

중학생의 과학창의성 신장을 위한 과학글쓰기 프로그램의 개발 및 적용

황신영 · 정영란*

이화여자대학교

The Development of the Science Writing Program : Cultivating Middle School Students' Scientific Creativity

Hwang, Shin-Young · Chung, Young-Lan*

Ewha Womans University

Abstract: The purpose of the study is to develop a science writing program for middle school students and to analyze the effects of this program. The program consists of twenty-one 10-minute long sessions in 2 chapters (stimulus and response; the structure and function of plants) from the 2nd year middle school textbooks. The team selected themes in science writing that can cultivate multiple facets of creativity in students: flexibility, originality and elaboration. The format of the science writing was diverse. The program was conducted through worksheets, and there was separate section within the worksheet for teacher to give feedback to students. The science writing program with teacher's feedback improved students' scientific creativity($p < .01$). It seems like teacher's feedback is critical in checking students' concept and boosting students' creativity. The program is statistically effective in improving students' flexibility($p < .01$), however it is not the case for improving on their originality and ability to elaborate($p > .05$). We assumed that the relatively extensive portion of the writing was not suitable to improve students' ability to elaborate their ideas further as well as fostering originality. In order to improve the students' creativity and ability to elaborate, there is a need to adjust the amount of science writing, content, time.

Key words: science writing program, scientific creativity, feedback

I. 서 론

현대사회는 과학과 기술의 중요성이 크게 대두되는 과학 기술 경쟁 시대로, 매일 새로운 정보와 지식들이 쏟아지고 있다. 학생들이 이렇게 급변하는 사회에서 살아가기 위해서는 기존의 정보와 지식을 바탕으로 한 문제해결력을 갖추어야 한다(Spender, 2001). 이러한 시대적 요구를 반영하여 2007년과 2009년에 개정된 과학과 교육과정에서는 과학교육의 목표를 '과학적 소양을 바탕으로 문제를 해결할 수 있는 창의성을 갖춘 인재 양성'으로 설정하였다(교육과학기술부, 2007; 교육과학기술부, 2009). 이처럼 과학교육의 목표가 창의적 인재 양식으로 변화하면서 학생들의 창의성을 향상시킬 수 있는 학습방법이 요구되고 있다. 창의성은 기존의 정보를 바탕으로 새롭고, 독창적

이며, 유용한 아이디어를 산출해내는 능력을 의미한다(Lubart, 1994). 창의성을 향상시키는 학습 전략에는 개념도, 마인드 맵, 브레인스토밍, 문제중심학습, 글쓰기 등이 있다(김영채, 2006; 박완숙, 2002). 원래 글쓰기는 주로 국어교과의 학습 전략으로 사용되어 왔으나, 최근 글쓰기의 다양한 효과가 밝혀지면서 범교과적으로 활용되고 있다(Soven, 1996). 특히 2009 개정교육과정에서는 과학적 사고력, 창의력, 의사소통 능력을 함양하기 위한 과학글쓰기를 강조하고 있다(교육과학기술부, 2009). 과학글쓰기는 학생들로 하여금 자신의 생각을 창의적으로 자유롭게 표현할 수 있게 하므로, 학생들의 창의성을 증진시킬 수 있는 학습 전략이 될 수 있다(구슬기, 박일우, 2010).

과학글쓰기는 과학을 소재로 하는 글을 잘 쓸 수 있도록 과학적 사실, 개념, 원리, 법칙, 이론 등에 대해

*교신저자: 정영란(ylchung@ewha.ac.kr)

**2013.01.30(접수), 2013.04.04(1심통과), 2013.04.24(2심통과), 2013.05.01(최종통과)

사고하는 내용과 과정을 글로 표현하는 것이다(천재훈, 손정우, 2004). 학생들은 과학글쓰기를 통해 과학 개념을 명료화하고 학습한 지식을 자신의 언어로 재구성하여 오래 기억할 수 있으며(Baker, 2004; Hand et al, 2004; Yorem et al., 2004), 오개념을 파악할 수 있다(이호진, 최경희, 2004; 정혁 등, 2004). 또한 과학글쓰기를 통해 과학탐구능력(배희숙 등, 2009), 과학에 대한 인식과 흥미, 과학적 태도도 향상시킨다(남경은 등, 2004; 이석희 등, 2011). 따라서 과학글쓰기는 인지적인 측면 뿐 아니라 정의적인 측면에서도 긍정적인 효과가 있다.

