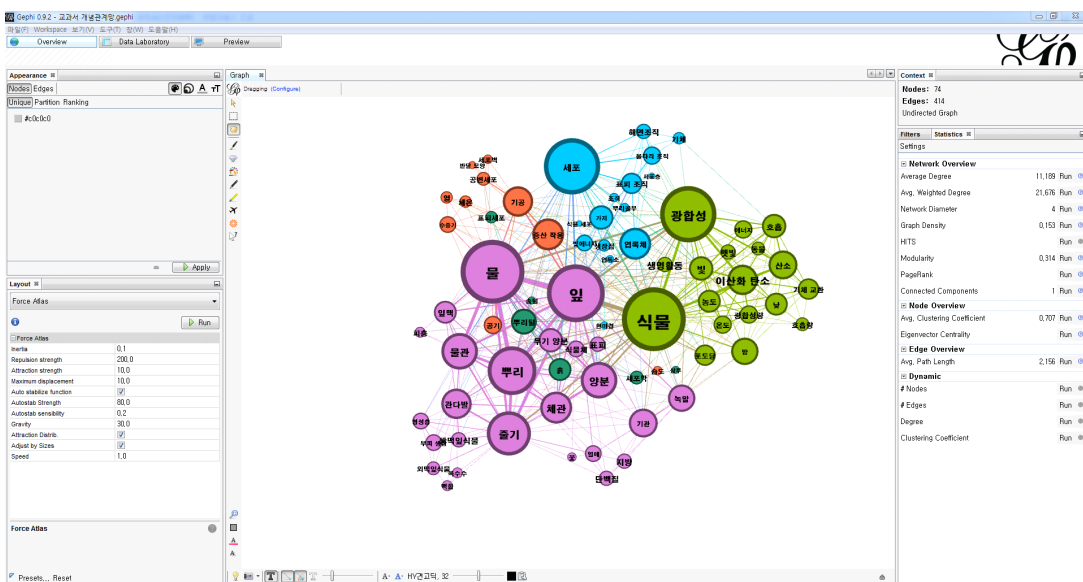
개념 관계망 분석 프로그램은 컴퓨터 소프트웨어로 분석 대상 내용의 원문을 데이터베이스에 저장 및 관리하는 기능, 문장으로부터 키워드를 추출하고 개념 목록을 관리하는 기능, 개념의 빈도와 관계를 계산하여 개념 관계망 데이터를 생성 하고 탐색하는 기능을 제공한다.



<그림 1> 개념 관계망 분석 프로그램(박형용, 2016)의 빈도 계산 화면

2) 개념 관계망 시각화 프로그램 (Gephi)

개념 관계 분석 프로그램을 통해 생성된 데이터를 Gephi v0.9.2 프로그램(Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009)을 이용하여 시각화하고, 관계망의 구조적 특징을 파악하기 위하여 개념 관계망의 기본 정보, 중심성 지표, 그리고 군집분석을 통한 개념군 분석 결과를 얻었다.



<그림 2> Gephi 프로그램(Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009)의 교과서 개념 관계망 화면의 예

3) 개념 관계망 분석에 사용된 지표와 의미

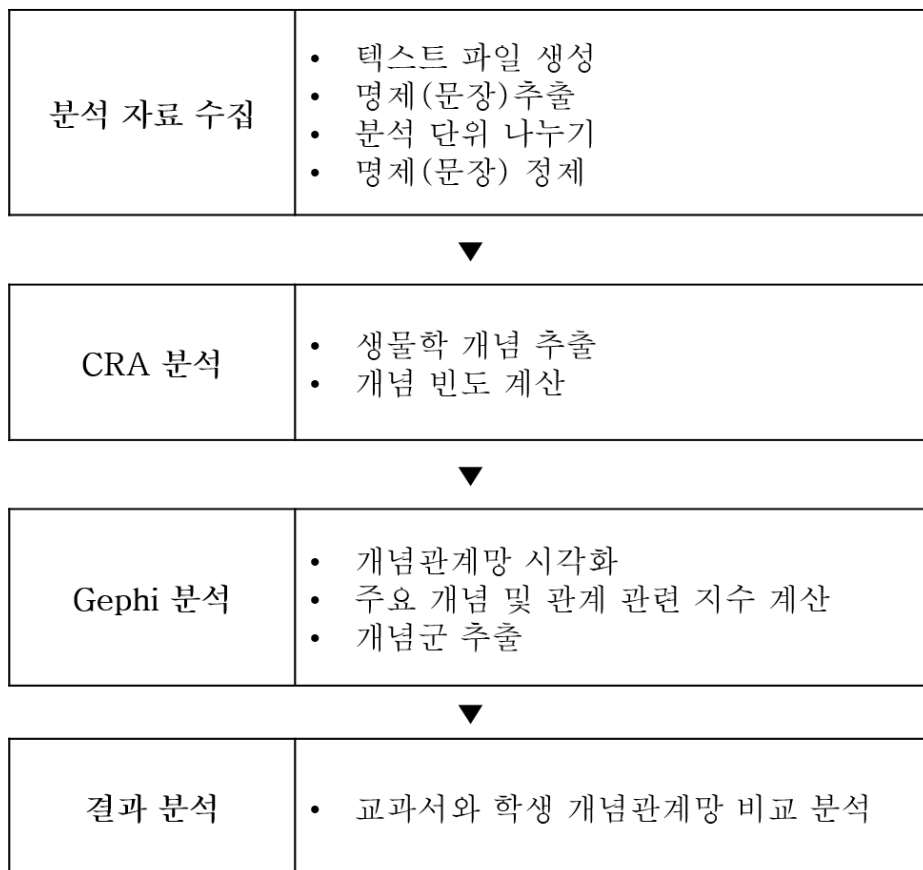
개념 관계 분석에 사용된 지표와 그 의미는 <표 1>과 같다.

<표 1> 개념 관계 분석의 지표 및 의미

요소	양적 지표	의미
개념 관계망의 구조	개념 수	개념 관계망에 포함된 개념의 수는 연구 대상자가 가지고 있는 개념의 다양성을 나타내는 지표가 되며, 특정 개념의 중요도에 따라 다양한 해석이 가능함
	관계 수	개념과 개념을 연결해주는 관계의 수로, 관계의 양적인 분석을 통해 연결된 두 개념이 함께 쓰이는 정도, 관계의 강조 정도, 두 개념의 의미적 거리를 질적으로 분석할 수 있음
	지름	개념 관계망 내에서 임의의 두 개념이 갖는 최단 경로의 개념 쌍 간 거리(두 개념 사이를 거쳐 가는 연결의 수) 중 가장 긴 거리
	밀도	개념들 간의 전반적인 연결정도를 나타내는 지표, 개념들 사이의 관계가 얼마나 복잡하게 얽혀 있는지를 나타냄
	평균 경로 길이	개념 관계망 내에 있는 개념 쌍 간 최단 거리의 평균
중심개념 (허브)	연결 중심성	특정 개념과 인접한 개념들과의 관계를 통해 계산된 해당 개념의 중심성 값, 연결정도가 높은 개념은 개념군을 형성하는 다른 개념들을 대표하는 지역적 중심 개념으로 볼 수 있음
	위세 중심성	특정 개념과 인접한 개념들의 중요성을 고려한 가중치를 적용하여 계산된 해당 개념의 중심성 값, 위세 중심성이 높은 개념은 개념 관계망에서 중요한 위치를 차지하고 있다는 것을 의미함
	사이 중심성	특정 개념이 다른 개념들 사이의 연결을 얼마나 중개하는지 고려하여 계산된 해당 개념의 중심성 값, 사이 중심성이 높은 개념은 서로 다른 개념군을 연결하는 역할이 큰 개념으로 볼 수 있음
개념군	모듈성	특정한 의미나 주제를 나타내는 강하게 연결된 개념들의 집합

4. 연구 절차

교과서와 학생의 개념 관계망 분석을 위하여 다음 <그림 3>과 같은 자료 수집 과정 및 분석 절차를 거쳤다.



<그림 3> 연구의 절차

IV. 연구 결과 및 논의

1. 교과서와 학생 개념 관계망의 구조 비교

중학교 1학년 과학 교과서의 광합성 단원에 대한 개념 관계망과 학생의 개념 관계망의 구조를 비교 분석한 결과, 교과서는 명제와 개념, 관계 수가 학생들보다 많은 것으로 나타났다(표 2).

<표 2> 교과서와 학생 개념 관계망의 구조 비교

	교과서	학생A (학업성취 수준85%)	학생B (학업성취 수준82%)	학생C (학업성취 수준68%)	학생D (학업성취 수준64%)	학생E (학업성취 수준22%)
명제 수	101	39	33	43	33	46
개념 수	74	41	37	33	26	30
관계 수	414	119	115	112	58	105
지름	4	6	4	5	5	4
밀도	0.153	0.145	0.173	0.212	0.178	0.241
평균 경로 길이	2.156	2.621	2.194	2.138	2.618	2.034
모듈성	0.314	0.433	0.389	0.335	0.552	0.300

특히 관계 수는 가장 많은 관계 수가 나온 학생A 보다 거의 4배가 많은 것으로 보아 교과서에서는 개념간의 의미를 다양하게 제시하고 있음

을 알 수 있었다. 이에 비해 학생들은 교과서보다 적은 명제, 개념, 관계 수가 나타나 교과서의 내용을 모두 인지하지 못하고 일부 내용만 개념 관계망을 형성하고 있는 것을 볼 수 있었다.

연구를 시작하기 전 교과서가 가장 많은 개념이 나올 것이고, 성취도가 높을수록 교과서와 비슷한 수의 개념이 나타날 것으로 예상하였다. 학생의 성취수준이 85%, 82%인 학생들(학생A, 학생B)이 다른 학생들에 비해 더 많은 개념을 인지구조에 가지고 있지만 교과서와 비교해 크게 차이가 나는 것으로 보아 교과서에서 사용한 개념들을 모두 기억하기보다 중요하게 강조된 일부의 개념만을 기억하고 있는 것으로 보인다.

개념 체계도를 이용해 학생의 지식 구조를 밝히는 선행연구에서 학습자가 작성한 개념도에서 나타난 지식 구조는 교사가 수업한 지식구조 만큼 복잡하긴 하지만, 평균적으로 개념의 수준은 그 절반 정도에 그치고 있음을 알 수 있었다(Ghaye& Robinson, 1989), 또한 교과 내용으로 제시된 지식의 구조를 학습자가 절반정도 밖에 학습하지 못한 것은 교과 내용의 개념 수준이 높거나, 개념의 제시 형태나 순서가 학습자에게 적절하지 못했다는 것으로(강창숙, 2002) 충분한 시간을 가지고 개념 관계를 학습해야 하고 교과서를 제작할 때에는 사용하는 개념의 수준과 제시 형태 등을 끊임없이 고민해야 할 것으로 생각된다.

지름은 개념 관계망 내에서 임의의 두 개념이 갖는 최단 경로의 개념 쌍 간 거리(두 개념 사이를 거쳐 가는 연결의 수) 중 가장 긴 거리를 나타내는 것으로 이는 학생A이 가장 큰 값을 가져 특정 개념 쌍이 다른 5개의 개념을 통해 관계를 형성하고 있음을 말한다. 특히 학생A은 5명의 학생들 중 성취도가 가장 높은 학생으로 다른 학생들보다 많은 개념과 관계를 가지고 있지만 밀도와 평균 경로 길이가 가장 큰 값을 가져 개념들이 분산되어 개념 관계망을 형성하고 있음을 알 수 있었다.

밀도는 교과서와 성취도가 높은 학생들이 응집된 개념 관계망을 형성하여 높은 밀도를 가질 것으로 예상하였다. 그러나 예상과 반대로 교과서와 성취도가 높은 학생들일수록 밀도가 낮다는 결과가 나왔다. 이러한 결과를 통해 교과서는 사용한 개념이 많아 개념 관계망의 밀도가 낮아졌고, 학생A은 성취도를 보았을 때 5명의 학생들 중 교과서 내용을 상대적으로 잘 이해하고 있으나 개념들 간의 관계가 밀접하지 못하고 분산되어 있음을 볼 수 있었다.

모듈성은 교과서와 학생 5명이 모두 0.3이상이 나와 개념군들이 모여 식물의 영양에 대한 개념 관계망을 형성하고 있음을 확인할 수 있었다.

2. 교과서와 학생 개념 관계망의 핵심 개념 비교

1) 교과서와 학생 개념 관계망의 연결 중심성 비교

교과서와 학생의 개념 관계망에서 연결 중심성 상위 20개의 개념을 추출한 결과, 교과서와 학생의 개념 관계망을 비교했을 때 세포와 기관, 유기양분 개념의 연결 중심성이 크게 차이가 나는 것으로 나타났다(표 3).

세포와 기관은 학생의 개념 관계망에서 나타나지 않는 개념으로 학생과 교과서의 설명방식의 차이가 나타남을 보여준다. 교과서에는 생물체의 기본 단위인 세포를 중심으로 설명을 구성하는 반면 학생들은 개체 수준에서 설명을 구성하여 세포와 기관으로 나누어 설명하지 않는 모습을 보였다.

반면 유기양분은 학생들의 개념 관계망에만 나타나고 교과서에는 없는 개념으로 교과서는 유기양분이라는 정확한 용어 대신 양분이라는 표현으로 대신하고 있었다. 그러나 교사는 수업 중 유기양분이라는 용어를 도입하여 학생들이 양분을 무기양분과 유기양분으로 구분할 수 있도록 하였지만 유기양분과 무기양분에 대한 정확한 정의 없이 용어를 도입하여 학생들이 혼란을 겪고 있음을 인터뷰를 통해 알 수 있었다(학생 B와 D는 유기양분이 상위 20개 개념에 포함되지 않음).

상위 5개 개념들을 보았을 때 학생5의 연결 중심성이 상대적으로 높은 것을 보아 절반에 가까운 개념들이 상위 5개 개념과 연결되어 있고 개념 관계망의 중심에 있는 개념 중심으로 밀도가 높은 인지구조를 형성하고 있을 것으로 생각된다.

