

초등학교 학생들의 수업 전후 광합성 관련 개념의 지위 중복 변화 분석

임수민 · 김영란 · 신애경[†] · 김영신
(경북대학교) · (제주대학교)[†]

Analysis on the Change of Niche Overlap of Elementary School Students' Photosynthesis Concepts through Instruction

Lim, Soo-min · Kim, Young-lan · Shin, Ae-kyung[†] · Kim, Youngshin
(Kyungpook National University) · (Jeju National University)[†]

ABSTRACT

Conception in learner's cognitive structure has a niche as species in ecosystems. The purpose of this study is to analyze the change of niche overlap of photosynthesis concept through instruction. The photosynthesis concepts were selected from literature review. Selected concepts were in 4 areas: Location of photosynthesis, reactants, products, and environmental factors. The subjects consisted 304 elementary students. The respondent marked the relevance between the presented concepts and each area on a scale of 1~30 points. The analysis of niche overlap in concepts was performed by changing in niche overlap graph, niche space size, and overlap index before and after instruction. The results are as follows. First, on the whole understanding level and relevance of the scientific concepts was increased through instruction as a result of learning. Second, elementary school students cognitive concepts in the form of chunking concepts through classification process. Based on the results, this study has the following suggestion. Students' conceptual ecologies and niche analyzed by this study will be used as material for development of instruction strategy.

Key words : photosynthesis concepts, niche, niche overlap

I. 서 론

학습에 대한 다양한 관점 중 하나는 학생들의 인지구조와 학습할 개념 사이의 상호작용을 통해서 학습자가 가지고 있는 기존의 인지구조가 변화하여 그에 따른 새로운 의미가 구성되는 것이다(Ausubel, 1968; Kang & Lee, 2001). 이러한 복잡하고 역동적인 학습을 전반적으로 이해하기 위하여 생태학적 접근이 다각도로 이루어지고 있다. 생물이 생태계 속에서 생물적, 비생물적 요소들과 역동적으로 상호작용하여 각자 고유의 지위(niche)를 가지듯이, 개념 역시 개념 생태 속에서 다른 개념들과의 상호작용을 통해 생태 지위(ecological niche)를 차지하며 발달한다(Jeong & Kim, 2011; Toulmin, 1972).

생태학적 접근으로 교육을 살펴 본 연구들은 현재 활발하게 이루어지고 있다. Toulmin(1972)이 처음으로 ‘인간의 이해(Human Understanding)’에서 ‘개념 생태(conceptual ecology)’를 설명하였고(Yang, 2013), 이후 Demaster *et al.*(1995), Disessa(2002), Posner *et al.*(1982), Thorley(1990)와 같은 학자들이 이에 대한 연구를 지속적으로 수행하였다. 개념은 실생활의 맥락과 분리시켜 이해하는 것이 불가능하므로(Jonassen & Land, 2012), 학습 역시 실생활의 맥락 안에서 이루어져야 한다(Jonassen & Land, 2012). 이러한 맥락

를 통해 생태 지위(ecological niche)를 차지하며 발달한다(Jeong & Kim, 2011; Toulmin, 1972). 생태학적 접근으로 교육을 살펴 본 연구들은 현재 활발하게 이루어지고 있다. Toulmin(1972)이 처음으로 ‘인간의 이해(Human Understanding)’에서 ‘개념 생태(conceptual ecology)’를 설명하였고(Yang, 2013), 이후 Demaster *et al.*(1995), Disessa(2002), Posner *et al.*(1982), Thorley(1990)와 같은 학자들이 이에 대한 연구를 지속적으로 수행하였다. 개념은 실생활의 맥락과 분리시켜 이해하는 것이 불가능하므로(Jonassen & Land, 2012), 학습 역시 실생활의 맥락 안에서 이루어져야 한다(Jonassen & Land, 2012). 이러한 맥락

에서 학습생태학, 심층생태학, 지식생태학의 형태로 교육에 대한 생태학적 접근이 이루어지고 있다.

교육 이외의 영역에서도 생태학적 접근은 다양하게 활용되고 있다. 사회조직학에서 Hannan and Freeman(1977)은 조직론에 이를 적용하여 연구를 하였고, 이는 ‘적소 이론(Niche Theory)’으로 발달되어 현재 미디어, 커뮤니케이션, 산업구조, 도시 설계 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 생태학적 이론을 바탕으로 조직, 미디어의 경쟁 관계를 밝히는 적소 이론, 생태적 지위(niche) 개념을 한국 영화에 적용하여 문화적 혼란을 설명한 연구(Kim, 2014), 생태적 개념 중 지위(niche)를 공간 계획, 설계와 관련지어 논의한 연구(Strenke & Koh, 2010) 등을 통해 생태학적 비유의 유용함을 이해할 수 있다(Han & Park, 2001).

이러한 생태학적 원리를 빌려 개념의 생태적 지위를 분석한 선행 연구들을 살펴보면, 초·중·고 학생들이 가지고 있는 광합성 개념을 생태 지위적 접근을 통해 파악한 연구(Jeong & Kim, 2011), 초등학교 지리 개념들 간의 경쟁 관계를 통해 논리적, 심리적 위계를 파악한 연구(Yang, 2013), 개념 생태 지위를 통한 과학교사와 예비교사의 과학적 개념을 조사한 연구(Lim *et al.*, 2011) 등이 있다.

과학교육에서 개념 생태 지위에 대한 선행연구들은 개념의 지위 중복과 개념의 근접성에 초점을 맞추어 이루어졌다. 이때 두 개념 사이의 중복의 정도와 중복의 패턴이 어떻게 변화하는지에 대한 분석은 부족하였다. 개념의 지위 중복지수는 두 개념이 중복되어 있는 정도를 각 개념의 입장에서 상대적으로 나타내줌으로써 중복의 정도뿐 아니라, 패턴까지도 수치적으로 나타내줄 수 있다. 따라서 이 연구에서는 학생들이 가지고 있는 광합성 개념의 지위 중복 지수를 통해 개념 간 지위 중복의 정도와 패턴이 어떻게 변화하는지를 살펴보았다.

생물교육에서 광합성은 매우 중요한 영역(Jeong & Kim, 2011)이면서, 학생들이 가장 어려워하는 주제 중 하나(Lim *et al.*, 2011; Lim *et al.*, 2012; Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Waheed & Lucas, 1992)이다. 그러므로 이 연구에서 초등학교 5학년 학생들의 광합성 각 영역 내에 개념의 관련성과 이해수준 정도를 이용하여 개념의 지위 중복이 어떻게 변화되는지를 살펴보았다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 시·군 지역 소재 초등학교 5학년 12학급의 321명을 대상으로 진행하였다. 이 중 관련성 점수를 제시하지 않았거나, 개념을 서술하지 않은 학생 17명을 제외한 304명을 대상으로 분석하였다. 연구대상은 남학생 158명, 여학생 146명으로 구성되어 있다.

2. 검사 도구

1) 개념 선정

제 7차 교육과정에서 ‘광합성’ 단원의 내용은 광합성 장소, 광합성 필요물질, 광합성 산물, 광합성 환경요인으로 구성되어 있다. 우리나라 과학과 교육과정은 나선형 교육과정으로 학교급에 따라 제시하는 내용의 맥락은 동일하다. 또한 2007 개정 교육과정, 2009 개정 교육과정은 제 7차 과학과 교육과정에서 큰 변화가 없으므로, 광합성과 관련된 이전 연구들과 마찬가지로 광합성 개념을 4가지 영역으로 구분하여 살펴보았다.

광합성 영역에 대한 개념은 Jeong and Kim(2011)이 예비설문을 통해 얻은 결과를 바탕으로 선정되었다. Jeong and Kim(2011)의 예비 설문지는 광합성 장소, 필요물질, 생성물질, 환경요인 영역으로 구분하여 학생들이 각 영역과 관련하여 알고 있는 개념들을 모두 적을 수 있도록 하였다. 학생들이 제시한 각 영역의 개념들 중에서 많은 학생들이 공통적으로 인지하는 대표성을 가진 개념을 제시하기 위하여 5% 이상의 빈도로 나타나는 개념들을 선정하였다. 선정된 개념은 Table 1과 같다.

