

RESEARCH ARTICLE

Analysis of the Network of Plant-related Concepts in Secondary School Science Textbooks Based on the 2015 Revised Curriculum

Soo-min Lim¹ · Shin-Ah Park¹ · Heojeong Yoon² · Youngshin Kim^{1*}

¹Kyungpook National University

²Chuncheon National University of Education

2015 개정 교육과정의 중등 과학 교과서에 제시된 식물 관련 개념의 네트워크 분석

임수민¹ · 박신아¹ · 윤회정² · 김영신^{1*}

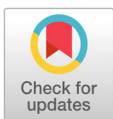
¹경북대학교 · ²춘천교육대학교

*Corresponding Author: kys5912@knu.ac.kr

ABSTRACT

The 2015 revised science curriculum aims to raise up creative and convergent talents required by the knowledge and information society. To achieve this goal, there have been changes such as restructuring the content system and reducing the amount of learning. Based on the direction of the 2015 revised curriculum, science textbooks are being developed by selecting, organizing the learning content. In the 2015 revised curriculum, plant-related concepts are presented in 'plant and energy' and 'cellular respiration and photosynthesis' in secondary school textbooks. Previous studies of analyzing textbooks based on the revised curriculum have limitations in analyzing the goal and inquiry activity type. It is not possible to analyze how the textbook text concepts are structured. Therefore, in this study, the network of plant-related concepts in textbooks based on the 2015 revised curriculum was analyzed. The study results are as follows. First, plant-related concepts in secondary textbooks show a hierarchical structure as a whole. Plant-related concepts in middle school and high school were presented hierarchically without overlapping. Second, there is a segmented concept that is not connected to other concepts, so supplementation is required. Third, the concepts presented in high school have rapidly increased. Based on this study, it is expected that the concepts presented in the curriculum and textbooks will not be segmented and the number of concepts will be appropriated in the next curriculum.

Key words: Semantic network analysis, plant-related concepts, plant composition, transpiration, photosynthesis, 2015 revised curriculum



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 3, 469-481.

<https://doi.org/10.31216/BDL20210030>

Received: July 23, 2021

Revised: August 14, 2021

Accepted: September 14, 2021

© 2021. 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

2015 개정 과학과 교육과정은 현대 지식정보화 사회가 요구하는 창의융합형 인재 양성을 목표로 하고 있다. 이러한 목표를 구현하기 위하여 과학 교과 핵심역량을 설정하고, 내용 체계를 재구조화 및 학습내용을 적정화하였다. 또한 통합과학과 같은 공통과목 신설 및 통합 단원을 신설하고, 탐구 역량을 강화하는 등의 다양한 변화를 시도하고 있다(MOE, 2015).

이러한 교육과정의 개정 방향에 기초하여 교육과정 및 교과의 목표에 맞게 과학 교과서의 학습 내용을 선정 및 조직하여 개발하고 있다. 이렇게 개발된 과학 교과서가 교육과정을 충실히 반영하고 있는지에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 주로 핵심역량 분석 및 교과 역량(Park, 2019; Song & Shim, 2020), 과학의 본성 분석(Jeon & Lee, 2020), 탐구 활동 유형 분석(Jeong & Chung, 2020; Shim & Song, 2019; Song, 2018), 목표 분석(Bae et al., 2020; Kang & Kim, 2019), 내용요소 분석(Park, 2017) 등과 같은 연구가 이루어지고 있으며, 교과서 내용에 대한 개념 네트워크 분석(Jeong & Chung, 2021; Lee et al., 2020)을 통한 연구도 이루어지고 있다. 또한 교과 교육 전문가들에 의해 집필된 교육과정이 실제 교과서에서 제대로 구현되고 있는가를 알아보기 위하여 교육과정과 교과서의 개념 네트워크를 비교함으로써 각각의 지식의 체계를 비교하여 교육과정 일치도(curriculum alignment)를 분석하는 연구도 이루어지고 있다(Jeong et al., 2019; Kim et al., 2021).

우리나라 교육과정에서는 학생들이 도달하여야 하는 개념에 대해 강조하고 있다(Chung et al., 2013). 새로운 개념의 학습에 있어서 단순한 개념의 나열보다는 조직적인 네트워크의 형태로 학습이 이루어지면 오래 기억할 수 있으며, 학습에 용이하다(Anderson, 1990). 이에 학생들의 학습에 있어서 가장 중요한 지침 중 하나인 교육과정과 이에 따라 서술된 교과서의 개념들이 조직적인 네트워크 형태로 제시한다면 학생들의 학습에 도움을 주기 쉽다. 이에 교과서에 제시된 개념 네트워크를 분석함으로써 개념 제시의 방향에 대한 시사점을 제시할 수 있다.

개념 네트워크 분석은 주로 언어 네트워크 분석법(semantic network analysis, SNA)을 사용하여 이루어지고 있다(Drieger, 2013; Hunter, 2014; Lim & Kim, 2015). 이는 개념 간의 관계를 시각적으로 표현하고 핵심 개념과 다른 개념들 사이의 관계를 한 눈에 파악할 수 있도록 해주는 장점을 가지고 있다. 이 방법을 활용하여 교육과정(Kim & Kwon, 2016; Lim & Kim, 2015), 교과서 내용(Kwon & Kim, 2018; Kwon & Kim, 2018; Park et al., 2020; Park et al., 2021)들에 대한 개념 네트워크 분석이 이루어지고 있다.