<표 3> 교과서와 학생 개념 관계망의 연결 중심성 비교

교과서	학생A (학업성취수준85%)		학생B (학업성취수준82%)		학생C (학업성취수준68%)		학생D (학업성취수준64%)		학생E (학업성취수준22%)		
	교과서	연결 중심성	교과서	연결 중심성	교과서	연결 중심성	교과서	연결 중심성	교과서	연결 중심성	
물	0.534	물	0.425	포도당	0.444	물	0.563	식물	0.545	식물	0.621
식물	0.534	잎	0.375	물	0.444	광합성	0.469	광합성	0.364	낮	0.517
잎	0.479	광합성	0.325	잎	0.389	잎	0.469	체관	0.318	물	0.517
광합성	0.466	식물	0.300	광합성	0.389	포도당	0.406	물	0.318	밤	0.483
세포	0.466	증산작용	0.300	체관	0.333	체관	0.375	땅	0.273	광합성	0.448
뿌리	0.397	산소	0.275	산소	0.306	유기양분	0.344	양분	0.273	증산작용	0.414
줄기	0.356	포도당	0.250	이산화탄소	0.306	이산화탄소	0.344	뿌리	0.227	산소	0.345
물관	0.288	무기양분	0.250	식물	0.306	산소	0.281	물관	0.227	체관	0.345
양분	0.288	이산화탄소	0.225	밤	0.250	호흡	0.281	유기양분	0.227	양분	0.345
체관	0.247	유기양분	0.225	증산작용	0.222	무기양분	0.250	산소	0.227	햇빛	0.345
증산작용	0.247	빛에너지	0.175	빛에너지	0.194	물관	0.250	이산화탄소	0.227	물관	0.310
엽록체	0.247	기공	0.175	아침	0.194	증산작용	0.250	에너지	0.227	기공	0.310
이산화탄소	0.233	호흡	0.175	기공	0.167	엽록체	0.188	흙	0.182	포도당	0.276
기공	0.233	물관	0.175	설탕	0.167	양분	0.188	무기양분	0.182	설탕	0.241
관다발	0.233	에너지	0.150	녹말	0.167	기공	0.188	줄기	0.182	이산화탄소	0.207
산소	0.219	양분	0.150	열매	0.167	관다발 조직계	0.188	증산작용	0.182	날씨	0.207
기관	0.219	뿌리	0.150	꽃	0.167	빛에너지	0.156	햇빛	0.182	호흡	0.172
녹말	0.205	무기물	0.150	무기양분	0.167	햇빛	0.156	기공	0.136	뿌리	0.172
밤	0.205	공변세포	0.100	물관	0.167	녹말	0.156	호흡	0.136	에너지	0.138
뿌리털	0.192	수증기	0.100	호흡	0.167	식물	0.156	포도당	0.136	인간	0.138

2) 교과서와 학생 개념 관계망의 위세 중심성 비교

교과서와 학생의 개념 관계망에서 위세 중심성 상위 20개의 개념을 추출한 결과, 위세 중심성 지수를 살펴보면 교과서의 위세 중심성이 높은 상위 20개 개념들은 식물의 구조에 대한 개념들(잎, 세포, 뿌리, 줄기, 물관, 체관 등)이 상당히 많은 부분을 차지하고 있음을 알 수 있었다(표 4).

특히 세포의 위세 중심성이 높게 나온 것은 교과서의 설명이 세포를 기준으로 식물의 구조에 대한 내용이 많기 때문으로 생각되었다. 교과서의 구성이 구조 중심으로 이루어져 있어 기능(광합성, 호흡, 증산작용, 양분의 흡수, 변환, 저장 등)은 부가적 설명으로 제시하고 있었는데 이러한 교과서의 구성은 학생들이 식물에서 일어나는 주요한 기능들을 통합적으로 이해하지 못하게 하는 방해 요소 중 하나로 인터뷰에 참여한 대부분의 학생들이 구조에 따라 각각의 기능들이 분리되어 일어난다고 답변하였다. 이는 중학교 교과서에서만 타나나는 것이 아니라 2009개정 교육과정에 의해서 개발된 초등학교 교과서에서도 나타는 문제점으로 식물의 뿌리, 줄기, 잎에서 일어나는 기능이 통합적으로 제시되지 못해(김영신, 권형석, 2016) 식물의 기능에 대한 통합적인 이해가 부족한 문제가 고착화 되고 있는 것으로 보인다.

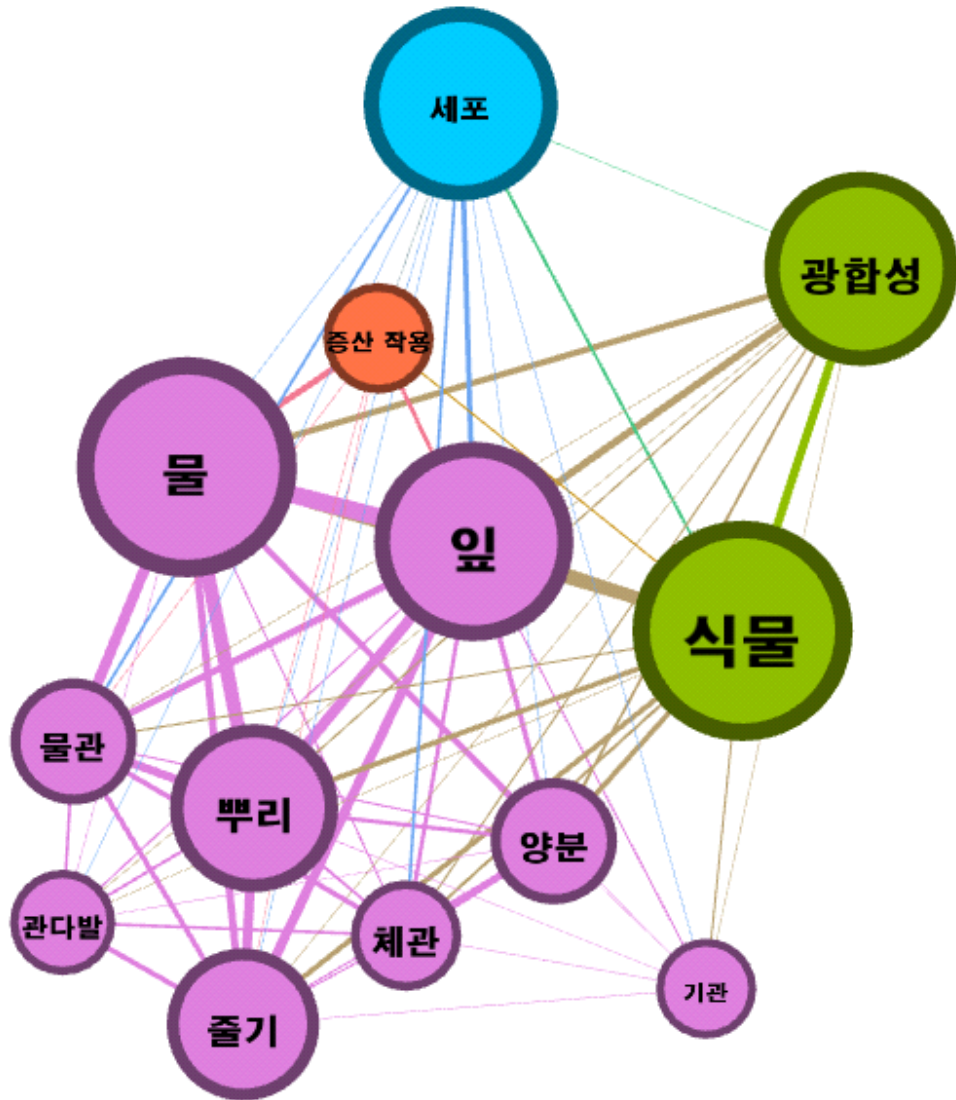
또한 교과서의 상위 20개 위세 중심성이 학생들의 상위 20개 개념들보다 높은 것으로 보아 교과서에서 사용한 다수의 개념들은 중요도가 낮고 다른 개념을 설명하기 위해 사용한 것으로 해석된다. 중요도가 낮은 개념들은 과학 개념이지만 학생들이 일상적으로 사용하는 단어가 아니기 때문에 많은 과학 개념을 사용한 교과서의 서술이 핵심 개념의 이해를 어렵게 하는 원인이 되는 것으로 생각된다(김영신, 권형석, 2016). 따라서

학교급에 따라 제시하는 적절한 개념의 수나 종류의 기준을 만드는 연구가 필요할 것으로 생각된다(정재훈, 윤정주, 손종경, 이태상, 김영신, 2010).

<표 4> 교과서와 학생 개념 관계망의 위세 중심성 비교

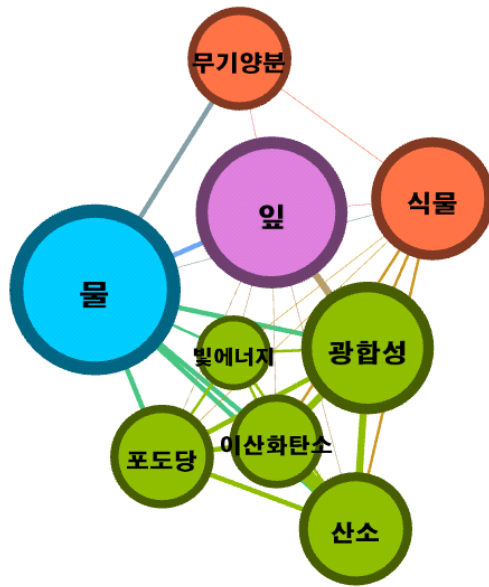
교과서	학생A (학업성취수준85%)		학생B (학업성취수준82%)		학생C (학업성취수준68%)		학생D (학업성취수준64%)		학생E (학업성취수준22%)		
	교과서	값	교과서	값	교과서	값	교과서	값	교과서	값	
식물	1.000	물	1.000	포도당	1.000	물	1.000	식물	1.000	낮	1.000
물	0.978	잎	0.941	물	0.944	광합성	0.928	땅	0.658	식물	0.986
잎	0.942	광합성	0.831	잎	0.827	포도당	0.849	체관	0.644	밤	0.940
광합성	0.917	식물	0.826	광합성	0.806	잎	0.823	물	0.628	물	0.907
세포	0.878	산소	0.782	산소	0.801	유기양분	0.738	양분	0.617	증산작용	0.731
뿌리	0.774	이산화탄소	0.719	이산화탄소	0.782	체관	0.708	뿌리	0.541	산소	0.722
줄기	0.700	포도당	0.694	빛에너지	0.640	이산화탄소	0.706	물관	0.485	체관	0.687
양분	0.670	빛에너지	0.631	아침	0.640	산소	0.644	흙	0.475	광합성	0.670
물관	0.656	무기양분	0.554	체관	0.595	무기양분	0.529	무기양분	0.459	양분	0.668
체관	0.601	에너지	0.483	식물	0.577	물관	0.527	유기양분	0.456	햇빛	0.661
기관	0.561	기공	0.420	증산작용	0.483	엽록체	0.525	줄기	0.400	물관	0.621
관다발	0.534	호흡	0.417	밤	0.480	양분	0.470	광합성	0.392	기공	0.599
증산 작용	0.517	양분	0.407	기공	0.367	증산작용	0.457	증산작용	0.327	포도당	0.537
녹말	0.516	증산작용	0.403	설탕	0.356	빛에너지	0.437	산소	0.259	설탕	0.532
엽록체	0.494	물관	0.383	녹말	0.356	호흡	0.433	이산화탄소	0.259	이산화탄소	0.490
기공	0.490	뿌리	0.375	열매	0.356	기공	0.351	에너지	0.251	호흡	0.417
밤	0.484	유기양분	0.362	꽃	0.356	햇빛	0.327	기공	0.232	뿌리	0.319
잎맥	0.483	공변세포	0.309	무기양분	0.337	녹말	0.320	햇빛	0.229	날씨	0.290
이산화탄소	0.450	무기물	0.303	물관	0.322	농도	0.314	호흡	0.210	에너지	0.256
가지	0.442	비타민	0.207	호흡	0.320	식물	0.313	관다발	0.191	인간	0.256

연결 중심성과 위세 중심성 지수를 분석한 결과 교과서와 학생들의 핵심 개념으로 판단되는 개념으로 그린 개념 관계망은 다음과 같다.

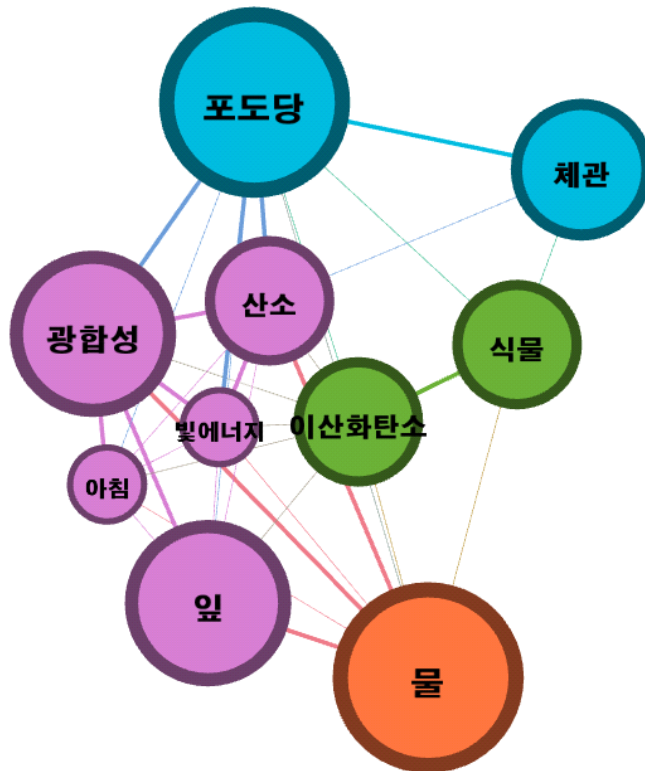


<그림 4> 교과서 개념 관계망의 핵심 개념

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(연결정도 \geq 40%, 위세 중심성 \geq 0.500), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(\geq 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

