

생태 지위적 접근을 통한 5학년의 광합성 개념 분석

정재훈 · 김영신*

달성초등학교 · ¹경북대학교

An Approach of Ecological Niche to Analysis of Recognition of 5th Grade Elementary students for Conception of Photosynthesis

Jeong, Jae-Hoon · Kim, Youngshin^{1*}

Dalsung primary school · ¹Kyungpook National University

Abstract: There have been studies about conceptual ecology making a profound study of conceptual changes in learners' cognitive structure. Because learners' cognitive structure have been compared to ecology, it is natural to think that conception in learner's cognitive structure have a niche as species in ecology have niches. Therefore, it is necessary to study niche approach about conception that learners recognize in their cognitive structure.

The purposes of this study were to identify relationships among conceptions that 5th grade elementary school students recognize about photosynthesis and to identify how these relationships among conceptions about photosynthesis change before and after a class of photosynthesis in curriculum in terms of an approach of ecological niche which are composed of 3 domains - diversity of conceptions, relevance and frequency rate of conceptions, and competition among conceptions. Open ended questionnaire was developed by 4 fields: photosynthetic place, photosynthetic products, photosynthetic materials needed and environment factors of photosynthesis. The subjects sampled in this study were 310 5th grade elementary students in 5 cites. Before and after classes in photosynthesis in science curriculum, students were asked to write down conceptions that they knew about the 4 fields of photosynthesis of questionnaire and to write down scales of relevance from 1 to 30 about how they think the conceptions are related to the field of photosynthesis.

The results of this study showed the following: First, most students have had a variety of conceptions and commonly recognized 'light' and 'water' as concepts in photosynthesis. Second, students still recognized their preconceptions like 'soil' and 'root,' etc. that were far from scientific conceptions of photosynthesis although they took classes in photosynthesis. Third, students needed to take the various strategies of teachers because they did not recognized scientific conceptions appropriately about photosynthetic fields. Fourth, it appeared that photosynthetic conceptions recognized by students had status in terms of relevance and frequency rate of conceptions, and competition among conceptions, and that they looked like the niche of conceptions in their conceptual ecologies.

Key words: ecological niche, conceptions, photosynthesis, 5th students.

I. 서론

개념 생태(conceptual ecology)는 개념이 독립적으로 존재하는 것이 아니라 학습자의 생태적 환경에 놓여 있으며 생태 지위(niche)를 차지함으로써 발달한다(Toulmin, 1972). 즉, 학습자의 다양한 인지 환경에 의해서 개념이 형성되고 그러한 개념들 간에도 서로 경쟁하면서 더 이해가능하고 타당하며 적용 가능성이 있는 개념이 우위를 차지한다는 것이다

(Hewson & Hewson, 1984; Taber, 2001). 이처럼 학습자의 개념이 어떻게 발달하고 있는지 그리고 개념을 둘러싼 요인들이 어떻게 상호작용하고 있는지를 알아보기 위한 개념 생태에 관한 연구들이 많이 이루어지고 있다(강경희, 이선경, 2001; 김미영, 이길재, 2007; 박지은, 이선경, 2007; 박현주, 1996; Demastes *et al.*, 1995; Deniz *et al.*, 2008; Park, 2007; Southerland *et al.*, 2006).

그러나 학습자의 개념 생태에 관한 연구에서 간과

*교신저자: 김영신(kys5912@knu.ac.kr)

**2010.12.27(접수) 2011.03.15(1심통과) 2011.05.27(2심통과) 2011.06.01(최종통과)

***이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0004133).

한 두 가지가 있다. 첫째, 개념 생태는 학습자의 개념 변화를 이루고 있는 구성 요소들의 환경을 생태계로 비유하였는데, 정작 개념 생태에 존재하고 있는 학습자의 개념과 개념과의 관계에 대해서는 언급하고 있지 않고 있다. 둘째, Toulmin(1972)이 개념 생태를 과학교육에 처음 언급하였듯이, 개념은 학습자의 생태적 환경 하에서 생태 지위를 차지함으로써 발달한다고 하였는데, 대부분의 개념 생태에 관한 연구에서는 개념의 생태 지위를 언급하지 않고 있다.

위의 두 가지 측면과 더불어, 학습자 대부분이 학습 내용을 용어로 이해하기 보다는 개념의 구성으로 이해하고 있고(Riemeier & Gropengießer, 2008), 사람은 환경과 상호작용하면서 개념에 대한 인지적 생태 지위를 형성하고 있다는 연구결과(Magnani, 2007)를 바탕으로, 학습자의 개념 생태 내 개념과 개념 간의 관계를 개념의 생태 지위로 살펴볼 필요가 있다.

생태 지위는 생태학에서 주로 먹이와 같은 자원, 분포, 번식 등의 생물 종들 간의 경쟁을 위주로 연구들(Slagsvold & Wiebe, 2007; Warren *et al.*, 2008)이 주를 이루고 있다. 그러나 생태 지위를 차용하여 인문 사회 분야에 적용한 연구들(박기용 등, 2006; 한 준, 박찬웅, 2001; Milne & Mason, 1989; Reis, 2008)와 기술 및 에너지 분야에 적용한 연구들(Kemp *et al.*, 1998; Raven *et al.*, 2008), e-learning에서의 학습자의 학습공간에 적용한 연구(Pata, 2009), 인간의 사회문화 분야에 적용한 연구들(Hardesty, 1972; Love, 1977), 그 이외에 아동 발달 및 교육 분야에 적용한 연구들(Neufeld & Foy, 2006; Nyland, 2009; Pinker, 2003)이 있다. 이처럼 생태 지위는 생태학 용어이지만 여러 분야에서 이를 차용하여 연구되어 왔다. 그러나 과학 교육에서 개념 변화 및 개념 발달에 관련한 연구들은 많이 진행되어 왔음에도 불구하고, 개념의 생태 지위와 관련된 연구는 찾아보기 어렵다. 그리고 학습자가 인식하는 개념 간 관계를 더욱 면밀하게 파악하기 위해서는 개념에 대한 생태 지위적 접근을 이용한 연구가 필요하다.

특히, 학습자들이 가지는 여러 개념들 중에서 생물 개념에 대한 어려움이 많이 호소되고 있으며(Riemeier, & Gropengießer, 2008; Yenilmez & Tekkaya, 2006), 그 중에서도 광합성은 생물교육의 가장 중요한 영역 중의 하나이면서 학습자들의 오개

념이 많이 나타나는 영역이다(Canal, 1999; Griffard & Wandersee, 2001; Krall *et al.*, 2009). 과학 교육과정에서 광합성은 5학년에서 처음으로 제시되고 있기 때문에 생태 지위적 접근을 통하여 5학년들이 지니는 광합성 개념 간 관계를 파악하는 것이 광합성 개념에 대한 학습자들의 인식 파악의 출발점이라 본다. 따라서 생태 지위적 접근을 통하여 5학년 학생들의 광합성 개념에 대한 학습 전·후에 그들이 지니는 광합성 개념 간 관계를 연구하였다. 이 연구를 통해서 5학년들의 광합성 개념 간 관계를 이해하고, 교육과정 개발자 및 교사들이 향후 광합성 교육과정 개발 및 지도 전략에 대한 기초 자료로 이용되기를 바란다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 생태 지위적 접근

개념 생태는 학습자의 개념 변화를 생태계로 비유하였다(Toulmin, 1972). 개념 생태에서는 개념 변화를 다윈의 '진화적' 관점에서 종에 대한 자연 선택에 비유함으로써 학습자의 인지 환경에서 가장 적합한 개념 및 지식이 선정된다(Hewson, 1985; Strike & Posner, 1985; Taber, 2001). 즉 학습자가 가지고 있는 다양한 개념들이 존재하는 곳을 생태계로 보듯이 그 속에 있는 개념들은 다양한 종(species)으로 보고, 종들끼리 생태 지위를 가지고 종 간 관계를 지니듯이 학습자의 인지 구조인 개념 생태 내 존재하는 개념끼리도 관계를 맺으면서 의미를 갖고 서로 경쟁한다고 보는 것이다(Hewson & Hewson, 1984; Strike & Posner, 1985).