한편 식물 관련 개념들은 생명과학에서 생물의 구조와 기능, 물질대사, 상호작용 등에서 통합적으로 연계되는 매우 중요한 개념(Kim et al., 2018)이다. 식물 관련 개념은 주변에서 친숙하게 접할 수 있는 주제이지만 방대한 내용으로 구성되어 있어 부분적 내용만을 기억하는 학생들이 많다(Choi et al., 2012). 이에 중등학교 교과서에 제시된 식물 관련 개념들의 네트워크를 분석함으로써 내용 체계를 시각화하고, 생명과학 교수 학습 과정에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

본 연구에서 분석하고자 하는 식물 관련 개념들은 2009 개정 교육과정에서는 중학교의 ‘광합성’, 고등학교 생명과학 II의 ‘세포와 물질대사’에서 지도하였으나(MOEST, 2011) 2015 개정 교육과정에서는 중학교의 ‘식물과 에너지’, 생명과학 II의 ‘세포 호흡과 광합성’으로 개정되어 제시되고 있다(MOE, 2015). 2015 개정 교육과정의 ‘식물과 에너지’는 식물이 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위하여 양분을 스스로 만들고, 만들어진 양분을 통해 에너지를 얻는 방법을 이해함으로써 식물이 에너지를 얻는 과정에 대한 호기심을 갖도록 한

다. 양분을 만드는 광합성의 장소, 광합성에 필요한 물질과 산물을 학습하고, 양분을 사용하여 에너지를 얻는 호흡 과정을 학습함으로써 광합성과 호흡의 관계까지 이해하도록 한다. 생명과학 II의 ‘세포 호흡과 광합성’에서는 세포 호흡과 광합성이 일어나는 세포 소기관인 미토콘드리아와 엽록체의 전자 현미경적 구조와 기능을 함께 제시함으로써 세포 호흡과 광합성의 관계 뿐 아니라 물질대사 자체에 대한 호기심과 흥미를 갖도록 한다. 또한 세포 호흡과 광합성의 과정을 이해하고, 호흡과 발효의 차이를 이해하도록 하고 있다(MOE, 2015).

따라서 본 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정의 중학교와 고등학교에서 제시하는 식물 관련 개념들에 대한 네트워크를 분석하고자 한다. 중학교는 ‘식물과 에너지’, 고등학교의 생명과학 II의 ‘세포 호흡과 광합성’에 제시된 개념들의 네트워크 구조를 비교 분석하였다. 이때 식물 관련 개념들은 Kim (2020)의 분류와 교육과정에 제시된 핵심 개념을 종합하여 ‘식물체의 구성’, ‘증산작용’, ‘광합성’ 영역으로 구분하여 분석이 이루어졌다. 본 연구를 통해 중등학교에서 지도하는 식물 관련 개념들의 구조를 파악할 수 있을 것이다.

Materials and Methods

Subjects

본 연구를 위하여 2015 개정 교육과정에 따라 출판된 중, 고등학교의 과학 및 생명과학 II 교과서를 대상으로 분석이 이루어졌다. 이때 분석한 교과서는 사용빈도가 높은 출판사를 기준으로 선정하였으며, 중학교 과학 및 고등학교의 생명과학 II 교과서가 함께 출판된 교과서는 없었다. 선정된 교과서는 구체적으로 Table 1과 같다.

분석한 식물 관련 개념들은 중학교 1-3학년군의 ‘식물과 에너지’, 고등학교 생명과학 II의 ‘세포 호흡과 광합성’에 제시된 개념들이다. 제시된 교과서 내용 중 단원의 도입 소개, 과학 탐구, 과학 이야기, 단원 정리, 과학 글쓰기, 평가 문항 등은 제외하고 본문만을 대상으로 분석하였다.

Table 1. The subjects of this study

School level	Textbook	Authors	Year of issue
Middle school	Science 2	Kim et al.	2019
	Science 2	Lim et al.	2019
High school	Life science II	Kwon et al.	2018
	Life science II	Shim et al.	2019

Data Collection and Data Analysis

교과서에 제시된 식물 관련 개념들 중 구체적으로 분석할 생명과학적으로 유의미한 개념들을 선정하기 위하여 교과서 본문의 내용을 먼저 전사하였다. 교과서 본문 내용 전사 시에는 본문 내용을 재구성하지 않고, 있는 그대로 자료를 옮겨 적어 개념 추출 작업이 이루어졌다. 교과서 본문은 텍스트 파일로 옮겨 ‘식물체의 구성’, ‘증산작용’, ‘광합성’ 영역으로 분류하였다.

교과서 본문 내용을 전사한 텍스트 파일은 NetMiner 4.0 프로그램을 이용하여 개념 추출에 활용하였다. 개념은 명사를 기본으로 추출하였으며, 추출한 개념은 개념 선정을 위해 정제화 과정을 거쳤다. 정제화 과정에서는 띄어쓰기, 품사 형태 변경과 같은 클렌징(cleansing) 작업 및 동의어와 유의어 정리 등과 같이 적절한 개념을 채택하기 위한 통제작업을 거치고, 마지막으로 의미없는 개념을 제거하기 위한 제거작업을 하였다 (Lee, 2014).

추출된 개념 중 생명과학적으로 유의미한 개념을 선정하기 위해서 중, 고등학교 현장에서 근무하는 생명과학 교사 7인에게 1차 개념 선정을 의뢰하고, 이 후 생명과학 교과 교육전문가 3인에게 2차 개념 선정을 의뢰하였다. 이때 과반 이상의 응답자가 제거해야 할 개념이라고 선택한 경우 개념을 분석에서 제외하였다. 이렇게 최종적으로 선정된 개념은 ‘식물체의 구성’에서 37개, ‘증산작용’에서 22개, ‘광합성’에서 96개였다. 선정된 개념 중 빈도가 높은 10개의 개념을 Table 2에 제시하였다.

