

RESEARCH ARTICLE

Analysis of Semantic Network between Teacher's Teaching Concepts and Student's Acquisition Concepts on Photosynthesis Domain in the Middle School

Hyunju Chun¹, Soo-min Lim², Youngshin Kim^{1*}¹Kyungpook National University²Science Education Research Institute at Kyungpook National University

중학교 광합성 개념에 대한 교사의 지도 개념과 학생의 획득 개념 사이의 개념 네트워크 분석

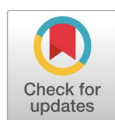
전현주¹, 임수민², 김영신^{1*}¹경북대학교, ²경북대학교 과학교육연구소

*Corresponding Author: Youngshin Kim, kys5912@knu.ac.kr

ABSTRACT

One of the key goals of science education is to enable students to acquire scientific concepts. Most science concepts are learned through teachers in class. Therefore, this study analyzes conceptual structure that teachers use to teach students and the conceptual structure that students develop as they learn new concepts. Specifically, we examined the differences between the conceptual frameworks used by teachers to teach students and the networks of concepts that students actually acquire, focusing on the topic of photosynthesis in middle school. Within the domain of photosynthesis, we categorized concepts into the photosynthesis reactants, photosynthesis products, environmental factors. This study revealed that the types of concepts used by teachers in class and those acquired by students are similar, but the network structures differ. Teachers do not clearly distinguish and explain subtopics, and students also do not distinguish subtopics to acquired concepts. Teachers focus on explaining concepts, and students' conceptual networks are influenced by subsequent learning as well. Based on these findings, it is crucial for teachers to understand the conceptual structures that students develop and to clearly articulate sub-concepts to guide their learning effectively. Furthermore, future research should explore whether there are variations in acquired conceptual networks based on characteristics of the learners.

Key words: Teaching concepts, acquisition concepts, semantic network, photosynthesis, middle school



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2024, Vol. 14, No. 3, 339-359<https://doi.org/10.31216/BDL.20240020>**Received:** September 02, 2024**Revised:** September 09, 2024**Accepted:** September 11, 2024© 2024. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

학생에게 개념을 이해시키는 것(Gauld, 2001; MOE, 2015; Smith & Siegel, 2004)이 교육의 중요 목표 중의 하나이며, 과학 교육에서도 중요한 목표이다. 과학은 학생 스스로 지식을 획득하기 어려우므로 수업 시간에 교사의 지도에 의해 과학적 개념의 대부분을 배우게 된다(Mallow, 1986). 교사는 학생을 대면하고 수업을 직접 운영함으로써 학습에 가장 직접적인 영향을 미치므로(Lee, 2017), 수업 중에 교사와 학생 사이에 이루어지는 교수-학습 활동에서의 상호작용은 교실 수업 환경의 핵심 구성요소이다(Kwak et al., 2016; Pianta & Hamre, 2009; Schenke et al., 2017).

수업을 통해 교사로부터 전달된 내용은 학습자들이 인지구조에 개념을 형성하고 기억한다. 그러나 수업에서 교사들은 학생들이 개념을 어떻게 이해하고, 재구성하는지에 대한 고려 없이 지식을 전달하는데 치중하고 있다(Widodo & Duit, 2002; Widodo et al., 2002). 따라서 교사가 어떤 개념 구조로 학생들을 지도하고 있으며, 학생들은 어떠한 개념의 연결 구조로 개념을 획득하고 있는지에 대해 분석이 요구된다.

학생의 인지 구조를 알아보는 방법으로 언어나 문자로 된 자료를 이용하여 분석하는 언어 네트워크 분석(Semantic Network Analysis) 방법이 사용되고 있다. 이 연구 방법은 개념과 개념 사이의 연결 양식을 분석하여 숨어있는 구조를 시각화(Doerfel & Barnett, 1999) 함으로써 추상적인 의미 구조를 구체화하는데 용이한(Shim, 2011) 장점이 있다.

이를 바탕으로 교과서에 제시된 용어 간의 연계성 분석(Chung et al., 2018; Kim & Kwon, 2016), 교육과정, 교과서, 수업 및 평가의 연계 개념 분석(Kim et al., 2019), 학생의 개념 네트워크 분석(Lim et al., 2020) 등이 있다. 또한 교사의 지도 개념과 학생의 획득 개념 사이의 개념 네트워크(Kim et al., 2023; Lim et al., 2024)도 진행되었다. 그러나 이들 선행 연구의 대부분은 학교 교실의 교사의 수업과 학생의 개념 획득 사이를 분석하지 못하였다. 또한 학생들이 학교 수업 후에 개념 구조가 어떻게 변화하는지에 대한 분석이 이루어지지 못하였다.

그리고 교육을 통해 학습하고 파지한 것을 일반화하고 학습한 내용을 지속적으로 활용하고 유지하는 것을 강조하고 있다(Baldwin & Ford, 1988). 즉 학습한 내용을 실제로 적용하고 변화를 가져오며, 변화된 행동 또는 적용된 상태를 지속적으로 나타나도록 하는 것이다. 수업을 통해서 획득한 지식이 다른 주제에 적용(Chance, 2014)하고 유지하는지를 살펴볼 필요가 있다. 따라서 이 연구에서는 수업 후와 수업 4주 후의 개념 네트워크를 조사하여 학습한 개념이 다른 주제에 적용되고 유지되는지를 살펴보았다.

이 연구는 중학교 광합성 영역을 분석 대상으로 선정하였다. 광합성은 생물의 물질 대사를 이해하기 위한 기본 개념으로 중요도가 높다(Kwon et al., 2018). 그러므로 광합성을 이해하는 것은 식물 생리를 이해하는 데 가장 중요한 부분이다(Kim & Lee, 2001). 하지만 광합성 영역은 어렵고 복잡한 개념들간의 연결로 이루어져 있어 학생들이 학습하는 데 어려움을 겪는 단원이다(Marmaroti & Galanpoulou, 2006).

따라서 이 연구에서는 중학교 광합성 영역에서 교사의 지도 개념과 학생의 획득 개념네트워크에 어떠한 차이를 보이는지를 살펴보았다. 광합성 영역은 광합성에 필요한 물질, 광합성 결과 생성 물질 그리고 광합성에 영향을 미치는 환경 요인으로 구분하였다. 연구 결과의 분석은 교사의 지도 개념 네트워크와 학생의 학습 개념 네트워크를 살펴보았고, 각각의 빈도 상위 30%인 주요 개념 네트워크를 비교하였다. 그리고, 교사와 학생의 연결 개념 네트워크를 분석하였다. 이 연구를 통해서 교사가 어떤 개념 구조로 수업을 진행해야 하는지에 대한 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 즉 교수-학습의 효과를 높이기 위해서 교사는 어떤 개념을 중심으로 수업을 진행해야 하는지, 어떤 개념은 제시되지 않아야 하는지 등에 대한 기초 자료를 얻을 수 있을 것이다.

Research Methodology

Subjects

연구 목적과 방법을 설명하였으며, 이에 동의한 교사와 학생을 대상으로 하였다. 연구에 참여한 학교는 D광역시, P시 소재 중학교 3곳이다. 교사는 중학교 2학년 과학을 지도하는 교사이며, 총 3명의 교사가 참여하였다. 이들 교사는 모두 생물교육과를 졸업하였으며, 교육경력은 4~20년 사이이며, 2명의 교사는 교육학 석사학위 소지자이다.

연구에 참여한 학생은 광합성에 필요한 물질, 광합성 결과 생성되는 물질, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인 중 1가지 설문에만 참여하도록 하였다. 그 결과 광합성에 필요한 물질 104명, 광합성 결과 생성되는 물질 102명, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인 86명이 연구에 참여하였다. 이 중 성취도 검사지 또는 수업 직후나 수업 4주 후 개념 검사 중 하나라도 응시하지 않은 학생, 응답 내용을 무성의하게 작성한 학생 56명은 분석에서 제외하였다. 따라서 각 차시별로 분석한 학생들은 광합성에 필요한 물질 93명, 광합성 결과 생성되는 물질 79명, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인 64명이었다.

photosynthesis Classes

수업은 각 학교에서 지도하는 과학 교사에 의해 진행되었다. 수업은 각 학교의 수업계획에 따라 진행되어 5월에서 7월에 이루어졌다. 광합성 영역은 광합성에 필요한 물질, 광합성 결과 생성되는 물질, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인의 3개 차시로 구성되었다.

광합성에 필요한 물질의 수업 내용은 동물과 식물이 에너지를 얻는 방법의 차이를 비교하고, 식물이 광합성이 필요한 이유를 설명하였다. 광합성에 필요한 물질을 알아보기 위하여 BTB 용액의 색깔 변화 관찰 실험을 하였다. 광합성 결과 생성되는 물질에서는 검정말 앞에서 녹말을 확인하는 실험을 설명하였으며, 광합성으로 발생한 기체를 확인하는 탐구를 하였다. 교사는 엽록체에서 광합성이 일어나고 포도당을 생산하며, 포도당은 녹말로 바뀌어 엽록체에 일시적으로 저장된다고 제시하였다. 광합성에 영향을 미치는 환경 요인에서는 시금치 잎을 이용하여 빛의 세기에 따른 광합성량의 변화를 탐구하였다. 그리고 자료 해석을 통해서 온도와 이산화탄소의 농도에 따른 광합성량 변화 그래프를 해석하였다.