그러나 학습자 인지 구조 속 개념간의 경쟁은 추상적이어서 눈으로 볼 수 없다. 그렇지만 개념이 사람의 인지 구조에서 여러 가지의 지식들과 용어로 서로 관련되어 있고 조직화되어서 관련 지식 및 용어 간 의미의 관련성으로 체계적으로 범주화 되어 있다(Caramazza & Shelton, 1998; Masson, 1995; Sternberg, 2003). 따라서 개념 생태 내 개념 간 관계도 관련 있는 지식 및 용어들을 바탕으로 학습자가 인식하기에 좀 더 관련성 높고 이해 타당한 개념을 우선 순위에 둬으로써 발생한다고 볼 수 있다. 그러므로 이 연구에서의 생태 지위적 접근은 특정 개념에 대해

관련성 측면에서 학습자가 인식하는 개념 간 관계의 분석 접근으로 보고자 한다.

2. 설문 대상

본 연구는 대전, 광주, 대구, 울산, 화성 5개 도시에 있는 11개 초등학교의 5학년 11학급, 남 162명, 여 148명 총 310명으로 이루어 졌다. 각 학교에서 학력 수준이 중간정도인 학급으로 설문 대상을 선정하였으며, 한 지역으로 한하지 않고 여러 지역으로 한 까닭은 지역마다의 학력 편차를 반영하여 가능한 다양한 지역 소재 학생들의 일반적인 인식을 파악하기 위해서이다.

3. 설문지

제 7차 과학과 교육과정에서 광합성과 직접적인 관련 학년은 5, 8, 10학년으로써 광합성 장소, 광합성 생성물질, 광합성 필요물질, 광합성 환경요인으로 구성되어 있다(정화숙 등, 2005). 5학년 과학 교육과정에서는 주로 광합성 장소와 광합성 생성물질 영역에 초점을 맞추었지만, 광합성 네 영역에 대한 5학년들의 전반적인 인식을 파악하기 위하여 예비 설문지의 광합성 개념을 광합성 장소, 광합성 생성물질, 광합성 필요물질, 광합성 환경요인 네 영역으로 구분하였다. 그리고 과학 교과서의 광합성 관련 영역을 분석하여 각 영역에 가장 적합하다고 판단되는 광합성 관련 실험 그림을 선정하였다. 각 영역에서 제시된 실험 그림을 참고하여 평소에 알고 있는 개념을 네 영역의 표 안에 기입한 후, 자신이 적은 개념이 그 영역에서 어느 정도로 관련이 있는지를 최저 1점에서 최고 30점의 관련성 점수를 기록하도록 하였다.

설문지의 관련성 점수 분포를 1점~20점으로 했을 시, 관련성 점수의 분포가 작아서 다차원 척도 분석법을 통한 개념 간 경쟁관계 인지도가 제대로 형성이 되지 않았다. 따라서 설문지의 관련성 점수 분포를 최저 1점에서 최고 30점으로 확정하였다.

제작된 예비 설문지를 5학년 학생들에게 투입한 후 분석하였다. 예비 설문을 통해 나타난 문제점들을 바탕으로 학생들이 보다 쉽게 작성할 수 있도록 소화 관련 설문 예시 내용을 첨가하였고 광합성 네 영역에 제시된 그림 속의 실험 도구 및 기구는 기입하지 않도록

설문지를 보완하였다. 그리고 생물학 전문가 1인, 과학교육 전문가 1인, 인지심리 전문가 1인, 초등 교사 3인, 중등 생물 교사 6인의 자문을 얻어 수정·보완을 하여 최종 설문지를 개발하였다. 최종 설문지는 광합성 장소, 광합성 생성물질, 광합성 필요물질, 광합성 환경요인 네 영역으로 구분되어 있으며, 각 영역에서 가장 적합하다고 판단되는 그림이 제시되었다. 각 영역에서 학생들 자신이 알고 있는 개념들을 기입한 후, 자신이 적은 개념이 그 영역에서 어느 정도의 관련성을 가지는지 최저 1점에서 최고 30점으로 관련성 점수를 적도록 하였다. 최종 설문지는 생물교육 전문가 2인과 생물교육 박사 1인에게 타당도 검사를 받았으며 타당도는 83.3%이다.

4. 자료 수집

사전 설문은 5학년들이 과학과 교육과정에서 광합성을 처음 배우는 '7. 식물의 잎이 하는 일' 학습 이전인 3주 전에 실시하였고, 사후 설문은 7단원을 배운 3주 후에 실시하였다. 설문지는 설문 안내서와 더불어 우편을 통해 우송하였으며 담임교사 및 과학 교과 교사의 감독 하에 설문을 하였다.

사전 설문은 5학년들이 과학 교육과정상 광합성을 배우지 않았기 때문에 광합성 개념을 이해하지 못할 것이라는 현직 교사들의 자문을 바탕으로 동봉한 설문 안내서에 '광합성: 식물이 빛을 받아 영양분을 만들어 살아가는 것' 만 언급하라고 제시하였다. 사후 설문은 광합성 개념을 제시하지 않았고 나머지는 동일하게 하였다. 설문 시간은 학생들이 설문지를 작성하는 데 충분한 시간을 제공하였다.

사전 및 사후 설문지는 350부씩 선정 학교에 보낸 가운데 95.7%인 335부씩이 회수되었으며, 이 중에서 전학 및 이해하기 힘든 글씨로 작성한 25부를 제외한 최종 310명의 사전 및 사후 설문지를 분석하였다.

5. 자료 분석

이 연구는 인지 구조 속 개념들을 생태계 속 종들로 보아 생태 지위적 접근을 통하여 5학년들이 인식하는 광합성 개념 간 관계를 규명하고, 학습 전·후에 어떻게 변화하고 있는지를 분석하기 위한 것이다. 따라서 생태 지위적 접근을 통하여 학습자의 개념 생태에서

개념의 다양성, 개념의 관련성 및 빈도율 변화, 개념 간 경쟁관계로 분석하였다.

설문을 통하여 나온 광합성 네 영역에 대한 학년별 개념들의 빈도율, 그리고 관련성 점수 평균과 표준오차를 통하여 광합성 개념의 다양성 및 다양성 지수, 개념의 관련성 및 빈도율 변화, 개념 간 경쟁관계를 분석하였다.

식생 분석방법에서 일반적으로 사용되고 있는 종간 연관 검사에서 종의 대표성을 위해 빈도율 5% 이상인 종들을 선정하여 연구하며(이호준 등, 1998), 학생들 개인보다 전반적으로 인식하고 있는 개념들을 파악하기 위해서 설문에서 제시한 광합성 네 영역별 빈도율이 5% 이상인 개념들을 중심으로 분석하였다. 그리고 학생들이 제시한 개념들이 다양하고 비슷한 것들이 많아서 유사한 것끼리 범주화 시켰다. 예를 들어 물, 물의 양, 물의 색 등은 '물'로 범주화 하였으며, 해, 태양, 햇빛, 빛 등 '빛'으로 범주화하였다.

가. 개념의 다양성 분석

학년별 설문에 나타난 개념의 빈도율을 구하고, 종 다양성 지수(Shannon, 2001) 수식을 활용하여 개념의 다양성 지수를 분석하였다. 분석방법은 다음과 같다.

- ① 빈도율 = $N_i/T \times 100$ (Ni: 광합성 영역의 개념 총 빈도수, T: 관찰된 개념 빈도수)
- ② 개념의 다양성 지수 = $-\sum p_i \log p_i$ (pi : i번째 개념의 빈도수를 총 개념 수로 나눈 값)

광합성 네 영역별로 학생들이 제시한 모든 개념들은 MS Excel 프로그램을 이용하여 개념의 다양성 지수로 분석되었다. 개념의 다양성 지수가 높을수록 개념의 종류가 다양하고 수가 많아지기 때문에, 광합성 학습 전·후에 나타난 개념의 다양성 지수를 광합성 네 영역으로 비교하여 그 변화를 분석하였다.