최근 들어 과학글쓰기와 창의성의 연관성을 알아보는 연구들이 수행되고 있다. 초등학생들을 대상으로 과학글쓰기 프로그램을 적용한 결과 창의성이 신장되었으며(문예경, 정영란, 2012; 장혜진, 신영준, 2009), 초등 과학영재들을 대상으로 과학글쓰기 프로그램을 지도한 결과 창의성의 하위 영역인 독창성이 향상되었다(조혜진 등, 2011). 이와 같이 과학글쓰기가 학생들의 창의성에 미치는 영향은 몇몇 연구를 통해 조금씩 밝혀지고 있으나 주로 초등학생과 초등영재학생을 중심으로 진행되고 있다.

창의성은 특정 영역과 관련 없는 일반적인 능력으로 보기도 하지만(Guilford, 1956; Torrance, 1974), 영역에 따라 과학적 창의성, 예술적 창의성, 문학적 창의성으로 세분화한다(우종욱 등, 2000; 조석희 등, 2003; 한기순 등, 2002; Sternberg & Lubart, 1995). 영역 특수적 입장에서의 과학창의성은 과학의 기본개념과 지식, 탐구능력을 기반으로 창의적 사고를 통해 다양한 과학적 문제 상황을 해결해 나가는 능력으로 본다(박종원, 2004; 조연순, 최경희, 2000). 유아 시기에는 일반적인 창의성이 주로 나타나지만 청소년기로 갈수록 영역 특수적 창의성이 나타나므로, 어릴 때에는 영역 일반적 접근의 창의성 교육이 필요하고, 청소년기에는 창의적 사고와 교과 내용이 융합된 과학창의성 교육을 하는 것이 바람직하다(조연순 등, 2008). 그러나 기존에 개발된 과학글쓰기 프로그램은 주로 초등학생을 대상으로 한 경우가 많았으며, 중·고등학생들을 대상으로 적용했다라도 과학 창의성이 아닌 일반창의성을 알아본 연구가 대부분이었다.

또한 기존에 개발된 과학글쓰기 프로그램은 주로 과제 형식이나(김병삼 등, 2009) 재량활동 시간에 적

용된 경우가 대부분이었다(장혜진, 신영준, 2009). 그러나 과학글쓰기는 꾸준히 적용해야 효과적이고(손정우, 2006), 과학창의성이 단기간에 신장되는 능력이 아니므로 과학창의성 향상을 위해서는 정규 수업에 적용할 수 있는 프로그램을 개발할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 중학생을 대상으로 과학창의성을 신장시킬 수 있는 과학글쓰기 프로그램을 개발하여, 이 프로그램이 학생들의 과학창의성을 향상시키는데 어떠한 효과가 있는지 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 서울 소재 남녀공학 중학교의 2학년 9개 학급을 대상으로 하였다. 3개 학급은 비교반으로 전통적 강의식 수업을 하였고, 다른 3개 학급은 과학글쓰기 프로그램을 적용한 수업(실험반 1), 나머지 3개 학급은 교사의 피드백이 포함된 과학글쓰기 수업(실험반 2)을 실시하였다. 비교반의 남학생은 54명, 여학생은 51명, 실험반 1의 남학생은 53명, 여학생은 52명, 실험반 2의 남학생은 53명, 여학생은 52명으로 총 학생 수는 316명이었다.

2. 연구절차

본 연구에서는 사전-사후검사 통제집단 설계(pretest-posttest control group design) 방법을 사용하였다. 대상 단원은 중학교 2학년 「식물의 구조와 기능」, 「자극과 반응」이었다. 학습목표를 고려하여 중학생들의 과학창의성 향상을 위한 과학글쓰기 프로그램을 개발하고, 이를 적용할 수 있는 수업지도안과 활동지를 제작하였다. 개발한 과학글쓰기 프로그램은 과학 전공 교수 1인, 과학전공 교사 4인의 검토를 거쳐 수정 보완하여 최종 완성하였다. 학생들의 과학창의성을 검사하기 위해 김승훈(2004)이 개발한 과학창의성 검사지를 사용하여 사전검사를 실시하였다.