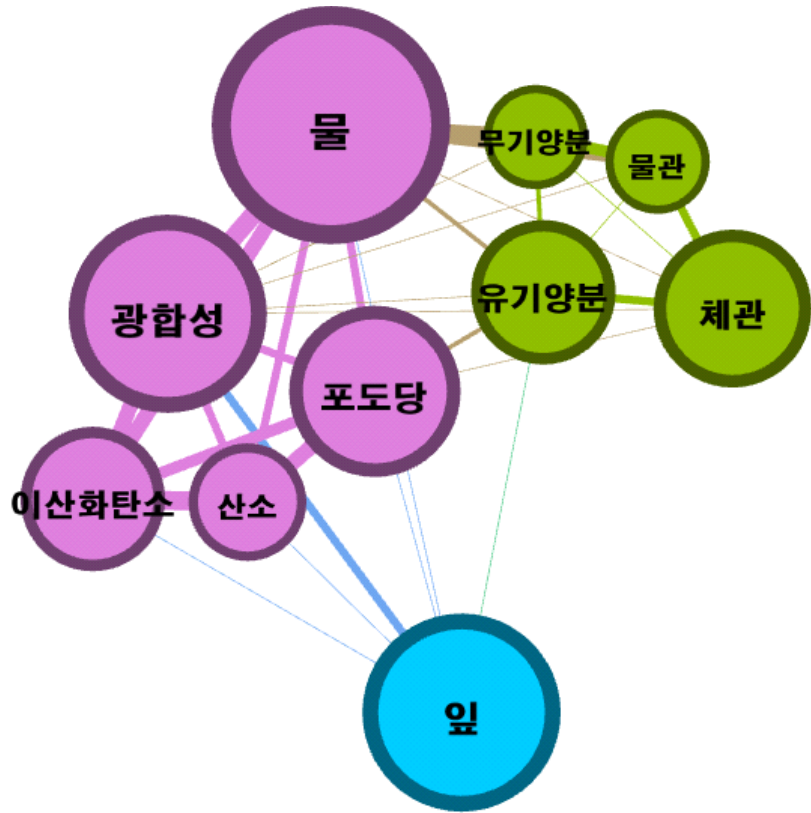


<그림 5> 학생A 개념 관계망의 핵심 개념

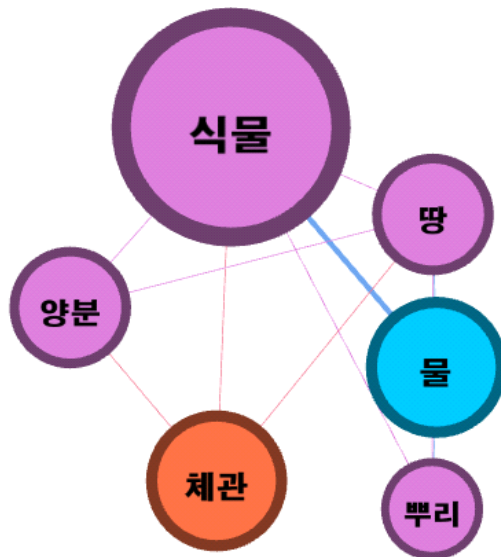


<그림 6> 학생B 개념 관계망의 핵심 개념

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(연결정도 \geq 40%, 위세 중심성 \geq 0.500), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(\geq 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

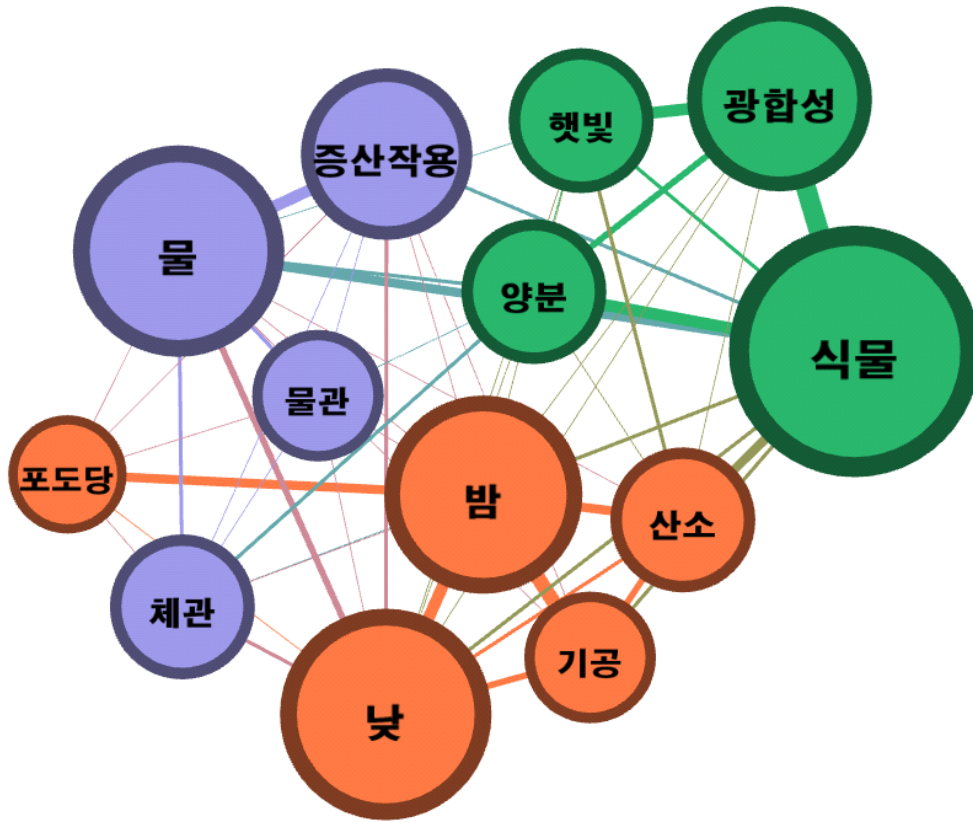


<그림 7> 학생C 개념 관계망의 핵심 개념



<그림 8> 학생D 개념 관계망의 핵심 개념

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(연결정도 \geq 40%, 위세 중심성 \geq 0.500), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(\geq 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름



<그림 9> 학생E 개념 관계망의 핵심 개념

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(연결정도 \geq 40%, 위세 중심성 \geq 0.500), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(\geq 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

3. 교과서와 학생 개념 관계망의 핵심 관계 분석

1) 교과서와 학생 개념 관계망의 개념 관계 빈도 분석

교과서와 학생 개념 관계망에서 나타나는 개념 관계를 분석하기 위해 관계 빈도가 높은 상위 30개 관계를 <표 6>~<표 8>으로 나타내었다.

관계의 빈도를 분석해 보면 교과서는 식물의 구조와 관련된 뿌리, 물관, 체관, 잎의 관계 빈도가 높게 나타나는 것을 볼 수 있었고, 학생들은 산소, 이산화탄소, 증산작용, 광합성, 물의 관계가 높은 빈도로 나타남을 볼 수 있었다. 교과서는 구조에 대한 설명이 많은 부분을 차지하고 학생들의 설명에는 광합성의 기능에 대한 설명이 많은 부분을 차지하기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 생각된다.

연구에서 사용한 인지구조 검사지의 문항이 식물의 기능에 대한 질문으로 이루어져 있었는데 이에 대한 답변에서 학생들은 주로 기능에 대한 답변을 위주로 하였고 기능과 구조를 연관시키는 데 어려움을 겪는 것을 볼 수 있었다.

<표 6> 교과서와 학생A 개념 관계망의 개념 관계 빈도

교과서			학생A (학업성취수준85%)		
개념A	개념B	$F(\overline{AB})^*$	개념A	개념B	$F(\overline{AB})^*$
물	잎	16	산소	이산화탄소	7
물	뿌리	13	물	무기물	5
물	물관	10	광합성	이산화탄소	4
잎	뿌리	10	광합성	산소	4
물	식물	9	광합성	잎	4
뿌리	줄기	9	산소	호흡	4
잎	줄기	9	이산화탄소	호흡	4
뿌리	물관	8	물	무기양분	3
식물	광합성	8	유기양분	무기양분	3
잎	식물	8	광합성	포도당	3
광합성	이산화탄소	7	물	산소	3
물	줄기	7	물	광합성	3
양분	체관	7	물	뿌리	3
잎	광합성	7	물	잎	3
잎	물관	7	물	이산화탄소	3
물	양분	6	물	포도당	3
물	증산작용	6	산소	포도당	3
물	무기양분	6	무기양분	양분	3
물	광합성	6	유기양분	양분	3
식물	산소	6	이산화탄소	포도당	3
광합성	산소	5	잎	기공	3
물관	체관	5	증산작용	기공	3
물관	줄기	5	광합성	빛에너지	2
식물	줄기	5	광합성	식물	2
식물	뿌리	5	기공	공변세포	2
식물	양분	5	기공	수증기	2
이산화탄소	빛	5	단백질	지방	2
잎	세포	5	무기양분	무기물	2
잎	기공	5	물	물관	2
잎	양분	5	물	빛에너지	2

* $F(\overline{AB})$: 개념A와 개념B의 관계의 빈도

<표 7> 학생B와 학생C 개념 관계망의 개념 관계 빈도

학생B (학업성취수준82%)			학생C (학업성취수준68%)		
개념A	개념B	$F(\overline{AB})^*$	개념A	개념B	$F(\overline{AB})^*$
물	증산작용	5	물	광합성	6
물	무기양분	4	이산화탄소	산소	6
물	뿌리	3	광합성	이산화탄소	5
식물	호흡	3	물	이산화탄소	5
식물	증산작용	3	물	무기양분	5
식물	체온	3	포도당	산소	5
증산작용	체온	3	물	물관	4
포도당	설탕	3	물관	무기양분	4
광합성	포도당	2	잎	증산작용	4
광합성	빛에너지	2	포도당	이산화탄소	4
광합성	산소	2	광합성	잎	3
광합성	잎	2	광합성	포도당	3
광합성	아침	2	광합성	산소	3
무기양분	뿌리	2	광합성	햇빛	3
물	기공	2	물	포도당	3
물	광합성	2	물	산소	3
물	산소	2	물관	체관	3
물	잎	2	유기양분	체관	3
밤	녹말	2	잎	기공	3
밤	설탕	2	포도당	녹말	3
밤	체관	2	호흡	산소	3
산소	빛에너지	2	호흡	에너지	3
설탕	녹말	2	광합성	엽록체	2
식물	이산화탄소	2	기공	증산작용	2
증산작용	기공	2	물	유기양분	2
체관	녹말	2	물	햇빛	2
체관	설탕	2	물관	줄기	2
체관	물관	2	산소	기공	2
포도당	밤	2	삼투현상	뿌리	2
포도당	산소	2	유기양분	무기양분	2

* $F(\overline{AB})$: 개념A와 개념B의 관계의 빈도

<표 8> 학생D와 학생E 개념 관계망의 개념 관계 빈도

학생D (학업성취수준64%)			학생E (학업성취수준22%)		
개념A	개념B	$F(\overline{AB})^*$	개념A	개념B	$F(\overline{AB})^*$
물	기공	5	식물	광합성	8
물	증산작용	5	기공	밤	6
증산작용	기공	4	광합성	햇빛	5
광합성	산소	3	물	증산작용	5
광합성	이산화탄소	3	밤	낮	5
광합성	에너지	3	식물	양분	5
산소	이산화탄소	3	밤	포도당	4
식물	호흡	3	밤	설탕	4
양분	무기양분	3	밤	산소	4
양분	유기양분	3	식물	물	4
유기양분	무기양분	3	식물	산소	4
광합성	잎	2	포도당	설탕	4
광합성	햇빛	2	광합성	에너지	3
낮	밤	2	광합성	양분	3
물	식물	2	기공	낮	3
체관	물관	2	기공	호흡	3
호흡	낮	2	기공	산소	3
호흡	밤	2	물	낮	3
광합성	양분	1	식물	에너지	3
광합성	낮	1	광합성	구름	2
광합성	낮	1	기공	식물	2
광합성	포도당	1	낮	체관	2
기공	줄기	1	낮	산소	2
땅	흙	1	낮	증산작용	2
무기양분	체관	1	물	물관	2
물	물관	1	물	양분	2
물	뿌리	1	물	체관	2
물	땅	1	물	뿌리	2
물	흙	1	밤	호흡	2
물관	줄기	1	산소	호흡	2

* $F(\overline{AB})$: 개념A와 개념B의 관계의 빈도

2) 성취도별 학생과 교과서 개념 관계망의 공통 관계 분석

교과서와 학생 개념 관계망에서 나타나는 공통된 개념 관계를 분석하였다. 교과서는 총 414개의 관계를 가지고 있었는데 이 중 5명의 학생들과 공통적으로 나타나는 관계는 20%미만인 것으로 나타났다(표 9). 공통된 개념 관계를 분석할 때 학생의 개념 관계 중 잘못된 명제로 나타난 개념 관계는 제외하고 바르게 학습했다고 생각되는 관계를 중심으로 분석하였다.

<표 9> 교과서와 학생 개념 관계망의 공통 관계 수

	학생A (학업성취 수준85%)	학생B (학업성취 수준82%)	학생C (학업성취 수준68%)	학생D (학업성취 수준64%)	학생E (학업성취 수준22%)
공통 관계 수	73	67	56	50	38
비율(%)*	17%	16%	13%	12%	9%

공통관계의 결과를 보았을 때 학업 성취 수준이 높은 학생일수록 교과서와 공통된 개념 관계를 더 많이 가지고 있는 것을 볼 수 있었고 이를 통해 학업 성취 수준이 높은 학생일수록 교과서에 담겨있는 관계를 더 많이 학습하였다는 것을 알 수 있었다.

학생 5명 모두가 가지고 있는 공통된 개념 관계는 <표 10>과 같다. 광합성과 관계를 갖는 개념들(잎, 산소, 이산화탄소)과 물과 관계를 갖는 개념들(뿌리, 식물, 물관)은 교과서의 관계빈도에서 높은 순위를 갖는 개념 관계로 교과서에서 강조하는 내용을 학생들이 학습한 것으로 볼 수 있다.

*비율(%): $\frac{\text{학생이 가진 공통 관계 수}}{\text{교과서의 전체 관계 수}(414)} \times 100$

물관과 체관, 산소와 이산화탄소, 증산작용과 기공이라는 관계들은 교과서에서 나타나는 관계의 빈도는 낮지만 학생들에게서 나타나는 빈도가 높은 것을 보았을 때 교사가 수업 중 강조하는 내용에 대한 개념 관계일 것으로 생각된다.