나. 개념의 관련성 및 빈도율 변화 분석

수업 전·후에 제시된 빈도율 5% 이상 개념의 관련성 및 빈도율 변화를 이차원상의 그래프로 분석하였다. 이를 위해 개념의 빈도율과 표준오차, 개념의 관련성 점수 평균과 표준오차를 이용하였다. 그래프에서 X축은 개념의 관련성 점수이고 Y축은 개념의 빈

도율로 나타냈으며 범위는 두 변수의 표준오차를 이용하여 사각형으로 제시하였다. 분석방법은 다음과 같다.

- ① 학년별 설문에서 개념 빈도율 및 관련성 점수 평균값을 측정된 후, 범위를 표준 오차로 표시한다.
- ② 빈도율 표준오차 및 관련성 점수 평균의 표준오차를 구하는 식은 다음과 같다
 - 빈도율 표준오차 = $\sqrt{\widehat{p}q} = \sqrt{\frac{\widehat{p}(1-\widehat{p})}{n}}$
(\widehat{p} : 개념의 빈도율, n : 학생들이 제시한 총 개념 수)
 - 관련성 점수 평균 표준오차 = $\frac{SD}{\sqrt{n}}$
(SD : 관련성 점수 평균의 표준편차, n : 응답한 총 학생 수)
- ③ 그래프에서 X축과 Y축의 평균값 \pm 표준오차 범위를 사각형으로 제시한다.
 - X축: 개념의 관련성 점수 평균 \pm 표준오차
 - Y축: 개념의 빈도율 \pm 표준오차

위의 방법을 MS Excel 프로그램을 이용하여 학습 전·후에 나타난 광합성 네 영역에 대한 개념의 관련성 및 빈도율 변화를 분석하였다. 학생들이 제시한 개념의 관련성 점수와 빈도율이 높을수록 그래프 속의 개념의 위치가 높아지기 때문에, 학생들이 그 개념을 광합성 영역에서 많이 인식하고 관련성이 높다고 인식하는 것으로 해석된다. 그러므로 개념의 관련성 및 빈도율 변화 그래프에서 나타난 개념의 위치는 개념의 관련성 및 빈도율을 바탕으로 나타난 학생들의 인식 위치로 해석된다.

다. 개념 간 경쟁관계 분석

다차원 척도 분석법(Multidimensional Scaling: MDS)는 마케팅 분야에서 소비자의 상표 간 유사성 판단 또는 상표에 대한 선호판단 등에 근거하여 경쟁 분석의 중요한 방법으로 많이 활용되어 왔다(김영찬, 김주영, 2000; 김우중, 강기훈, 2009; 한준, 박찬웅, 2001). 사용자 및 소비자의 심리 또는 인지적 선호를 이차원적 공간상에 투영한 것을 인지도(Positioning Map)라고 하며, 인지도 속 개체가 붙어 있을수록 유사하게 인식되어 경쟁 관계가 높아질 수 있다고 해석

된다(박기용 등, 2006; 한준, 박찬웅, 2001; Milne & Mason, 1989).

개념 간 경쟁관계 분석도 광합성 네 영역별로 각 영역의 개념의 관련성 점수 평균과 빈도율을 활용하여, SPSS 17.0K의 다차원 척도 분석법(ALSCAL)을 이용한 이차원의 인지도로 분석하였다. 학년에 따라 광합성 4개 영역별로 학생들의 개념 빈도 비율이 최소 5% 이상인 개념을 대상으로 개념 간 경쟁관계를 분석하였다. 분석 방법은 다음과 같다.

- ① 학년별 설문의 광합성 각 영역에서 나온 각 개념의 관련성 점수 평균값과 빈도율을 측정한다.
- ② 각 개념의 관련성 평균값과 빈도율을 SPSS 17.0 통계 프로그램을 이용하여 유클리디언 거리 값을 측정한다.
- ③ SPSS 17.0의 다차원척도 분석법 중 ALSCAL 프로그램에 입력하여 개념 간 경쟁 관계를 인지도로 분석한다.

인지도에서 나타난 개념들 위치가 근접할수록, 개념의 관련성 및 빈도율 두 변수를 기준으로 학생들의 두 개념 간 유사성 인식이 높아지는 것을 시각적으로 이해할 수 있다. 그러므로 인지도에서 개념이 근접할수록 개념 간 경쟁이 이뤄지고 있다고 볼 수 있다.

경쟁관계 인지도에서 개념 간 근접성의 거리는 개념의 관련성 및 빈도율을 바탕으로 나타난 학생들의 개념 간 유사성 인식의 거리로 해석된다. 개념들이 배열된 위치와 관계를 파악한 후에, 인지도에 제시된 두 개의 축(차원1, 차원2)에 대한 설명이 이루어 질 수 있다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 개념의 다양성

5학년 학생들의 광합성 학습 전·후의 설문에서 나타난 빈도율 5% 이상 개념들의 관련성 점수 평균과 표준편차(SD)를 제시하였다(표. 1).

광합성 장소 영역에서 학습 후에 '빛'과 '양지' 개념들이 빈도율 5% 이상으로 나타났으며 특히, '빛'은 학습 전보다 학습 후에 빈도율이 약 80배로 증가한 점으로 보아, 학습을 통하여 광합성 장소 영역에서 빛과

관련된 개념들이 더욱 강해진 것으로 사료된다. 그러나 학습 전에 나타난 '줄기'와 '뿌리' 개념들이 학습 후에도 빈도율이 다소 낮아졌지만 빈도율 5% 이상으로 나타난 것으로 보아, 학생들이 광합성 장소 영역에서 두 개념들을 여전히 관련이 있다고 인식하는 것으로 보인다.

광합성 생성물질 영역에서 학습 후에 '빛' 개념이 빈도율 5% 이상으로 새롭게 나타났다. 그리고 학습 전에 제시한 '녹말'의 빈도율이 학습 후에 2배 이상 증가하였으며, 관련성 점수 평균도 증가하였다. 이는 제 7차 과학과 교육과정 '7. 식물의 잎이 하는 일'에서 잎의 녹말 검출을 학습한 후에 광합성 생성물질로 '녹말' 개념에 대한 인식이 강화된 것으로 사료된다.

광합성 필요물질 영역에서 학습 전에 나타났던 '흙'과 '공기' 개념들이 학습 후에는 빈도율 5% 미만으로 나타난 반면에, '바람' 개념이 빈도율 5% 이상으로 새롭게 나타났다. 학생들이 학습 전에 '흙' 개념을 제시한 이유로는 흙 속에서 식물이 물과 미네랄 등을 뿌리를 통해 흡수하여 성장한다는 학생들의 오개념 연구 결과들(Cannal, 1999; Cepni *et al.*, 2006)과 유사하리라 사료된다. 학습 후에는 '흙' 개념에 대한 인식이 줄어든 반면에 '바람' 개념에 대한 인식이 증가하였고, 빈도율 5% 미만 개념들 중에선 여전히 '흙', '공기' 개념이 존재하고 있었다. 이는 학습 전에 학생들이 갖고 있는 선개념들이 과학 개념과는 거리가 있고 학습 후에도 쉽게 바뀌지 않고 있으며, 오랫동안 지속된다는 연구 결과들(Driver, 1981; Yenilmez & Tekkaya, 2006)과도 맥락을 같이 한다고 볼 수 있다.

광합성 환경요인 영역에서 학습 후에 '바람', '이산화탄소', '온도' 개념들이 빈도율 5% 이상으로 나타났는데, 광합성 필요물질에서 제시되었던 '바람'이 여전히 제시되었으며, '온도'는 광합성 네 영역에서 처음으로 제시되었다. 5학년들이 '바람'과 '온도' 개념들을 5% 이상 동시에 제시한 것으로 보아 광합성 환경요인 영역의 과학 개념과는 다소 거리가 있는 일반적인 자연 현상의 개념으로 제시한 것으로 사료된다. 학습 후에 특히 광합성 환경요인 영역에서 '바람', '이산화탄소', '온도' 개념에 대한 학생들의 인식이 증가한 것으로 보아, 광합성 장소 및 생성물질에 초점을 맞춘 5학년 과학과 교육과정이 학생들의 광합성 환경요인 영역의 개념에도 영향을 미친다고 볼 수 있다.