광합성 장소 영역에서는 뿌리, 줄기, 물, 잎, 양

Table 1. Selected concepts in areas of photosynthesis

Area	Selected concept
Location of photosynthesis	Root, stem, water, leaf, sunny place, plant
Reactants of photosynthesis	Oxygen, soil, air, carbon dioxide, water, light
Products of photosynthesis	Carbon dioxide, water, leaf, starch, nutrient, oxygen
Environmental factors	Water, light, oxygen, carbon dioxide

지, 식물의 6개 개념, 광합성 필요물질 영역은 산소, 흙, 공기, 이산화탄소, 물, 빛의 6개 개념이 선정되었다. 또한 광합성 생성물질 영역에서는 이산화탄소, 물, 잎, 녹말, 영양분, 산소의 6개 개념이 광합성 환경요인 영역은 물, 빛, 산소, 이산화탄소의 4개 개념이 선정되었다.

2) 설문지

광합성과 관련된 개념의 관련성 점수와 이해수준을 측정하기 위하여 Jeong and Kim(2011)이 개발한 개념의 관련성 점수에 대한 설문지와 Lim *et al.*(2012)이 개발한 과학 개념의 이해수준에 대한 설문지를 수정·보완하여 활용하였다.

설문지 영역은 광합성 장소, 필요물질, 생성물질, 환경요인 영역으로 구성되었고, 각 영역별로 선정된 개념들을 제시하였다. 학생들에게 선정된 개념과 설문지의 각 영역이 관련되어 있다고 생각하는 정도를 관련성 점수로 1~30점 사이의 간격으로 기재하도록 하였다. 또한 선정된 개념에 대해 알고 있는 과학적 지식에 대해서도 서술하도록 하였다.

3. 자료 수집 및 분석

5학년 학생을 대상으로 광합성 단원의 수업 전과 후에 설문을 실시하였다. 수업 전 설문은 2014년 6월 말, 수업 후 설문은 8월 말에 실시하였다. 학생들에게 설문에 대한 안내가 충분히 이루어질 수 있도록 교사와 사전에 충분한 안내와 협의가 이루어졌고, 약 30분간 설문이 이루어졌다.

개념의 관련성 점수는 학생들이 광합성의 각 영역과 개념이 관련되어 있는 정도를 기재한 결과를 반영하였고, 개념의 이해수준은 이해수준 분류들에 따라 점수화되었다. 이해수준 분류들은 Simpson and Marek(1988)이 개발한 것을 사용하였다. 이해수준은 올바른 이해(Sound Understanding, SU), 부분적인 이해(Partial Understanding, PU), 잘못된 이해를 포함하는 부분적 이해(Partial Understanding with Misunderstanding, PM), 완전히 잘못된 이해(Complete Misunderstanding, CM) 그리고 무응답(No Response, NP)의 5가지로 구분하였다. 이해수준은 SU, PU, PM, CM, NU의 5단계에 따라 각각 5, 4, 3, 2, 1점이 부여되었다.

이해수준 분류들은 선행연구(Lim *et al.*, 2012)를 참고하여 각 영역에 제시된 개념별로 개발하였으며, 생물교육 전문가 5인에게 내용 타당도를 검증

Table 2. Classification framework for the levels of understanding on 'stem' concept

Level	Sub-level	Concept type
SU	SU1	Support plants, move nutrient through vessel
	PU1	Move nutrient
PU	PU2	Support plants
	PU3	Exists vessel
PM	PM1	Do not photosynthesize
	PM2	Attached leaves and move water
CM	CM1	Absorb the nutrient through stem
	CM2	Attached leaves
NR	-	-

받았다. 이해수준 분류들의 내용 타당도는 .85로 나타났다. 일치되지 않는 부분은 협의를 거쳐 수정 보완하여 활용하였다. Table 2는 이해수준 분류들에 대한 하나의 예시로 광합성 장소 영역의 줄기 개념에 대한 것이다.

광합성 장소, 필요물질, 생성물질, 환경요인 영역에 대한 개념의 지위 중복은 지위 중복 그래프, 지위 공간의 크기, 중복지수로 분석하였다. 먼저 개념의 지위 중복을 분석하기 위해서 이해수준 점수, 관련성 점수의 평균과 표준편차를 구하였다. 이때 관련성 점수와 이해수준 점수가 같은 간격을 나타낼 수 있도록 관련성 점수를 5점 만점으로 환산하여 사용하였다. 그래프의 X축은 관련성 점수의 평균과 표준편차로 범위를 나타내고, Y축은 이해수준 점수의 평균과 표준편차로 범위를 나타내어, 이차원 그래프 상에 사각형의 개념 지위 공간을 표현하였다.

지위 중복지수는 한 개념의 지위 공간의 크기에 대한 다른 개념이 중복되는 공간의 비율이다. 즉, 지위 중복지수 AB는 B개념 지위 공간 전체의 크기에 대한 A와 B개념이 중복되는 지위공간의 비율, 즉 B개념의 크기에서 A개념과 B개념이 중복되는 부위를 나눈 값이다. 이때 지위 중복지수 값은 0~1로 나타나게 된다(McPherson, 1983).

$$\text{중복지수}_{AB} = \frac{A\text{개념과 } B\text{개념이 중복되는 지위공간}}{B\text{개념의 지위공간}}$$

개념 간 지위 중복지수를 구체적으로 살펴보면 Table 3과 같다. 예를 들어 A개념과 C개념 사이의

Table 3. Examples of overlap index between two concepts

	A	B	C	D
A	1	Overlap index _{BA}	Overlap index _{CA}	Overlap index _{DA}
B	Overlap index _{AB}	1	Overlap index _{CB}	Overlap index _{DB}
C	Overlap index _{AC}	Overlap index _{BC}	1	Overlap index _{DC}
D	Overlap index _{AD}	Overlap index _{BD}	Overlap index _{CD}	1

지위 중복지수에 대해 살펴보면, 다음 매트릭스의 중복지수_{AC}를 통해서 C개념을 기준으로 전체 C개념의 지위공간에 대하여 A개념이 겹쳐지는 지위공간과 중복지수_{CA}를 통해 A개념을 기준으로 전체 A개념의 지위공간에 대해 C개념이 겹쳐지는 지위공간을 수치적으로 확인할 수 있다. 이로써 두 개념 사이의 지위중복의 정도뿐 아니라, 패턴까지도 이해할 수 있다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 광합성 장소 영역

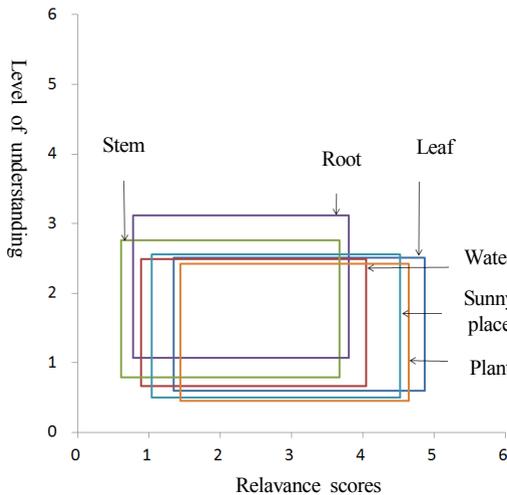
1) 지위 중복 그래프

광합성 장소 영역의 개념에 대한 지위 중복 그래프는 Fig. 1과 같다. 초등학교 5학년의 경우, 모든 개념에서 수업 전보다 수업 후에 관련성 점수가 증가하였고, 이해수준이 향상되었다. 따라서 5학년 학

생들의 광합성 장소 영역과 관련된 개념들의 지위 중복 그래프는 수업 후에 오른쪽 위로 이동하였다. 이는 잎, 물, 줄기, 뿌리, 양지, 식물에 대하여 학생들의 학습이 이루어졌다는 것을 의미한다.