Table 2. Top 10 examples of selected concepts

plant composition	transpiration	photosynthesis	
high school	middle school	middle school	high school
chlorophyll	leaf	photosynthesis	light
light	H ₂ O	plant	photosynthesis
photosynthesis	stoma	nutrient	plant
pigment	root	light	energy
chloroplast	transpiration	leaf	CO ₂
wavelength	plant	chloroplast	leaf
chlorophyll a	plant body	cell	chloroplast
thylakoid	vapor	CO ₂	respiration
chlorophyll b	guard cell	energy	wavelength
energy	epidermis	H ₂ O	chlorophyll

이들 개념들은 NetMiner 4.0 프로그램을 이용하여 개념 네트워크로 구조화되었다. 개념 네트워크 분석에서는 힘 기반 레이아웃 인 Distances + Node Replulsion (N. R.) + Equal Edge Length 레이아웃을 사용하여 2015 개정 과학과 교육과정의 식물 관련 개념들의 개념 네트워크를 한 눈에 보기 쉽게 구조화하였다. 이때 제시된 개념 네트워크에서 점(node)은 선정된 개념, 선(link)은 개념들 간의 관계를 의미한다. 여기서 점의 크기는 네트워크에서 나타나는 개념의 출현 빈도에, 선의 굵기는 개념 사이의 공출현 빈도에 비례하여 제시된다. 또한 개념 네트워크에서 나타난 개념들의 아이젠벡터 중심성(eigenvector centrality) 지수는 네트워크 내에서 핵심 개념을 추출하는 척도로 많이 활용된다(Doerfel & Connaughton, 2009). 이에 아이젠벡터 중심성에 따라 개념 네트워크 내에서 핵심 개념을 제시하였다.

Results and Discussion

Plant Composition

2015 개정 교육과정의 ‘식물체의 구성’ 영역 관련 개념들의 네트워크는 Fig. 1과 같다. ‘식물체의 구성’과 관련된 개념들은 중학교 과학에서는 제시되지 않았고, 고등학교 교과서에서만 제시되었다. 고등학교 생명과학 II에서 제시된 개념은 총 37개였다. 개념의 출현빈도를 살펴보면 엽록소 28회, 광합성 27회, 빛 27회, 색소 19회, 엽록체 14회의 순으로 나타났다.

네트워크 구조를 살펴보면 ‘엽록체’는 외막, 그라나, 스펙트럼, 식물, 엽록소, 광합성, 색소, 틸라코이드, 카로틴 개념과 연결되어 있었고, ‘엽록소’는 엽록체, 엽록소 a, 엽록소 b, 광합성, 빛, 색소 개념과 연결되어 있었다. ‘색소’ 개념은 카로티노이드, 카로틴, 광합성, 가시광선, 빛, 광합성, 엽록체 개념과 연결되어 있었고, ‘빛’ 개념은 광계, 파장, 에너지, 광합성, 색소, 엽록체, 틸라코이드 개념들과 연결되어 있었다. ‘광합성’ 개념은 색소, 엽록체, 엽록소, 엽록소 a, 에너지원, 적색광, 생물, 에너지, 빛, 가시광선 개념과 연결되어 있었다. 그러나 ‘세포’ 개념은 미토콘드리아, 호흡 개념과만, ‘스트로마’는 기질, 포도당과만 연결되어 있다. 이들 개념들은 다른 개념들과 연결되어 있지 않았다. 교과서의 개념 네트워크에 따라 학생들의 개념 네트워크도 유사하게 형성한다는 Lee et al. (2018)의 선행연구 결과에 빗대어볼 때 이처럼 분절된 개념들은 학생들이 교과서를 통한 학습을 할 때 이들 개념을 다른 개념들과 연결하여 인식하지 못할 가능성이 높다. 특히, 세포, 미토콘드리아, 호흡, 기질, 스트로마, 포도당과 같은 개념들은 분절되어 이해하는 것 보다는 다른 개념들과 유기적으로 연결하여 이해할 경우에 학습에 용이하다. 예를 들어, 광합성과 호흡은 비교하여 제시하면서 각각의 세포 소기관에 대해 제시할 때, 세포라는 개념을 매개하여 제시하기에 적합하다. 또한 세포 소기관의 구조적인 측면에서도 그라나, 스트로마 개념들이 연결되어 비교를 통해 제시된다면 더욱 이해하기에 적절하다. 이에 교과서에 제시되는 개념들의 경우 분절된 개념이 없이 관련 개념들 간의 유기적 연결이 적절하게 이루어진 형태로 제시될 필요가 있다.