Questionnaire

이 연구에서는 학생들의 광합성 개념 검사지를 개발하였다. 검사지는 광합성에 필요한 물질, 광합성 결과 생성되는 물질, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인의 3개의 주제로 구분하여 제작되었다.

광합성 개념 검사지는 Kim et al. (2023)과 Lim et al. (2020)이 사용한 검사 도구를 광합성 단원에 적합하도록 수정, 보완하였다. 검사지는 학생들에게 전달되는 힌트를 최대한 줄이기 위해 수업 목표와 검사지 작성 요령만 제시하였다. 학생들은 수업에서 학습한 내용을 문장 형태로 최대한 많이 서술하도록 하였다.

Data Collection and Data Analysis

자료의 수집은 교사와 학생을 구분하여 이루어졌다. 교사 자료는 수업 내용을 녹음하였으며, 수업은 광합성에 필요한 물질, 광합성 결과 생성되는 물질, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인을 각 1차시씩, 총 3차시 진

행하였다.

학생 자료는 광합성 개념 검사지를 이용하여 자료를 수집하였다. 광합성 개념 검사는 각 주제의 수업 직후와 수업 4주 후 2회에 걸쳐 진행되었다. 학생 자료 수집은 학교에 구비 되어있는 태블릿을 사용하여 온라인 설문지로 시행하였다. 각 검사는 교사의 감독 하에 시행되었으며, 학생들에게 검사지를 작성할 충분한 시간을 제공하였으며, 시간은 10~15분 정도였다.

언어 네트워크 분석을 위해 교사의 수업과 학생의 수업 후와 수업 4주 후의 광합성 개념 검사지는 주제별로 분류하여 문장 단위로 전사하였다. 전사한 내용은 .txt 파일로 저장하였다. 전사한 파일은 NetMiner 4.0 프로그램을 이용하여 명사 형태의 개념만을 추출하기 위하여 전처리 과정(pre-processing)을 거쳤다. 추출한 개념 중 과학적 개념이 아닌 개념들을 제외하고, 유사한 의미를 가지거나 개념적으로 동일한 단어는 유사어로 취급하였다. 전처리 과정을 통하여 73개의 개념이 추출되었다.

추출된 73개의 개념을 대상으로 개념 선정 작업을 실시하였다. 생명과학 교사와 생물교육 전공 박사학위자로 구성된 5인에게 개념 선정을 의뢰하였다. 생명과학 교사는 중등학교 근무 경력이 10-20년 사이이며, 모두 석사학위 이상을 소지하고 있다. 개념 선정을 위한 5명 중에서 3명 이상이 선정한 개념에 대해 분석하였으며 최종 47개의 개념이 선정되었다. 이를 바탕으로 Net Miner 4.0 프로그램을 이용하여 시각화하였다. 1-mode를 이용하여 개념 네트워크로 시각화하였으며, 2-mode를 이용하여 연결 개념 네트워크로 시각화하였다. 주요 개념을 분석하기 위해서 빈도 상위 30% 개념으로 네트워크를 분석하였다.

Results

Concept Network

Photosynthesis Reactants

광합성에 필요한 물질에 대한 교사의 수업, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생의 개념 네트워크는 Fig. 1과 같다. 수업에서 교사가 지도하는 개념 네트워크(Fig. 1a)에 나타난 전체 개념은 27개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(112회), 이산화탄소(96회), 빛 에너지(62회), BTB용액(56회), 물(51회) 순이다. 아이젠벡터 중심성은 이산화탄소, 물, 광합성, 식물, 빛 에너지 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 식물, 광합성, 양분, 물, BTB 용액 개념 중심으로 연결되어 있다. 식물과 연결된 개념은 광합성, 양분, 빛 에너지, 에너지원, 잎 등이며, 광합성은 식물, 이산화탄소, 잎, 엽록체, 물 등과 연결되어 있다. 그리고 양분은 포도당, 식물, 에너지원, 영양소 등과 연결되어 있다.



Fig. 1. Concept networks of 'photosynthesis reactants'

수업 직후 학생의 개념 네트워크(Fig. 1b)를 살펴보면, 네트워크에 나타난 전체 개념은 28개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(139회), 이산화탄소(128회), 빛 에너지(87회), 물(85회), 포도당(61회)로 나타났다. 아이겐벡터 중심성은 이산화탄소, 물, 빛 에너지, 광합성, 식물 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 식물, 광합성, 물, 이산화탄소, 빛 에너지 중심으로 연결되어 있다. 식물과 연결된 개념은 광합성, 빛 에너지, 양분, 잎, 이산화탄소 등이며, 광합성은 식물, 물, 빛 에너지, 이산화탄소, 검정말 등과 연결되어 있다. 그리고 물은 이산화탄소, 빛 에너지, 광합성, 산소, 뿌리 등과 연결되어 있다.

수업 4주 후 학생의 개념 네트워크에 나타난 전체 개념의 수는 27개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(110회), 빛 에너지(89회), 이산화탄소(83회), 물(61회), 포도당(40회)로 나타났다(Fig. 1c). 아이겐벡터 중심성은 이산화탄소, 물, 빛 에너지, 광합성, 식물 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 광합성, 빛 에너지, 이산화탄소, 녹말, 물 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 빛 에너지, 식물, 물, 이산화탄소, 엽록체 등이며, 빛 에너지는 이산화탄소, 물, 광합성, 식물, 빛의 세기 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 물, 빛 에너지, 광합성, 온도, 등과 연결되어 있다.

교사의 개념 네트워크 중 다른 개념들과 연결되지 않은 개념이 있었다. 이들 개념은 이동과 체관이며 수업 중 광합성 결과 생성된 물질이 어떻게 사용되는지를 설명하는데 이용된 개념들이다. 이처럼 교사 개념 중 일부 개념이 다른 개념과 연결되지 않은 것은 선행 연구(Kim et al., 2023)에서도 나타났다. 교사와 학생 개념 네트워크 모두 광합성에 필요한 물질에서는 빛 에너지, 물, 이산화탄소가 중심이 된 네트워크를 형성하고 있다. 이는 개념의 근접성에 대한 연구와 비슷한 결과를 보이고 있다(Kim et al., 2023).

Photosynthesis Products

광합성 결과 생성되는 물질에 대한 교사의 수업, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생의 개념 네트워크는 Fig. 2와 같다. 수업에서 교사가 지도하는 개념 네트워크(Fig 2a)에 나타난 전체 개념은 35개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(124회), 엽록체(93회), 잎(74회), 녹말(68회), 검정말(47회) 순이다. 아이겐벡터 중심성은 잎, 식물, 엽록체, 광합성, 검정말 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 잎, 광합성, 녹말, 엽록체, 산소 개념 중심으로 연결되어 있다. 잎은 식물, 검정말, 엽록체, 광합성, 기공 등과 연결되어 있으며, 광합성과 연결된 개념은 엽록체, 식물, 잎, 빛 에너지, 녹말 등과 연결되어 있다. 그리고 엽록체는 잎, 광합성, 기공, 청람색, 녹말 등과 연결되어 있다.

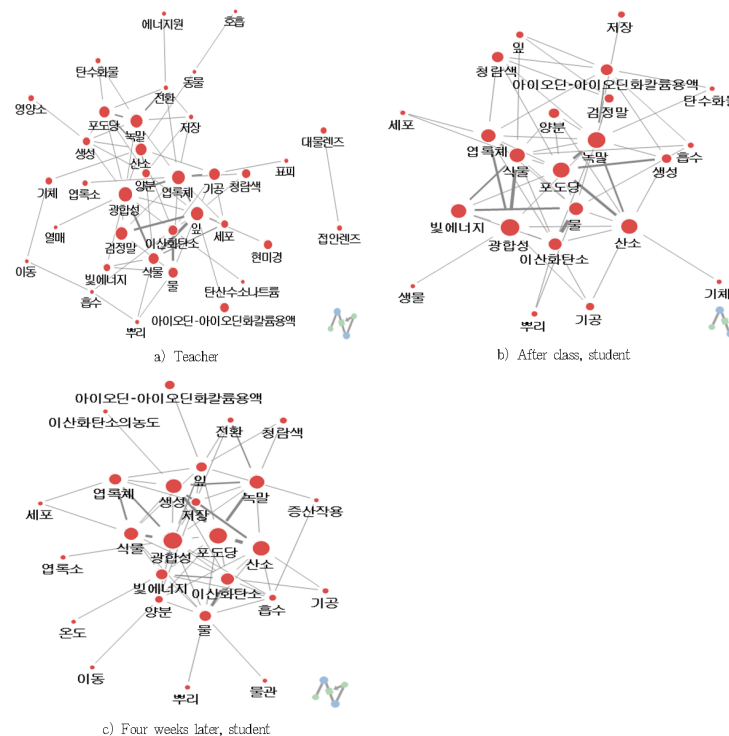


Fig. 2. Concept networks of 'photosynthesis products'

수업 후 학생의 개념 네트워크에 나타난 전체 개념은 23개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(98회), 녹말(60회), 포도당(57회), 산소(46회), 빛 에너지(44회)로 나타났다(Fig 2b). 아이겐벡터 중심성은 물, 포도당, 이산화탄소, 광합성, 식물 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 녹말, 식물, 물, 산소, 엽록체 중심으로 연결되어 있다. 녹말과 연결된 개념은 포도당, 산소, 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액, 엽록체, 양분 등이며, 식물은 광합성, 빛 에너지, 엽록체, 잎, 양분 등과 연결되어 있다. 그리고 물은 이산화탄소, 빛 에너지, 포도당, 산소, 흡수 등과 연결되어 있다.