수업처치는 2010년 8월부터 12월까지 총 21차시에 걸쳐 실시하였다. 이때 비교반은 전통적 강의식 수업을, 실험반 1은 교사의 피드백을 적용하지 않은 과학글쓰기 수업을, 실험반 2는 교사의 피드백을 적용한 과학글쓰기 수업을 실시하였다. 수업처치 후 동일한

검사지로 사후검사를 실시하였다. 과학글쓰기 프로그램이 학생들의 과학창의성 향상에 미치는 효과를 알아보기 위해 공변량분석(ANCOVA)을 실시하였다. 그리고 과학글쓰기에 대한 교사의 피드백이 학생들의 과학창의성 향상에 어떠한 영향을 주었는지 알아보기 위해, 사전검사가 끝난 후 실험반 2 학생들 중에서 학생들의 성별과 학업성취 수준을 고려하여 11명을 선발해 면담을 실시하였다. 면담은 방과 후 시간을 이용해 이루어졌으며, 한 학생 당 한 번에 한 시간씩 총 2 번을 실시하였다.

3. 과학창의성 검사지

과학창의성 검사는 김승훈(2004)이 개발한 검사지를 사용하였다. 문헌 연구 결과 일반창의성이 아닌 과학창의성을 검사할 수 있는 검사지가 거의 없었는데, 이 검사지는 내용타당도와 신뢰도가 검증되었으며, 채점 기준까지 있어 사용이 용이하였다. 이 검사지는 창의성 요소, 문제상황, 과학내용을 고려한 주관식 8 문항으로 구성되어 있다. 검사지의 문항별 내용은 다음 <표 1>과 같다. 각각의 문항들은 주제에 따라 물리, 화학, 생물, 지구과학 내용이 골고루 포함되어 있으며, 다양한 반응이 나올 수 있는 개방형 문항으로 창의성을 측정할 수 있다. 또한 각 문항은 다양한 생활 주변의 과학적 상황을 소재로 하여 구성되며, 창의성 요소인 융통성, 독창성, 정교성 중 1~2가지 요소를 포함하고 있다.

검사 결과는 주어진 채점 기준에 따라 점수를 부여하였다. 융통성은 산출해 낸 아이디어 중에서 타당하고 적절하며 다양한 아이디어의 수를 세어서 1개당 1 점 혹은 2개 당 1점을 부여하였다. 독창성은 문항별 반응의 빈도수를 구한 후 응답자 중 5% 미만인 반응에 대해서 1점씩, 특히 2% 미만인 경우는 2점을 부여하였다. 정교성은 반응한 내용이 과학적으로 또는 논리적으로 모순이 없으며, 정밀하고 섬세하게 설명한 정도에 따라 1점에서 3점까지 차등을 두어 점수를 부여하였다. 융통성의 총점은 29점, 독창성의 총점은 23점, 정교성의 총점은 12점이고, 과학창의성 검사의 만점은 64점이었다. 검사시간은 45분이었으며, 신뢰도(Cronbach α)는 .79였다. 채점자간 신뢰도를 알아보기 위해 답안지의 10%를 뽑아 교사 1인에게 채점을 의뢰하였는데, Pearson 상관계수에 의한 채점자간 신뢰도는 .85이었다.

4. 과학글쓰기 프로그램의 개발

본 연구에서는 선행연구를 통해 과학창의성을 과학 지식과 탐구기능을 기반으로 창의적 사고를 통해 문제를 해결하는 능력으로 보고, 이를 향상시킬 수 있는 과학글쓰기 프로그램을 고안하였다. 과학글쓰기 프로그램은 학생들의 과학창의성을 신장시킬 수 있는 내용으로 구성하되, 정규 수업 시간에 투입하여 학습의 연속성이 이루어질 수 있도록 하였다. 개발 단원은 중학교 2학년 「식물의 구조와 기능」, 「자극과 반응」으로