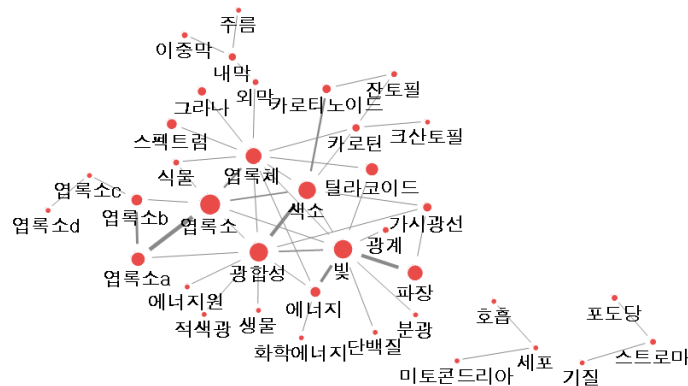


Fig. 1. A conceptual network of ‘plant composition’ of high school textbook

아이겐벡터 중심성은 엽록소(0.480), 엽록소 a(0.405), 색소(0.391), 광합성(0.378), 빛(0.358) 개념 순으로 높게 나타났다. 이들 아이겐벡터가 높은 개념들은 개념 네트워크에서 핵심 개념에 속하는 개념들로 네트워크의 중심에 위치하고 있었다. 이처럼 핵심 개념들은 광합성과 관련된 보다 구체적인 개념들로 광합성과 관련된 세포 소기관 및 미시적인 구조를 중심으로 제시되고 있었다. 이들 개념들의 네트워크 구조는 초등학교에서 제시된 식물 영역의 개념 네트워크(Park et al., 2021)와는 차이가 나는 것으로 초등학교에서는 주로 뿌리, 줄기, 잎, 꽃과 같은 식물체를 구성하고 있는 기관을 중심으로 네트워크를 형성하고 있는데 반해 고등학교에서는 구조적 개념들이 미시적인 형태를 나타내는 개념들을 중심으로 제시되고 있었다. 이를 통해 초등학교에서 거시적인 구조를 제시한 후 고등학교에서 미시적인 구조의 형태로 제시하는 위계적인 구조를 가지고 나선형 교육과정에 맞게 서술되고 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 개념들 중 세포, 미토콘드리아, 호흡, 스트

로마 등과 같이 전체적인 네트워크에서 연결이 되지 않고 분절된 개념들이 존재하고 있었다. 이들 개념들은 다른 개념들과 유기적으로 연계하여 제시할 필요성이 있다. 이에 각 영역별 분절된 개념에 대한 서술이 수정, 보완될 필요하다고 사료된다.

Transpiration

2015 개정 교육과정에서는 ‘증산작용’에 대해 중학교에서만 제시되었고, 고등학교에서는 제시되지 않았다. 2015 개정 과학과 교육과정에서 ‘증산작용’ 영역에 대해 제시된 중학교의 개념 네트워크는 Fig. 2와 같다. 중학교의 개념 네트워크에서 제시된 개념은 총 22개였다. 출현 빈도에 따라 제시하면 잎 34회, 물 28회, 기공 18회, 뿌리 14회, 증산작용 12회 등의 순으로 나타났다. 아이젠벡터 중심성은 물(0.548), 잎(0.430), 기공(0.287), 줄기(0.285), 뿌리(0.273), 식물(0.268), 수증기(0.227), 식물체(0.215) 등의 순으로 높게 나타났다. 이처럼 아이젠벡터 중심성이 높은 이들 개념들을 중심으로 증산작용의 개념 네트워크가 제시되고 있었다.

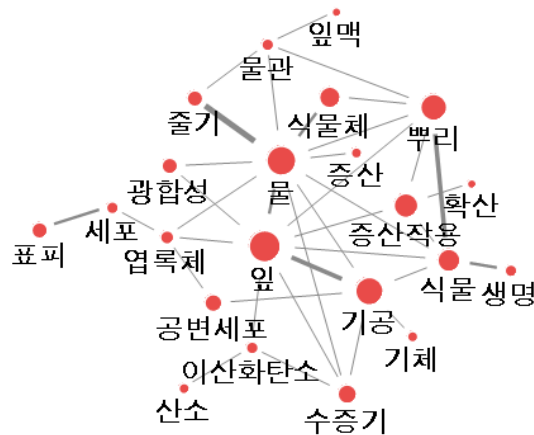


Fig. 2. A conceptual network of ‘transpiration’ of middle school textbook

‘물’ 개념은 줄기, 물관, 식물체, 증산, 식물, 기공, 잎, 광합성의 개념들과 연결되어 있었고, ‘잎’ 개념은 엽록체, 광합성, 물, 기공, 수증기, 이산화탄소의 개념들과 연결되어 있었다. ‘기공’ 개념은 잎, 식물, 물, 기체, 수증기, 공변세포, 잎과 연결되어 있었고, ‘뿌리’ 개념은 물관, 식물체, 잎, 물, 증산작용, 식물 개념과 연결되어 있었다. 증산작용과 관련된 개념 네트워크에서는 식물체 내에서 일어나는 물의 이동 및 증산작용이 일어나는 장소인 잎, 기공, 줄기, 뿌리 등의 구조와 관련된 개념 및 물, 수증기와 같이 증산작용의 대상과 관련된 개념을 중심으로 네트워크가 형성되고 있었다. 즉, 뿌리에서 흡수된 물이 줄기를 통해 잎으로 이동하여 잎의 기공을 통해 수증기의 형태로 증산작용이 일어난다는 과정과 관련된 핵심 개념들이다. 한편 초등학교에서 제시되는 증산작용과 관련된 개념들에 대한 선행 연구(Park et al., 2021)와 비교하였을 때 중학교에서는 초등학교에 비해 심화된 개념들이 더욱 많이 제시되고 있었다. 이를 통해 중학교에서 위계에 맞게 제시되고 있음을 확인할 수 있다.