〈표 1〉에서 광합성 학습 전에 나타난 개념들 중 학습 후에도 여전히 나타나는 개념들이 많은 것으로 보아, 학생들이 자신만의 지식과 개념들을 가지고 있는 것으로 보인다. 이는 학습자는 수업 전에 백지 상태로 오는 것이 아니라 자신만의 지식과 개념들을 이미 가지고 있다는 연구결과들(Driver, 1981; Duit & Treagust, 2003; Vosniadou & Ioannides, 1998)을 뒷받침하고 있다.

5학년 학생들의 광합성 학습 전·후의 설문에서 나타난 모든 개념들을 광합성 네 영역별 개념의 다양성 지수 그래프로 제시하였다(그림 1). 광합성 장소 영역에서 학습 전은 1.52, 학습 후는 1.49로 나타났으며, 광합성 생성물질 영역에서 학습 전은 1.39, 학습 후는 1.21로 나타났고, 광합성 필요물질 영역에서 학습 전은 1.22, 학습 후는 1.21로 나타났으며, 광합성 환경요인 영역에서 학습 전은 1.28, 학습 후는 1.24로 나타

표 1
학습 전·후의 빈도율 5% 이상 나타난 광합성 개념 빈도 및 관련성 점수 평균

광합성 영역	개념	학습 전		학습 후	
		빈도(%)	관련성점수 평균(SD)	빈도(%)	관련성점수 평균(SD)
광합성 장소	물	137(9.0)	17.1(9.0)	144(11.8)	17.8(8.1)
	잎	144(9.5)	23.2(6.5)	132(10.8)	21.5(9.1)
	빛	1(0.1)	30.0(0.0)	98(8.0)	24.7(6.6)
	양지	69(4.5)	21.3(7.6)	80(6.5)	24.1(7.4)
	줄기	116(7.6)	15.3(7.3)	76(6.2)	15.8(7.4)
	뿌리	100(6.6)	15.0(9.3)	62(5.1)	12.9(8.3)
광합성 생성물질	녹말	82(7.8)	21.5(7.8)	169(19.0)	25.4(7.4)
	산소	105(10.0)	23.2(8.0)	150(16.9)	23.1(7.4)
	물	86(8.2)	17.7(9.1)	97(10.9)	16.9(9.1)
	빛	34(3.3)	20.0(10.2)	77(8.7)	19.5(10.5)
	영양분	87(8.3)	21.5(7.3)	67(7.5)	22.2(8.7)
	이산화탄소	54(5.2)	14.0(10.2)	49(5.5)	17.1(9.3)
	잎	100(9.6)	18.9(8.0)	46(5.2)	21.1(8.3)
광합성 필요물질	빛	228(21.3)	25.9(6.5)	256(24.8)	25.5(6.9)
	물	193(18.0)	22.3(8.1)	166(16.1)	21.3(8.8)
	이산화탄소	70(6.5)	23.0(8.9)	81(7.9)	21.9(8.0)
	바람	40(3.7)	15.6(8.0)	66(6.4)	19.4(9.1)
	산소	67(6.3)	18.0(9.5)	66(6.4)	17.9(9.0)
	흙	66(6.2)	18.6(10.5)	23(2.2)	15.9(10.2)
	공기	77(7.2)	18.9(10.1)	34(3.3)	17.1(11.1)
광합성 환경 요인	빛	192(23.1)	24.1(7.9)	211(22.6)	23.0(8.3)
	물	146(17.5)	20.1(9.1)	133(14.3)	21.7(10.2)
	바람	39(4.7)	19.5(8.1)	69(7.4)	18.6(10.5)
	이산화탄소	34(4.1)	17.4(10.1)	63(6.8)	20.7(8.1)
	산소	42(5.0)	18.1(9.9)	62(6.7)	17.4(9.7)
	온도	16(1.9)	16.5(8.0)	51(5.5)	21.5(7.8)

났다. 광합성 필요물질 영역을 제외하고 광합성 학습 후에 5학년들의 개념 다양성 지수가 광합성 환경요인, 광합성 장소, 광합성 생성물질 영역에서 가시적으로 낮아진 것을 볼 수 있다.

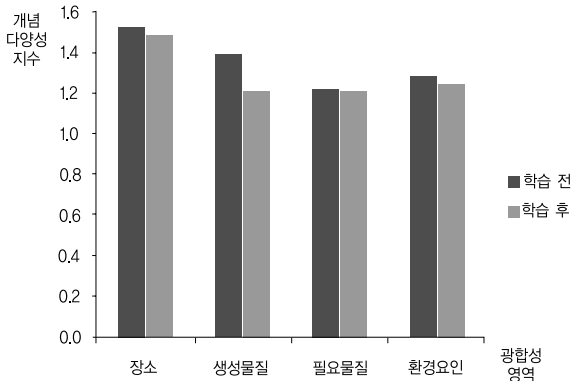


그림 1 광합성 학습 전·후의 개념의 다양성 지수

학습 후에 개념 다양성 지수가 낮아진 까닭은 광합성 개념과는 거리가 먼 선개념들이 줄어들고 그 대신 과학 개념들이 소폭으로 증가하였기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 학생들의 선개념들이 많이 사라진 했지만 빈도율 5% 이상인 개념들 중에서도 ‘바람’, ‘뿌리’ 등이 제시되어 있었고 5% 미만이 개념들에서는 여전히 ‘흙’, ‘비타민’, ‘씨’ 등과 같은 선개념들이 많이 남아있었다.

특히, 광합성 생성물질 영역에서 개념의 다양성 지수가 다른 영역에 비하여 많이 낮아졌는데 이는 제 7차 과학과 교육과정 5학년 ‘7. 식물의 잎이 하는 일’에서 광합성 생성물질 영역에 초점을 둔 실험들을 학

생들이 많이 했기 때문에 선개념들이 줄어든 것으로 사료된다.

2. 개념의 관련성 및 빈도를 변화

광합성 학습 전과 학습 후에 제시된 광합성 네 영역별 개념들을 빈도율과 표준오차, 관련성 점수 평균과 표준오차를 이용하여 개념의 관련성 및 빈도율 변화를 이차원적 그래프로 제시하였다. 개념의 관련성 및 빈도율 변화 그래프에서 나타난 개념의 위치는 개념의 관련성 및 빈도율을 바탕으로 나타난 학생들의 인식 위치로 해석된다.

가. 광합성 장소 영역

광합성 장소 영역에서 개념의 관련성 및 빈도율 바탕으로 학습 전·후에 나타난 학생들의 인식 위치는 그림 2에 제시되었다. 학습 전에는 광합성 장소 영역에서 학생들이 ‘잎’의 관련성 점수와 빈도율이 제일 높게 나타났으며, 그 뒤를 이어 ‘물’, ‘줄기’, ‘뿌리’ 순으로 나타났다(그림 2a). 학습 후에는 ‘빛’과 ‘양지’가 새롭게 나타나고, ‘물’의 빈도율이 제일 높게 나타난 반면 ‘빛’의 관련성 점수가 제일 높게 나타났다(그림 2b). ‘빛’과 ‘양지’가 새롭게 나타난 것은 학생들이 학습을 통하여 광합성 장소로 빛이 관련이 많다고 인식하는 것으로 사료된다. 그리고 학습 후에 ‘잎’보다 ‘물’의 빈도율이 더 높게 나타난 이유 중의 하나는 학생들이 화분에 물 주었던 경험을 회상하여 식물이 ‘잎’을 통해 ‘물’을 흡수한다는 선개념을 여전히 지닌 것으로 사료된다(김희정, 조연순, 2001).