표 1
과학창의성 검사지의 구성

문항 주제	문항 내용
1. 소금물 구별하기	똑같이 생긴 두 개의 소금물을 구별할 수 있는 방법을 과학적 지식을 활용하여 제시하도록 한다.
2. 나만의 별자리 만들기	나만의 별자리를 독창적인 그림으로 나타내고, 별자리에 관련된 설명을 조리 있게 한다.
3. 꿈의 자동차	만화에 제시된 글을 보고 미래의 자동차가 갖추어야 할 기능을 독창적으로 기술한다.
4. 어항 속의 작은 생태계	밀봉된 어항 속에 있는 작은 생물이 오랫동안 살아갈 수 있는 이유를 생태계 순환과 관련 지어 설명한다.
5. 중력의 변화	중력이 변화되었을 때를 가정하여 벌어질 수 있는 일 중에서 좋은 점을 과학적으로 기술한다.
6. 물질의 분류	여러 가지 물질들의 과학적인 분류 기준을 세워 분류한다.
7. 공통점 찾기	서로 연관이 없는 물질의 공통점을 찾아 과학적 용어로 기술한다.
8. 퍼즐 완성하기	과학용어를 사용하여 퍼즐을 완성한다.

두 개 단원의 모든 차시에 적용되는 과학글쓰기 프로그램을 개발하였다. 과학글쓰기 프로그램은 총 21차시로 구성되어 있으며, 매 차시 수업 정리 단계의 10분 동안 적용되며 활동지를 통해 진행되었다.

과학창의성 신장을 위한 과학글쓰기 프로그램 개발 절차는 다음과 같다. 먼저 7차 과학과 교육과정에서 제시한 생물 영역의 내용 체계와 학습목표를 근거로 8종의 교과서를 분석하여 각 차시별 주요 학습 내용을 선정하고 관련 과학개념을 추출하였다. 다음으로 천재환과 손정우(2004)가 제시한 창의적 사고기능을 활용한 글쓰기 유형 중 학습 내용에 부합하는 글쓰기 활동을 선정하였다. 학생들이 과학글쓰기에 부담을 가지지 않고 즐겁게 할 수 있도록 앞 차시에는 짧은 분량의 글쓰기와 상상력을 발휘해서 쓰는 글쓰기 활동을 주로 제시하였고, 단원의 뒷부분에서는 긴 분량의 글쓰기를 주로 제시하였다. 과학글쓰기의 주제는 학생들이 자주 접하고 실생활과 관련이 있는 것으로 택하되, 학생들의 과학창의성을 계발할 수 있도록 친숙한 사물을 새로운 시각으로 바라보고 글을 쓸 수 있도록 선택하였다. 교사는 학생들의 글쓰기 결과물에 대해 학생들의 창의적 사고를 신장할 수 있도록 피드백을 제공하였다.

5. 수업처치

수업처치는 2010년 8월부터 12월까지 총 21차시에 걸쳐 실시하였다. 이때 비교반은 전통적 강의식 수업을, 실험반 1은 교사의 피드백을 적용하지 않은 과학글쓰기 수업을, 실험반 2는 교사의 피드백을 적용한 과학글쓰기 수업을 실시하였다. 교사 변인을 통제하기 위해 모든 수업은 한 명의 교사가 담당하였으며, 통제반과 실험반 1, 실험반 2의 수업은 동일한 내용과 진도로 진행하였다. 수업 시간 중 처음 35분 동안 학생들은 각 차시에서 익혀야 할 과학적 지식과 탐구기능을 학습하였다. 수업의 마지막 10분 동안 비교반은 그날의 수업에 대한 요점 정리를 하였고, 실험반 1과 실험반 2에서는 과학글쓰기 활동지를 작성하였다. 실험반 1과 실험반 2의 수업이 끝난 후에는 학생들의 활동지를 걷었는데, 실험반 2 학생들의 경우 제출한 활동지에 교사의 피드백을 적어 다음 수업 시간에 학생들에게 돌려주었다. 학생들은 과학글쓰기 수업에서 교사의 피드백을 받음으로써 다시 한번 자신의 과학