핵심 개념을 중심으로 고등학교 ‘광합성’ 관련 개념의 네트워크를 살펴보면 ‘에너지’ 개념은 빛, 광합성, 이산화탄소, 물, ATP, 암반응, 광계, 엽록소 a, 명반응, 색소 등의 개념들과 연결되어 있었고, ‘빛’ 개념은 식물, 광합성, 이산화탄소, 물, 스트로마, 엽록체, 명반응, 광계 I, 광계 II, 색소, 파장, 보상점 등의 개념들과 연결되어 있었다. ‘ATP’ 개념은 에너지, 세포, 효소, NADPH, 캘빈회로, 틸라코이드, 명반응, 산물 등의 개념들과 연결되어 있었고, ‘NADPH’ 개념은 이산화탄소, ATP, 에너지, 환원, 광분해, 틸라코이드, 스트로마, 암반응, NADP 등의 개념과 연결되어 있었다. 한편, 시토크롬복합체, 플라스토퀴논, 뿌리, 줄기, 종자, 3PG, 14C, 방사성 동위원소와 같은 개념들은 다른 개념들과 연계되지 않고, 분절되어 제시되고 있었다. 교과서에 제시된 개념 네트워크가 학생들의 인지에 영향을 주기 때문에(Lee et al., 2018) 이들 개념들은 분절되어 제시됨으로써 학생들이 유기적으로 연계하여 이해하는데 어려움을 겪을 가능성이 있다. 특히 이들 개념들은 뿌리, 줄기와 같은 기본적인 개념부터 시토크롬복합체, 플라스토퀴논과 같은 회로에 제시되는 개념들, 그리고 방사성동위원소 등과 같이 탐구활동에서 제시되는 개념들로 다른 개념들과 유기적으로 연계되어 학습될 필요성이 있다. 이에 분절된 개념들을 유기적 연계하여 제시할 필요가 있다.

‘광합성’ 관련 개념 네트워크를 살펴보면, 중학교에서는 광합성 기작 및 관련된 장소나 탐구활동에서 사용하는 재료와 관련된 개념들을 중심으로 제시되고 있으나 고등학교에서는 세포 호흡 수준으로 다루어지고 있어서 중학교에서 고등학교로 갈수록 그 위계가 분명하다고 할 수 있다. 그러나 개념의 수를 살펴보면, 중학교에서는 31개의 개념이 등장한 반면 고등학교에서는 갑자기 개념의 수가 89개로 급증하고 있어서 학교급 간 차이에 비해 학습하여야 하는 개념의 수가 지나치게 크게 증가하여 학생들에게 학습의 어려움을 가중시킬 염려가 있으므로 이에 대한 보완이 필요하다. 또한 중학교와는 달리 고등학교 교과서에 제시된 광합성 관련 개념들이 서로 연계되지 않고, 따로 존재하는 개념의 쌍들이 존재하고 있다. 이는 개념들 간의 관계가 명확히 제시되지 않은 것을 의미하며, 학생들은 개념 학습 시에 다른 개념들과의 연계를 확인하기 어려워 학습에 어려움을 겪게 될 가능성이 있다. 이에 연계되지 않는 개념들도 수정 보완할 필요성이 있다.

Plants Related Concepts

2015 개정 교육과정 중등학교 교과서에 제시된 식물 관련된 전체 개념을 분석하기 위해 개념 네트워크를 제시하였다(Fig. 4). 이때 중학교와 고등학교에서 제시하는 개념의 수가 매우 많아서 빈도수 상위 30%의 개념만을 대상으로 개념 네트워크 구조를 제시하였다. 2015 개정 과학과 교육과정 중학교 교과서에 제시된 식물 관련된 전체 개념 네트워크는 Fig. 4a와 같다. 중학교에서 제시된 빈도수 상위 30%의 개념의 수는 총 29개로, 출현 빈도에 따라 식물 60회, 광합성 59회, 잎 52회, 물 37회, 양분 27회, 빛 23회, 엽록체 21회, 기공 18회 등의 순으로 나타났다. 그 중 공출현 빈도는 광합성과 식물 개념 사이에서 16회, 식물과 빛 개념 간에 8회, 세포와 엽록체 개념 사이에 7회로 높게 나타나고 있었다. 이를 통해 중학교 교과서에서 식물 관련된 개념들은 광합성과 식물, 식물과 빛 그리고 세포와 엽록체를 중심으로 연계하여 서술되고 있음을 확인할 수 있었다. 아이젠벡터 중심성을 살펴보면 식물(0.621), 광합성(0.495), 잎(0.337), 빛(0.250), 세포(0.224), 엽록체(0.209) 등의 순으로 높게 나타났다. 이처럼 식물, 광합성, 잎, 빛 등과 같이 아이젠벡터 중심성이 높은 개념을 중심으로 개념 네트워크가 형성되고 있었다.

이들 핵심 개념을 중심으로 중학교 식물 관련 개념의 네트워크를 살펴보면 식물 개념은 빛, 세포, 광합성, 잎, 기공, 증산작용, 물, 뿌리, 기관, 에너지원, 생명, 생물, 양분, 엽록소, 동물, 빛, 산소 등의 개념들과 연결되어 있었고, ‘광합성’ 개념은 식물, 빛, 엽록체, 검정말, 잎, 물 등의 개념과 연결되어 있었다. 잎 개념은 식물, 빛, 광합성, 세포, 포도당, 엽록체, 이산화탄소, 검정말, 수증기, 기공, 증산작용, 열매, 물, 뿌리 등의 개념과 연결되어 있었고, 빛 개념은 엽록소, 에너지, 엽록체, 광합성, 잎, 물, 식물 등의 개념과 연결되어 있었다. 또한 엽록체 개념은 세포, 빛, 식물, 광합성, 물, 잎, 공변세포 개념들과 연결되어 있었다.