수업 전과 후에는 다른 개념에 비해 ‘잎’과 ‘식물’이 광합성 장소와 관련이 높다고 인식하였고, ‘잎’은 수업 후 관련성 점수 상승이 가장 높았다. 이는 학생들이 일상적으로 ‘식물의 잎에서 광합성을 한다.’는 생각을 가지고 있고, 세포에 대한 개념은 초등학교에서 충분히 다루어지지 않고 있으나, 2007 개정 교육과정에서 잎의 기능으로 광합성을 학습하도록 제시되어 있기 때문에 ‘잎’에 대한 관련성 점수의 상승이 가장 높았다고 생각된다(Jeong & Kim, 2011; Kim *et al.*, 2009). 또한 초·중등 교과서에서 광합성에 대해 언급할 때 ‘잎’을 언급하고, 이와 관련된 탐구 실험에서도 ‘잎’을 주로 이용한다. 구체적인 예로 초등학교 4학년의 ‘식물의 생활’ 단원에서는 ‘잎’을 주로 관찰, 분류하며, 초등학교 5

a. Pre-test



b. Post-test

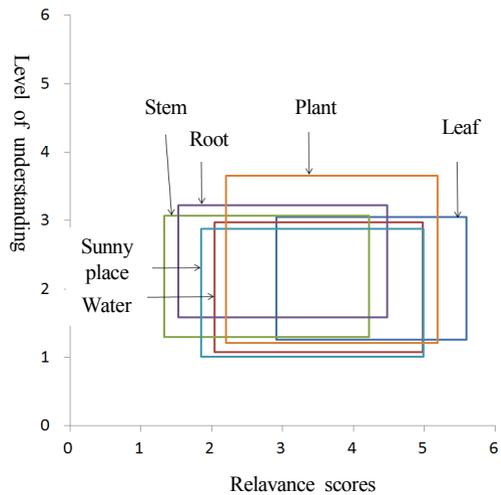


Fig. 1. Change of niche overlap graph of concepts on ‘location of photosynthesis’ through the instruction

학년에서 광합성 산물인 ‘녹말’을 검출할 때 ‘잎’을 이용하여 탐구하는 점과 관련이 있는 것으로 사료된다.

수업 전에 비해 수업 후 관련성 점수가 상승한 ‘양지’, ‘물’ 개념은 ‘식물의 구조와 기능’ 단원의 잎의 기능에서 빛과 물을 이용해서 잎이 광합성을 한다고 학습하였기 때문으로 생각된다. 수업 전에는 모든 개념들의 이해수준이 대체적으로 비슷하였으나, ‘뿌리’가 가장 높은 것으로 나타났고, 수업 후에는 ‘식물’이 가장 높게 나타났다. 이는 어릴 때부터 학생들이 당근, 고구마와 같은 저장뿌리에 대해 실생활에서 자주 접하고 있어 익숙하며, 식물을 기르는 방법으로 물을 주고, 뿌리가 물을 흡수하고, 영양분을 저장한다는 개념을 지니고 있어, 다른 개념에 비해 ‘뿌리’ 개념에 대한 높은 이해를 가지고 있는 것이라 사료된다.

2) 지위 공간의 크기

광합성 장소 영역의 개념이 차지하는 지위 공간의 크기 변화는 Table 4와 같다. 개념별 지위 공간의 크기를 살펴보면, 수업 전에는 양지, 잎, 식물, 뿌리, 줄기, 물의 순으로, 수업 후에는 식물, 양지, 물, 줄기, 뿌리, 잎의 순으로 나타났다. 그리고 ‘식물’을 제외한 나머지 개념들이 차지하는 지위 공간의 크기는 수업 후에 모두 감소하였다. 이는 수업의 결과, 학생들이 인지하게 되는 개념들의 관련성과 이해수준에 대한 다양성이 감소하였고, 과학적인 개념으로 수렴되었기 때문이라고 볼 수 있다

Table 4. Change of niche space size of concepts on ‘location of photosynthesis’ through the instruction

Concepts	Pre-test	Post-test	Differences of niche space size
Leaf	6.753	4.802	-1.951
Water	5.768	5.586	-0.182
Stem	6.060	5.135	-0.925
Root	6.200	4.825	-1.375
Sunny place	7.156	5.873	-1.283
Plant	6.304	7.307	1.003

(Lim *et al.*, 2012).

반면, ‘식물’의 지위 공간의 크기는 증가하였다. 즉, 수업에 의해 학생들이 생각하는 이해수준과 관련성의 다양성이 증가하였다는 것이다. 이는 ‘식물의 구조와 기능’ 단원을 식물을 뿌리, 줄기, 잎이라는 기관으로 나누어 학습함으로써 광합성 장소로서의 잎보다는 세부적이고 구체적으로 사고한 결과, 식물이라는 전체적인 개념에 대한 이해수준과 관련성이 다양하게 나타나는 것으로 생각된다.

3) 지위 중복지수

지위 중복 그래프(Fig. 1)에서 나타난 개념들 간의 중복은 중복지수를 통해 비교하였다. Table 5는 5학년 학생들의 수업 전과 후의 광합성 장소 영역의 개념 간 지위 중복지수이다.

수업 전에는 ‘식물’에 대한 ‘양지’와의 중복지수는 .962, ‘양지’에 대한 ‘식물’과의 중복지수는 .848

Table 5. Niche overlap index between concepts of ‘location of photosynthesis’ through the instruction

	Leaf	Water	Stem	Root	Sunny place	Plant	
a. Pre-test	Leaf	0.731	0.593	0.524	0.901	0.865	
	Water	0.856		0.821	0.718	1.055	0.621
	Stem	0.661	0.781		0.811	0.768	0.600
	Root	0.571	0.668	0.793		0.662	0.514
	Sunny place	0.850	0.770	0.650	0.574		0.848
	Plant	0.926	0.568	0.577	0.506	0.962	
b. Post-test	Leaf		0.737	0.476	0.475	0.701	0.846
	Water	0.633		0.655	0.605	0.951	0.879
	Stem	0.446	0.713		0.777	0.639	0.698
	Root	0.473	0.700	0.827		0.703	0.686
	Sunny place	0.573	0.904	0.559	0.578		0.795
	Plant	0.556	0.672	0.491	0.453	0.639	

로 ‘식물’과 ‘양지’의 중복이 가장 높게 나타났다. 또한 ‘뿌리’에 대한 ‘식물’과의 중복지수는 .514, ‘식물’에 대한 ‘뿌리’와의 중복지수는 .506으로 ‘뿌리’와 ‘식물’의 중복이 가장 낮게 나타났다. 이를 통해 광합성 장소 영역에서는 ‘식물’과 ‘양지’를 묶어서 인식하는 학생들이 많음을 확인할 수 있었다. 반면, ‘식물’과 ‘뿌리’에 대해서는 분리하여 생각하는 학생들이 많음을 알 수 있었다. 수업 후에는 ‘물’에 대한 ‘양지’와의 중복지수는 .951, ‘양지’에 대한 ‘물’과의 중복지수는 .904로 ‘물’과 ‘양지’의 중복이 가장 높게 나타났다. 수업 후에는 ‘잎’에 대한 ‘줄기’와의 중복지수는 .476, ‘줄기’에 대한 ‘잎’과의 중복지수는 .446으로 ‘잎’과 ‘줄기’의 중복이 가장 낮았다. 수업 전에 비교적 높은 중복지수를 나타냈던 ‘식물’과 ‘양지’의 중복 지수는 감소하였고, 수업 전 비교적 낮은 중복지수를 나타냈던 ‘식물’과 ‘물’의 중복 지수가 증가하였다. 이를 통해 수업 전에는 많은 학생들이 광합성 장소 영역에 대해 ‘식물’과 ‘양지’를 묶어서 인식하고 있었지만, 수업의 결과 ‘물’과 ‘양지’, ‘물’과 ‘식물’의 개념들을 묶어서 인식한다는 것을 확인할 수 있었다.

‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 뿌리에서 흡수한 물은 줄기를 통해 이동하여 잎에서 광합성에 이용되고, 증산 작용을 통해 공기 중으로 이동하는 내용들을 다루어, 식물과 관련하여 빛보다는 물과 주로 관련지어 설명되고 있다. 그 결과, 학습의 결과

‘식물’과 ‘물’의 개념을 좀 더 연관되어 중복이 높아진 것으로, 덩이 개념(chunking concepts)이 형성된 것(Lim, 2014)으로 생각된다.