수업 4주 후 학생의 개념 네트워크에 나타난 전체 개념의 수는 26개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(90회), 포도당(66회), 산소(44회), 생성(43회), 녹말(42회)로 나타났다(Fig. 2c). 아이겐벡터 중심성은 포도당, 산소, 생성, 녹말, 이산화탄소 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 광합성, 물, 잎, 산소, 이산화탄소 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 엽록체, 빛 에너지, 잎, 녹말 등이며, 물은 이산화탄소, 빛 에너지, 뿌리, 흡수 등과 연결되어 있다. 그리고 잎은 광합성, 저장, 식물, 엽록체 등과 연결되어 있다.

수업 직후 학생의 개념 네트워크와 비교했을 때 수업 4주 후 학생의 개념 네트워크에서 저장 개념이 중심으로 이동하여 잎, 녹말, 양분 등의 개념과 연결되어 있다. 이는 학생이 사교육의 영향으로 학생의 인지구조가 재구성된 것으로 판단된다. 한편, 교사의 개념 네트워크 중 현미경의 구조를 설명하면서 제시한 대물렌즈와 접안렌즈의 개념쌍은 다른 개념과 연결되지 않는 것으로 확인된다.

Environmental Factors

광합성에 영향을 미치는 환경 요인에서 교사가 지도하는 개념 네트워크에 나타난 전체 개념은 25개이며, 빈도는 광합성(239회), 빛 에너지(166회), 빛의 세기(120회), 이산화탄소(95회), 잎(95회) 순이다(Fig. 3a). 아이젠벡터 중심성은 빛의 세기, 빛 에너지, 이산화탄소, 온도, 광합성 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 빛 에너지, 빛의 세기, 광합성, 산소, 식물 개념 중심으로 연결되어 있다. 빛 에너지는 빛의 세기, 온도, 광합성, 물, 잎 등과 연결되어 있으며, 빛의 세기는 빛 에너지, 이산화탄소, 온도, 광합성, 식물 등과 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 잎, 온도, 빛의 세기, 엽록체 등이다.

수업 직후 학생의 개념 네트워크(Fig. 3b)를 살펴보면, 네트워크에 나타난 전체 개념은 20개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(103회), 빛 에너지(91회), 빛의 세기(62회), 이산화탄소(50회), 온도(48회)로 나타났다. 아이젠벡터 중심성은 빛의 세기, 빛 에너지, 이산화탄소, 이산화탄소의 농도, 물 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 식물, 빛 에너지, 이산화탄소, 광합성, 산소 중심으로 연결되어 있다. 식물과 연결된 개념은 광합성, 빛 에너지, 양분, 에너지원, 이산화탄소 등이며, 빛 에너지는 빛의 세기, 이산화탄소, 식물, 광합성, 물 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 물, 빛의 세기, 빛 에너지, 온도, 식물 등과 연결되어 있다.

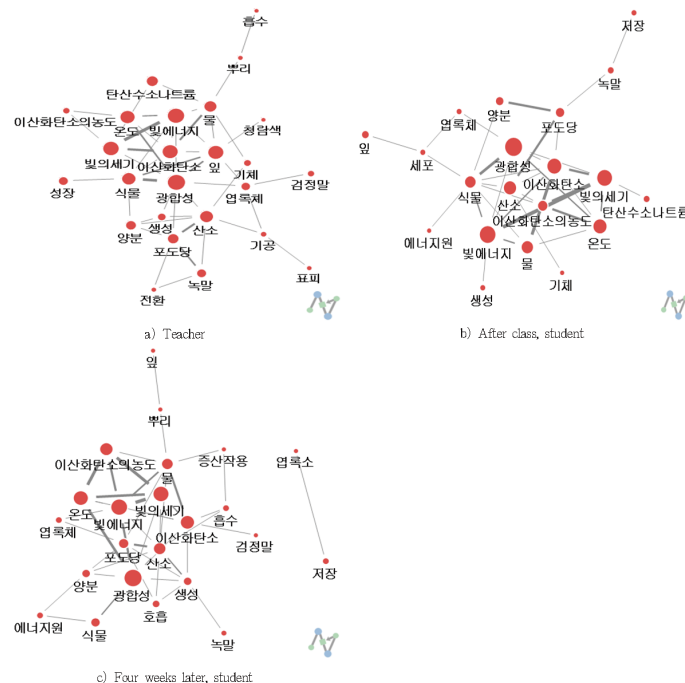


Fig. 3. Concept networks of 'environmental factors'

수업 4주 후 학생의 네트워크에 나타난 전체 개념의 수는 23개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(86회), 빛 에너지(74회), 빛의 세기(60회), 온도(55회), 이산화탄소(35회)로 나타났다(Fig 3c). 아이젠벡터 중심성은 빛의

세기, 빛 에너지, 이산화탄소의 농도, 온도, 광합성 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 산소, 광합성, 물, 빛 에너지, 이산화탄소 개념 중심으로 연결되어 있다. 산소와 연결된 개념은 포도당, 양분, 생성, 흡수, 호흡 등이며, 광합성은 온도, 빛 에너지, 식물, 이산화탄소, 빛의 세기 등과 연결되어 있다. 그리고 물은 이산화탄소, 빛 에너지, 이산화탄소의 농도, 뿌리, 포도당 등과 연결되어 있다.

광합성에 영향을 미치는 환경 요인에서 교사의 개념 네트워크를 살펴보면 광합성에 영향을 미치는 환경 요인, 광합성 결과 생성되는 물질, 광합성이 일어나는 장소를 구분하여 네트워크가 그룹화 되어있다. 수업에서 교사는 광합성 과정에 대한 이해를 바탕으로 광합성에 영향을 미치는 환경 요인을 설명하고 있는 것으로 파악된다. 수업 직후 학생의 네트워크는 이러한 구분이 형성되지 않았지만, 수업 4주 후 학생의 개념 네트워크에서는 광합성에 영향을 미치는 환경 요인과 광합성 결과 생성되는 물질이 구분되어 있다. 또 4주 후 학생의 개념에서 수업 시간에 제시되지 않은 증산작용, 호흡, 엽록소 개념이 등장한 것으로 보아 사교육의 영향 (Lim et al., 2024)으로 네트워크가 재구성 된 것으로 판단된다.

Photosynthesis

광합성 영역에 대한 교사의 수업, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생의 개념 네트워크는 Fig. 4와 같다. 수업에서 교사가 지도하는 개념 네트워크(Fig. 4a)에 나타난 전체 개념은 44개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(475회), 빛 에너지(246회), 이산화탄소(223회), 잎(177회), 식물(140회) 순이다. 아이겐벡터 중심성은 빛 에너지, 빛의 세기, 이산화탄소, 광합성, 식물 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 광합성, 식물, 물, 잎, 이산화탄소 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 엽록체, 잎, 이산화탄소, 빛 에너지 등이며, 식물은 광합성, 잎, 양분, 세포, 빛 에너지, 이산화탄소 등과 연결되어 있다. 그리고 물은 이산화탄소, 빛 에너지, 뿌리, 포도당, 잎 등과 연결되어 있다.

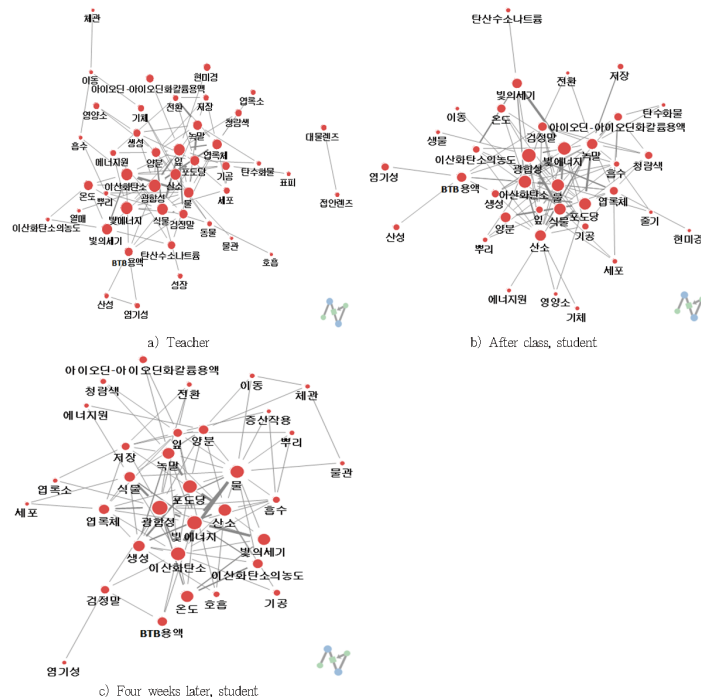


Fig. 4. Concept networks of 'photosynthesis'

수업 직후 학생의 개념 네트워크에 나타난 전체 개념은 36개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(340회), 빛 에너지(222회), 이산화탄소(216회), 물(150회), 포도당(135회)로 나타났다(Fig 4b). 아이젠벡터 중심성은 물, 이산화탄소, 빛 에너지, 광합성, 식물 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 광합성, 식물, 이산화탄소, 물, 녹말 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 엽록체, 빛 에너지, 이산화탄소, 검정말 등이며, 식물은 광합성, 빛 에너지, 양분, 잎, 엽록체 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 물, 빛 에너지, 광합성, 산소, 빛의 세기 등과 연결되어 있다.