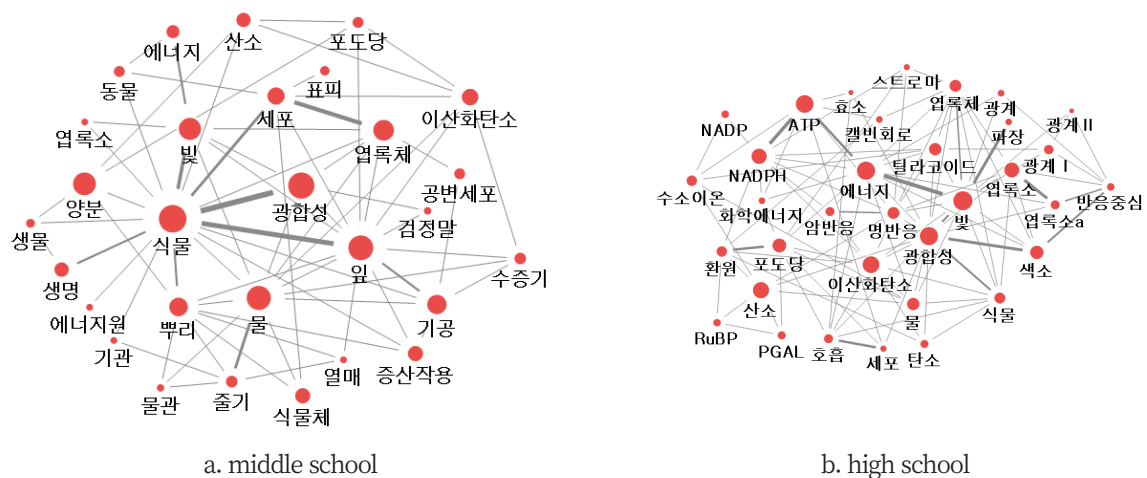


Fig. 4. A conceptual network of plant related concepts

고등학교 교과서에서 제시된 식물 관련 개념에서 상위 30%에 해당하는 개념의 수는 총 34개로 나타났다 (Fig. 4b). 개념의 출현 빈도를 살펴보면 빛 109회, 광합성과 에너지 96회, ATP 53회, 이산화탄소 50회, 산소 49회 등의 순으로 나타났다. 특히 공출현 빈도를 살펴보면, 빛과 에너지가 42회, ATP와 NADPH가 21회, 엽록소와 엽록소a가 13회, 빛과 파장이 13회 등의 순으로 나타나 빛을 에너지, 파장으로 세부화하여 서술하고 있음을 확인할 수 있었다.

아이겐벡터 중심성을 살펴보면 빛(0.669), 에너지(0.640), 파장(0.182), 광합성(0.169), ATP(0.150) 등의 순으로 나타나고 있었다. 이를 통해 빛, 에너지, 파장, 광합성 등의 개념들을 중심으로 고등학교의 식물 관련 개념 네트워크가 제시되고 있음을 확인할 수 있었다. 핵심 개념들을 중심으로 고등학교에서 제시된 식물 관련 개념 네트워크를 살펴보면 빛 개념은 에너지, 틸라코이드, 엽록체, 광계, 파장, 광계 II, 색소, 광합성, 명반응 등의 개념과 연결되어 있었고, 에너지 개념은 ATP, 엽록체, 틸라코이드, 광계, 빛, 광합성, 호흡, 암반응, 화학에너지, NADP 등의 개념들과 연결되어 있었다. 광합성 개념은 색소, 빛, 식물, 산소, 물, 호흡, 이산화탄소, 산소, 명반응 등의 개념들과 연계되어 있었으며, ATP 개념은 수소, NADPH, 에너지, 효소, 캘빈회로 등의 개념과 연결되어 있었다. ‘파장’ 개념은 빛 개념과 연계되어 있었는데 이는 고등학교 식물 관련 개념 네트워크에서 핵심 개념인 ‘빛’의 개념과 직접적으로 연결되어 있어서 아이겐벡터 중심성이 높은 핵심 개념에 속하는 것을 유추할 수 있다.

이처럼 중학교와 고등학교의 식물 관련 개념들의 네트워크를 전체적으로 살펴보면 중학교 교과서는 식물체 내에서 물의 이동과 관련된 구조를 중심으로 제시되고 있으며, 고등학교 교과서는 분자 수준의 개념들을 위주로 광합성 과정을 제시하고 있음을 확인할 수 있다.

지금까지 2015 개정 과학과 교육과정에서 식물과 관련된 개념이 제시된 중등학교 교과서의 개념 네트워크를 분석하였다. 분석 결과 중학교에 비해 고등학교에서 제시된 식물 관련 개념의 수가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이는 학교급이 올라갈수록 개념 수가 급격히 증가하며(Kim et al., 2009), 특히 광합성 영역과 같이 제시되는 개념들의 연계가 높은 영역의 개념들이 특정 학년에 집중적으로 제시되고 있다(Lee & Yeo, 2015)는 선행연구와 일치하는 결과이다. 이러한 개념의 제시 방식은 특정 시기의 학생들의 개념 학습에 대한 부담을 가중시킴으로써 학습에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있을 것이라 사료된다. 이에 제시되는 개념에 대한 적정화가 필요하다. 이때 개념의 적정화란 교과서에서 제시하는 개념의 수에 대한 단순한 축소 또는 수준의 하향화가 아니라 학생들에게 보다 유의미한 학습 경험을 제시하기 위해서(Lee et al., 2014) 조직화된 개념 네트워크의 형태로 개념을 제시할 필요가 있다.