<표 10> 교과서와 학생 개념 관계망의 공통 관계 빈도

개념1	개념2	교과서	학생A (학업성취 수준85%)	학생B (학업성취 수준82%)	학생C (학업성취 수준68%)	학생D (학업성취 수준64%)	학생E (학업성취 수준22%)
	잎	7	4	2	3	2	1
광합성	산소	5	4	2	3	3	1
	이산화탄소	7	4	4	5	3	1
	뿌리	13	3	3	1	1	2
물	식물	9	1	1	1	2	4
	물관	10	2	1	4	1	2
물관	체관	5	1	2	3	2	2
산소	이산화탄소	4	7	1	6	3	1
식물	호흡	4	1	3	1	3	1
증산작용	기공	4	3	2	2	4	1

3) 학생의 잘못된 명제와 개념 관계 분석

학생의 인지구조 검사지 답변 내용과 인터뷰에서 나타난 학생의 잘못된 명제를 찾아 개념 관계 및 개념 관계망에서 어느 위치를 차지하는지, 이러한 잘못된 관계가 나타난 원인 등을 분석하였다.

(1) 학생B의 잘못된 명제와 개념 관계 분석

- 밤엔 광합성을 못하기 때문에 호흡은 주로 밤에 하죠.
- 호흡은 밤에 일어나고 낮에는 일어나지 않는다.

학생B의 위와 같은 잘못된 명제는 호흡과 광합성을 반대되는 과정으로 이해하고 이를 호흡이 일어나는 시간으로까지 확장하여 나타난 명제이다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘호흡’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 10>에 나타냈다. 학생B는 호흡이 생명활동에 필요한 에너지를 만드는 과정임은 알고 있으나 이 과정에서 산소가 필요함을 알지 못해 산소와 호흡의 관계가 나타나지 않은 것으로 보인다. 따라서 호흡의 의미를 설명하며 호흡이 일어나는 시간과 호흡에 필요한 물질에 대한 개념 관계망의 재구성이 일어날 수 있도록 도와주어야 한다.



<그림 10> 학생B의 호흡 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

(2) 학생C의 잘못된 명제와 개념 관계 분석

- 증산작용을 하면 포도당이 녹말로 변하고 녹말은 설탕으로 변해 체관으로 이동합니다.
- 증산작용은 잎이 필요한 에너지를 얻기 위해서 일어난다.
- 유기양분은 잎에서 증산작용에 의해 만들어진다.

학생C의 위와 같은 잘못된 명제는 증산작용이 기공에서 일어난다는 것은 알고 있으나 유기양분의 합성과 이동의 과정으로 이해하고 있어 나타난 명제이다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘증산작용’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 11>에 나타냈다. 이러한 개념 관계망 형성에 “공변세포는 표피세포가 변한 것으로, 일반 표피세포와 달리 엽록체를 갖고 있어 광합성을 한다.”라는 교과서의 설명이 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 공변세포에 엽록체가 있어 광합성이 가능하다는 설명으로 인해 공변세포로 만들어지는 기공에서도 광합성이 일어날 것이라는 명제를 도출하게 된 것으로 생각된다.

이러한 잘못된 관계가 형성되지 않도록 교사는 수업시간에 기공과 공변세포의 차이를 강조하여 설명하였다.

교사: 기공은 단순히 공기가 드나드는 구멍입니다. 그런데 기공에서 광합성 하는 거 아니에요? 라고 묻는 친구들이 많아요. 기공은 공기가 드나드는 구멍을 뿐, 광합성을 할 수 있는 엽록체도 없고 아무것도 없어요. 그냥 통로예요. 공변세포 두 개가 벌어지면서 생긴 공기 통로예요. 꼭 구분해줘야 해요

이 설명으로 인해 대부분의 학생들은 기공에서는 광합성이 일어날 수 없다는 것을 인지하였지만 학생C는 교사의 설명에도 불구하고 잘못된 개념 관계를 형성하고 있는 것을 볼 수 있다.



<그림 11> 학생C의 증산작용 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

- 앞에서 울타리 조직과 해면조직과 공변세포를 관다발 조직계라고 합니다.

학생C는 관다발 조직계를 기본 조직계와 구분하지 못하고 있지만 관다발 조직계와 바른 관계인 물관과 체관을 가지고 있다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘관다발 조직계’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 12>에 나타냈다. 기본 조직계라는 개념을 도입하여 공변세포와 울타리조직, 해면조직이 기본 조직계와 관계를 지을 수 있도록 도움을 주면 올바른 개념 관계를 형성할 것으로 기대된다.



<그림 12> 학생C의 관다발 조직계 중심 개념 관계망

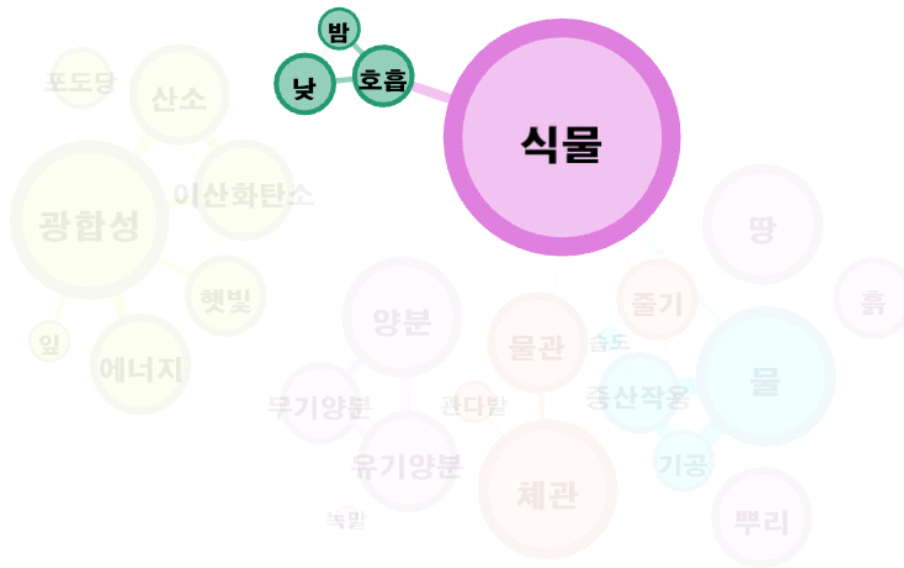
Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

(3) 학생D의 잘못된 명제와 개념 관계 분석

- 호흡은 식물이 숨 쉬는 것입니다.
- 호흡은 식물이 숨 쉬며 살기 위해서 필요하다.

학생D의 위와 같은 잘못된 명제는 호흡을 기체교환 과정으로 이해하여 나타난 명제이다. 식물의 호흡을 사람의 호흡과 비교하여 사람이 숨 쉬는 외호흡을 식물의 호흡에 적용하여 이해한 것으로 숨을 쉰다는 것과 호흡을 낮과 밤 모두 한 다는 것만 알고 있어, 호흡과 산소, 호흡과 이산화탄소, 호흡과 에너지의 관계가 나타나지 않았다. 또한 호흡을 에너지 대사적 측면과 연결 짓지 못하므로 광합성과 호흡의 관계도 알지 못하였다. 이러한 학생의 오개념은 선행 연구에서도 나타난 대표적인 광합성과 호흡의 관계와 관련된 오개념으로(Bell, 1985; Haslam & Treagust, 1987; Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987; 김재영, 최소영, 1999; 정영란, 강경리, 1998; 정완호, 1993) 광합성과 호흡의 의의를 정확하게 이해하지 못하여 나타난 오개념 이었다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘호흡’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 13>에 나타냈다.

학생D의 이러한 잘못된 개념 관계를 바로잡을 수 있도록 호흡에 대한 정의를 다시 설명하여 호흡과 기체 교환뿐만 아니라 에너지 생성과 연결 지을 수 있도록 개념 관계망의 재구성을 도와주어야 한다. 더 나아가 광합성과 호흡이 에너지 대사를 위한 과정임을 이해하여 이들 관계가 나타날 수 있도록 해주어야 한다.

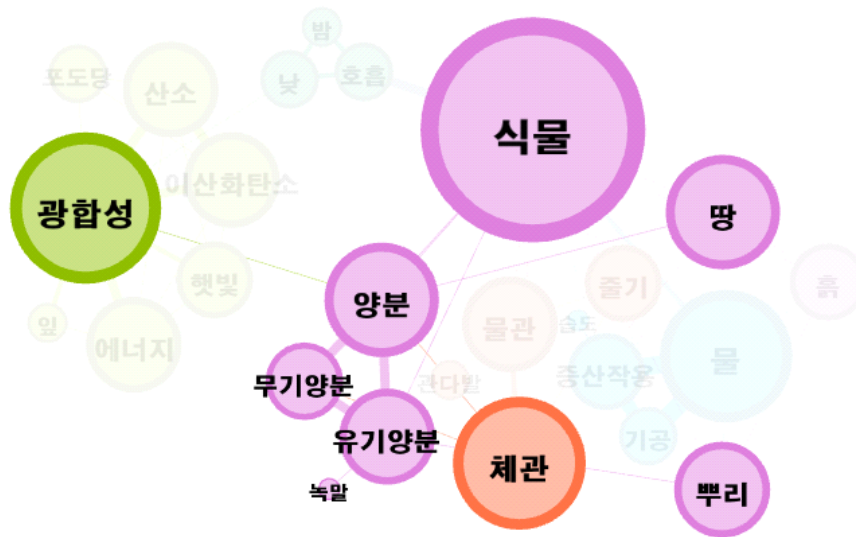


<그림 13> 학생D의 호흡 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

- 무기양분은 체관을 통해서 이동한다.
- 유기양분은 뿌리에서 만들어진다.
- 체관을 통해서는 땅에서 흡수한 양분이 이동한다.

학생D의 위와 같은 잘못된 명제는 양분의 종류에 유기양분과 무기양분이 있다는 것은 알고 있으나 유기양분과 무기양분의 정확한 정의를 알지 못해 나타난 명제이다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘양분’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 14>에 나타냈다. 무기양분과 체관의 잘못된 관계를 바로 잡기 위해 유기양분과 체관, 무기양분과 물관을 연결 지어 설명하고 확장하여 무기양분과 유기양분의 종류를 함께 제시하여 개념 관계망의 재구성이 일어날 수 있도록 도와주어야 한다.



<그림 14> 학생D의 양분 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

- 기공은 줄기에 있다.
- 기공을 통해서 물만 이동한다.

학생D는 기공에서 증산작용이 일어남은 알고 있으나 기공에서의 기체 교환과 기공이 잎에 있다는 것을 이해하지 못하고 있었다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘증산작용’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 15>에 나타냈다. 학생D의 개념 관계망을 바로 잡기 위해 증산작용뿐만 아니라 식물의 호흡과 광합성을 위해서도 기공이 필요함을 설명하여 기공을 통한 기체 교환의 관계가 생성될 수 있도록 해주어야 한다.



<그림 15> 학생D의 증산작용 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

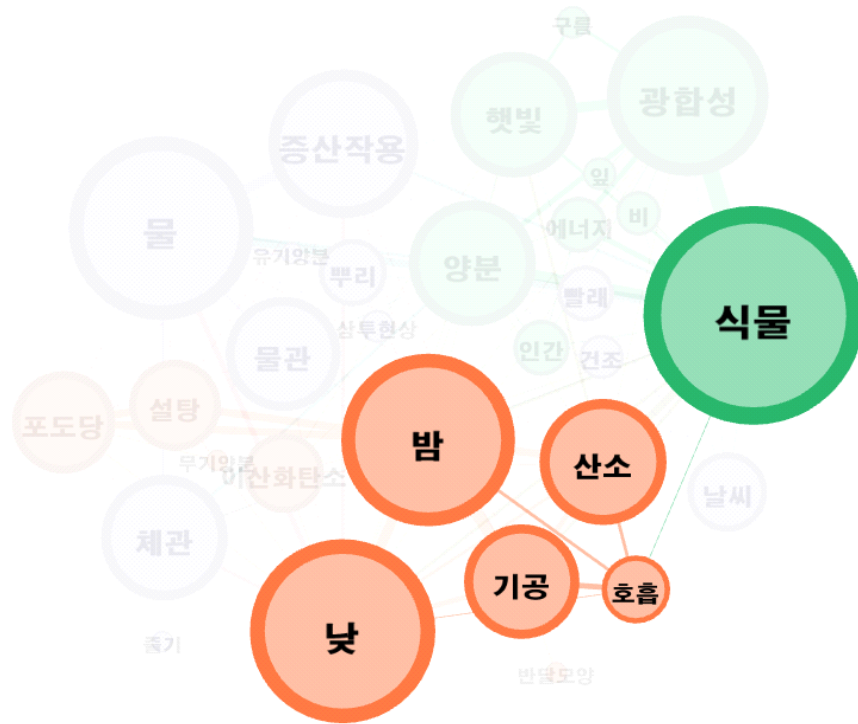
(4) 학생E의 잘못된 명제와 개념 관계 분석

- 식물의 호흡은 기공을 통해 산소가 들어가고 밤에는 기공이 닫혀지고.
- 호흡은 낮에 일어난다.
- 밤에는 일단 기공이 닫히니까 호흡이 안 일어나요.

학생E의 위와 같은 잘못된 명제는 호흡을 기체 교환의 과정으로만 이해하고 있어 나타난 명제로 기공에서 일어나는 기체 교환을 호흡의 기체 교환과 잘못 연결 지어 이해하고 있어 기공이 닫히는 밤에는 호흡이 일어나지 않는다는 잘못된 명제가 나타났다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘호흡’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 16>에 나타냈다.

이러한 개념 관계망 형성에 “기공은 주로 낮에 열리고 밤에 닫히므로 식물의 증산 작용은 주로 낮에 일어난다.”라는 교과서의 설명이 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 기체 교환이 일어나는 기공이 밤에 닫힌다는 설명으로 인해 밤에는 모든 기공이 닫혀 호흡도 일어나지 않을 것이라는 명제를 도출하게 된 것으로 생각된다.

이러한 잘못된 개념 관계를 바로 잡기 위해 호흡은 기체 교환뿐만 아니라 에너지 대사과정임을 이해하도록 올바른 호흡의 의미를 설명해주고, 기공이 주로 낮에 열리고 밤에는 닫히지만 모든 기공이 닫히는 것은 아님을 알려주어 밤에도 호흡이 가능함을 추가적으로 설명해주어야 한다.