수업 4주 후 학생의 개념 네트워크에 나타난 전체 개념의 수는 33개이며, 개념의 사용 빈도는 광합성(286회), 빛 에너지(186회), 이산화탄소(146회), 포도당(118회), 물(98회)로 나타났다(Fig. 4c). 아이젠벡터 중심성은 빛 에너지, 이산화탄소, 물, 빛의 세기, 광합성 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 광합성, 물, 이산화탄소, 빛 에너지, 산소 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 빛 에너지, 엽록체, 이산화탄소, 온도 등이며, 물은 빛 에너지, 광합성, 뿌리, 포도당, 흡수 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 물, 빛 에너지, 광합성, 온도, 포도당 등과 연결되어 있다.

교사가 광합성 영역을 수업할 때 매시간 광합성 과정을 강조하였다. 광합성 과정은 ‘광합성은 식물이 빛 에너지를 이용하여 이산화탄소와 물을 원료로 양분인 포도당과 산소를 만들고, 포도당은 녹말로 전환된다.’이다. 따라서 교사의 개념 네트워크를 살펴보면 광합성에 필요한 물질과 광합성 결과 생성되는 물질은 네트워크의 중심에, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인은 네트워크 밖에 그룹화 되어 있는 것을 볼 수 있다. 수업 직후 학생도 광합성에 필요한 물질과 광합성 결과 생성되는 물질은 네트워크의 중심에, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인은 네트워크 밖에 그룹화 되어 형성되어 있다. 수업 4주 후 학생의 개념 네트워크는 중심을 이루는 개념이 중앙에 서로 연결되어 개념과 개념간의 연결이 명료화 되었다.

Key Concept Network

Photosynthesis Reactants

광합성에 필요한 물질에 대한 교사의 주요 개념 네트워크(Fig. 5a)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 8개이다. 아이젠벡터 중심성은 이산화탄소, 물, 광합성 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 광합성, 식물, 이산화탄소 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 이산화탄소, 물 등이며, 식물은 광합성, 양분, 빛 에너지 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 물, 광합성, 빛 에너지 등과 연결되어 있다.

수업 직후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 5b)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 8개이다. 아이젠벡터 중심성은 이산화탄소, 물, 빛 에너지 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 광합성, 식물, 이산화탄소 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 물, 빛 에너지 등이며, 식물은 광합성, 빛 에너지, 이산화탄소 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 물, 빛 에너지, 광합성 등과 연결되어 있다.

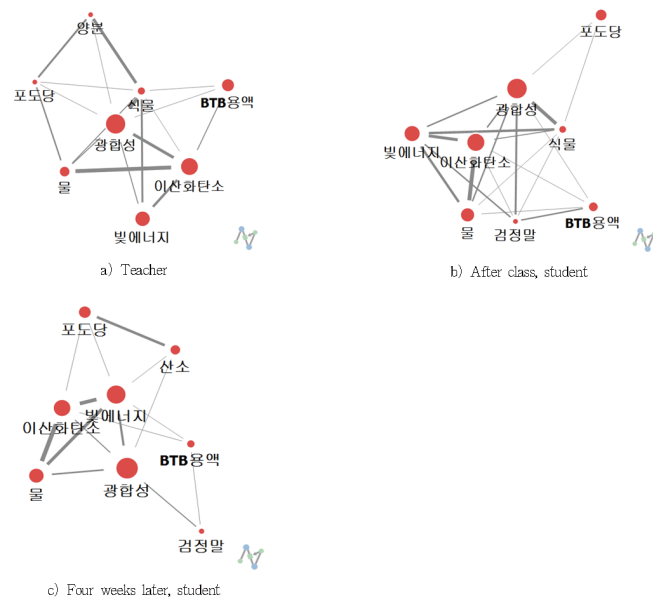


Fig. 5. Key concepts network of 'photosynthesis reactants'

수업 4주 후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 5c)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 8개이다. 아이겐벡터 중심성은 이산화탄소, 물, 빛 에너지 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 빛 에너지, 광합성, 이산화탄소 개념 중심으로 연결되어 있다. 빛 에너지와 연결된 개념은 이산화탄소, 물, 광합성 등이며, 광합성은 빛 에너지, 물, 이산화탄소 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 물, 빛 에너지, 광합성 등과 연결되어 있다.

Photosynthesis Products

광합성 결과 생성되는 물질 대한 교사의 주요 개념 네트워크(Fig. 6a)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 11개이다. 아이겐벡터 중심성은 잎, 식물, 엽록체 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 광합성, 잎, 엽록체 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 엽록체, 녹말 등이며, 잎은 식물, 검정말, 엽록체 등과 연결되어 있다. 그리고 엽록체는 잎, 광합성, 기공 등과 연결되어 있다.

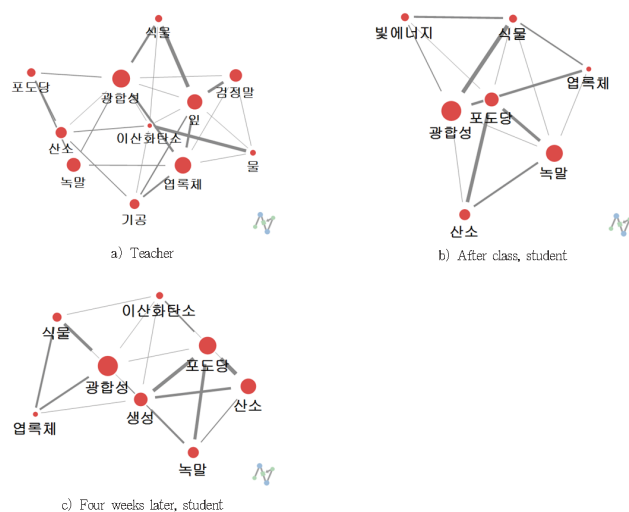


Fig. 6. Key concepts network of 'photosynthesis Products'

수업 직후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 6b)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 7개이다. 아이젠벡터 중심성은 광합성, 식물, 포도당 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 광합성, 녹말, 식물, 포도당 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 엽록체, 빛 에너지 등이며, 녹말은 포도당, 산소, 광합성 등과 연결되어 있다. 그리고 식물은 광합성, 빛 에너지, 엽록체 등과 연결되어 있다.

수업 4주 후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 6c)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 8개이다. 아이젠벡터 중심성은 포도당, 산소, 생성 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 생성, 광합성, 이산화탄소 중심으로 연결되어 있다. 생성과 연결된 개념은 포도당, 산소, 녹말 등이며, 광합성은 식물, 엽록체, 녹말 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 포도당, 생성, 산소 등과 연결되어 있다.

광합성 결과 생성되는 물질에서 주요 개념에 대한 네트워크를 살펴보면 교사는 탐구과정을 통하여 광합성 결과 생성되는 물질이 포도당, 녹말, 산소임을 설명하고 있지만, 학생들은 탐구 과정보다는 개념 중심으로 기억하고 있는 것으로 나타났다. 또 교사와 학생 모두 광합성에 필요한 물질에 대한 개념을 함께 가지고 있는 것으로 나타났다.