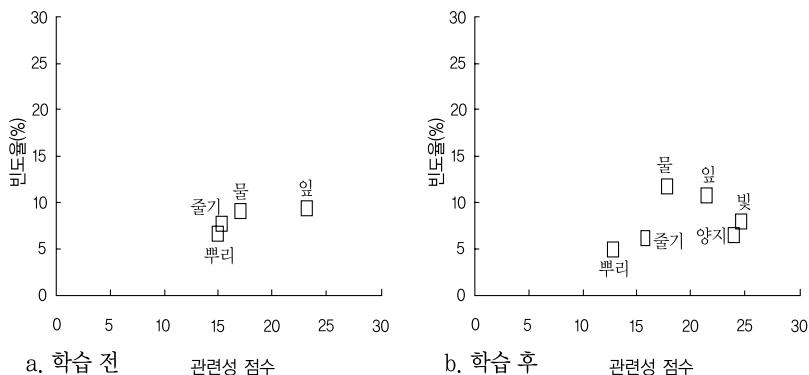


그림 2 광합성 장소에서 개념의 관련성 및 빈도율 변화

나. 광합성 생성물질 영역

광합성 생성물질 영역에서 개념의 관련성 및 빈도를 바탕으로 학습 전·후에 나타난 학생들의 인식 위치는 그림 3에 제시되었다. 학습 전에는 '산소'의 관련성 점수 및 빈도율이 제일 높게 나타났으며, '영양분'과 '녹말'이 거의 비슷한 위치에 나타나고 있다(그림 3a). 학습 전인데도 불구하고 학생들이 광합성 생성물질로 '산소'와 '녹말'을 제시한 것으로 보아, 광합성 관련 선행 학습이 이뤄진 것으로 사료된다. 학습 후에는 '빛'이 새롭게 나타났고, '녹말'의 관련성 점수 및 빈도율이 제일 높게 나타났다(그림 3b). 광합성 학습을 통하여 학생들은 광합성 생성물질로서 '녹말'과 '산소'의 관련성 및 빈도율을 더욱 높게 인식하는 것을 볼 수 있다. 그리고 광합성 학습을 통하여 학생들은 광합성 장소와 생성물질에서도 '빛'에 대한 인식이 강해진 것을 알 수 있다.

다. 광합성 필요물질 영역

광합성 필요물질 영역에서 개념의 관련성 및 빈도

을 바탕으로 학습 전·후에 나타난 학생들의 인식 위치는 그림 4에 제시되었다. 학습 전에는 '빛'의 관련성 점수 및 빈도율이 제일 높게 나타났으며, '공기', '산소', '흙'이 비슷한 위치에 나타났다(그림 4a). 학습 전인데도 불구하고 '빛', '물' 그리고 '이산화탄소'를 제시하는 것으로 보아, 광합성 관련 선행 학습이 이뤄진 것을 알 수 있다. 학습 후에는 '바람'이 새롭게 나타났고, '빛'의 관련성 점수 및 빈도율이 제일 높게 나타났다(그림 4b). 학습 후에 '빛'의 관련성 점수 및 빈도율이 더욱 높게 제시된 것으로 보아, 광합성 학습을 통하여 학생들이 '빛'에 대한 인식이 강해진 것으로 알 수 있다. 그리고 학습 후에 '바람'이 빈도율 5% 이상 제시되면서 '산소'와 비슷한 위치에 있는 것으로 보아, 학습 후에도 학생들의 선개념들이 사라지지 않고 더욱 강화되는 경우라 볼 수 있다. 이는 광합성에 대해 학생들이 과학 개념과 선개념이 서로 공존하고 있다는 연구 결과들(Palmer, 1999; Tyson et al., 1997)과 맥락을 같이 한다고 볼 수 있다.

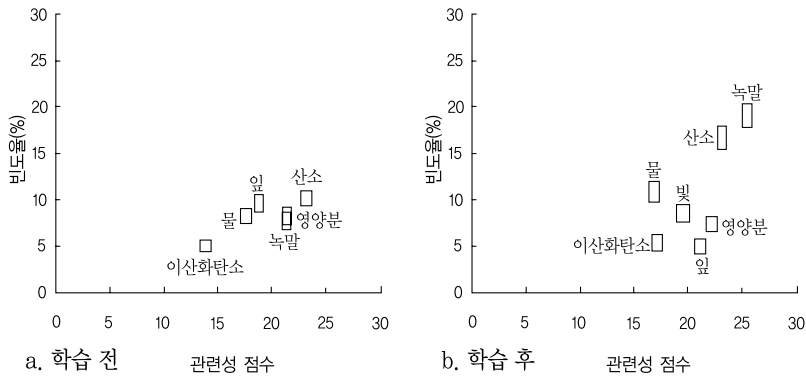


그림 3 광합성 생성물질에서 개념의 관련성 및 빈도율 변화

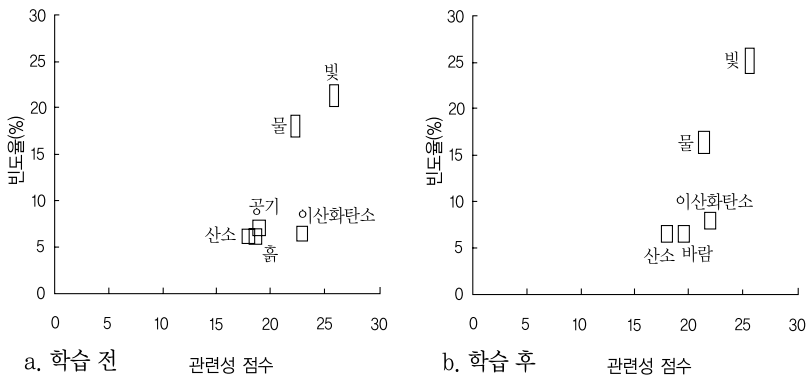


그림 4 광합성 필요물질에서 개념의 관련성 및 빈도율 변화

라. 광합성 환경요인 영역

광합성 환경요인 영역에서 개념의 관련성 및 빈도를 바탕으로 학습 전·후에 나타난 학생들의 인식 위치는 그림 5에 제시되었다. 학습 전에는 ‘빛’의 관련성 점수 및 빈도율이 제일 높았으며 그 뒤를 이어 ‘물’, ‘산소’ 순으로 나타났다(그림 5a). 학습 후에는 ‘바람’, ‘온도’, ‘이산화탄소’가 새롭게 등장하였고, ‘빛’의 관련성 점수 및 빈도율이 제일 높게 나타났다(그림 5b). 제 7차 과학과 교육과정에서 처음으로 제시되는 광합성 관련 내용이 광합성 장소와 생성물질을 간략하게 소개하고 있지만, 학생들은 광합성 학습을 통하여 ‘빛’과 ‘이산화탄소’ 뿐만 아니라 ‘온도’까지 인식하고 있었다. 그러나 학생들은 광합성 환경요인으로 그러한 과학 개념뿐만 아니라 ‘물’, ‘바람’, ‘산소’와 같은 오개념도 같이 인식하고 있음을 알 수 있다. 이러한 까닭중의 하나로 학생들이 광합성 환경요인에 대한 올바른 개념이 형성되지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

광합성 학습을 통하여 학생들은 광합성 네 영역별로 과학 개념들의 관련성 점수 및 빈도율이 높아지는 경향을 보이고 있지만, 여전히 광합성 각 영역과는 거리가 먼 오개념들을 더불어 인식하고 있는 것으로 보인다. 이는 과학 개념과 대안 개념들이 공존하고 있다는 학생들의 개념 연구들(Palmer, 1999; Tyson et al., 1997)과 일치하고 있으며, 광합성에 대한 학생들의 선개념이 쉽게 바뀌지 않는다는 오개념 연구들(정영란, 강경리, 1998; Krall et al., 2009)과도 일치한다고 볼 수 있다.

광합성 학습 전에는 ‘빛’이 광합성 필요물질 및 환경요인 영역에서만 나타나다가 학습 후에는 네 영역

모두에서 나타나고 있는 것으로 보아, 학생들이 광합성 학습 후에 ‘빛’ 개념이 모든 광합성 영역과 관련이 있다고 강하게 인식하고 있는 것으로 보인다.

3. 개념 간 경쟁관계

광합성 학습 전과 학습 후에 제시된 광합성 네 영역별 개념들의 빈도율과 관련성 점수 평균을 이용하여 다차원 척도 분석을 통하여 개념 간 경쟁관계 인지도로 제시하였다. 경쟁관계 인지도에서 개념 간 근접성의 거리는 관련성 점수 및 빈도율을 바탕으로 학생들의 개념 간 유사성 인식의 거리로 해석된다.

가. 광합성 장소 영역

광합성 장소 영역에서 학습 전 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00367, RSQ=0.99996)와 학습 후 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00073, RSQ=1.00000)는 그림 6에 제시되었다. 학습 전에는 ‘줄기’와 ‘뿌리’, ‘줄기’와 ‘물’ 개념이 근접해 있어서 학생들이 광합성 장소 영역에서 두 쌍의 개념끼리 유사하게 인식하고 있는 것으로 보인다(그림 6a).