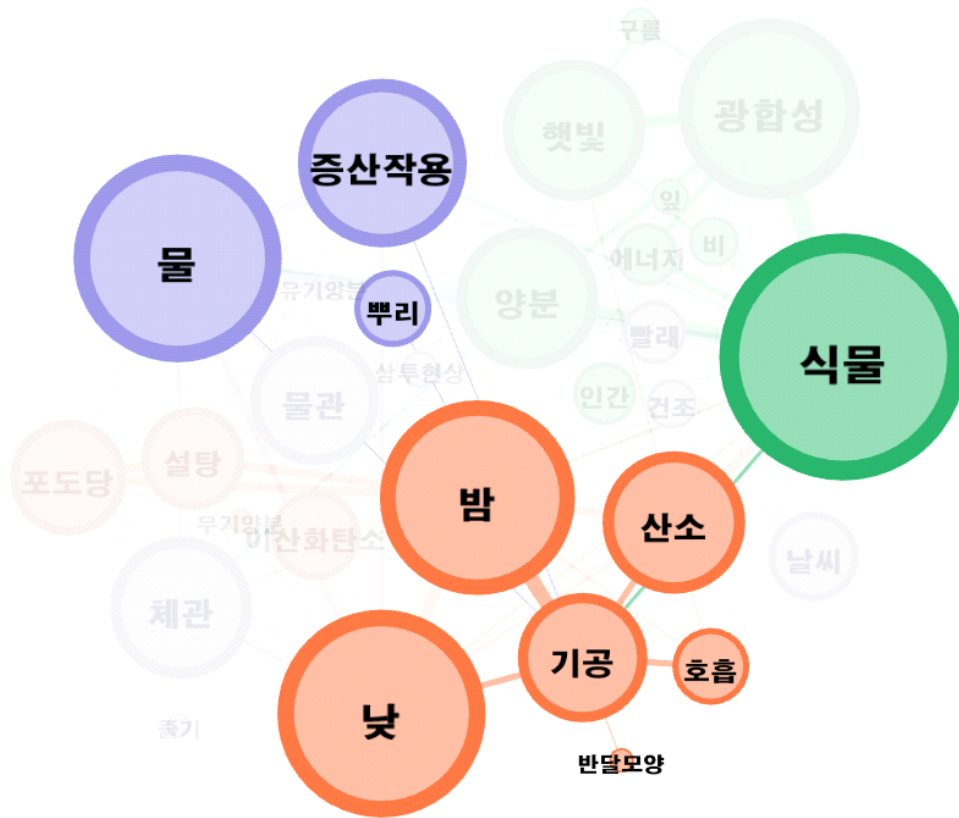
<그림 16> 학생E의 호흡 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

- 식물의 기공은 뿌리 쪽에 있을 것이다.

학생E는 기공의 위치를 잘못 이해하고 있었고 기공에서 증산작용이 일어남은 알고 있으나 증산작용보다 호흡과의 관계를 더욱 중요하게 생각함을 볼 수 있었다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘기공’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 17>에 나타냈다.

이러한 잘못된 개념 관계를 바로 잡기 위해 기공의 위치와 구조, 역할에 대해 다시 이해하는 과정이 필요하다.



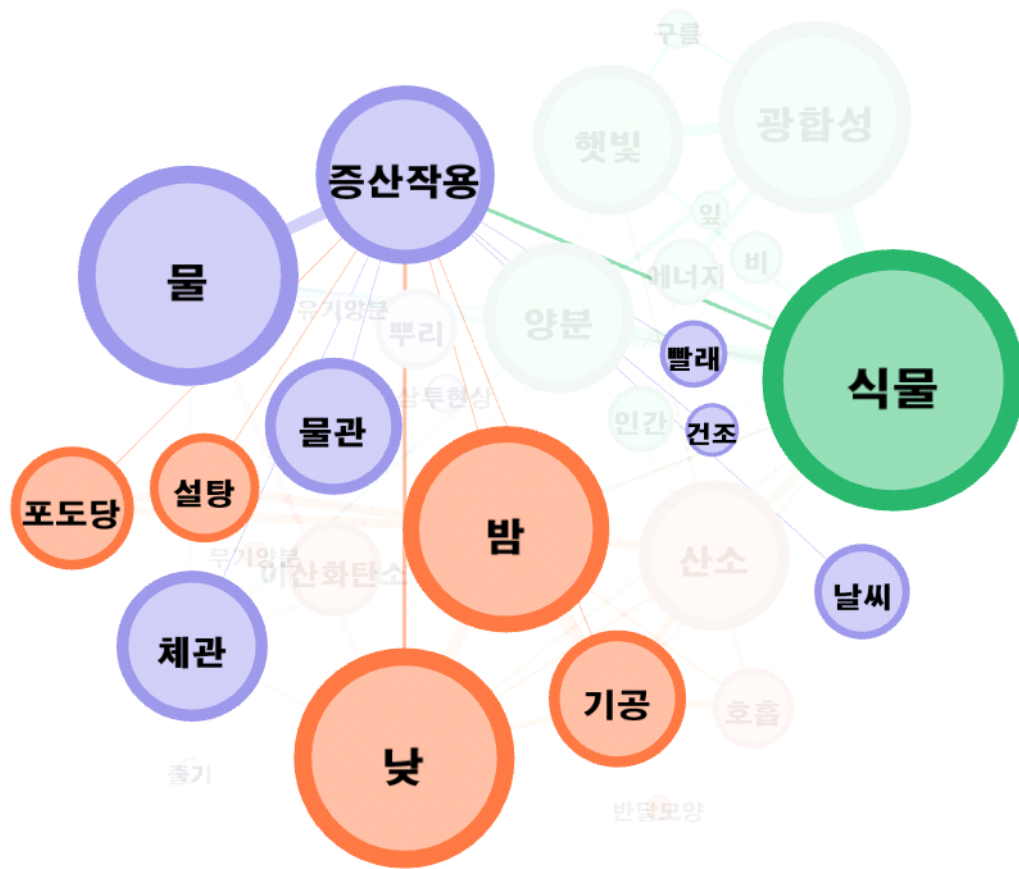
<그림 17> 학생E의 기공 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

- 증산작용은 낮에는 체관을 통해 물이 지나가고 밤에는 설탕이 된 포도당이 지나다니는 것입니다.
- 밤에는 설탕이 포도당이 되니까 물관으로 포도당도 이동해요.
- 체관도 양분이 이동하는 통로니까 물관이랑 똑같은 것 같아요.

학생E는 증산작용을 양분의 이동과 혼돈 하고 있음을 알 수 있다. 증산작용에 대한 정확한 정의를 알고 있지만 물을 통해 이동하는 양분과 물의 이동통로와 잘못 연관 지어 증산작용을 이해하고 있는 것으로 생각된다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘증산작용’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 18>에 나타냈다.

양분의 이동 통로를 정확하게 이해하지 못하는 개념 관계망 형성에 “잎에서 광합성을 통해 만들어진 포도당은 물에 녹지 않는 녹말로 바뀌어 잎 속의 엽록체에 일단 저장되었다가 대부분의 경우 밤이 되면 물에 녹는 설탕으로 전환되어 식물의 각 기관으로 운반된다.”라는 교과서의 설명이 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 이 학생은 물이 이동하는 통로는 물관으로 알고 있는데 설탕이 물에 녹아 이동하므로 설탕은 물관을 통해 이동할 것이라고 확장시켜 생각하고 있었고, 이러한 잘못된 지식의 확장이 학생E의 개념 관계망에서 물관과 설탕, 체관과 증산작용 등의 바르지 않은 관계로 나타났다.



<그림 18> 학생E의 증산작용 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

- 포도당은 무기양분 이다.
- 유기양분에는 물이랑 액체 같은 것이 있다.

학생E는 식물이 필요로 하는 양분의 종류를 잘못 이해하고 있었다. 양분의 종류에 무기양분과 유기양분이 있다는 것을 이해하지 못하여 양분과 무기양분, 양분과 유기양분의 관계가 나타나지 않고 각각 따로 관련이 없는 개념으로 나타났다. 이 학생의 개념 관계망에서 ‘양분’ 개념이 차지하는 위치와 이와 관계된 개념들을 <그림 19>에 나타냈다.

양분의 이해가 부족한 원인으로 교과서에서는 식물이 필요로 하는 양분의 종류에는 무엇이 있는지 언급 없이 뿌리의 구조와 기능에서 무기양분이라는 용어를 도입하여 설명한다. 무기양분이라는 용어를 사용하지만 유기양분이라는 정확한 용어를 사용하지 않고 대신 양분이라는 용어를 사용하여 학생들이 양분과 무기양분, 유기양분의 관계를 정확하게 인지하지 못하고 있는 것으로 생각된다. 교과서의 이런 부족한 점을 보완하기 위해 교사는 수업에서 유기양분의 개념을 도입하여 수업을 하지만 양분의 종류와 무기양분과 유기양분의 정의 없이 사용하고 있어 일부 학생들의 혼란이 가중된 것으로 보인다.



<그림 19> 학생E의 양분 중심 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례(≥ 1), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

4. 교과서와 학생 개념 관계망의 개념군 비교

교과서와 학생 개념 관계망 내에서 개념군의 위치를 시각화하고 각 개념군의 핵심 개념 및 개념군이 갖는 특성을 찾아보았다.

1) 교과서 개념군

교과서의 개념 관계망은 5개의 개념군이 모여 개념 관계망을 형성하고 있었다. 개념군에 포함된 개념을 통해 개념군이 나타내는 주제를 알 수 있었는데 첫 번째 개념군은 증산작용, 두 번째 개념군은 양분, 세 번째 개념군은 광합성과 호흡, 네 번째 개념군은 식물체의 구조, 다섯 번째 개념군은 뿌리의 구조를 나타내는 개념군 이었다.

개념군에 포함된 개념의 중심성 지수 비교를 통해 각 개념군을 대표하는 지역적 허브를 찾을 수 있었고 허브에 해당하는 개념을 <표 11>의 굵은 글씨로 강조하였다.

교과서의 개념 관계망에서 가장 중심이 되는 개념군은 양분, 광합성과 호흡, 식물체의 구조임을 중심성 지수와 교과서 개념 관계망 그림을 통해 알 수 있었다(그림 20). 이 개념군들의 허브에 해당하는 개념이 연결 중심성, 사이 중심성, 위세 중심성이 높아 개념군을 대표함과 동시에 개념 관계망 내 다른 개념들이 허브를 통해 연결되고 있었다.

교과서의 개념군들을 살펴보면 식물의 주요 기능(증산작용, 양분, 광합성과 호흡)과 식물의 구조가 각각 개념군을 형성하고 있는 것을 볼 수 있었다. 교과서의 구성은 식물의 구조로부터 시작되지만 그 안에 포함된 식물의 기능은 주제별로 밀접하게 관계를 가지고 설명이 되어있음을 확인할 수 있었다.

<표 11> 교과서 개념군과 중심성 지수 분석

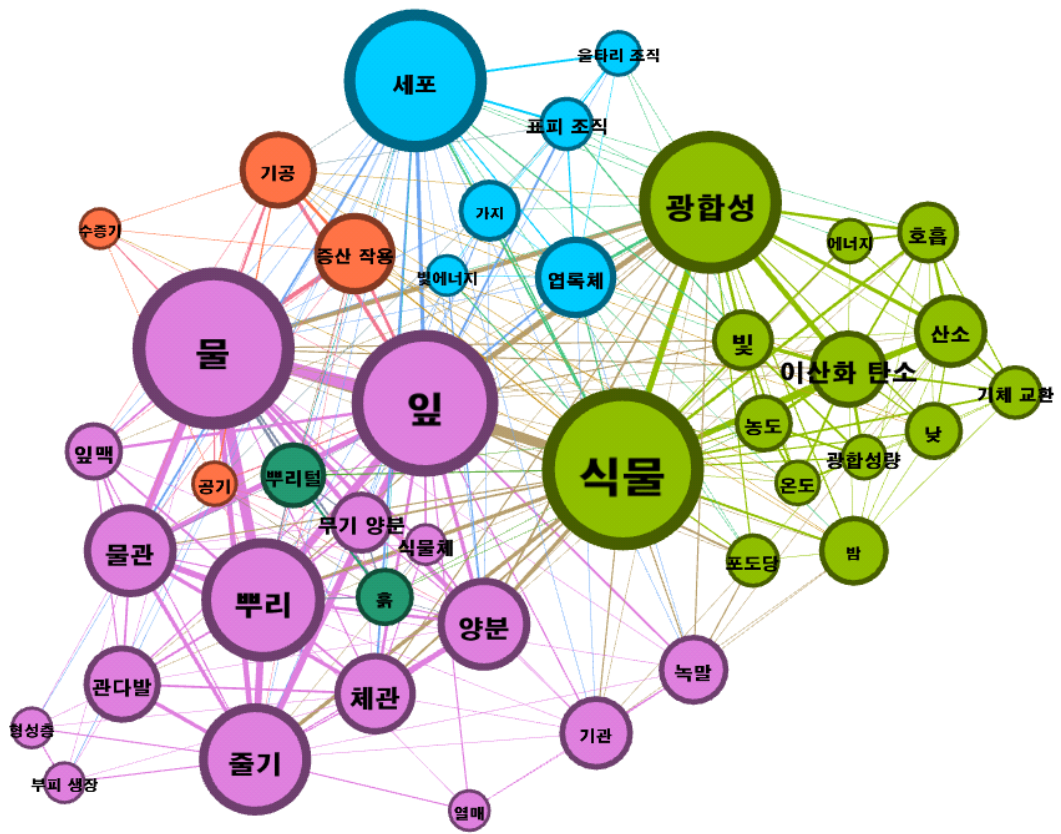
주제	개념	$C_D(i)$	$C_B(i)$	$C_P(i)$
증산작용	증산작용	0.247	0.026	0.517
	기공	0.233	0.041	0.490
	공기	0.123	0.003	0.284
	수증기	0.110	0.002	0.255
	열	0.068	0.000	0.164
	체온	0.068	0.000	0.164
	공변세포	0.082	0.005	0.127
	습도	0.041	0.000	0.100
	세포벽	0.041	0.000	0.090
	반달 모양	0.027	0.000	0.035
양분	물	0.534	0.144	0.978
	잎	0.479	0.094	0.942
	뿌리	0.397	0.083	0.774
	줄기	0.356	0.075	0.700
	양분	0.288	0.017	0.670
	물관	0.288	0.021	0.656
	체관	0.247	0.011	0.601
	기관	0.219	0.009	0.561
	관다발	0.233	0.035	0.534
	녹말	0.205	0.010	0.516
	잎맥	0.164	0.001	0.483
	무기 양분	0.178	0.006	0.422
	식물체	0.110	0.000	0.293
	표피	0.096	0.000	0.281
	열매	0.110	0.001	0.226
	단백질	0.096	0.000	0.220
	지방	0.096	0.000	0.220
	형성층	0.110	0.001	0.220
	부피 생장	0.110	0.001	0.220
	쌍떡잎식물	0.096	0.000	0.213
	피층	0.055	0.000	0.158
	외떡잎식물	0.082	0.001	0.105
	꽃	0.041	0.000	0.105
백합	0.055	0.000	0.081	
옥수수	0.055	0.000	0.081	