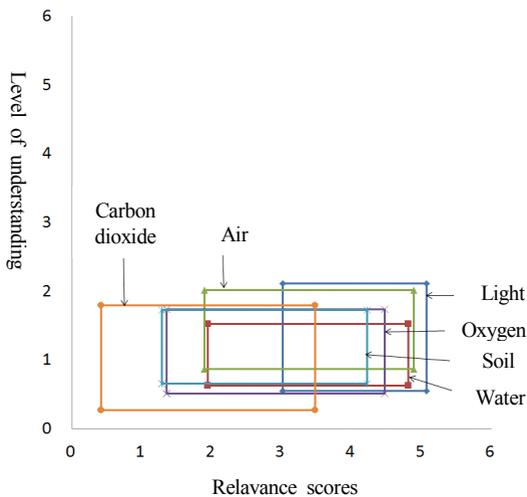
2. 광합성 필요물질 영역

1) 지위 중복 그래프

광합성 필요물질 영역의 개념에 대한 지위 중복 그래프는 Fig. 2와 같다. 수업 전과 후 광합성 필요물질 영역에 대해 관련성과 이해수준이 대체로 높은 개념은 ‘빛’과 ‘물’이라고 분석되었다. 이는 식물을 기를 때 햇빛에 두고 물을 준 경험을 통해서 ‘빛’과 ‘물’을 광합성 필요물질로서 학습 전에 이미 일상적 경험을 통해 인지하고 있었고, ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서도 광합성에 대한 정의나 탐구활동에서 ‘빛’ 요인을 가장 우선적으로 고려하고 있기 때문에 관련성과 이해수준이 높게 나타나는 것이라 생각된다.

‘이산화탄소’ 개념에 대한 이해수준의 상승 정도는 다른 개념에 비해 크지 않았다. 이는 5학년 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서는 광합성 필요물질로 ‘이산화탄소’를 제시하고 있지 않기 때문으로 판단된다. 광합성 필요물질 영역에서 초등학생들은 ‘빛’과 ‘물’에 대한 인식 정도가 높게 나타나고 있었는데, 이는 선행 연구(Jeong & Kim, 2011)와 일치하는 것으로 나타났다.

a. Pre-test



b. Post-test

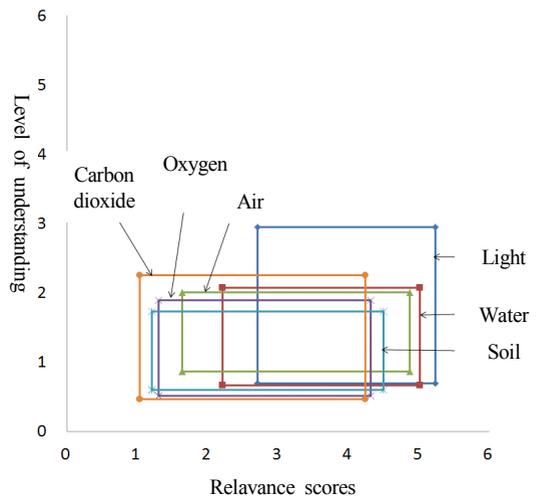


Fig. 2 Change of niche overlap graph of concepts on ‘reactants of photosynthesis’ through the instruction

2) 지위 공간의 크기

광합성 필요물질 영역의 개념이 차지하는 지위 공간의 크기 변화는 Table 6과 같다. 각 개념이 차지하는 지위 공간의 크기를 수업 전에는 이산화탄소가 가장 크게 나타났으며, 산소, 공기, 빛, 흙, 물 순이었다. 수업 후에는 이산화탄소, 빛, 산소, 물, 흙, 공기 순으로 나타났다. 광합성 필요물질 영역의 개념들 중에서 수업 후 ‘빛’의 지위 공간의 크기 증가가 가장 크고, ‘빛’과 ‘물’ 개념의 지위 공간 크기의 증가가 다른 개념에 비해 높은 편이다. 지위 공간의 크기가 크다는 것은 학생들이 개념을 인식함에 있어서 편차가 크다는 것을 의미한다. 즉, 학생들이 그 개념에 대해 다양하게 인식한다는 것을 말한다. 앞서 본 지위 중복 그래프를 바탕으로, 학생들이 다른 개념에 비해 ‘빛’과 ‘물’에 대한 다양한 인식을 지닌 것으로 보인다. 즉, 학습 전에도 일상적인 경험을 통해 광합성 필요물질로 ‘빛’

Table 6. Change of niche space size of concepts on ‘reactants of photosynthesis’ through the instruction

Concepts	Pre-test	Post-test	Differences of niche space size
Light	3.218	5.676	2.458
Water	2.577	3.944	1.367
Air	3.439	3.698	0.259
Oxygen	3.817	4.167	0.350
Soil	3.149	3.735	0.586
Carbon dioxide	4.676	5.754	1.078

Table 7. Niche overlap index between concepts of ‘reactants of photosynthesis’ through the instruction

	Light	Water	Air	Oxygen	Soil	Carbon dioxide	
a. Pre-test	Light	0.501	0.667	0.539	0.401	0.178	
	Water	0.625		0.724	0.883	0.769	0.534
	Air	0.624	0.543		0.649	0.578	0.427
	Oxygen	0.455	0.596	0.585		0.806	0.679
	Soil	0.410	0.629	0.631	0.977		0.745
	Carbon dioxide	0.122	0.294	0.314	0.555	0.502	
b. Post-test	Light		0.560	0.435	0.340	0.327	0.421
	Water	0.806		0.771	0.655	0.618	0.724
	Air	0.668	0.822		0.748	0.673	0.805
	Oxygen	0.463	0.621	0.664		0.822	0.974
	Soil	0.497	0.652	0.666	0.917		0.922
	Carbon dioxide	0.415	0.496	0.517	0.705	0.599	

과 ‘물’을 인지하고 있었고, 수업 중에도 앞에서 ‘빛’과 ‘물’이 필요하는 것이 제시되어 있기 때문에, 이에 대한 학습은 이루어졌으나, 동시에 오개념도 많이 지니고 있어 다양한 인식의 경향을 가진 것으로 생각된다.

이는 학생들이 화분에 물을 주었던 경험을 회상하면서 ‘식물은 잎을 통해 물을 흡수한다.’는 오개념을 가지고 있다(Kim & Cho, 2001; Jeong & Kim, 2011)는 점과 초등학교 5학년은 ‘빛’이 에너지라는 개념이 명확히 형성되지 않는 시기(Kim *et al.*, 2009)라는 점을 관련지어 볼 수 있다. 또한 Chung and Kang(1998)의 연구에서 중학생들이 ‘빛이 전혀 들지 않는 곳에 둔 식물은 죽는다’고 응답한 학생보다 ‘빛이 안 드는 곳의 식물은 빛이 잘 드는 곳에 둔 식물보다 가늘게 자랄 것’이라고 한 학생이 많다고 하였고, 이러한 인식은 교과서 요인보다 학생들의 경험 요인이 더 컸다고 제시하였다. 이는 광합성의 필요물질로서 ‘빛’과 ‘물’을 중요하게 인지하고 있는 반면에, 이에 대한 다양한 인식도 형성되어 있을 것이라는 유추를 가능케 한다.