Environmental Factors

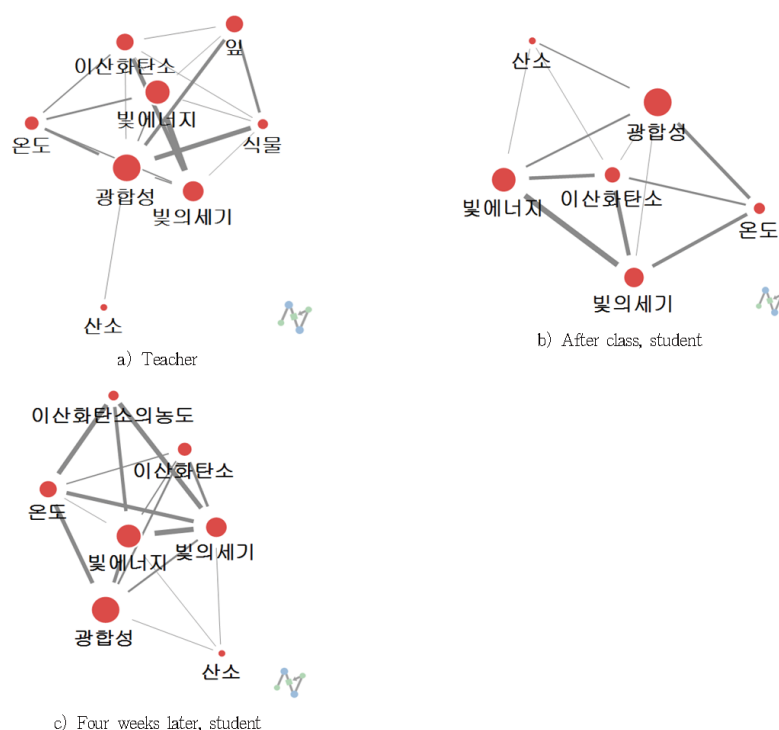


Fig. 7. Key concepts network of 'environmental factors'

광합성에 영향을 미치는 환경 요인 대한 교사의 주요 개념 네트워크(Fig. 7a)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 8개이다. 아이젠벡터 중심성은 빛의 세기, 빛 에너지, 이산화탄소 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 광합성, 빛 에너지, 이산화탄소 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 잎, 온도 등이며, 빛 에너지는 빛의 세기, 온도, 광합성 등과 연결되어 있다. 그리고 이산화탄소는 빛의 세기, 온도, 광합성

등과 연결되어 있다.

수업 직후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 7b)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 6개이다. 아이젠벡터 중심성은 빛의 세기, 빛 에너지, 이산화탄소 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 광합성, 이산화탄소 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 온도, 빛 에너지, 산소 등이며, 이산화탄소는 빛의 세기, 빛 에너지, 온도 등과 연결되어 있다.

수업 4주 후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 7c)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 7개이다. 아이젠벡터 중심성은 빛의 세기, 빛 에너지, 이산화탄소의 농도 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 빛 에너지, 빛의 세기 중심으로 연결되어 있다. 빛 에너지와 연결된 개념은 빛의 세기, 광합성, 이산화탄소의 농도 등이며, 빛의 세기는 빛 에너지, 이산화탄소의 농도, 온도 등과 연결되어 있다.

광합성에 영향을 미치는 요인에 대한 교사의 수업은 교과서에 제시된 빛의 세기에 따른 광합성량의 변화에 대한 탐구 내용 중심으로 설명하고 있다. 따라서 수업 직후 학생도 탐구 과정 중심으로 학습하였다. 하지만 수업 4주 후 학생은 핵심 개념 중심으로 기억하고 있는 것으로 분석된다.

Photosynthesis

광합성 전체에 대한 교사의 주요 개념 네트워크(Fig. 8a)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 13개 이다. 아이젠벡터 중심성은 빛 에너지, 빛의 세기, 이산화탄소 순으로 높게 나타났다. 교사의 개념 네트워크는 광합성, 식물, 물, 이산화탄소 개념 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 엽록체, 잎 등이며, 식물은 광합성, 잎, 양분 등과 연결되어 있다. 그리고 물은 이산화탄소, 빛 에너지, 포도당 등과 연결 되어 있다.

수업 직후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 8b)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 11개 이다. 아이젠벡터 중심성은 물, 이산화탄소, 빛 에너지 순이었다. 수업 직후 학생의 개념은 광합성, 이산화탄소, 산소 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 식물, 빛 에너지, 이산화탄소 등이며, 이산화탄소는 물, 빛 에너지, 산소 등과 연결되어 있다. 그리고 산소는 포도당, 이산화탄소, 녹말 등과 연결되어 있다.

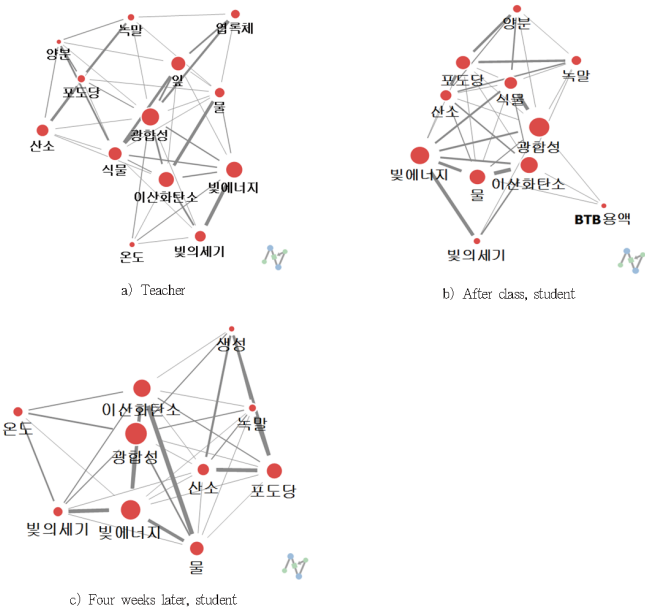


Fig. 8. Key concepts network of ‘photosynthesis’

수업 4주 후 학생의 주요 개념 네트워크(Fig. 8c)를 살펴보면, 전체 개념의 수는 10개이다. 아이젠벡터 중심성은 빛 에너지, 이산화탄소, 물 순이었다. 수업 4주 후 학생의 개념은 광합성, 이산화탄소, 빛 에너지, 산소 중심으로 연결되어 있다. 광합성과 연결된 개념은 빛 에너지, 이산화탄소, 온도 등이며, 이산화탄소는 물, 빛 에너지, 광합성 등과 연결되어 있다. 그리고 빛 에너지는 빛의 세기, 이산화탄소, 물 등과 연결되어 있다.

교사의 수업, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생의 주요 개념이 비슷하게 나타났다. 동시에 사용한 주요 개념은 광합성, 빛 에너지, 이산화탄소, 산소, 빛의 세기, 물, 포도당, 녹말이다. 이러한 결과는 학생들이 광합성에 대한 이해도가 높음을 알 수 있다. 이는 학생들이 수업 후 광합성에 대한 이해수준이 향상되었다는 선행 연구(Lim et al., 2012)와 유사한 결과로 해석할 수 있다.

Connection Network

Connection Network between Sub-topics

교사의 수업, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생의 광합성에 필요한 물질, 광합성 결과 생성되는 물질, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인에 대한 연결 개념 네트워크를 살펴보았다. 교사의 지도 개념에 대한 주제간 연결 개념 네트워크(Fig. 9a)에서 필요 물질, 생성 물질, 환경 요인의 개념에서 동시에 사용된 개념은 포도당, 엽록체, 이산화탄소, 산소, 물 등 총 16개였다. 필요 물질과 생성 물질에서 제시된 개념에서 일치된 개념은 세포, 에너지원, 저장, 이동, 영양소, 동물 개념을 포함한 22개였다. 생성 물질과 환경 요인에서 제시된 개념에서 일치된 개념은 청람색, 표피, 탄산수소나트륨, 기체, 흡수를 포함한 21개였다. 필요 물질에서만 제시된 개념은 엽기성, 산성, 체관, BTB용액, 물관이며, 생성 물질에서는 엽록소, 호흡, 접안렌즈, 열매, 대물렌즈 등을 포함하여 8개의 개념이 제시되었다. 빛의 세기, 이산화탄소의 농도, 성장, 온도는 환경 요인에서만 제시된 개념이다.

수업 직후 학생의 주제 간 개념에 대한 연결 개념 네트워크(Fig. 9b)를 살펴보았다. 필요 물질, 생성 물질, 환경 요인의 개념에서 동시에 사용된 개념은 엽록체, 포도당, 이산화탄소, 물 등 총 14개였으며, 필요 물질과 생성 물질에서 사용된 개념에서 일치된 개념은 흡수, 검정말, 뿌리, 기공 개념을 포함한 18개였다. 필요 물질과 환경 요인에서 사용된 개념에서 일치된 개념은 에너지원, 온도를 포함하여 16개의 개념이 일치하였다. 생성 물질과 환경 요인에서 사용된 개념에서 일치된 개념은 기체 포함한 15개였다. 필요 물질에서만 사용된 개념은 영양소, 산성, BTB용액, 이동, 현미경, 엽기성, 전환, 줄기 개념이 사용되었고, 생성 물질에서만 사용된 개념은 아이오딘, 아이오딘화 칼륨 용액, 생물, 탄수화물, 청람색 개념이 사용되었다. 빛의 세기, 이산화탄소의 농도, 탄산수소나트륨은 환경 요인에서만 사용된 개념이다.