<표 11> 교과서 개념군과 중심성 지수 분석(계속)

	식물	0.534	0.132	1.000	
	광합성	0.466	0.087	0.917	
	밤	0.205	0.006	0.484	
	이산화탄소	0.233	0.014	0.450	
	빛	0.178	0.009	0.420	
	포도당	0.151	0.002	0.415	
	산소	0.219	0.008	0.400	
	호흡	0.178	0.007	0.349	
광합성과 호흡	농도	0.164	0.027	0.343	
	생명활동	0.096	0.001	0.311	
	낮	0.164	0.004	0.310	
	온도	0.123	0.004	0.278	
	기체 교환	0.151	0.002	0.266	
	에너지	0.123	0.003	0.253	
	햇빛	0.096	0.000	0.244	
	광합성량	0.123	0.002	0.206	
	동물	0.082	0.000	0.155	
	호흡량	0.082	0.000	0.150	
		세포	0.466	0.146	0.878
		엽록체	0.247	0.056	0.494
		가지	0.178	0.008	0.442
		표피 조직	0.151	0.031	0.301
	빛에너지	0.110	0.009	0.278	
	울타리 조직	0.123	0.002	0.266	
	해면조직	0.096	0.001	0.194	
식물체의 구조	기체	0.068	0.000	0.147	
	생장점	0.068	0.004	0.104	
	조직	0.041	0.000	0.060	
	뿌리골무	0.041	0.000	0.060	
	현미경	0.027	0.000	0.050	
	엽록소	0.027	0.000	0.044	
	식물 세포	0.014	0.000	0.028	
	세포층	0.014	0.000	0.017	

<표 11> 교과서 개념군과 중심성 지수 분석(계속)

뿌리의 구조	뿌리털	0.192	0.018	0.414
	흙	0.164	0.008	0.356
	세포막	0.082	0.006	0.144
	표피세포	0.068	0.002	0.130
	솜털	0.027	0.000	0.067
	삼투	0.027	0.000	0.028



<그림 20> 교과서의 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례($\geq 20\%$), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

2) 학생A 개념군

학생A의 개념 관계망은 5개의 개념군이 모여 개념 관계망을 형성하고 있었다. 학생A의 첫 번째 개념군은 무기양분, 두 번째 개념군은 증산작용, 세 번째 개념군은 광합성과 호흡, 네 번째 개념군은 유기양분, 다섯 번째 개념군은 양분의 전환을 나타내는 개념군 이었다.

각 개념군을 대표하는 지역적 허브에 해당하는 개념을 <표 12>의 굵은 글씨로 강조하였다.

학생A의 개념 관계망에서 가장 중심이 되는 개념군은 무기양분과 유기양분, 광합성과 호흡, 증산작용임을 중심성 지수와 개념 관계망 그림을 통해 알 수 있었다(그림 21). 이 개념군들의 허브에 해당하는 개념이 연결 중심성, 사이 중심성, 위세 중심성이 높아 개념군을 대표함과 동시에 개념 관계망 내 다른 개념들이 허브를 통해 연결되고 있었다.

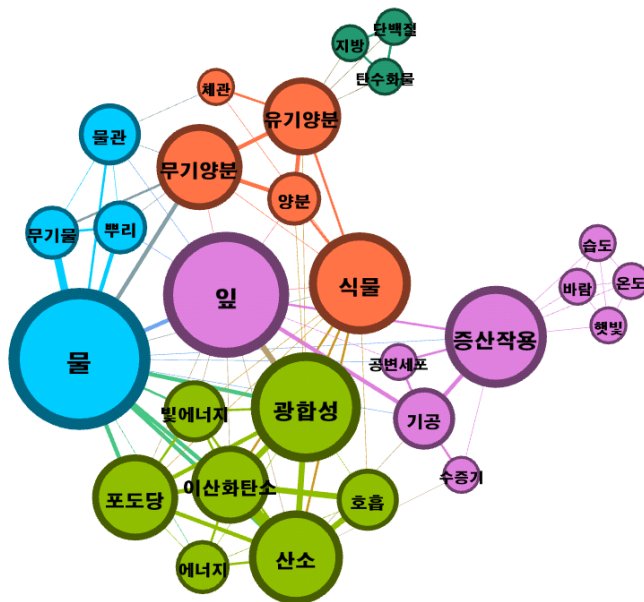
학생A의 개념군들을 살펴보면 양분과 관련된 개념군이 3개로 무기양분, 유기양분, 양분의 전환이 통합적으로 연결되지 못하고 각각의 개념군을 형성하고 있었다. 양분의 종류에 대해서는 대체적으로 올바른 개념군을 형성하고 있었으나 양분의 전환이 유기양분의 개념군으로 통합될 수 있도록 양분의 전환 관계의 추가적 학습이 필요하다.

<표 12> 학생A 개념군과 중심성 지수 분석

주제	개념	$C_D(i)$	$C_B(i)$	$C_P(i)$
무기양분	물	0.425	0.263	1.000
	물관	0.175	0.046	0.383
	뿌리	0.150	0.005	0.375
	무기물	0.150	0.006	0.303
	비타민	0.075	0.000	0.207
	삼투현상	0.075	0.000	0.187
	관다발 조직계	0.050	0.000	0.066
증산작용	잎	0.375	0.204	0.941
	기공	0.175	0.030	0.420
	증산작용	0.300	0.292	0.403
	공변세포	0.100	0.000	0.309
	수증기	0.100	0.009	0.196
	엽록체	0.050	0.000	0.194
	수분	0.075	0.000	0.120
	바람	0.100	0.000	0.088
	습도	0.100	0.000	0.088
	온도	0.100	0.000	0.088
	햇빛	0.100	0.000	0.088
	수분조절	0.050	0.000	0.057
	햇빛	0.050	0.000	0.057
광합성과 호흡	광합성	0.325	0.141	0.831
	산소	0.275	0.059	0.782
	이산화탄소	0.225	0.010	0.719
	포도당	0.250	0.100	0.694
	빛에너지	0.175	0.000	0.631
	에너지	0.150	0.006	0.483
	호흡	0.175	0.055	0.417
	낮	0.050	0.000	0.136
	녹말	0.025	0.000	0.075
	설탕	0.025	0.000	0.075
	밤	0.025	0.000	0.046

<표 12> 학생A 개념군과 중심성 지수 분석(계속)

유기양분	식물	0.300	0.110	0.826
	무기양분	0.250	0.082	0.554
	양분	0.150	0.023	0.407
	유기양분	0.225	0.196	0.362
	체관	0.100	0.019	0.185
	생물체	0.075	0.000	0.150
양분의 전환	단백질	0.100	0.016	0.072
	지방	0.100	0.016	0.072
	탄수화물	0.100	0.016	0.072
	유기물	0.075	0.000	0.033



<그림 21> 학생A의 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례($\geq 20\%$), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

3) 학생B 개념군

학생B의 개념 관계망은 4개의 개념군이 모여 개념 관계망을 형성하고 있었다. 학생B의 첫 번째 개념군은 증산작용, 두 번째 개념군은 광합성, 세 번째 개념군은 호흡, 네 번째 개념군은 양분의 이동을 나타내는 개념군이었다.

각 개념군을 대표하는 지역적 허브에 해당하는 개념을 <표 13>의 굵은 글씨로 강조하였다.

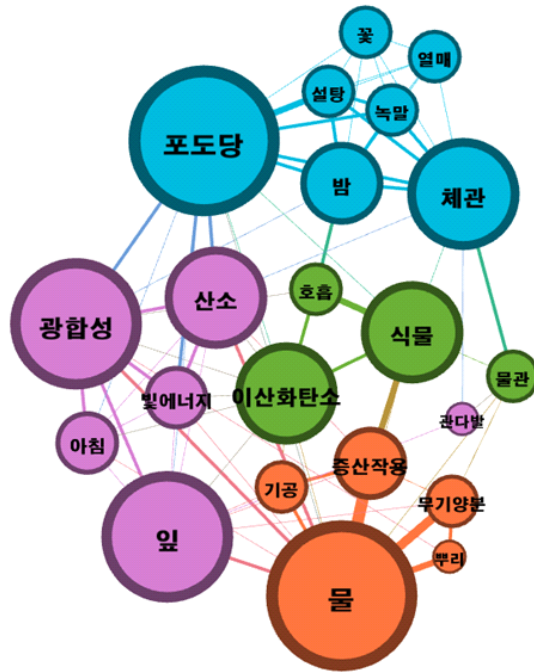
학생B의 개념군들은 개념 관계망에서 대체적으로 유사한 중요도를 가지고 있음을 알 수 있었다(그림 22). 각 개념군들의 허브에 해당하는 개념이 연결 중심성, 사이 중심성, 위세 중심성이 높아 개념군을 대표함과 동시에 개념 관계망 내 다른 개념들이 허브를 통해 연결되고 있었다.

학생B의 개념군들을 살펴보면 식물의 주요 기능인 증산작용, 광합성, 호흡이 각각의 개념군을 형성하고 있고, 양분과 관련된 개념군은 양분의 이동과 관련된 개념군이 나타난 것을 볼 수 있었다. 양분의 이동에는 주로 유기양분의 전환과 이동에 관련된 개념들이 포함되어 있었는데 이 개념군에 무기양분에 관련된 개념들이 없는 것을 보아(무기양분은 증산작용의 개념군에 포함되어 있음) 양분의 종류 중 무기양분에 대한 추가적 학습이 필요한 것으로 생각된다.

또한 광합성과 호흡이 따로 개념군을 형성한 것으로 보아 광합성과 호흡의 관계, 에너지 전환의 측면에서의 광합성과 호흡의 통합적 이해가 부족하기 때문에 이에 대한 내용의 추가적 학습이 필요하다.

<표 13> 학생B 개념군과 중심성 지수 분석

주제	개념	$C_D(i)$	$C_B(i)$	$C_P(i)$
증산작용	물	0.444	0.163	0.944
	증산작용	0.222	0.023	0.483
	기공	0.167	0.019	0.367
	무기양분	0.167	0.012	0.337
	뿌리	0.111	0.008	0.253
	공기	0.083	0.000	0.247
	체온	0.083	0.000	0.224
	삼투현상	0.083	0.000	0.172
광합성	잎	0.389	0.157	0.827
	광합성	0.389	0.225	0.806
	산소	0.306	0.053	0.801
	빛에너지	0.194	0.000	0.640
	아침	0.194	0.000	0.640
	관다발	0.111	0.014	0.211
	엽록체	0.056	0.000	0.181
	공변세포	0.056	0.000	0.133
	습도	0.083	0.000	0.120
	온도	0.083	0.000	0.120
	햇빛	0.083	0.000	0.120
	잎맥	0.056	0.000	0.116
호흡	이산화탄소	0.306	0.077	0.782
	식물	0.306	0.105	0.577
	물관	0.167	0.024	0.322
	호흡	0.167	0.049	0.320
	양분	0.056	0.000	0.176
	줄기	0.083	0.000	0.171
	대기	0.056	0.000	0.127
	에너지	0.056	0.000	0.102
	낮	0.056	0.000	0.092
양분의 이동	포도당	0.444	0.194	1.000
	체관	0.333	0.080	0.595
	밤	0.250	0.058	0.480
	설탕	0.167	0.000	0.356
	녹말	0.167	0.000	0.356
	열매	0.167	0.000	0.356
	꽃	0.167	0.000	0.356
	유기양분	0.083	0.000	0.266



<그림 22> 학생B의 개념 관계망

4) 학생C 개념군

학생C의 개념 관계망은 5개의 개념군이 모여 개념 관계망을 형성하고 있었다. 학생C의 첫 번째 개념군은 광합성, 두 번째 개념군은 호흡, 세 번째 개념군은 양분의 이동, 네 번째 개념군은 증산작용, 다섯 번째 개념군은 무기양분의 흡수를 나타내는 개념군 이었다.

각 개념군을 대표하는 지역적 허브에 해당하는 개념을 <표 14>의 굵은 글씨로 강조하였다.

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례($\geq 20\%$), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

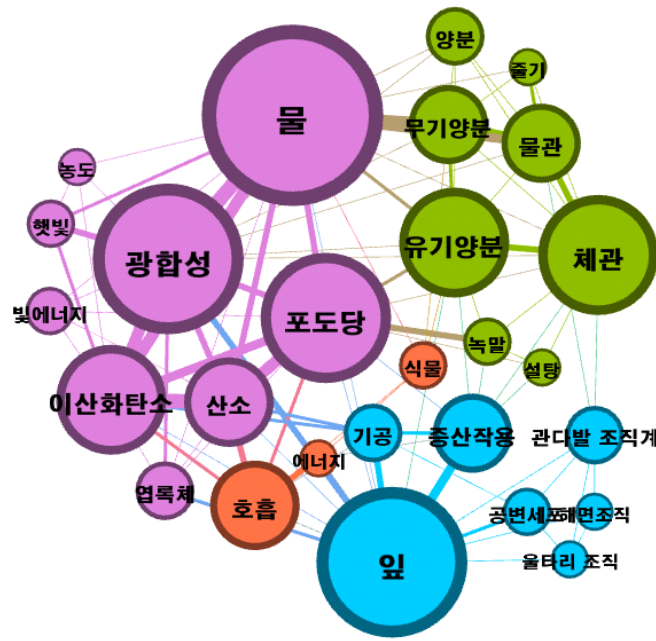
학생C의 개념 관계망에서 가장 중심이 되는 개념군은 광합성, 양분의 이동, 식물의 구조임을 중심성 지수와 개념 관계망 그림을 통해 알 수 있었다(그림 23). 광합성과 식물의 구조 개념군들의 허브에 해당하는 개념이 연결 중심성, 사이 중심성, 위세 중심성이 높아 개념군을 대표함과 동시에 개념 관계망 내 다른 개념들이 허브를 통해 연결되고 있었다. 양분의 이동을 대표하는 개념인 유기양분은 연결 중심성과 위세 중심성은 높지만 사이 중심성 지수가 낮아 중요한 일부 개념과만 연결되어 있고 여러 개념들은 연결해주는 역할은 하지 못하는 것으로 생각되었다.