2015 개정 과학과 교육과정은 핵심 개념을 중심으로 의미 있는 학습 경험을 제공하고, 본질적이고 단편적인 지식 중심의 교육과정이 야기하는 학습량 과다의 문제점을 근본적이고, 실질적으로 개선한다는 비전으로 개정이 이루어졌다(MOE, 2017). 본 연구의 분석 결과를 보더라도 전반적으로 핵심 개념을 중심으로 식물 관련 개념들이 비교적 잘 연계되어 제시되고 있었다. 하지만 개념 네트워크 내에서 일부 연계되지 않고, 본절되어 있는 소수의 개념들이 관련 개념들과 적절히 연계를 이루어 보다 체계적인 네트워크를 형성할 때 더욱 올바른 개정 방향으로 나아갈 수 있을 것이라 사료된다.

Conclusions and Suggestions

본 연구는 2015 개정 과학과 교육과정의 식물 관련 개념들이 중등학교에서 어떠한 개념 네트워크를 형성하며 구조화되어 있는지를 분석하고자 하였다. 이를 위하여 언어 네트워크 분석법을 활용하여 중학교, 고등학교의 과학과 생명과학 교과서 중 식물과 관련된 개념들의 네트워크를 분석하였다. 이때 식물과 관련된 개념들은 크게 식물체의 구성, 증산작용, 광합성 영역으로 구분하였고, 이에 따라 개념 네트워크를 구조화하여 분석이 이루어졌다.

본 연구 결론은 다음과 같다. 첫째, 2015 개정 과학과 교육과정에 기초한 중등학교 교과서에서 제시된 식물 관련 개념들은 전체적으로 위계적인 구조를 보이고 있다. 식물 관련 개념 중 중학교 교과서에서는 증산작용과 광합성과 관련 개념을, 고등학교에서는 식물체의 구성과 광합성과 관련된 개념들을 다루고 있다. 중학교와 고등학교에서 모두 제시되고 있는 광합성 관련 개념들은 위계적인 구조를 보이고 있었다. 중학교 교과서에서는 물의 이동을 중심으로 광합성 관련 개념들을 진술하고 있었는데, 이를 위해 뿌리, 줄기, 잎과 같은 식물체 구조를 중심으로 개념이 진술되고 있다. 한편 고등학교 교과서에서는 잎의 엽록체에서 일어나는 분자 수준의 광합성 개념들을 위주로 제시되고 있었는데, 전자전달계를 중심으로 ATP가 생성되는 과정을 상세히 기술하고 있었다. 이처럼 중학교와 고등학교에서 제시되는 식물 관련 개념들은 중복되지 않고, 개념의 적정화가 이루어져서 제시하고 있는 것으로 생각된다.

둘째, 식물 관련 개념의 네트워크 중 ‘식물체의 구성’, ‘광합성’ 영역에서 다른 개념들과 유기적으로 연결되지 않고, 분절된 개념들이 존재한다. 분절된 개념은 구체적으로 ‘식물체의 구성’ 영역에서는 호흡, 세포, 미토콘드리아, 포도당, 기질, 스트로마 개념이었고, ‘광합성’ 영역에서는 중학교에는 없었지만 고등학교에서는 줄기, 뿌리, 종자, 방사성동위원소, 14C, 3PG, 시토크롬복합체, 플라스토크논 개념이었다. 이처럼 다른 개념들과 연결되지 않고, 분절되어 제시됨으로 인해 학생들이 식물 관련 개념들을 학습할 때 분절하여 개념들을 획득할 수 있는 가능성이 존재한다. 이에 분절되어 제시되는 개념들의 연계를 수정, 보완하여 재구조화 할 필요성이 요구된다.

셋째, 중학교와 고등학교에서 공통적으로 제시되는 광합성과 관련된 개념을 살펴보면 고등학교에서 새롭게 제시되는 개념의 수가 급격히 많아진다. 광합성 관련 회로 및 분자 수준의 개념들이 고등학교 교과서에 새롭게 많이 등장함으로써 중학교 교과서에 비해 개념의 수가 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 학생들의 개념 학습에 어려움을 줄 가능성이 있으므로 이에 대한 보완이 필요하다.

본 연구를 통해 차기 교육과정에서는 개념의 분절이 이루어지지 않고, 개념들 간의 연계가 더욱 확실한 교육과정 및 교과서가 개발되길 기대한다. 또한 고등학교에서 제시되는 새로운 개념들의 적정화를 통해 학생들의 개념 학습에 어려움을 주는 요인을 최소화할 수 있는 노력도 필요하다. 본 연구를 기반으로 추후 연구에서는 관련된 각각의 영역 간을 연계하는 개념에 대한 분석도 이루어지길 기대한다.