3) 중복지수

수업 전과 후 광합성 필요물질 영역의 개념 간 지위 중복지수는 Table 7과 같다. 수업 전에는 ‘산소’에 대한 ‘흙’과의 중복지수는 .806, ‘흙’에 대한 ‘산소’와의 중복지수는 .977로, ‘산소’와 ‘흙’의 중복이 가장 높게 나타났다. 또한 ‘빛’에 대한 ‘이산화탄소’와의 중복지수는 .178, ‘이산화탄소’에 대한

‘빛’과의 중복지수는 .122로, ‘빛’과 ‘산소’와의 중복이 가장 낮게 나타났다. 이를 통해 수업 전에는 광합성 필요물질에 대해 ‘산소’와 ‘흙’을 묶어서 인지하며, ‘빛’과 ‘이산화탄소’ 그리고 ‘산소’는 각각 연관짓지 않고 분리하여 생각하고 있음을 확인할 수 있었다. 수업 후에는 ‘이산화탄소’와 ‘흙’의 중복이 가장 높게 나타났고, ‘빛’과 ‘산소’의 중복이 가장 낮게 나타났다. 즉, ‘흙’에 대해서 높은 중복과 ‘빛’과는 낮은 중복을 보인 개념이 수업 전에는 ‘산소’이고, 수업 후에는 ‘이산화탄소’였다.

광합성 필요물질 영역에 대해서 학생들이 수업 전에는 ‘산소’와 ‘흙’을 연관지어 인식하다가 수업의 결과, ‘산소’ 대신에 ‘이산화탄소’를 ‘흙’과 동시에 연결지어 인식하는 것으로 변화되었다. 광합성 필요물질에 대해 산소보다 이산화탄소를 묶어서 인식하게 된다는 것은 필요물질에 대한 과학적 개념을 갖게 되었음을 확인할 수 있는 부분이다.

3. 광합성 생성물질 영역

1) 지위 중복 그래프

광합성 생성물질 영역의 개념에 대한 지위 중복 그래프는 Fig. 3과 같다. 광합성 생성물질 영역에서 ‘이산화탄소’ 개념의 경우, 수업의 결과 관련성 점수 증가의 폭이 ‘산소’ 개념보다 크고, 수업 후에 나타나는 ‘산소’와 ‘이산화탄소’ 개념 사이의 중복

이 크다. 이는 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 광합성과 관련하여 ‘산소’와 ‘이산화탄소’ 개념을 다루지 않기 때문에 5학년 학생들이 이들 개념에 대한 학습이 제대로 이루어지지 않아 개념들을 분리하여 사고하지 못하는 것으로 사료된다.

‘산소’는 수업 전과 후 모두에서 광합성 생성물질 영역과의 낮은 관련성을 보였다. 이는 산소 개념을 6학년 과학의 ‘여러 가지 기체’ 단원에서 학습하게 되며, 사회 과목의 ‘환경을 생각하는 국토가꾸기’ 단원을 통하여 식물의 광합성의 결과, 생성되는 물질로 산소를 학습하게 된다. 그러므로 5학년 학생들에게서는 산소에 대한 학습이 제대로 이루어지지 않고 있기 때문에 광합성 생성물질 영역과 낮은 관련성이 나타나게 되는 것이라 할 수 있다. 반면, ‘녹말’ 개념은 수업 전에 비해 수업 후에 광합성 생성물질 영역에 대한 관련성과 이해수준의 향상 정도가 다른 개념들에 비해 매우 높게 나타났다. 이는 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 광합성 생성물질로 ‘녹말’을 주로 제시하고 있기 때문으로 생각된다.

2) 지위 공간의 크기

광합성 생성물질 영역의 개념이 차지하는 지위 공간의 크기 변화는 Table 8과 같다. 수업 전에는 잎, 산소, 이산화탄소, 영양분, 녹말, 물 순으로 각 개념이 차지하는 지위 공간의 크기가 점차적으로

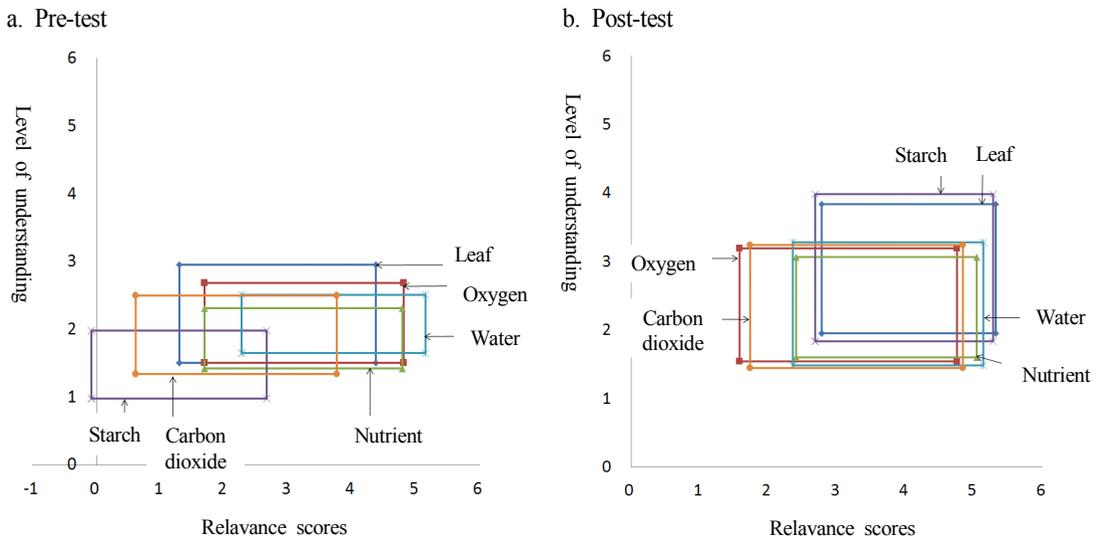


Fig. 3. Change of niche overlap graph of concepts on ‘products of photosynthesis’ through the instruction

Table 8. Change of niche space size of concepts on 'products of photosynthesis' through the instruction

Concepts	Pre-test	Post-test	Differences of niche space size
Leaf	4.452	4.771	0.319
Oxygen	3.701	5.233	1.532
Nutrient	2.747	3.848	1.101
Starch	2.741	5.614	2.873
Water	2.447	5.024	2.577
Carbon dioxide	3.672	5.666	1.994

작게 나타난다. 수업 후에는 이산화탄소, 녹말, 산소, 물, 잎, 영양분 순으로 제시되었다.

광합성 생성물질 영역의 모든 개념들은 수업 전에 비하여 수업 후에 모든 개념의 지위 공간의 크기가 증가하였다. 수업의 결과, '녹말'과 '물'의 지위 공간의 크기 증가가 다른 개념들에 비하여 큰 편이다. 이는 녹말과 물 개념에 대한 학생들의 인식이 수업의 결과, 다양해졌음을 의미한다. '식물의 구조와 기능' 단원에서 광합성 생성물질로 '녹말'이 제시되어 이를 학습하였으나, 동시에 녹말에 대한 다른 오개념들도 형성되어 그 결과 '녹말'에 대한 인식이 다양해졌음을 유추할 수 있다.

'식물의 구조와 기능' 단원에서 광합성 생성물질로 '물'은 제시되지 않는다. 반면, '물'은 식물의 뿌리에서 흡수되고, 줄기를 통해 이동하여, 잎의 광합성과 증산작용에 이르기까지 다양하게 다루어지고 있다. 그러므로 학생들은 광합성 생성물질과 '물'이

직접적인 관련은 없지만 모든 생명활동에서 필수적이고, 생명과 밀접한 연관이 있다는 인식을 동시에 가지게 된다. 그 결과, 수업 후에 '물'에 대한 다양성이 증가한 것으로 사료된다.

수업에 따른 지위 공간의 크기의 변화는 '녹말' 개념이 다른 개념에 비해 크게 나타난다. 수업 전에 비해 수업 후에 녹말 개념의 지위 공간의 크기가 크게 증가하는데, 이는 광합성 산물이 '녹말'임을 밝히는 탐구활동은 존재하지만, 직접 눈으로 녹말을 관찰하기 어렵고, 다만 광합성 과정에서의 산물로서 제시할 뿐이다. 뿐만 아니라 화학적 구조에 대해서도 학습하지 않아, 이로 인한 녹말에 대한 오개념이 형성될 수 있다(Chung & Kang, 1998). 그 결과, '녹말'에 대한 지위 공간의 크기가 수업의 결과 커졌음을 유추할 수 있다. 또한 '산소'와 '이산화탄소'의 지위 공간의 크기도 수업 후에 증가하였다. 이는 앞서 제시한 광합성 생성물질 영역에서의 개념의 지위 중복 그래프(Fig. 2)에서와 마찬가지로 '식물의 구조와 기능' 단원에서 '산소'와 '이산화탄소'를 학습하지 않은 것과 관련 있는 것으로 사료된다.