학습 후에는 ‘빛’과 ‘양지’, ‘줄기’와 ‘뿌리’ 개념이 근접해 있고 ‘잎’과 ‘물’이 상대적으로 가까이 위치하고 있어서 광합성 장소 영역에서 세 쌍의 개념끼리 유사하게 인식하고 있는 것으로 보인다(그림 6a). 특히 ‘줄기’와 ‘뿌리’ 개념끼리의 거리가 학습 전보다 학습 후에 다소 멀어진 것으로 보아 두 개념에 대한 학생들의 유사성 인식이 약해졌는 반면에, ‘잎’과 ‘물’ 개념끼리의 거리가 학습 전보다 학습 후에 더 가까워진 것으로 보아, 두 개념에 대한 학생들의 유사성

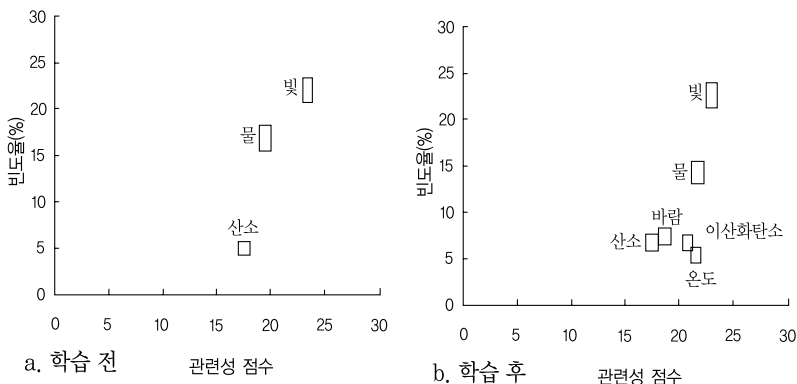


그림 5 광합성 환경요인에서 개념의 관련성 및 빈도율 변화

인식이 강해졌는 것으로 판단된다. 학습 전·후의 인지도에서 차원 간 구분은 명확하게 나타나지 않았다.

나. 광합성 생성물질 영역

광합성 생성물질 영역에서 학습 전 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00099, RSQ=1.00000)와 학습 후 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00003, RSQ=1.00000)는 그림 7에 제시되었다. 학습 전에는 '녹말'과 '영양분'이 근접해 있고, '물'과 '잎' 그리고 '영양분'과 '산소'가 상대적으로 가까이 위치하고 있어서 학생들이 광합성 생성물질 영역에서 세 쌍의 개념들을 유사하게 인식하고 있는 것으로 보인다.

학습 후에는 '잎'과 '영양분' 그리고 '산소'와 '녹말'이 근접해 있으며, '빛'과 '물', '빛'과 '영양분'이 상대적으로 가까이 위치하고 있어서 광합성 생성물질 영역에서 학생들이 네 쌍의 개념들을 유사하게 인식하고 있는 것으로 보인다. 특히 '산소'와 '녹말' 개념끼리의 거리가 학습 전보다 학습 후에 더 가까워진 것으로 보아, 광합성 학습을 통하여 두 개념에 대한 학생들의 유사성 인식이 강해졌는 것으로 판단된다.

학습 전·후의 인지도에서 차원 간 구분은 명확하게 나타나지 않았다.

다. 광합성 필요물질 영역

광합성 필요물질 영역에서 학습 전 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00003, RSQ=1.00000)와 학습 후 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00037, RSQ=1.00000)는 그림 8에 제시되었다. 학습 전에는 '흙'과 '산소' 그리고 '공기'가 매우 근접해 있어서 학생들이 광합성 필요물질 영역에서 세 개념들을 유사하게 인식하고 있음을 알 수 있다.

학습 후에는 '산소'와 '바람', '바람'과 '이산화탄소'가 근접해 있어서 학생들이 광합성 필요물질 영역에서 두 쌍의 개념들을 유사하게 인식하고 있는 것으로 보인다. '물'과 '빛'의 근접성은 학습 전보다 학습 후에 멀어지는 것으로 보아, 광합성 학습을 통하여 학생들이 두 개념을 유사하게 인식하지 않는 것으로 보인다. 학습 전·후의 인지도에서 차원 간 구분은 명확하게 나타나지 않았다.

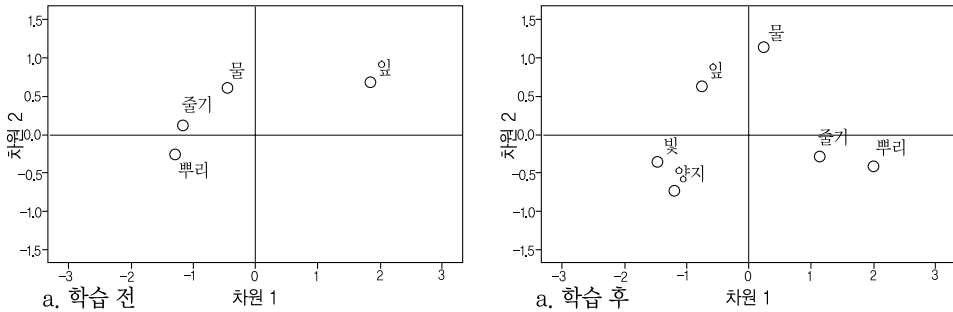


그림 6 광합성 장소 영역에서 개념 간 경쟁관계 인지도

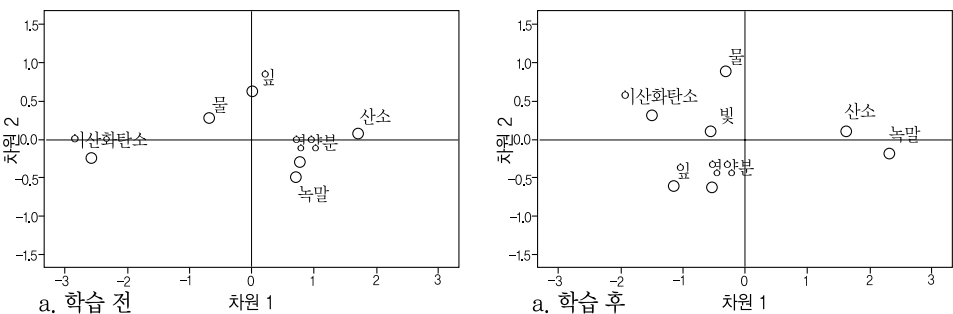


그림 7 광합성 생성물질 영역에서 개념 간 경쟁관계 인지도

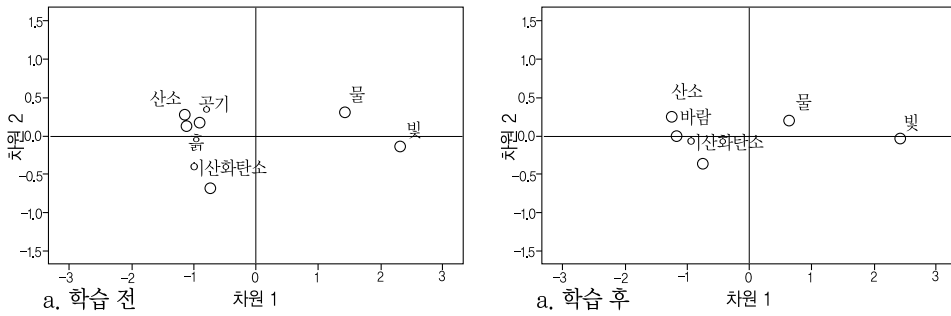


그림 8 광합성 필요물질 영역에서 개념 간 경쟁관계 인지도

라. 광합성 환경요인 영역

광합성 환경요인 영역에서 학습 전 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00094, RSQ=1.00000)와 학습 후 개념 간 경쟁관계 인지도(Stress=0.00003, RSQ=1.00000)는 그림 9에 제시되었다. 학습 전에는 '물'과 '빛'이 상대적으로 가까이 위치하고 있어서 학생들이 광합성 환경요인 영역에서 두 개념이 유사하다고 인식하는 것으로 보인다.