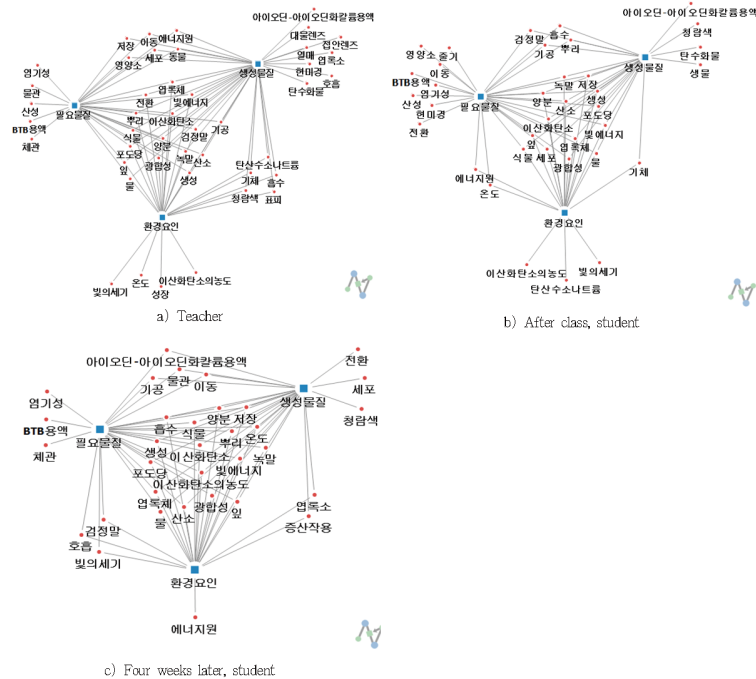


Fig. 9. Connection network between sub-topics of photosynthesis

4주 후 학생의 주제간 개념에 대한 연결 개념 네트워크(Fig. 9c)를 살펴보았다. 필요 물질, 생성 물질, 환경 요인의 개념에서 동시에 사용된 개념은 이산화탄소의 농도, 산소, 빛 에너지, 물, 광합성 등 총 17개였으며, 필요 물질과 생성 물질에서 사용된 개념에서 일치된 개념은 이동, 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액, 물관, 기공 개념을 포함한 21개였다. 필요 물질과 환경 요인에서 사용된 개념에서 일치된 개념은 빛의 세기, 호흡, 검정말을 포함하여 20개의 개념이 일치하였다. 생성 물질과 환경 요인에서 사용된 개념에서 일치된 개념은 증산작용, 엽록소를 포함한 19개였다. 필요 물질에서만 사용된 개념은 엽기성, 체관, BTB용액 개념이 사용되었으며, 생성 물질에서만 사용된 개념은 청람색, 전환, 세포 개념이 사용되었다. 에너지원은 환경 요인에서만 사용된 개념이다.

교사가 제시한 개념 중 접안렌즈, 대물렌즈는 현미경의 구조에 대한 개념으로 교과서에 제시되지 않는다. 교사는 광합성이 일어나는 장소와 광합성 산물을 확인하는 탐구를 수행하기 위하여 현미경의 사용 방법을 설명하였다. 또 수업에서 사용하는 교사의 지도 개념, 수업 직후 학생의 개념과 수업 4주 후 학생이 가지는 개념의 대부분은 함께 가지고 있는 것으로 나타났다. 따라서 주제간 연결 개념 네트워크가 비슷하게 나타났다. 이는 2015 개정 교육과정으로 개정되면서 교과서에 핵심개념을 토대로 개념이 제시되었다는 연구(Kim, Park, & Lim, 2021)에서처럼, 학습의 양은 적절하다고 판단된다.

Connection Network by Topics

광합성에 필요한 물질에서 교사의 수업, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생이 가지는 개념에 대한 연결 개념 네트워크(Fig. 10a)를 살펴보았다. 교사, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생이 가지는 개념 중에서 동시에 사용된 개념은 이산화탄소, 광합성, 물, 산소 등 총 19개였으며, 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 직후 학생이 가지는 개념은 영양소, 세포, 에너지원 등의 개념을 포함한 24개였다. 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 4

주 후 학생에게서 나타난 개념과 일치한 개념은 물관, 체관을 포함한 21개였다. 수업 직후 학생의 개념과 수업 4주 후 학생의 개념 사이에 일치한 개념은 온도, 흡수를 포함한 21개였다. 교사가 수업에서 지도하지만 학생들은 언급하지 않고 있는 개념은 동물이고, 수업 직후 학생에게서만 나타나는 개념은 줄기, 현미경이다. 수업 4주 후 학생에게만 나타나는 개념은 이산화탄소의 농도, 이이오딘-아이오딘화 칼륨 용액, 호흡, 빛의 세기이다.

4주 후 학생에게서 교사가 광합성에 필요한 물질의 수업 시간에 제시하지 않은 개념이 나타났다. 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액은 다음 수업 차시 광합성 결과 생성되는 물질에서 학습하고, 이산화탄소의 농도와 빛의 세기는 광합성에 영향을 미치는 환경 요인에서 학습하는 개념이다. 또 호흡은 식물이 산소를 이용해 양분을 분해하여 에너지를 얻는 과정으로 광합성 단원을 학습한 후 학습하는 개념이다. 학생들은 학습한 개념을 이전, 이후에 배우는 개념과 연결시키고자 하는 경향이 나타났다.

광합성 결과 생성되는 물질에서 교사의 수업, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생이 가지는 개념에 대한 연결 개념 네트워크(Fig. 10b)를 살펴보았다. 교사, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생이 가지는 개념 중에서 동시에 사용된 개념은 녹말, 엽록체, 청람색, 양분, 포도당 등 총 19개였으며, 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 직후 학생이 가지는 개념은 검정말, 탄수화물, 기체 개념을 포함한 22개이다. 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 4주 후 학생에게서 나타난 개념과 일치한 개념은 전환, 엽록소, 이동을 포함한 22개였다. 교사가 수업에서 지도하지만 학생들은 언급하지 않고 있는 개념은 10개로 대물렌즈, 접안렌즈, 현미경, 탄산수소나트륨 등이다. 수업 직후 학생에게만 나타나는 개념은 생물이고, 수업 4주 후 학생에게만 나타나는 개념은 온도, 이산화탄소의 농도, 증산작용, 물관이다.

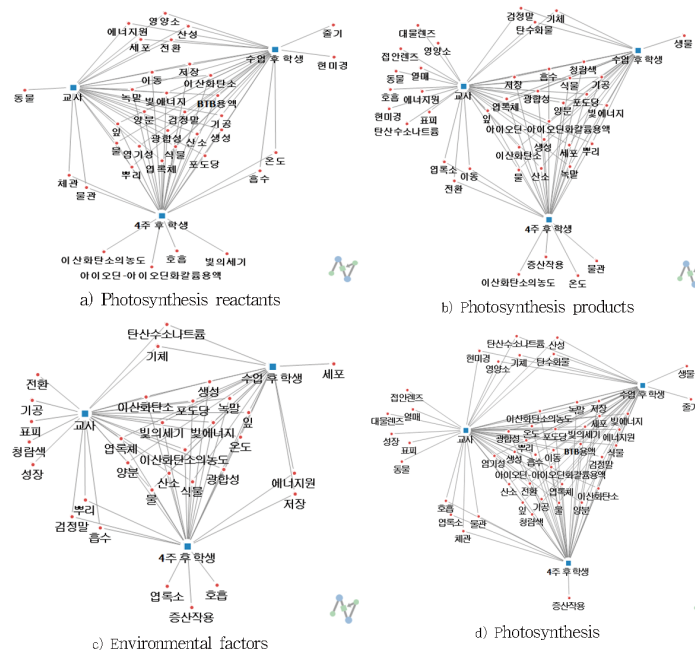


Fig. 10. Connection network for photosynthesis by sub-topics

교사가 제시한 개념 중 현미경, 대물렌즈, 접안렌즈, 탄산수소나트륨은 탐구 활동에 대한 개념으로 교사는 탐구 중심으로 설명하고 있음을 알 수 있다. 또 4주 후 학생에게서 교사가 광합성 결과 생성되는 물질의 수업 시간에 언급하지 않은 개념이 나타났다. 이산화탄소의 농도와 온도는 광합성에 영향을 미치는 요인에서 다루는 개념이고, 증산작용은 광합성 단위 수업이 끝난 후 학습하는 개념이다. 특히 과학 교과와 교과서는 증산작용을 광합성 결과 생성되는 물질과 연관 지어 설명하지 않았다. 증산작용을 광합성 결과 생성되는 물질의 개념으로 알고 있는 것에 대한 분석이 필요하다.

광합성에 영향을 미치는 환경 요인에서 교사의 수업, 수업 직후 학생, 4주 후 학생이 가지는 개념에 대한 연결 개념 네트워크(Fig. 10c)를 살펴보았다. 교사, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생이 가지는 개념 중에서 동시에 사용된 개념은 빛의 세기, 이산화탄소의 농도, 온도, 녹말, 광합성 등 총 15개였으며, 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 직후 학생이 가지는 개념은 기체, 탄산수소나트륨 개념을 포함한 17개였다. 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 4주 후 학생에게서 나타난 개념과 일치한 개념은 뿌리, 흡수, 검정말을 포함한 18개였다. 수업 직후 학생의 개념과 4주 후 학생의 개념 사이에 일치한 개념은 저장, 에너지원을 포함한 17개였다. 교사가 수업에서 지도하지만 학생들은 언급하지 않고 있는 개념은 기공, 청람색, 전환, 표피, 성장이다. 수업 직후 학생만 가지는 개념은 세포이며, 4주 후 학생에게만 나타나는 개념은 엽록소, 호흡, 증산작용이다.