학생C의 개념군들을 살펴보면 양분과 관련된 개념군이 3개로 무기양분, 유기양분, 양분의 전환이 통합적으로 연결되지 못하고 각각의 개념군을 형성하고 있었다. 양분의 종류에 대해서는 대체적으로 올바른 개념군을 형성하고 있었으나 무기양분의 흡수라는 개념군은 양분의 이동에 포함되어 양분으로 통합된 개념군을 형성하여야 하는 개념들로 이루어져 있음을 알 수 있다. 뿌리를 통한 무기양분의 흡수를 물과 연관 지어 양분의 개념군에 통합 되고, 양분의 전환이 유기양분의 개념군으로 통합될 수 있도록 양분의 전환 관계의 추가적 학습이 필요하다.

또한 광합성과 호흡이 각각 개념군을 형성하고 있는 것을 볼 수 있었는데, 특히 호흡의 개념군에 포함된 개념들이 호흡의 일부만을 설명할 수 있고 중요한 이산화탄소, 산소, 포도당 등이 포함되지 않음을 보아 호흡에 대한 이해가 미흡하고, 광합성과 호흡의 관계, 에너지 전환의 측면에서의 광합성과 호흡의 통합적 이해가 부족한 것으로 생각된다.

<표 14> 학생C 개념군과 중심성 지수 분석

주제	개념	$C_D(i)$	$C_B(i)$	$C_P(i)$
광합성	물	0.563	0.282	1.000
	광합성	0.469	0.111	0.928
	포도당	0.406	0.091	0.849
	이산화탄소	0.344	0.058	0.706
	산소	0.281	0.024	0.644
	엽록체	0.188	0.000	0.525
	빛에너지	0.156	0.000	0.437
	햇빛	0.156	0.009	0.327
	농도	0.125	0.000	0.314
	아침	0.063	0.000	0.133
호흡	호흡	0.281	0.134	0.433
	식물	0.156	0.028	0.313
	에너지	0.125	0.005	0.220
	낮	0.063	0.000	0.055
	밤	0.063	0.000	0.055
양분의 이동	유기양분	0.344	0.039	0.738
	체관	0.375	0.068	0.708
	무기양분	0.250	0.009	0.529
	물관	0.250	0.016	0.527
	양분	0.188	0.000	0.470
	녹말	0.156	0.001	0.320
	줄기	0.125	0.000	0.294
	설탕	0.125	0.000	0.249
증산작용	잎	0.469	0.210	0.823
	증산작용	0.250	0.026	0.457
	기공	0.188	0.012	0.351
	관다발 조직계	0.188	0.026	0.282
	공변세포	0.156	0.003	0.197
	울타리 조직	0.125	0.000	0.163
	해면조직	0.125	0.000	0.163
무기양분의 흡수	삼투현상	0.094	0.030	0.126
	뿌리	0.094	0.030	0.126
	무기물	0.063	0.000	0.030



<그림 23> 학생C의 개념 관계망

5) 학생D 개념군

학생D의 개념 관계망은 5개의 개념군이 모여 개념 관계망을 형성하고 있었다. 학생D의 첫 번째 개념군은 양분, 두 번째 개념군은 증산작용, 세 번째 개념군은 광합성, 네 번째 개념군은 줄기의 구조, 다섯 번째 개념군은 호흡을 나타내는 개념군 이었다. 각 개념군을 대표하는 지역적 허브에 해당하는 개념을 <표 15>의 굵은 글씨로 강조하였다.

학생D의 개념 관계망에서 가장 중심이 되는 개념군은 양분임을 중심

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례($\geq 20\%$), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

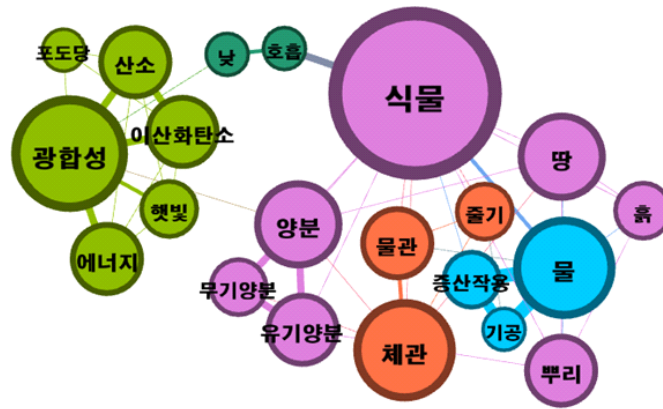
성 지수와 개념 관계망 그림을 통해 알 수 있었다(그림 24). 이 개념군의 허브 개념인 ‘식물’의 연결 중심성, 사이 중심성, 위세 중심성이 높아 개념군을 대표함과 동시에 개념 관계망 내 다른 개념들이 ‘식물’을 통해 연결되고 있었다. 학생D의 허브 개념들 중 ‘물’과 ‘체관’은 연결 중심성과 위세 중심성은 높지만 사이 중심성 지수가 낮아 중요한 일부 개념과만 연결된 것으로 생각할 수 있었고, 개념 관계망의 대부분의 개념들이 사이 중심성이 높은 일부 개념들(식물, 양분, 광합성)을 통해 연결되어 있음을 알 수 있었다.

학생D의 개념군들을 살펴보면 광합성과 호흡이 각각 개념군을 형성하고 있는 것을 볼 수 있다. 특히 호흡의 개념군에 포함된 개념들이 호흡이 일어나는 시간만을 설명할 수 있고 그 외에 필요물질, 생성물질, 에너지에 관련된 개념들이 없는 것으로 보아 호흡에 대한 이해가 미흡하고, 광합성과 호흡의 관계, 에너지 전환의 측면에서의 광합성과 호흡의 통합적 이해가 부족한 것으로 생각된다.

또한 식물의 구조 중 줄기와 관련된 개념군이 나타나 있는데 이 개념군은 양분으로 통합된 개념군을 형성하여야 하는 개념들로 이루어져 있음을 알 수 있었다. 줄기를 통한 양분의 이동과정을 양분의 종류와 연관지어 하나의 개념군을 형성할 수 있도록 추가적인 학습이 필요하다.

<표 15> 학생D 개념군과 중심성 지수 분석

주제	개념	$C_D(i)$	$C_B(i)$	$C_P(i)$
양분	식물	0.545	0.385	1.000
	땅	0.273	0.047	0.658
	양분	0.273	0.367	0.617
	뿌리	0.227	0.011	0.541
	흙	0.182	0.000	0.475
	무기양분	0.182	0.004	0.459
	유기양분	0.227	0.091	0.456
	녹말	0.045	0.000	0.077
증산작용	물	0.318	0.054	0.628
	증산작용	0.182	0.092	0.327
	기공	0.136	0.004	0.232
	습도	0.045	0.000	0.057
광합성	광합성	0.364	0.405	0.392
	산소	0.227	0.002	0.259
	이산화탄소	0.227	0.002	0.259
	에너지	0.227	0.005	0.251
	햇빛	0.182	0.000	0.229
	포도당	0.136	0.000	0.179
	잎	0.091	0.000	0.126
줄기의 구조	체관	0.318	0.094	0.644
	물관	0.227	0.025	0.485
	줄기	0.182	0.026	0.400
	관다발	0.091	0.000	0.191
호흡	호흡	0.136	0.092	0.210
	낮	0.136	0.048	0.129
	밤	0.091	0.000	0.065



<그림 24> 학생D의 개념 관계망

6) 학생E 개념군

학생E의 개념 관계망은 3개의 개념군이 모여 개념 관계망을 형성하고 있었다. 학생E의 첫 번째 개념군은 광합성, 두 번째 개념군은 증산작용, 세 번째 개념군은 양분을 나타내는 개념군 이었다.

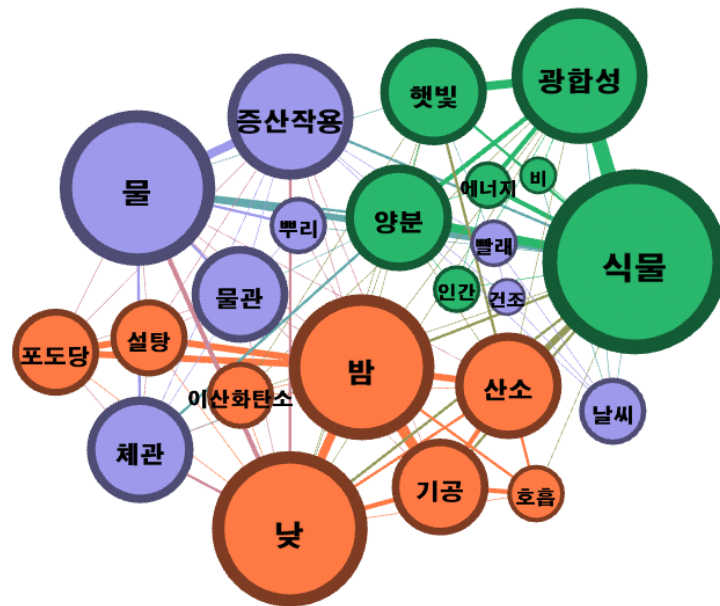
각 개념군을 대표하는 지역적 허브에 해당하는 개념을 <표 16>의 굵은 글씨로 강조하였다.

학생E의 개념 관계망은 3개 개념군의 허브 개념이 모두 개념 관계망에서 높은 중요도를 가지고 있음을 위세 중심성을 통해 알 수 있었다(그림 25). 허브 개념들 중 ‘낮’은 연결 중심성과 위세 중심성은 높지만 사이 중심성 지수가 낮아 중요한 일부 개념과만 연결되어 있고 여러 개념들은 연결해주는 역할은 하지 못하는 것으로 생각되었다.

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례($\geq 20\%$), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

학생E의 개념군들을 살펴보면 양분이라는 개념군에 포함되어 있는 개념들이 호흡과 증산작용과 관련된 개념들이 많은 것을 볼 수 있다. 잘못된 개념 관계에서도 보았듯이 이 학생은 증산작용을 양분의 이동으로 생각하는 오개념을 가지고 있었고 이러한 개념 관계를 개념군의 형성을 통해서 다시 한 번 확인할 수 있었다.

또한 호흡을 기체 교환의 과정으로만 이해하고 있어 광합성과 호흡의 관계, 에너지 전환의 측면에서의 광합성과 호흡의 통합적 이해가 부족한 것으로 생각된다.



<그림 25> 학생E의 개념 관계망

Note. 노드의 크기는 각 개념의 연결정도에 비례($\geq 20\%$), 연결선의 굵기는 관계의 빈도에 비례(≥ 1), 노드의 색상은 군집에 따라 다름

<표 16> 학생E 개념군과 중심성 지수 분석

주제	개념	$C_D(i)$	$C_B(i)$	$C_P(i)$
광합성	식물	0.621	0.218	0.986
	광합성	0.448	0.088	0.670
	양분	0.345	0.037	0.668
	햇빛	0.345	0.059	0.661
	에너지	0.138	0.000	0.256
	인간	0.138	0.000	0.256
	비	0.103	0.000	0.195
	잎	0.069	0.000	0.165
	구름	0.069	0.000	0.132
증산작용	물	0.517	0.165	0.907
	증산작용	0.414	0.108	0.731
	체관	0.345	0.079	0.687
	물관	0.310	0.013	0.621
	뿌리	0.172	0.013	0.319
	날씨	0.207	0.026	0.290
	빨래	0.138	0.006	0.181
	건조	0.103	0.000	0.122
	삼투현상	0.069	0.000	0.121
	유기양분	0.034	0.000	0.089
줄기	0.034	0.000	0.067	
양분	낮	0.517	0.071	1.000
	밤	0.483	0.064	0.940
	산소	0.345	0.014	0.722
	기공	0.310	0.078	0.599
	포도당	0.276	0.069	0.537
	설탕	0.241	0.000	0.532
	이산화탄소	0.207	0.000	0.490
	호흡	0.172	0.000	0.417
	반달모양	0.034	0.000	0.059
	무기양분	0.034	0.000	0.053

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 학생이 수업 후 가지고 있는 개념들 간의 관계를 개념 관계망 분석법을 통하여 시각화하고 이를 교과서 분석을 통해 얻어진 교육과정의 개념 관계망과 비교하여 학생이 교육 과정에 있는 내용을 잘 학습 하였는지 다각적인 측면에서 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 교과서에서 사용한 개념과 관계가 상당히 많아 학생들은 이를 다 학습하지 못하는 것으로 나타났다. 개념 관계망에서 사용한 개념의 수가 많을수록 개념들 간의 관계가 밀접하지 못하기 때문에 학생들이 핵심 개념의 구조를 한눈에 파악하기가 어려워진다. 따라서 개념의 수와 수준을 적절하게 조절하는 과정이 교과서 제작에 앞서 선행되어야 하고, 교사는 학생의 수준에 맞게 교수 학습 자료를 재구성하는 노력이 필요하다.

둘째, 교과서와 학생의 설명 방식의 차이가 학생의 개념 관계망 형성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 교과서의 구성이 구조 중심으로 이루어져 있고 기능(광합성, 호흡, 증산작용, 양분의 흡수, 변환, 저장 등)이 부가적 설명으로 제시되고 있었는데 이러한 교과서의 구성은 학생들이 식물에서 일어나는 주요한 기능들을 통합적으로 이해하지 못하게 하는 방해 요소 중 하나인 것으로 보여진다. 따라서 교과서 집필 시 구조와 기능을 통합하여 설명하는 방법에 대해 고민하는 과정이 선행되어야 하고 교과서 구성 방안에 대한 전문가들의 다양한 논의가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 교육과정의 지식의 구조를 반영한 교과서와 학생이 가지고 있는 핵심 과학 개념과 개념 간의 관계를 시각화 하고 통계적 분석을 통해 교과서의 내용이 학생에게 잘 전달이 되었는지, 학생의 개념 관계망에 어떤 영향을 주었는지 알아보았다.