학습 후에는 '온도'와 '이산화탄소', '산소'와 '바람', '이산화탄소'와 '바람'이 근접해 있어서, 학생들이 광합성 환경요인 영역에서 세 쌍의 개념들을 유사하게 인식하고 있는 것으로 보인다. 광합성 필요물질 영역과 비슷하게 '물'과 '빛'의 근접성이 학습 후에 더 멀어지고 있는 것으로 보아, 학습을 통하여 광합성 필요물질 및 환경요인에서 학생들이 두 개념을 유사하게 인식하지 않는 것으로 보인다. 학습 전·후의 인지도에서 차원 간 구분은 명확하게 나타나지 않았다.

광합성 학습 후에 다른 영역에 비하여 필요물질 및 환경요인에서 '바람'과 같은 선개념이 오히려 높게 인식되어 다른 개념들과 유사성 관계를 맺고 있는 것

을 볼 수 있다. 이처럼 학생들의 선개념이 과학 개념 형성에 많은 영향을 미치고 있으며, 학습 후에도 과학 개념으로 쉽게 바뀌지 않고 오개념으로 지속되는 것으로 사료된다(Canal, 1999; Cepni, 2006; Driver, 1981; Yenilmez & Tekkaya, 2006).

광합성 네 영역의 개념 간 경쟁관계 인지도에서 근접한 개념들은 개념의 관련성 및 빈도를 그래프에서 가까이 위치한 것으로 나타나 학생들의 인식에 유사한 경향을 보이고 있다. 그러므로 개념의 관련성 및 빈도 변화 그래프와 경쟁관계 인지도에서 나타나듯이, 학습자의 개념 상태 내 개념들끼리도 나름대로의 위상을 가지고 있으면서 동시에 서로 얽혀있다는 연구들(Deniz et al., 2008; Disessa, 2002; Hewson & Hewson, 1984; Southerland et al., 2006)을 뒷받침하고 있다고 판단된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 제 7차 과학과 교육과정에서 광합성이 처음으로 제시되는 5학년을 대상으로 광합성 학습 전과

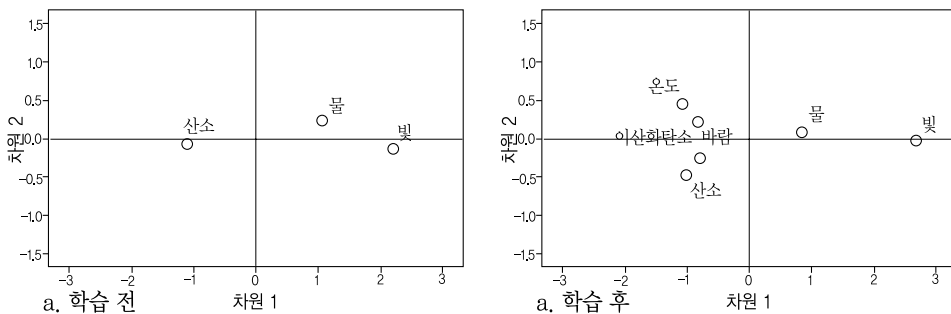


그림 9 광합성 환경요인 영역에서 개념 간 경쟁관계 인지도

학습 후에 인식하는 광합성 개념 간 관계 변화를 생태 지위적 접근으로 분석하였다. 광합성 개념의 생태 지위적 접근은 개념의 다양성, 개념의 관련성 및 빈도율 변화 그리고 개념 간 경쟁관계 측면을 통해서 분석하였으며 연구 결과에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 광합성 학습을 통하여 5학년들은 광합성의 모든 영역에서 공통적으로 ‘빛’과 ‘물’을 인식하고 있으면서 각 영역별로 다양한 개념들을 제시하고 있었다. 광합성 학습 전 제시한 개념들과 더불어 학습 후에 학생들은 광합성 장소에서 ‘빛’, ‘양지’를, 생성물질에서 ‘빛’을, 필요물질에서 ‘바람’을, 환경요인에서 ‘바람’, ‘이산화탄소’, ‘온도’를 더욱 많이 인식하고 있었다. 특히 학습 후에도 ‘뿌리’, ‘바람’ 등과 같은 광합성과는 관련이 없는 개념들을 여전히 제시하고 있어서 학습자들의 선개념들이 쉽게 바뀌지 않고 있었다. 따라서 광합성에 대한 학생들의 선개념을 먼저 파악하는 것이 효율적인 광합성 지도의 출발점이라 본다.

둘째, 학생들은 광합성 학습을 통하여 광합성 네 영역에서 ‘빛’의 관련성 및 빈도율이 높아진 것으로 나타났다. 그러나 광합성 네 영역에 따른 과학 개념을 적절하게 제시하는 것보다 학습을 통하여 광합성 네 영역에서 ‘빛’ 개념을 확고하게 인식한 것으로 보인다. 그러므로 광합성 영역별의 올바른 개념을 형성하기 위해서는 광합성이 처음으로 제시되는 5학년에서 광합성 관련 내용들이 영역별로 구분되어 지도되는 것이 필요하리라 본다.

셋째, 학생들은 광합성 학습 전에는 광합성 장소에서 ‘줄기’와 ‘뿌리’를, 생성물질에서 ‘잎’과 ‘물’, ‘영양분’과 ‘녹말’을, 필요물질에서 ‘산소’와 ‘공기’ 그리고 ‘흙’을 유사하게 인식하고 있었다. 학습 후에는 학생들이 광합성 장소에서 ‘줄기’와 ‘뿌리’, ‘빛’과 ‘양지’를, 생성물질에서 ‘잎’과 ‘영양분’, ‘산소’와 ‘녹말’을, 필요물질에서 ‘산소’와 ‘바람’, ‘바람’과 ‘이산화탄소’를, 환경요인에서 ‘온도’와 ‘이산화탄소’, ‘이산화탄소’와 ‘바람’, ‘바람’과 ‘산소’를 유사하게 인식하였다. 이는 광합성 학습이 이뤄졌지만 광합성 각 영역별로 과학 개념과 오개념들끼리 유사하게 인식되고 있음으로 보인다. 그러므로 학생들의 올바른 개념 형성을 위한 교사들의 지속적인 노력들이 수반되어야 할 것이다.

넷째, 5학년들은 광합성을 학습하기 전인데도 불구하고

선개념들과 더불어 어느 정도의 광합성 영역별 과학 개념들을 가지고 있었다. 이는 수업에 앞서 학교 외 사전 학습이 어느 정도 이뤄지고 있음을 시사하고 있다. 그러나 학생들은 사전 학습으로 인한 개념들과 선개념들이 혼재되어 있기 때문에, 올바른 개념 형성을 위해서는 광합성 관련 실험에서 기존 교사중심의 확인식 실험형태를 벗어나 학생중심의 토의식 실험수업이 필요하리라 본다.

다섯째, 광합성 영역별로 개념의 다양성, 개념의 관련성 및 빈도율 변화, 개념 간 경쟁관계 측면을 통하여 학습자들이 인식하는 개념들 간 위상이 다르며 서로 얽혀있는 것을 볼 수 있다. 개념의 다양성이 증가하는 동시에 개념들 간의 관계도 달라지고 있는 것으로 보아, 학습자들이 인식하는 개념들은 개념 생태 내에서 생태 지위를 가지고 있다고 판단된다. 그러므로 학습자들의 개념 생태 내 올바른 개념 변화를 위해서는 생태 지위적 접근을 통하여 현재 개념 간 관계를 파악한 후에 다양한 교수 전략을 통하여 지도를 하는 것이 효과적이라 본다. 그리고 보다 심층적인 학생들의 개념 간 인식 연구를 위해서 생태 지위적 접근 방식과 더불어 질적 연구가 병행된 후속 연구들이 필요하리라 본다.

국문 요약

학습자의 개념 형성 요인을 심층적으로 분석하는 개념 생태 관련 연구들이 많이 진행되어 오고 있다. 학습자의 인지 구조를 생태계로 비유한다면, 인지 구조 속에 존재하는 개념은 생태계의 종으로 비유할 수 있다. 따라서 생태계 내 종이 생태 지위를 가지듯이, 학습자의 개념 생태 내 개념도 생태 지위를 가질 수 있다.