References

- Anderson, J. R. (1990). *Cognitive Psychology and Its Implications* (3rd ed.). New York: Freeman.
- Bae, K., Jung, R., Ji, D., & Son, Y. (2020). Analysis of SDGs goals in life science i textbook of high school according to 2015 revised curriculum. *Journal of Education Science*, 22, 1-23.
- Choi, E., Kim, D., & Moon, D. (2012). The effects of inquiry class applied by discovery learning on ‘the structure and functions of plants’ in middle school science. *Teacher Education Research*, 51, 90-105.
- Chung, D., Lee, J., Kim, S., & Park, K. (2013). An analysis on congruency between educational objectives of curriculum and learning objectives of textbooks using semantic network analysis- Focus on earth science I in the 2009 revised curriculum -. *Journal of Korean Earth Science Society*, 34, 711-726.
- Doerfel, M., & Connaughton, S. (2009). Semantic networks and competition: Election year winners and losers in US televised presidential debates, 1960-2004. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60, 201-218.
- Drieger, P. (2013). Semantic network analysis as a method for visual text analytics. *Procedia - social and Behavioral Sciences*, 79, 4-17.
- Hunter, S. (2014) A novel method of network text analysis. *Open Journal of Modern Linguistics*, 4, 350.
- Jeon, Y., & Lee, Y. (2020), Analysis of the nature of science (NOS) in integrated science textbooks of the 2015 revised curriculum. *Journal of Science Education*, 44, 273-288.
- Jeong, S., & Chung, J. (2020). Analysis of inquiry activity types in the high school life science II textbooks according to the 2009 revised and 2015 revised science curriculums. *Journal of Science Education*, 43, 43-63.
- Jeong, S., & Chung, J. (2021). Network analysis of 2015 revised life science II textbooks using TEXTOM - Focusing on the fields of genes and biotechnology. *School Science Journal*, 15, 99-120.
- Jeong, S., Lim, S., & Kim, Y. (2019). Coherence on concepts used in science inquiry activities. *Brain, Digital, & Learning*, 9, 189-198.

- Kim, H., & Kang, K. (2019). Analysis of science writing and development of teaching-learning materials in life sciences I textbooks based on the 2015 revision curriculum. *Biology Education*, 47, 171-186.
- Kim, M., Park, H., & Kim, Y. (2018). Comparison of conceptual networks in plant nutrition of middle school science textbook and students' learning. *Biology Education*, 46, 97-110.
- Kim, Y. (2020). Change in network of concepts of plant-related units between inquiry and textbook text in primary and secondary School. *Biology Education*, 48, 389-397.
- 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, 29-52.
- 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, 377-387.
- Kim, Y., Lee, Y., Lee, H., & Lim, S. (2021). Conceptual alignment between the somatic cell division curriculum, textbooks, instruction, and assessment in high school. *Journal of Biological Education*, <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1884585>.
- Kwon, H., & Kim, Y. (2018). Analysis of semantic network in life science domains on middle school textbook based on 2009 revised national science curriculum by publisher. *Brain, Digital, & Learning*, 8, 17-32.
- 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, 63-70.
- Lee, H., & Yeo, C. (2015). International comparison study on the articulation of the science curriculum: Focus on the concept of photosynthesis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35, 805-815.
- Lee, J., Kim, Y., & Park, H. (2020). Comparison of conceptual networks in biology I textbooks under the 2009 and 2015 revised science curriculum - Focused on the continuity of life -. *Biology Education*, 48, 607-620.
- Lee, K., Jeong, Y., Seo, Y., Jeong, C., Choi, J., Park, M., ... Kim, S. (2014). A study on setting the direction of curriculum development. Chungbuk: Korea Institute for Curriculum and Evaluation.
- Lee, M., Park, H., & Kim, Y. (2018). Comparison of conceptual networks in plant structure and function of elementary school science textbook and students' learning. *Biology Education*, 46, 330-345.
- Lee, S. (2014). A content analysis of journal articles using the Language Network Analysis methods. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 31, 49-68.
- Lim, S., & Kim, Y. (2015). An analysis of articulation in life science revision 2009 curriculum with semantic network analysis. *Biology Education*, 43, 84-96.
- MOE(Ministry of Education) (2015). 2015 Revised Elementary School National Curriculum. Sejong: Ministry of Education.
- MOE(Ministry of Education) (2017). Commentary on 2015 Revised Curriculum-High School. Sejong: Ministry of Education.
- MOEST(Ministry of Education and Science Technology) (2011). 2009 Revised Elementary School National Curriculum. Seoul: Ministry of Education and Science Technology.
- Park, J. (2017). Analysis of content elements related to 'biodiversity' in middle school science textbooks based on the 2015 revised national science curriculum. *Biology Education*, 45, 516-527.
- Park, J. (2019). Analysis of science core competencies reflected in the inquiry activities of middle school science textbooks based on the 2015 revised national curriculum. *Biology Education*, 47, 509-521.
- Park, S., Kim, Y., & Lim, S. (2021). An analysis of conceptual network structure and articulation of structure

and functions of plants unit in the elementary school science textbook according to the curriculum revision. *Biology Education*, 49, 81-93.

Park, I., Lim, S., & Kim, Y. (2020). Analysis on articulation of 'stimulus and response' unit according to curriculum revision in middle school. *Brain, Digital, & Learning*, 10, 49-57.

Shim, K., & Song, S. (2019). Analysis of inquiry activity types in the high school life science ii textbooks based on the 2015 revised science national curriculum. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19, 165-184.

Song, S. (2018). Analysis of inquiry activity types in the high school life science I textbooks according to the 2015 revised science curriculum. *Biology Education*, 46, 187-201.

Song, S., & Shim, K. (2020). An analysis of the scientific inquiry skills in inquiry activity of elementary school science textbooks - Focusing on grade 5 & 6 science textbooks -. *Biology Education*, 48, 546-558.

Authors Information

Lim, Soo-min: Kyungpook National University, Research Professor, First Author

Park, Shin-Ah: Kyungpook National University, Graduate student, Co-author

Yoon, Heojeong: Chuncheon National University of Education, Professor, Co-author

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