3) 중복 지수

광합성 생성물질 영역의 개념들 간의 중복지수는 Table 9와 같다. 5학년 학생들의 광합성 생성물질 영역에 대한 개념들 중에서 수업 전에는 '산소'에 대한 '영양분'과의 중복지수가 .678, '영양분'에 대한 '산소'와의 중복지수가 .913으로 '산소'와 '영

Table 9. Niche overlap index between concepts of 'products of photosynthesis' through the instruction

	Leaf	Oxygen	Nutrient	Starch	Water	Carbon dioxide
a. Pre-test	Leaf	0.713	0.486	0.146	0.401	0.553
	Oxygen	0.858	0.678	0.126	0.583	0.561
	Nutrient	0.788	0.913	0.197	0.600	0.667
	Starch	0.237	0.170	0.198	0.046	0.481
	Water	0.730	0.882	0.673	0.052	0.515
	Carbon dioxide	0.670	0.565	0.499	0.359	0.343
b. Post-test	Leaf	0.513	0.524	0.988	0.658	0.556
	Oxygen	0.467	0.655	0.540	0.755	0.950
	Nutrient	0.650	0.891	0.754	1.000	0.926
	Starch	0.839	0.503	0.611	0.637	0.543
	Water	0.625	0.786	0.766	0.712	0.870
	Carbon dioxide	0.476	0.893	0.640	0.547	0.786

양분'의 중복이 가장 높았고, 특히 '영양분'에 대한 '물'의 중복지수는 1.000, '물'에 대한 '영양분'과의 중복지수는 .766으로 '영양분'이 '물'의 개념 속에 포함되었다. 반면, '물'에 대한 '녹말'과의 중복지수가 .0052, '녹말'에 대한 '물'과의 중복지수가 .046으로 '물'과 '녹말'의 중복이 가장 낮았다. 이처럼 수업 전에는 '산소'와 '영양분', '물'을 연관 지어 인지하고 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 영양분에 해당하는 '녹말'에 대해서는 중복이 낮게 나타나는 것으로 보아, 영양분과 연관 지어 인지하지 못함을 확인할 수 있다.

수업 후에는 '잎'과 '녹말' 그리고 '영양분'의 중복이 가장 높게 나타났다. 그러나 '잎'과 '산소' 개념의 중복은 낮게 나타났다. 이를 통해 수업의 결과, 광합성 생성물질에 대해서 학생들은 '잎'과 잎에서 생성되는 영양분인 '녹말' 개념은 묶어서 인지하고 있으나, 잎에서 광합성의 결과 생성되는 부산물인 '산소'에 대해서는 관련지어 인지하지 않는다는 것을 알 수 있다. 즉, 학생들이 광합성 생성물질 중에서도 '산소'에 대해 불완전한 이해를 하고 있다는 것을 유추할 수 있다.

한편, '이산화탄소'와 '산소'의 중복지수를 살펴 보면, 5학년 학생들은 수업 전에 비해 수업 후 중복지수가 증가하여 가장 높은 중복지수를 나타내고 있었다. 이는 앞에서 제시한 광합성 생성물질 영역에 대한 개념의 지위 중복 그래프(Fig. 3)와 관련지

어 볼 때, '식물의 구조와 기능' 단위에서는 '이산화탄소'와 '산소'를 제시하지 않고 있기 때문에, 5학년 학생들이 광합성 결과 생성되는 물질과 필요한 물질로 각각의 개념을 구분하지 못하게 되고, 그 결과 수업 후의 두 개념 사이의 중복지수가 높아졌음을 유추할 수 있다.

4. 광합성 환경요인 영역

1) 지위 중복 그래프

광합성 환경요인 영역의 개념에 대한 지위 중복 그래프는 Fig. 4와 같다. 수업 전과 후에 광합성 환경요인 영역에 대한 관련성 점수와 이해수준이 가장 높은 개념이 '빛'이었다. 이는 앞서 광합성 필요물질 영역과 마찬가지로 교과서에서 광합성의 정의를 설명하거나 광합성에 대해 알아보는 과정에서 '빛'을 가장 우선적으로 제시하고 있으며, 빛의 필요성을 강조하여 나타난 결과라 생각된다. 이는 빛과 식물, 빛과 광합성의 관계를 지속적으로 제시하여 연계성을 갖도록 하였기 때문으로 판단된다(Chung *et al.*, 2005; Jeong & Kim, 2011).

수업 전에 비해 수업 후 관련성 점수와 이해수준의 향상이 가장 높은 개념은 '물'이다. 이 개념들은 관련성을 높게 인식하는 동시에 다른 개념에 비해 이해수준의 높은 향상을 보였다. 이는 초등학생들은 '물'과 '빛'의 관련성을 높게 인식한다(Jeong &

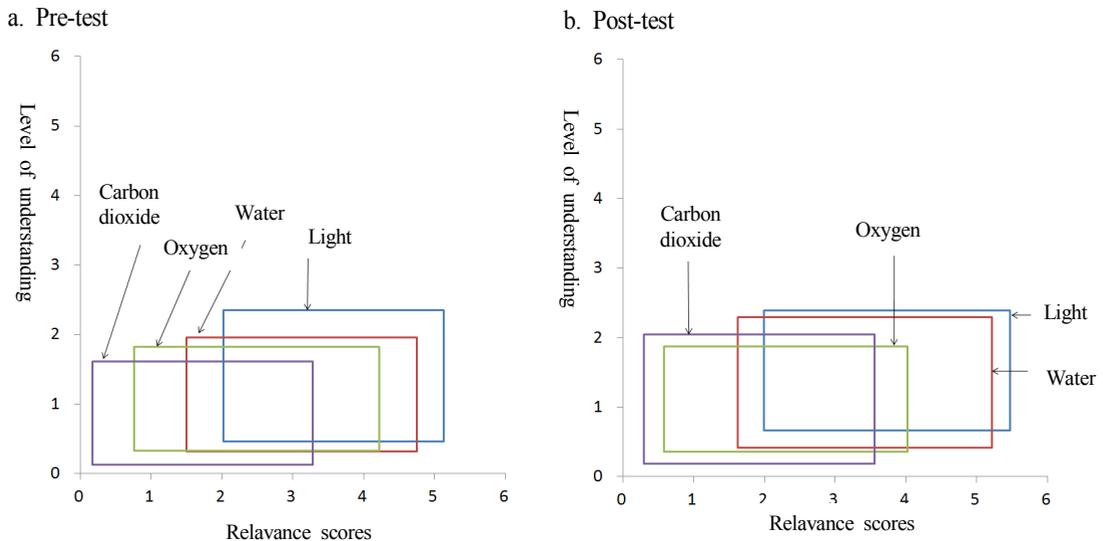


Fig. 4. Change of niche overlap graph of concepts on 'environmental factors' through the instruction

Kim, 2011)는 연구결과와 일치하는 결과로, 광합성 필요물질로 ‘식물의 구조와 기능’단원에서는 ‘빛’과 ‘물’을 제시하고 있는 것과 연관되어 있을 것이라 사료된다.

2) 지위 공간의 크기

광합성 환경요인 영역의 개념이 차지하는 지위 공간의 크기 변화는 Table 10과 같다. ‘빛’과 ‘물’의 지위 공간의 크기는 수업 전과 후에 다른 개념에 비해 크게 나타난다. 이는 다른 개념에 비해 ‘빛’과 ‘물’의 개념에 대해 학생들이 다양한 인식을 한다는 것을 의미한다. 또한 지위 중복 그래프와 마찬가지로 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 광합성의 개념을 설명하기 위하여 잎의 구조와 기능을 제시하고 있기 때문에, 광합성 환경요인을 ‘잎’과 관련지어 인지하게 된 결과라 생각된다. 또한 ‘물’ 개념이 수업의 결과, 지위 공간 크기의 증가가 가장 큰 개념에 속한다. 이는 지위 중복 그래프에서와 마찬가지로 교과서에서 광합성 필요물질로 ‘빛’과 ‘물’을 제시하고 있기 때문으로 생각된다.