이 연구는 개념의 다양성, 개념의 관련성과 빈도율 변화, 개념 간 경쟁관계로 구성된 생태 지위적 접근을 통하여, 광합성 학습 전·후에 5학년들이 인식하는 광합성 개념 간 관계를 분석하였다. 설문지는 광합성 장소, 광합성 생성물질, 광합성 필요물질, 광합성 환경요인 네 영역으로 구성되어 있으며, 각 영역별로 알고 있는 개념과 그 개념의 관련성 정도를 점수(1~30점)로 기입하도록 제작되었다. 5개 도시 소재 11개 초등학교의 5학년 11학급 총 310명의 학생들을 대상으

로 설문하여 분석하였다.

연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 학생들은 광합성에 '빛'과 '물'을 공통적으로 많이 인식하면서 다양한 개념들을 지니고 있었다. 둘째, 학습 후에도 학생들은 '뿌리', '바람' 등과 같은 오개념이 여전히 나타나고 있었으며, 광합성 영역별로 오개념과 과학 개념이 공존하고 있었다. 셋째, 학습을 통하여 '빛'에 대한 학생들의 인식이 높아지고 있지만, 광합성 영역에 따른 적절한 개념을 인식하지 못하고 있기 때문에 교사들의 지속적이면서 효율적인 교수 전략이 필요하다. 넷째, 학생들이 인식하는 개념들은 개념 생태내에서 위상을 갖고 복잡하게 얽혀져 있는 것으로 보아 생태 지위를 갖고 있는 것으로 판단된다.

참고 문헌

- 강경희, 이선경(2001). 개념변화 맥락을 구성하는 개념생태 상호작용에 관한 사례 연구. *한국과학교육학회지*, 21(4), 745-756.
- 김미영, 이길재(2007). 생식과 유전 개념에 대한 고등학생들의 개념 생태 분석. *한국생물교육학회지*, 35(4), 678-691.
- 김영찬, 김주영(2000). 다차원척도법의 활용방안 및 발전방향: 방법론적 관점에서. *소비자학연구*, 11(4), 199-227.
- 김희정, 조연순(2001). 초등학생의 광합성 개념학습에서 TWA 비유 수업 모형의 효과. *한국과학교육학회지*, 21(2), 444-458.
- 김우중, 강기훈(2009). 붓스트랩을 이용한 다차원척도법의 효율성 연구. *한국데이터정보과학회지*, 20(2), 301-309.
- 박기용, 안성식, 정기용(2006). 다차원척도법을 이용한 외식기업 경쟁요인 비교분석에 관한 연구. *외식경영연구*, 9(4), 93-115.
- 박지은, 이선경(2007). 중학생의 힘의 개념변화 사례 연구: 개념생태적 접근. *한국과학교육학회지*, 27(7), 592-608.
- 박현주(1996). 초등학교 학생들의 증발에 대한 개념 생태 연구. *한국초등과학교육학회지*, 15(2), 215-222.
- 이호준, 변두원, 김창호(1998). 오대산 삼림식생의 종간친화력 및 서열분석. *한국생태학회지*, 21(3), 291-300.
- 정영란, 강경리(1998). 광합성의 기본개념에 관한 학생들의 이해도 조사 및 오개념 분석. *한국생물교육학회지*, 26(1), 1-7.
- 정화숙, 박현숙, 임영진, 김자림(2005). 제7차 교육과정에 의한 중등 과학 교과서의 광합성 영역에 대한 용어와 탐구의 연계성 분석. *한국생물교육학회지*, 33(2), 196-208.
- 한준, 박찬웅 (2001). 개인과 이중성에 기초한 사회적 공간의 생태지위 분석. *조사연구*, 2(1), 109-127.
- Canal, P. (1999). Photosynthesis and inverse respiration in plants: An inevitable misconception?. *International Journal of Science Education*, 21(4), 363-371.
- Caramazza, A., & Shelton, J. R. (1998). Domain-specific knowledge systems in the brain: The animate-inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(1), 1-34.
- Cepni, S., Tas, E., & Kose, S. (2006). The effects of computer-assisted material on students' cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science. *Computers & Education*, 46(2), 192-205.
- Deniz, H., Donnelly, L. A., & Yilmaz, I. (2008). Exploring the factors related to acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: Toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 420-443.
- Demastes, S. 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. A. (2002). Why "conceptual ecology" is a good idea. In M. Limon & L. Mason(Eds), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*(PP.29-61). Netherlands: Kluwer.
- Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *International Journal*

of *Science Education*, 3(1), 93–101.

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.

Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001). The tow-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose?. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1039–1052.

Hardesty, D. L. (1972). The human ecological niche. *American Anthropologist*, 74(3), 458–466.

Hewson, P. W., & Hewson, A. G. A. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1–13.

Kemp, R., Schot, J., & Hoogma, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2), 175–195.

Krall, R. M., Lott, K. H., & Wymer, C. L. (2009). Inservice elementary and middle school teachers' conceptions of photosynthesis and respiration. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 41–55.

Love, T. F. (1977). Ecological niche theory in sociocultural anthropology: A conceptual framework and an application. *American Ethnologist*, 4(1), 27–41.

Magnani, L. (2007). Creating chances through cognitive niche construction: The role of affordances. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 4693, 917–925.

Masson, M. E. J. (1995). A distributed memory model of semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(1), 3–23.

Milne, G. R., & Mason, C. H. (1989). An ecological niche theory approach to the

measurement of brand competition. *Marketing Letters*, 1(3), 267–281.

Neufeld, P., & Foy, M. (2006). Historical reflections on the ascendancy of ADHD in North America, c. 1980 – c. 2005. *British Journal of Educational Studies*, 54(4), 449–470.

Nyland, B. (2009). Language experiences of preverbal children in Australian children centres. *European Early Childhood Education Research Journal*, 17(1), 111–124.

Palmer, D. H. (1999). Exploring the link between students' scientific and nonscientific conceptions. *Science Education*, 83(6), 639–653.

Park, H. J. (2007). Components of conceptual ecologies. *Research in Science Education*, 37(2), 217–237.

Pata, K. (2009). Modeling spaces for self-directed learning at university courses. *Educational Technology & Society*, 12(3), 23–43.

Pinker, S. (2003). *Language as an adaptation to the cognitive niche*. In M. H. Christiansen, & S. Kirby (Eds), *Language Evolution* (pp 16–37). Oxford University Press.

Raven, R. P. J. M., Heiskanen, E., Lovio, R., Hodson, M., & Brohmann, B. (2008). The contribution of local experiments and negotiation processes to field-level learning in emerging (niche) technologies. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 28(6), 464–477.

Reis, O. (2008). Families as niches during communism in east germany: Consequences for parent-child relationships during times of change. *International Journal of Behavioral Development*, 32(5), 412–421.

Riemeier, T., & Gropengie er, H. (2008). On the roots of difficulties in learning about cell division: Process-based analysis of students' conceptual development in teaching experiments. *International Journal of Science*

Education, 30(7), 923-939.

Shannon, C. E. (2001). A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Computing and Communications Review*, 5(1), 3-55.

Slagsvold, T., & Wiebe, K. L. (2007). Learning the ecological niche. *Proceeding of The Royal Society B*, 274, 19-23.

Southerland, S. A., Johnston, A., & Sowell, S. (2006). Describing teachers' Conceptual ecologies for the nature of science. *Science Education*, 90(5), 874-906.

Sternberg, R. J. (2003). *Cognitive psychology*, 3/e. (김민식, 손영숙, 안서원 역, 2005). Thomson Learning, Inc.

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understand. In L. H. T. West, & A. L. Pines (Eds), *Cognitive structure and conceptual change*. London: Academy Press.

Taber, K. S. (2001). Shifting sands: A case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 731-753.

Toulmin, S. (1972). *Human understanding: The collective use and evolution of concepts*. Oxford, UK: Clarendon Press.

Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81(4), 387-404.

Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.

Warren, D. L., Glor, R. E., & Turelli, M. (2008). Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution. *Evolution*, 62(11), 2868-2883.

Yenilmez, A., & Tekkaya, C. (2006). Enhancing students' understanding of photosynthesis and respiration in plant through conceptual change approach. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 81-87.