개념을 점검하고, 사고의 폭을 넓힐 수 있으며, 과목에 대한 흥미가 증가한다(김미진, 2011). 학습자의 수준, 학습내용, 시기 등에 따라 피드백의 종류에 따른 효과가 달라지나, 일반적으로 단순한 정오확인 피드백보다는 정보제시 피드백이, 부정적 피드백보다는 긍정적인 피드백을 제공하는 것이 더 효과적이다(김미애 등, 2004; 최경희 등, 2000). 과학글쓰기 프로그램에서 제공한 교사 피드백은 정오확인 피드백, 정보제시 피드백, 긍정적 피드백, 창의적 발문 피드백 등 학생들의 수준과 글쓰기 내용에 따라 다양하였다. 글의 문맥이 이상하거나 틀린 단어가 있을 경우 정오확인 피드백을 제공하였고, 학생들의 글에 부족한 부분이 있을 경우 더욱 더 자세한 정보를 제공하거나, 창의적 사고를 유도할 수 있는 창의적 발문 피드백을 제공하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 과학창의성 신장을 위한 과학글쓰기 프로그램

과학창의성 신장을 위한 과학글쓰기 프로그램은 중학교 2학년을 대상으로 과학 수업 시간에 활용할 수 있도록 개발하였다. 과학글쓰기 프로그램은 「자극과 반응」 단원 10차시, 「식물의 구조와 기능」 단원 11차시로, 총 21차시 분량으로 구성되었으며, 프로그램의 구성은 <표 2>와 같다.

각 차시별 과학글쓰기 주제는 수업 내용 중 학생들의 흥미를 이끌어내고 창의성을 신장시킬 수 있는 내용으로 선정되었다. 선정된 과학글쓰기 주제를 대상으로 해당되는 탐구기능, 창의적 사고, 과학글쓰기 유형을 구분하였다. 과학교육과정에 제시된 탐구기능을 토대로 글쓰기 주제에 해당되는 한 가지 탐구기능을 선정하였는데, 관찰, 분류, 추리 등의 기초탐구기능과 가설설정, 변인통제, 자료해석 등의 통합탐구기능이 골고루 포함되도록 과학글쓰기 프로그램을 구성하였다. 그리고 과학글쓰기를 통해 융통성, 독창성, 정교성 중 두 가지 이상의 창의적 사고가 신장될 수 있도록 구성하였는데, 글을 완성하기 위해서는 다양한 창의적 사고가 필요하기 때문이다. 과학글쓰기 유형은 각 차시별 주제 및 관련된 창의적 사고를 고려하여 은유를 통한 글쓰기, 상상하여 글쓰기, 완성하는 글쓰기 등으로 구분하였다.

표 2
과학글쓰기 프로그램의 주제, 탐구기능, 창의적 사고 및 과학글쓰기 유형

차시	단원	과학글쓰기 주제	탐구기능	창의적 사고	과학글쓰기 유형
1		눈과 사진기의 공통점과 차이점 찾기	관찰	융통성, 정교성	은유를 통한 글쓰기
2		칭력이 좋아졌을 때의 좋은 점과 불편한 점	추리	융통성, 독창성	상상하여 글쓰기
3		오감을 가진 로봇 개발하기	추리	융통성, 독창성, 정교성	상상하여 글쓰기
4		한 가지 피부 감각이 사라진다면?	추리	독창성, 정교성	상상하여 글쓰기
5	자극과 반응	신경계를 설명하는 짧은 글짓기	추리	독창성, 정교성	완성하는 글쓰기
6		조건반사, 무조건반사, 의식적인 운동 구분하기	분류	융통성, 정교성	분류하는 글쓰기
7		약물 복용하는 친구를 설득하는 글쓰기	추리	융통성, 정교성	설명하는 글쓰기
8		호르몬 치료에 대한 의사결정	자료해석	독창성, 정교성	설득하는 글쓰기
9		호르몬 일기 쓰기	자료해석	융통성, 독창성	비유하는 글쓰기
10		일상생활의 피드백 예 찾기	추리	융통성, 정교성	설명하는 글쓰기
11		식물과 사람의 공통점과 차이점	관찰	융통성, 독창성	은유를 통한 글쓰기
12		헬몬트가 되어 아리스토텔레스에게 편지쓰기	자료해석	융통성, 정교성	설명하는 글쓰기
13		녹색인간이 되었을 때 지구의 변화 예상	예상	융통성, 독창성	상상하여 글쓰기
14		식물공장 설계하기	변인통제	융통성, 독창성, 정교성	실험설계하는 글쓰기
15		열대우림이 파괴될 때의 문제점	결론도출	융통성, 정교성	설명하는 글쓰기
16	식물의 구조와 기능	방안에 화분을 두면 질식할까?	가설설정 변인통제	독창성, 정교성	실험설계하는 글쓰기
17		식물과 동물의 호흡 비교하기	분류	융통성, 정교성	비교하여 글쓰기
18		식물의 잎을 탐험한 기행문 쓰기	관찰	융통성, 독창성, 정교성	상상하여 글쓰기
19		뿌리털과 비슷한 일을 하는 예 찾기	관찰	융통성, 독창성	비유하는 글쓰기
20		물관과 체관과 비슷한 일을 하는 예 찾기	추리	융통성, 독창성	비유하는 글쓰기
21		식물의 기공의 위치 알아보는 실험설계	관찰	융통성, 독창성, 정교성	상상하여 글쓰기