3) 중복 지수

Table 10. Change of niche space size of concepts on ‘environmental factors’ through the instruction

Concepts	Pre-test	Post-test	Differences of niche space size
Light	5.881	6.019	0.138
Water	5.305	6.741	1.436
Oxygen	5.189	5.194	0.005
Carbon dioxide	4.634	6.031	1.397

Table 11. Niche overlap index between concepts of ‘environmental factors’ through the instruction

	Light	Water	Oxygen	Carbon dioxide
a. Pre-test	Light	0.694	0.510	0.248
	Water	0.769	0.769	0.433
	Oxygen	0.578	0.786	0.626
	Carbon dioxide	0.314	0.496	0.701
b. Post-test	Light	0.877	0.409	0.358
	Water	0.783	0.516	0.464
	Oxygen	0.473	0.670	0.863
	Carbon dioxide	0.358	0.518	0.744

수업 전과 후의 광합성 환경요인 영역에 대한 개념들 간 중복지수는 Table 11과 같다. 수업 전에는 ‘물’에 대한 ‘산소’와의 중복지수는 .769, ‘산소’에 대한 ‘물’과의 중복지수는 .786으로 ‘물’과 ‘산소’ 개념 사이의 중복이 가장 높게 나타났다. 반면, ‘이산화탄소’에 대한 ‘빛’과의 중복지수는 .314, ‘빛’에 대한 ‘이산화탄소’와의 중복지수는 .248로 ‘이산화탄소’와 ‘빛’과의 중복이 가장 낮게 나타났다. 이는 학생들이 광합성 환경요인을 인식할 때 ‘산소’, ‘물’을 연관 지어 생각하나, ‘이산화탄소’와 ‘빛’에 대해서는 분리한다는 것을 확인할 수 있다.

수업 후에는 ‘물’에 대한 ‘빛’과의 중복지수는 .783, ‘빛’에 대한 ‘물’과의 중복지수는 .877로, ‘물’과 ‘빛’의 중복이 가장 높게 나타났다. 또한 수업 전과 마찬가지로 ‘이산화탄소’와 ‘빛’의 중복이 가장 낮게 나타났다. 수업 전에 ‘산소’와 ‘물’을 연관 지어 생각하던 것이 수업의 결과 ‘물’과 ‘빛’을 연관 짓게 되었음을 확인할 수 있다. 이는 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 광합성 필요물질로 ‘이산화탄소’를 제시하지 않고, ‘빛’과 ‘물’을 제시하고 있기 때문에 이에 대한 학습 결과라 생각된다. 즉, 광합성 필요물질이 광합성에 영향을 미치는 요인으로 작용하므로, 학습 후 ‘빛’과 ‘물’이 광합성 환경요인에서 유사한 개념으로 인식하고, ‘이산화탄소’는 이들 개념과는 별개로 인식하여 중복지수가 낮게 나온 것으로 유추할 수 있다.

지금까지 광합성 장소, 광합성 필요물질, 광합성 생성물질, 광합성 환경요인 영역에 대한 개념의 지위 중복을 통해 5학년 학생들의 광합성에 대한 인식을 파악해 보았다. 학생들은 학습 전에 이미 광합성에 대한 나름의 선개념을 가지고 있었으며, 학습 후 각 영역 내의 개념 간 지위 중복은 변

화하였다.

학습 후에 개념들의 관련성과 이해수준은 대체적으로 높아졌으며, 그 중에서도 각 영역에 해당하는 과학적 개념들이 관련성과 이해수준의 증가에 있어서 우위를 차지하고 있었다. 학습 후에 각 영역에 대한 높은 관련성과 이해수준을 나타낸 개념들은 광합성 장소 영역에서는 ‘잎’, ‘엽록체’, 광합성 필요물질 영역에서는 ‘빛’, ‘물’, ‘이산화탄소’, 광합성 생성물질 영역에서는 ‘녹말’, ‘포도당’, ‘산소’, 그리고 광합성 환경요인 영역에서는 ‘빛’, ‘물’이었다. 이들 개념은 각 영역에 해당하는 과학적 개념에 해당하는 것으로, 이를 통해 학습의 결과 각 영역에 대한 과학적 개념의 이해수준과 관련성이 향상되었으며, 그 결과 지위 중복 그래프에서 수업 전에 비해 수업 후에 개념들의 위치가 오른쪽 위로 이동하였다. 또한 이들 과학적 개념들의 지위 중복이 대체적으로 높아졌고, 서로 가까워진 것으로 나타났다. 이는 학습의 결과 과학적 개념들의 지위 중복은 높아지며(Ko, 2014), 이들 개념 간 거리는 서로 가까워진다(Lim, 2014)는 선행 연구의 결과와 일맥상통하는 바이다.

학생들은 개념에 대한 선개념을 가지고 있고, 이는 학습에 영향을 준 것으로 나타났다. 구체적으로 광합성 장소 영역에서는 ‘식물’, 광합성 필요물질 영역에서는 ‘빛’, 광합성 환경요인 영역에서는 ‘빛’은 대체적으로 수업 전 관련성이 높았고, 학습 후 이해수준이 높게 나타났다. 이 개념들은 사전 경험을 바탕으로 각 영역에 대한 주요 개념으로 인지하고 있다가, 학습을 통한 강화로 이어져 확고한 주요 개념으로 자리 잡음(Jeong & Kim, 2011)을 알 수 있다. 이는 수업 전에 많이 알고 있던 개념의 향상 정도가 높았다는 선행 연구(Jeong & Kim, 2011; Ko, 2014)와 초등학교 때부터 학생들이 다른 개념들에 비해 빛, 식물, 광합성 사이의 관계를 지속적으로 제시한다는 선행연구(Chung *et al.*, 2005)와 같은 맥락으로 볼 수 있다.

특히 광합성 장소 영역에 대한 개념들을 다른 영역의 개념들에 비해 다소 분명하게 인지하는 것으로 나타났다. 광합성 장소 영역에 대한 개념들이 수업 후에 관련성과 이해수준이 높아졌고, 다른 영역과는 달리 대체적으로 수업 후 개념의 지위 공간의 크기가 줄어들었다. 이는 관련성과 이해수준이 향상됨과 동시에 잎, 물, 줄기, 뿌리, 양지의 대부분

의 개념에서 학생들의 인식의 편차가 줄어든 것으로, 광합성의 장소 영역에 대한 개념들의 학습이 다른 영역보다 충분히 이루어졌음(Chung & Kang, 1998; Jun & Hur, 1991)을 알 수 있다.

반면, 광합성 장소 영역을 제외한 나머지 영역에서는 모든 개념들의 수업 후의 지위 공간의 크기가 증가한 것으로 나타났다. 이는 광합성에 대한 이들 영역들에 대한 학생들의 인식에 편차가 크다는 것을 의미하며, 동시에 오개념이 존재한다는 것을 나타내고 있는 것이다. 예를 들면 광합성 필요물질 영역에서 학습 후에 ‘이산화탄소’보다 ‘흙’이 더 관련성 높은 개념이라고 인식하며, 광합성 생성물질 영역에서도 ‘산소’보다 ‘이산화탄소’가 더 관련성이 높은 개념으로 인식하고 있었다. 그리고 학습 후에 ‘이산화탄소’를 제외한 개념들끼리만 가까워졌다. 그리고 광합성 필요물질 영역과 생성물질 영역에서 ‘산소’와 ‘이산화탄소’의 지위 공간의 크기가 커졌고, 광합성 생성물질 영역에서 ‘산소’와 ‘이산화탄소’가 가까워졌다. 이러한 사실은 광합성 필요물질 영역에서는 ‘이산화탄소’, 광합성 생성물질 영역에서는 ‘산소’의 각 영역 내에서 개념적 우위를 차지하지 못했음을 보여 준다. 즉, 이들 개념을 분리하여 인지하지 못한다는 것을 의미하며, 특히 교과서에 ‘이산화탄소’와 ‘산소’가 제시되지 않았기 때문에 이러한 현상을 가중시키는 것으로 유추할 수 있다. 또한 광합성의 각 영역에 대한 오개념들은 수업 후에도 지속적으로 존재하는 것으로 보아, 오개념은 쉽게 사라지지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 수업의 결과, 광합성에 대한 오개념이 존재하고(Hazer & Prosser, 1994; Lim *et al.*, 2012), 쉽게 사라지지 않는다(Chung & Kang, 1998)는 선행 연구 결과와 일치한다.