이 연구를 통해 얻어진 핵심 개념과 개념 관계, 개념군의 분석 결과는 교사와 학생들에게 식물의 영양에 대한 개념 관계의 개관을 제공함으로써 생물학 지식의 구조를 보여줄 수 있고, 교사는 학생과 교과서 개념 구조의 차이를 줄일 수 있도록 학생 수준에 맞는 교육과정의 재구성 및 발전된 교수 학습전략을 설계하는 기초 자료로서 활용할 수 있을 것이다.

VI. 후속 연구 과제

본 연구에서는 학생이 수업 후 가지고 있는 개념들 간의 관계를 개념 관계망 분석법을 통하여 시각화하고 이를 교과서 분석을 통해 얻어진 교육과정의 개념 관계망과 비교하여 교육과정이 학생에게 잘 가르쳐지고 있는지 다각적인 측면에서 분석하였다. 이와 관련하여 다음과 같은 후속 연구가 필요하다.

1) 식물의 영양 이외의 다른 생물학 주제에 대한 개념 관계망 분석이 필요하다.

2) 본 연구에서는 수업 후 학생의 개념 관계망만을 분석하였는데 이뿐만 아니라 학생의 수업 전, 후 개념 관계망을 분석하여 비교하는 연구가 필요하다.

3) 식물의 영양이라는 주제는 초, 중, 고에서 반복적으로 다루어지는 주제로 학교 급 별 학생이 가지고 있는 개념 관계망을 분석하여 비교하는 연구가 필요하다.

4) 본 연구에서는 교과서 내용만을 분석하여 학생의 개념 관계망과 비교하였지만 교육과정을 실행하는 주체인 교사의 개념 관계망도 분석하여 학생의 개념 관계망 형성에 어떤 영향을 미치는지 분석하는 연구가 필요하다.

VII.참고 문헌

- 강창숙 (2002). 지리개념 발달과 상보적 교수-학습. **한국지리환경교육학 회지**, 10(2), 41-60.
- 교육부 (2015). **초중등학교 교육과정**. 교육과학기술부 고시 제 2015-74 호 [별책1]
- 권혜련, 김정석, 장남기 (2001). 중학교 생물교과서의 개념구조 분석. **생물교육**, 29(3), 195-202.
- 김동렬 (2011). 스토리텔링을 활용한 과학 수업이 중학생들의 인체 구조와 기능의 이해에 미치는 영향. **생물교육**, 39(1), 18-30.
- 김미영, 이신영 (2014). 세포 분열에 대한 교과서의 내용과 고등학생들의 개념 이해 분석. **생물교육**, 42(3), 326-341.
- 김영수 (2010). 생물교육론. 서울: 서울대학교 사범대학 생물교육연구실.
- 김영신, 권형석 (2016). 언어 네트워크 분석을 이용한 초등학교 과학 교과서 개념과 성취 기준 추출 개념의 연계성 비교 연구-생명과학 영역을 중심으로. **초등과학교육**, 35(3), 377-387.
- 김용학 (2015). 한국 대중가요의 의미 연결망. **대중서사연구**, 21(1), 145-171.
- 김일순 (2006). 개념 체계도를 활용한 중학교 생물 단원의 지식 체계 분석 박사학위논문. 서울대학교 대학원, 서울.
- 김재영, 최소영 (1999). 초등학교 6 학년 학생들의 광합성에 대한 오개념 유형에 관한 연구. **생물교육**, 27(2), 161-167.
- 김현수 (2006). 과학과 교육과정·교과서의 변천과 발전 방향. **교과서연구**, 48, 12-19.
- 김현경, 이준규 (2016). 고등학교 학생들의 유전학 및 분자생물학 개념에

- 대한 이해도 조사. **생물교육**, 44(1), 87-99.
- 문경원, 김영수 (2008). 광합성 실험과 호흡 실험에 대한 중, 고등학생들의 실험 과정 이해도 및 실험 수행 능력 조사. **생물교육**, 36(4), 537-554.
- 민진선, 박지영, 김희백 (2004). 유전과 진화에 관한 학생의 대안 개념 분석-존재론적 속성을 중심으로. **생물교육**, 32(2), 158-172.
- 박경진, 정덕호, 조규성 (2013). 언어네트워크분석을 이용한 야외지질학습 전후의 퇴적암에 대한 개념 구조 변화 분석. **한국지구과학회지**, 34(2), 173-186.
- 박경진, 정덕호, 하민수, 이준기 (2014). 언어네트워크분석에 기초한 과학 학습의 목적에 대한 고등학교 교사와 학생들의 인식. **한국과학교육학회지**, 34(6), 571-581.
- 박경희, 정완호 (1998). 고등학생들의 '삼투'개념 이해를 위한 인지갈등 수업모형의 적용. **생물교육**, 26(1), 19-27.
- 박시호, 권영식, 이길재 (2009). 유전의 우성과 열성에 대한 중-고등학생과 교사의 오개념 분석. **교원교육**, 25(3), 73-91.
- 박치성, 정지원 (2013). 기획논문: 텍스트 네트워크 분석: 사회적 인식 네트워크(socio-cognitive network) 분석을 통한 정책이해관계자 간 공유된 의미 파악 사례. **정부학연구**, 19(2), 73-108.
- 박형용 (2016). 개념 관계망 분석을 통한 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서 생명 영역의 핵심 주제 및 연계성 분석. 박사학위논문. 서울대학교 대학원, 서울.
- 변춘수, 김희백 (2010). 학생 중심 비유 활용 수업이 중학생의 광합성 개념 이해에 미치는 영향. **한국과학교육학회지**, 30(2), 304-322.
- 이춘승, 이미숙, 이길재 (2007). 중, 고등학생들의 진화에 관한 오개념 유

- 형과 유형별 원인 분석. **생물교육**, 35(4), 611-621.
- 이혜준, 이동일, 이주현 (2010). 의미네트워크 분석을 통한 프랜차이즈 교육 프로그램 개발. **한국경영학회** 14(2), 105-128.
- 이홍우 (2006). **지식의 구조와 교과**. 서울 : 교육과학사.
- 임수민, 김영신 (2015). 언어 네트워크 분석을 통한 2009 개정 생명과학 교육과정의 연계성 분석. **생물교육**, 43(1), 84-96.
- 장하용 (1996). 조직과 매스미디어 메시지의 상징 네트워크 분석에 관한 연구. **한국언론학보**, (36), 111-120.
- 전태식, 허명 (1989). 광합성과 진화에 대한 학생들의 개념과 오인에 관한 연구. **생물교육**, 17(1), 1-14.
- 정영란, 강경리 (1998). 광합성의 기본개념에 관한 학생들의 이해도 조사 및 오개념 분석. **생물교육**, 26(1), 1-7.
- 정영란, 계보아 (1998). 생명공학의 기본 개념에 대한 고등학생의 이해도 조사 및 개념 분석. **한국과학교육학회지**, 18(4), 463-472.
- 정완호 (1993). **한국 고등학생의 생물 오개념에 관한 연구**. 박사학위논문. 서울대학교대학원, 서울.
- 정완호, 차희영, 이재인 (1994). 생식과 발생에 대한 고등학생들의 오개념. **생물교육**, 22(1), 1-12.
- 정재훈, 윤정주, 손종경, 이태상, 김영신 (2010). 초, 중등학교의 세포, 유전 영역에서 지도해야 할 개념에 대한 중등 생물 교사의 인식 조사. **한국과학교육학회지**, 30(5), 636-646.
- 조혜원, 김영수 (2012). 생물 모델 구성에서 생물 지식과 창의성의 상관관계. **생물교육**, 40(1), 61-70.
- 하중섭 (1993). **광합성에 관한 고등학생의 오개념 조사**. 석사학위논문. 경북대학교, 대구.

- 한관중 (2003). 사회과학 방법론으로서의 연결망 분석기법 적용의 의의와 연구과제. *사회과교육연구*, 10(2), 219-235.
- 허명 (1994). 순환, 배설에 대한 중학생의 개념조사 및 개념교정을 위한 개념도 수업의 효과. *한국과학교육학회지*, 14(3), 285-292.
- 허영미, 김대재 (2010). 제 7 차 교육과정 과학 교과서에 제시된 호흡에 관한 중학생들의 오개념 연구. *생물교육*, 38(1), 39-51.
- 황수연, 이진성 (2000). 감수분열에 대한 고등 학생들의 이해를 도울 수 있는 방안. *생물교육*, 28(4), 342-347.
- Anderson, O. R. (1971). *Quantitative Analysis of Structure in Teaching*. New York : Teachers College Press.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of learning and motivation*, 2, 89-195.
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Icwsn*, 8, 361-362.
- Bell, B. (1985). Students' ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, 19(3), 213-218.
- Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. New York: Cambridge, MA: Harvard UP.
- Carley, K., & Palmquist, M. (1992). Extracting, representing, and analyzing mental models. *Social Forces*, 601-636.
- DeLeuil, L. (1998). *Transitivity, Metaphor and Modality: An Investigation of the Link Between Style and Constructivism in Science Text*. Curtin University of Technology.

- diSessa, A. A. (2013). A bird's-eye view of the "pieces" vs "coherence" controversy (from the "pieces" side of the fence). In S. Vosniadou (Ed), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. NY: Routledge, pp. 31-48
- Doerfel, M. L., & Barnett, G. A. (1999). A semantic network analysis of the International Communication Association. *Human Communication Research*, 25(4), 589-603.
- Drieger, P. (2013). Semantic network analysis as a method for visual text analytics. *Procedia-social and Behavioral Sciences*, 79, 4-17.
- Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10(1), 7-60.
- Fisher, K. M., & Moody, D. E. (2002). Student misconceptions in biology. *In Mapping Biology Knowledge*. Springer Netherlands, pp. 55-75
- Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 35-41.
- Ghaye, A. L., & Robinson, E. G. (1989). Concept maps and children's thinking: A constructivist approach. *Language and Learning in the Teaching of Geography*, 115-139.
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of*

- Biological Education*, 21(3), 203–211.
- Kinchin, I. M. (2011). Visualising knowledge structures in biology: discipline, curriculum and student understanding. *Journal of Biological Education*, 45(4), 183–189.
- Newman, M. E. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), 8577–8582.
- Paranyushkin, D. (2011). Identifying the pathways for meaning circulation using text network analysis. *Berlin: Nodus Labs*. Retrieved at: <http://noduslabs.com/research/pathways-meaning-circulation-text-network-analysis>.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1988). *Bibliography. Students' Iternative frameworks and science education*. IPN Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Smith, E. L., & Anderson, C. W. (1984). Plants as producers: A case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), 685–698.
- Stavy, R., Eisen, Y., & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13–15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105–115.
- Stinner, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76(1), 1–16.
- Wandersee, J. H. (1986). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 581–597.

Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications* (Vol. 8): Cambridge University Press.

Zafarani, R., Mohammad, A.A., & Huan, L.(2014). *Soial Media Mining : An Introduction*. UK: Cambridge University Press.

부록 A. 학생 인지구조 검사지

[인지구조 검사지]

※다음에 주어진 용어를 사용하여 학습한 내용을 설명하세요. 가능하면 주어진 용어를 포함하고, 용어를 추가해서 설명해도 좋습니다.

1. 식물의 양분과 광합성에 대하여 설명하십시오.

양분, 무기양분, 유기양분, 물, 잎, 에너지, 이산화탄소, 물, 산소, 포도당

2. 식물의 광합성과 호흡에 대하여 설명하십시오.

잎, 에너지, 이산화탄소, 물, 산소, 포도당

3. 식물의 호흡과 증산작용에 대하여 설명하십시오.

에너지, 산소, 포도당, 잎, 기공, 물

[인지구조 검사지]

※다음에 주어진 용어를 사용하여 학습한 내용을 설명하세요. 가능하면 주어진 용어를 포함하고, 용어를 추가해서 설명해도 좋습니다.

4. 식물의 증산작용과 양분에 대하여 설명하시오.

잎, 기공, 물, 양분, 무기양분, 유기양분

5. 식물의 양분과 호흡에 대하여 설명하시오.

양분, 무기양분, 유기양분, 물, 에너지, 산소, 포도당

6. 식물의 광합성과 증산작용에 대하여 설명하시오.

잎, 에너지, 이산화탄소, 물, 산소, 포도당, 기공

Abstract

Comparison of Conceptual Networks in Plant Nutrition of Middle School Science Textbook and Students' Learning

Kim, Mi-Hee

Biology Education Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

This study aims to visualize the relationship between the textbooks which contains the structure of knowledge of curriculum and students' core scientific notion after having a class with the textbook. This also aims to give fundamental materials to let systematic learning take place through statistical analysis.

For the purpose of this study, a chapter from a 1st year of middle school science textbook, covering photosynthesis, was analyzed. This textbook was published in accordance with the 2009 revised science curriculum. An interview of 5 students and their cognitive structures,

was also conducted, using the reference Concept Relation Analyzer v1.0 and Gephi v0.9.2.

The results are as follows:

First, it was determined that the textbook's conceptual networks has more concepts and concept relations than the student's conceptual networks. Also the textbook, as well as students with high academic achievements, have low density of conceptual networks. This discovery shows that using more concepts in conceptual networks makes low density and dispersed concept relations.

Second, it can be concluded that there are differences in manners of explanation between textbooks and students through comparison of degree centrality. This research found that many concepts in the textbooks are less important and are used to explain main concepts through comparison of eigenvector centrality.

Third, the research shows that students with high academic achievements were found to have more common concepts with the textbook. Through this, it seems to be evident, that students with high academic achievements learn more concept relations when studying those presented in the textbook. It is determined that students have many wrong concept relations, especially on cellular respiration, transpiration and nutrient.

Fourth, the textbook and students have different concept clusters according to each concept relation network. There was a slight difference between concepts, for each concept cluster, but there was a

still common concept cluster about transpiration, photosynthesis, cellular respiration and nutrient. It was witnessed that the concept of emphasized function of plants, when well delivered to the students, resulted in the concept cluster being well received and understood as truth among students.

Through this study we can show the biological knowledge structure by getting main concepts, concept relations and clusters. This knowledge can be utilized as basic data for creating an advanced teaching strategy.

keywords : knowledge structure , cognitive structure,
science textbook, concept networks, plant nutrition,
photosynthesis, transpiration, respiration

Student number : 2016-21591