광합성에 영향을 미치는 환경 요인을 학습하기 위하여 교사는 광합성 과정에 대한 이해를 위해 전 차시 학습한 내용을 상기시켰고, 특히 탐구활동을 통한 광합성 과정에 대한 이해를 강조하였다. 4주 후 학생의 개념에서 나타난 증산작용과 호흡은 광합성 단원을 학습한 후 학습하는 개념이다.

광합성 전체에서 교사의 수업, 수업 직후 학생, 4주 후 학생이 가지는 개념에 대한 연결 개념 네트워크(Fig. 10d)를 살펴보았다. 교사, 수업 직후 학생, 수업 4주 후 학생이 가지는 개념 중에서 동시에 사용된 개념은 물, 포도당, 엽록체, 광합성, 온도 등 총 28개였으며, 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 직후 학생이 가지는 개념은 탄산수소나트륨, 산성, 현미경, 탄수화물, 기체, 영양소 개념을 포함한 34개였다. 교사가 수업에서 제시한 개념과 수업 4주 후 학생에게서 나타난 개념과 일치한 개념은 체관, 호흡, 엽록소, 물관을 포함한 32개였다. 교사가 수업에서 지도하지만 학생들은 언급하지 않고 있는 개념은 접안렌즈, 대물렌즈, 열매, 성장, 표피, 동물이고, 수업 직후 학생에게만 나타나는 개념은 줄기, 생물이다. 수업 4주 후 학생에게만 나타나는 개념은 증산작용이다. 광합성 전체개념에 대한 연결 개념 네트워크를 보면 수업에서 사용하는 교사의 지도 개념, 수업 직후 학생의 개념과 수업 4주 후 학생이 가지는 개념의 대부분은 함께 가지고 있는 것으로 나타났다.

Discussion

지금까지 중학교 광합성 영역에 대한 교사의 지도 개념 네트워크와 학생의 획득 개념 네트워크에 대해 분석하였다. 광합성 단위에서 교사가 수업에서 사용한 개념과 학생이 수업을 통해 획득한 개념의 종류는 비슷하다. 하지만 교사와 학생의 개념 네트워크의 구조는 다른 것으로 나타났다. 이는 멘델의 유전 단원을 학습한 교사와 학생이 대부분의 개념을 함께 가지고 있지만, 개념 네트워크 구조는 서로 다르다는 연구(Kim et al., 2023; Lim et al., 2024)와 일치한다.

수업에서 교사는 교과서에 제시된 탐구 활동을 통하여 광합성 단원을 설명하였다. 그러나 학생들의 주요 개념 네트워크를 살펴보면 탐구 활동보다는 핵심 개념을 토대로 학습을 하는 것으로 나타났다. 연결 개념 네

트위크(Fig. 10)에서 교사에게는 나타나지 않지만 학생들은 현미경, 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액과 같이 실험과 관련된 개념을 가지고 있었다. 이는 학생들이 과학 현상을 설명하는데 개념의 용이성 때문인 것으로 사료된다(Cochran-Smith & Lytle, 1999; Duit & Treagust, 2003).

교사는 하위 주제를 명확히 구분하여 설명하지 않고, 학생들도 하위 주제를 명확히 구분하여 개념 네트워크를 구성하지 않고 있다(Fig. 10). 교사와 학생의 연결 개념을 분석해 보면, 광합성, 물, 빛 에너지, 산소, 식물, 이산화탄소, 포도당 개념이 교사와 학생들이 3개 주제에 등장하였다. 이들 개념은 광합성의 필요 물질과 생성 물질과 관련된 개념으로 교사는 하위 주제를 명확히 구분하여 설명하지 않고, 학생들도 하위 주제를 명확히 구분하여 개념 네트워크를 구성하지 않고 있다. 하위 주제를 명확히 구분하여 지도하지 않음으로 인해 학생들의 개념 구조의 발달을 저해(Case & Okamoto, 1996; Chi, 1988; Siegler, 1995)하는 것으로 사료된다.

따라서 교사는 기존에 가지고 있는 개념 구조에 새로이 학습한 개념이 저장할 수 있도록 도와주고(Duschl, 1990), 관련된 지식의 재조직을 촉진하는 전략으로 관련된 개념의 접근을 증가시켜야 한다. 즉 교사는 학생들이 가지고 있는 개념 구조를 이해하고 지식을 통합하고 재구성 할 수 있도록 지도(Martin et al., 2000)해야 한다.

과학 학습의 계열에 따라 연속적 수업이 이루어질 때, 광합성에 영향을 미치는 환경 요인과 같이 마지막에 이루어지는 수업에서는 이전에 학습한 내용도 함께 학습하고 있다. 광합성에 미치는 환경 요인 수업에서는 광합성에 필요한 물질, 생성 물질에서 학습한 내용도 함께 학습하고 있다(Fig. 10c). 이러한 학습이 사전 학습 내용과 현재 학습 내용 사이를 구분하지 못하게 하는 원인으로 사료된다. 또한 우리나라 교사가 많은 개념을 지도해야 한다고 인식하는 데서 기인하는 것으로 볼 수 있다(Kim et al., 2009). 따라서 교사는 학습 주제와 관련 없는 개념은 제외하고 그 주제와 관련된 개념 만을 설명할 필요가 있다.

주요 개념 분석에서 광합성에 영향을 미치는 환경 요인과 관련된 개념이 존재하지 않았다. 교사의 수업에서는 이산화탄소 농도가, 수업 직후 학생 수업에서는 온도가, 수업 4주 후에는 이산화탄소 농도가 개념 네트워크에 나타나지 않았다. 교사의 수업과 학생의 네트워크에서는 광합성에 필요한 물질과 생성 물질과 관련된 개념이 모두 존재하였다. 이는 교사가 광합성 영역을 광합성 필요 물질과 생성 물질 중심으로 지도하고 있기 때문으로 사료된다. 교사는 학습 후 학생의 인지 구조에 대해 고려하지 않을(Widodo & Duit, 2002; Widodo et al., 2002)뿐만 아니라, 과학 개념의 구조에 대한 고려도 하지 않고 있다고 할 수 있다. 따라서 교사는 수업에서 수업 주제와 관련된 내용을 보다 강조할 필요가 있을 것이다.

후속 학습 내용이 선행 학습 주제의 개념 구조에 영향을 미치고 있다. 연결 개념 네트워크에서 수업 4주 후에 수업 시간에 지도되지 않은 개념을 가지고 있었다. 예를 들어 광합성 필요 물질에서 수업 4주 후에 학생들은 이산화탄소 농도와 빛의 세기 개념을 제시하였다(Fig. 10a). 광합성 생성 물질에서도 환경 요인과 관련된 개념인 이산화탄소 농도를 제시하였다. 증산 작용 개념도 교사는 수업에서 언급하지 않지만, 학습 4주 후에 학생들이 제시하였다. 이는 광합성 영역 수업 이후 진행되는 증산 작용에 대한 수업에서 교사가 선수 학습 확인을 하는 것에서 기인하는 것으로 사료된다. 따라서 교사는 수업에서 이루어지고 있는 선수 학습 확인이 단지 이전 수업의 확인이 아니라 학습 주제를 이해하기 위한 필수 개념(BSCS, 1995)에 대한 제시가 요구된다.

한편, 교사와 학생이 지식을 공동으로 구성하는 학습 환경이 만들어져야 한다(Borphy, 1999; Garrett, 2008). 교사가 지도하는 개념 구조와 학생이 획득하는 개념 구조가 달라 이를 유사하게 만들기 위해서는 교사 중심의 수업에서 벗어나 학생 중심의 수업이 이루어져야 한다. 학생 중심의 수업에서 교사는 학생들이 어떤 개념

구조로 개념을 획득하고 있는지에 대해 고려하여 지도할 수 있기를 기대한다.

Conclusion

이 연구는 중학교 광합성 단원에서 교사의 지도 개념과 수업 후 학생의 획득 개념 네트워크에 어떤 차이를 보이는지를 분석하였다. 네트워크는 광합성에 필요한 물질, 광합성 결과 생성 물질, 광합성에 미치는 환경 요인으로 구분하여, 개념 네트워크, 주요 개념 네트워크 그리고 연결 개념 네트워크를 살펴보았다. 연구 결과에 대한 결론은 다음과 같다.

첫째, 교사가 수업에서 사용하는 지도 개념과 학생이 수업을 통해 획득하는 개념의 종류는 유사하지만, 네트워크 구조는 다르다. 개념 네트워크를 살펴보면 광합성 단원을 지도하는 교사가 지도하는 개념의 대부분을 수업 후 학생이 가지는 것으로 나타났다. 그러나 네트워크 구조를 보면 교사는 교과서에 제시된 탐구 활동을 통하여 광합성을 설명하고 있지만, 학생은 탐구 과정보다는 개념 중심으로 기억하고 있는 것으로 나타났다.