지금까지 학생들의 광합성 각 영역에 대한 개념의 지위 중복을 알아보았다. 수업의 결과, 각 개념 사이의 지위 중복은 변화한다는 사실을 통해 개념들은 독립적으로 존재하기 보다는 각자의 지위를 갖고, 다른 개념들과 상호작용을 통해 지속적으로 지위가 변화됨을 확인할 수 있었다. 이는 이와 관련한 선행연구들(Hewson & Hewson, 1984; Jeong & Kim, 2011; Kang & Lee, 2001; Ko, 2014; Lim *et al.*, 2011; Southerland *et al.*, 2006; Strike & Posner, 1992; Yeo *et al.*, 2011)과 맥락을 함께 하고 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 광합성에 대해 초등학교 5학년 학생들의 광합성 장소, 필요물질, 생성물질, 환경요인 영역 내에서 개념의 지위 중복 변화를 살펴보았다. 이 연구에 대한 결론은 다음과 같다. 첫째, 학습을 통해서 광합성 개념에 대한 이해가 향상되었다. 5학년 학생들은 ‘식물의 구조와 기능’ 단원을 학습한 후, 각 영역 내 개념의 관련성과 이해수준이 전반적으로 높아졌다. ‘잎’, ‘녹말’과 같은 과학적 개념은 개념의 관련성과 이해수준 향상 정도가 다른 개념에 비해 높았으며, 학생들이 인지하는 수준의 편차를 의미하는 개념의 지위 공간 크기가 줄어들었다. 또한 과학적 개념들은 수업 후에 지위 중복 그래프의 위치가 오른쪽 위로 이동하여 학습의 효과가 있었음을 보여주고 있다.

둘째, 학생들은 수업 시간에 함께 다루는 개념들을 유목화하여 하나의 덩어리개념(chunking concepts)으로 인지하고 있는 것으로 나타났다. 광합성 장소 영역에서는 ‘잎’과 ‘양지’, 광합성 필요물질 영역에서는 ‘빛’과 ‘물’이, 광합성 생성물질 영역에서는 ‘산소’와 ‘영양분’, ‘영양분’과 ‘물’, ‘이산화탄소’와 ‘산소’가 중복지수가 높아져서 서로 가까이 인지하고 있음을 알 수 있다. 이들 개념들은 수업 시 함께 지도되고 있는 개념에 해당한다. 그러므로 교수학습과정에서 개념을 선정하고 제시할 때 신중을 기할 필요성이 요구된다.

이처럼 초등학교 학생들의 인지구조 속에 수업 전부터 광합성 개념들이 나름의 생태 지위를 차지하고 있으며, 학습을 통해 이들 개념 사이의 상호작용으로 광합성 각 영역 내에서 개념들의 지위 공간과 관계가 달라졌음을 확인할 수 있었다. 본 연구를 바탕으로 개념을 유목화하여 제시하는 전략과 같은 교수 학습 전략을 제시함에 있어서 개념의 지위의 변화와 지위 향상에 대한 연구가 적용될길 기대한다.

참고문헌

Ausubel, D. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart & Winston.
 Chung, H., Park, H., Lim, Y., & Kim, J. (2005). The analysis of the connection of the terms and the inquiry

about the photosynthesis in the middle and high school science textbooks by the 7th curriculum. *The Korean Journal of Biology Education*, 33(2), 196-208.
 Chung, Y. & Kang, K. (1998). Students' understanding of photosynthesis and an analysis of their misconceptions. *The Korean Journal of Biological Education*, 26(1), 1-7.
 Demaster, S., Good, R., & Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79(6), 637-666.
 Disessa, A. (2002). Why "conceptual ecology" is a good idea. In M. Limon & L. Mason (Eds), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Netherlands: Kluwer.
 Han, J. & Park, C. (2001). Niche overlap of social spare: Duality of individuals and groups. *The Korean Association for Survey Research*, 2(1), 109-127.
 Hannan, M. T. & Freeman, J. (1977). The population ecology of organizations. *American Journal of Sociology*, 82(5), 929-964.
 Hazer, E. & Prosser, M. (1994). First year university students' understanding of photosynthesis, their study strategies & learning context. *The American Biology Teacher*, 56(5), 274-279.
 Hewson, P. W. & Hewson, M. G. A. B. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
 Jeong, J. & Kim, Y. (2011). An approach of ecological niche to analysis of recognition of 5th grade elementary students for conception of photosynthesis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(4), 513-527.
 Jonassen, D. & Land, S. (Eds.). (2012). *Theoretical foundations of learning environments*. 2nd Edition. New York: Routledge.
 Jun, T. & Hur, M. (1989). A study on the students' conception and misconception about photosynthesis and evolution. *The Korean Society of Biology Education*, 17(1), 1-14.
 Kang, K. & Lee, S. (2001). A case study on interactional characteristics of conceptual ecology in the context of conceptual change. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(4), 745-756.
 Kim, H. & Cho, Y. (2001). The effects of TWA (Teaching-With-Analogies) model for the photosynthesis concept learning in elementary science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(2), 444-458.

- Kim, N. (2014). A study of the ecological composition of Korean films in the 2000s by utilizing the concept of 'niche' of ecology. *The Society of Modern Literary Theory*, 56, 31-52.
- Kim, Y., Kim, H., Sohn, J. & Jeong, J. (2009). An analysis of strand map for instructional objectives on the 7th curriculum in elementary and secondary biology. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(6), 693-711.
- Ko, H. (2014). Analysis of the niche overlap of concepts in the nervous system after 9th grade class. Unpublished master's thesis, Kyungpook National University.
- Lim, S. (2014). Analysis of conceptual linkage errors of cell division and development and application of teaching-learning strategies based on semantic network analysis. Unpublished doctoral dissertation, Kyungpook National University.
- Lim, S., Jeong, J. & Kim, Y. (2012). Analysis of concept's diversity and proximity for photosynthesis in grade 7 students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1050-1062.
- Lim, S., Song, H. & Jeong, J. (2011). Analysis of ecological niche of in-service teachers and pre-service teachers' photosynthesis concepts. *Secondary Education Research*, 59(3), 763-787.
- 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.
- 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.
- McPherson, M. (1983). An ecology of affiliation. *American Sociological Review*, 48(4), 519-532.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Simpson, W. D. & Marek, E. A. (1988). Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5), 361-374.
- Southerland, S. A., Johnston, A. & Sowell, S. (2006). Describing teachers' conceptual ecologies for the nature of science. *Science Education*, 90(5), 874-906.
- Stremke, S. & Koh, J. (2010). Ecological concepts and strategies with relevance to energy-conscious spatial planning and design. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37, 518-532.
- Strike, K. & Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. Retrieved September 21, 2014, from <http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/idifo1/materiali/g5/Posner%20et%20al.pdf>.
- Thorley, N. (1990). The role of the conceptual change model in the interpretation of classroom interactions. Unpublished doctoral thesis, University of Wisconsin-Madison.
- Toulmin, S. (1972). Human understanding: The collective use and evolution of concepts. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Waheed, T. & Lucas, A. (1992). Understanding interrelated topics: Photosynthesis at age 14+. *Journal of Biological Education*, 26(3), 193-199.
- Yang, J. (2013). The psychological hierarchy appeared in awareness of geographical concepts of elementary school students: Focused on 'climate' and 'population' concepts. Unpublished doctoral thesis, Korea National University of Education.
- Yeo, C., Jeong, J., Lim, S. & Kim, Y. (2011). Analysis of ecological niche in 9th graders' genetic concepts after instruction. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(5), 680-693.