둘째, 교사는 하위 주제를 명확히 할 수 있도록 개념을 구분하여 설명하지 않고 있고, 학생들도 하위 주제를 구분하여 개념을 인지하지 않고 있다. 교사와 학생의 개념 네트워크 구조를 비교하면 하위 주제로 명확히 구분되지 않고 있다. 또한 연결 개념에서도 광합성에 필요한 물질과 생성 물질이 3가지 주제에서 공통적으로 나타났다.

셋째, 교사는 학생들의 개념 구조보다는 개념 설명에 치중하고 있고, 학생들의 개념 네트워크는 후속 학습에도 영향을 받고 있다. 광합성에 영향을 미치는 환경 요인 수업에서 교사는 광합성 필요 물질과 생성 물질 중심으로 수업하고 있으며, 광합성 영역 수업에서도 광합성 필요 물질과 생성 물질 중심으로 수업하였다.

학생들은 수업 후와 수업 4주 후의 개념 네트워크의 구조가 달랐으며, 수업 4주 후에는 광합성에 영향을 미치는 환경 요인과 관련된 개념이 광합성 필요 물질과 생성 물질에 포함되어 있었다. 즉, 후속 학습 내용이 이미 배운 선행 학습 주제의 개념 이해에 영향을 미친다고 할 수 있다.

이 연구 결과를 통해서 교사는 학생들이 획득하는 개념 구조에 대한 이해가 필요하고, 하위 개념을 명확히 구분하여 지도할 필요가 있다. 또한 교사의 수업에서 도입, 전개, 정리의 수업 단계에서 개념이 어떻게 연결되어 있는지에 대한 분석과 학습자의 특성에 따라서 개념 네트워크에 어떤 차이가 있는지에 대한 분석이 필요하다.

Acknowledgements

This research was supported by Kyungpook National University Research Fund, 2024.

References

- Baldwin, T. T., & Ford, J. K. (1988). Transfer of training: A review and directions for future research. *Personnel Psychology*, 41(1), 63–105. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1988.tb00632.x>
- Biological Sciences Curriculum Study [BSCS] (1993). *Developing biological literacy: A guide to developing secondary and post-secondary biology curricula*. Kendall/Hunt Publishing Company.

- Brophy, J. (1999). Perspectives of classroom management: Yesterday, today and tomorrow. In H. Freiberg (Ed.), *Beyond behaviorism: Changing the classroom management paradigm* (pp. 43-56). Allyn and Bacon.
- Case, R., Okamoto, Y., Griffin, S., McKeough, A., Bleiker, C., Henderson, B., Stephenson, K. M., Siegler, R. S., & Keating, D. P. (1996). The role of central conceptual structures in the development of children's thought. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61(1/2), 1–295. <https://doi.org/10.2307/1166077>
- Chance, P. (2014). *Learning and behavior* (7th ed.). Wadsworth Cengage Learning.
- Chi, M. T. H. (1988). Children's lack of access and knowledge reorganization: An example from the concept of animism. In F. Weinert & M. Perlmutter (Eds.), *Memory development: Universal changes and individual differences* (pp. 169-194). Hillsdale, Erlbaum.
- Chung, D., Cho, A., & Park, K. (2018). A case study on usage of semantic network analysis for concept analysis of textbooks: Focused on mantle concept of Earth Science II textbooks *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(12), 89-112. <https://doi.org/10.22251/jlcci.2018.18.12.89>
- Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (1999). Relationships of knowledge and practice: Teacher learning on communities. *Review of Research on Education*, 24(1), 249-305. <https://doi.org/10.3102/0091732X0240012>
- Doerfer, M. L., & Barnett, G. A. (1999). A semantic network analysis of the international communication association. *Human Communication Research*, 25(4), 589-603. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.1999.tb00463.x>
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Duschl, R. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. Teachers College Press.
- Garrett, T. (2008). Student-centered and teacher-centered classroom management: A case study of three elementary teachers. *Journal of Classroom Interaction*, 43(1), 34-47.
- Gauld, C. (2001). Knowledge, belief and understanding in science education [Paper presentation]. the Sixth Conference of the International History, Philosophy and Science Teaching Group. University of Colorado, United States.
- Kim H., Lim, S., & Kim, Y. (2023). Niche overlap and proximity of photosynthesis concepts by middle school students' cognitive level. *Brain, Digital & learning*, 13(3), 197-214.
- Kim, J., Lim, S. & Kim, Y. (2023). Semantic network of the teacher's teaching concept and the student's acquisition concept in Mendelian inheritance by gender. *Biology Education*, 51(3), 311-321.
- Kim, P., & Lee, J. (2001). A study on the conceptions of photosynthesis in science textbooks of primary, middle and high school. *Biology Education*, 29(2), 106-112.
- Kim, Y., & Kwon, H. (2016). An comparative study of articulation on science textbook concepts and extracted concepts in learning objectives using semantic network analysis –Focus on life science domain-. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(3), 377-387. <https://doi.org/10.15267/keses.2016.35.3.377>
- Kim, Y., Jeong, J., Yoon, J., & Sohn, J. (2009). The study on the recognition about evolution, biodiversity and ecology domain to be taught in elementary, secondary schools by secondary biology teacher. *Secondary Education Research*, 57(3), 29-52.
- Kim, Y., Park, S., & Lim, S. (2021). A study on the horizontal and vertical articulations of photosynthesis-related concepts according to the 7th, 2009 revised and 2015 revised curriculum. *Biology Education*, 49(3), 399-416.

- Kim, Y., Lee, Y., & Lim, S. (2019). A concept networks analysis of the national curriculum, textbook, teacher's instruction, and assessment on cell division unit of the high school life science I. *Biology Education*, 47(3), 393-402.
- Kwak, H., Baik, J., Yang, Y., & Song, I. (2016). School-level factors on the school academic achievement: Focusing on comparison of the factors on the ratio of high-achievement and under-achievement. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 19(1), 333-358. <https://doi.org/10.29221/jce.2016.19.1.333>
- Kwon, H., Park, I., & Kim, Y. (2018). An analysis of semantic network in photosynthesis unit on middle school textbook based on the 2009 revised national science curriculum. *Biology Education*, 46(1), 63-70.
- Lee, D. (2017). *The Effects of Classroom Assessment on Students' Academic Achievement – A Comparative Analysis Of Times 2015 Korea, Singapore and Japan Data* (Unpublished Master Thesis). Seoul National University, Seoul, Republic of Korea.
- Lim, S., Kim, J., & Kim, Y. (2024). Comparison of teaching and learning concepts network for Mendelian inheritance. *International Journal of Science Education*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2385758>
- Lim, S., Shim, J., & Kim, Y. (2020). Semantic network analysis of memories of genetic domain concepts according to listening styles of 9th grade students. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20, 127-144.
- Lim, S., Yoon, I., & Kim, Y. (2012). Analysis of level of understanding of 7th and 8th grade students on photosynthesis concepts by curriculum revision. *Biology Education*, 40(2), 179-194.
- Mallow, J. V. (1986). *Science Anxiety: Fear of science and how to overcome It*. Thomond.
- Marmaroti, P., & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' understanding of photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383-403. <https://doi.org/10.1080/09500690500277805>
- Martin, B. L., Mintzes, J. J., & Clavijo, I. E. (2000). Restructuring knowledge in biology: Cognitive processes and metacognitive reflections. *International Journal of Science Education*, 22(3), 303-323. <https://doi.org/10.1080/095006900289895>
- Ministry of Education [MOE]. (2015). *2015 Revised Science Curriculum (2015-74, Separate books 9)*. Ministry of Education.
- Pianta, R. C., & Hamre, B. K. (2009). Classroom processes and positive youth development: Conceptualizing, measuring, and improving the capacity of interactions between teachers and students. *New Directions for Youth Development*, 2009(121), 33-46. <https://doi.org/10.1992/ym.295>
- Schenke, K., Nguyen, T., Watts, T. W., Sarama, J. H., & Clements, D. H. (2017). Differential effects of the classroom on African American and non-African American's mathematics achievement. *Journal of Educational Psychology*, 109(6), 794-811. <https://doi.org/10.1037/edu000165>
- Shim, J. (2011). Analysis of conflict frames using semantic network analysis. *The Korea Public Administration Journal*, 20(2), 183-212.
- Siegler, R. S. (1995). Children's thinking: How does change occur? In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Memory performance and competencies: Issues in growth and development* (pp. 405-430). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Smith, M. U., & Siegel, H. (2004). Knowing, believing, and understanding: What goals for science education? *Science & Education*, 13(6), 553-582. <https://doi.org/10.1023/B:SCED.0000042848.14208.bf>
- Widodo, A. & Duit, R. (2002) Conceptual change views and the reality of classroom practice [Paper presentation]. the Third European Symposium on Conceptual Change. Turku, Finland.

Widodo, A., Duit, R., & Muller, C. (2002). Constructivist views of teaching and learning in practice: Teachers' views and classroom behaviour [Paper presentation]. the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, United States.

Authors' Information

Chun, Hyunju: Kyungpook National University, Master Student, First Author

Lim, Soo-min: Science Education Research Institute at Kyungpook National University, Research professor, Co-author

Kim, Youngshin: Kyungpook National University, Professor, Corresponding Author