과학글쓰기 프로그램은 매 차시 정리 단계의 10분 간 진행되었다. 학생들은 각 차시에서 익혀야 할 과학 내용을 학습한 후, 창의적 사고를 발휘하여 과학글쓰기 활동지를 작성하였다. 과학글쓰기 프로그램에 대한 이해를 돕기 위해 「식물의 구조와 기능」 단원의 14 차시 수업에 사용한 과학글쓰기 활동지를 <그림 1>에 예시하였다.

이 차시의 학습내용은 식물의 광합성으로, 과학글쓰기의 주제는 미래의 농장 ‘식물공장’을 설계하는 것이다. 과학글쓰기 활동지의 ‘학습목표’ 부분에는 과학글쓰기를 통해 달성해야 할 목표를 제시하였다. ‘과학글쓰기 활동’란에는 과학글쓰기를 하는데 필요로 하는 탐구기능 및 과학창의성 요소들을 제시하고, 과학글쓰기 유형을 표시하였다. 예를 들어 학생들이

‘식물공장 설계하기’를 작성하기 위해서는 다양한 환경 변인 중 식물이 잘 자라기 위해 필요한 조건을 찾을 수 있는 탐구기능인 변인통제 능력이 필요하다. 또한 이 글을 완성하기 위해서는 다양한 창의적 사고가 필요하므로 융통성, 독창성, 정교성, 이 세 가지의 창의적 사고기능을 제시하였다. 그리고 과학글쓰기 유형은 실험설계하는 글쓰기에 해당된다. 이 과학글쓰기의 의도는 식물이 잘 자라는 조건 및 식물공장의 입지적 조건을 모두 고려하여 최적의 환경 조건과 지리적인 조건을 찾아낼 수 있는지를 알아보는 것이었다.

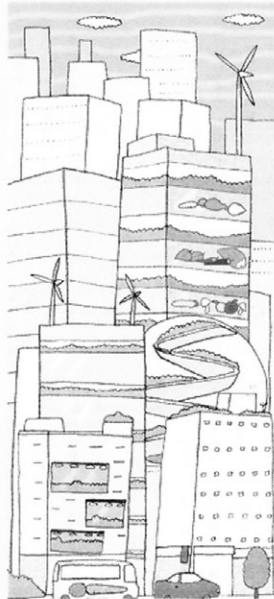
이에 대한 학생의 답안은 <그림 2>와 같다. 이 학생의 글쓰기를 보면 햇빛, 바람, 물, 습도 등 여러 환경 조건이 필요하다는 것을 적었으나, 적당한 양의 물, 적당한 온도 등으로 서술하여 표현의 구체성이 떨어

과학글쓰기 수업활동지			
제목	식물의 광합성에 필요한 기체와 발생하는 기체 1		
2학년	반	번	이름:
			확인

1. 학습목표: 식물농장에 필요한 조건들을 생각할 수 있다.
2. 과학글쓰기 활동

지식영역	과학탐구기능	과학창의성	과학글쓰기 유형
생물	변인통제	융통성, 독창성, 정교성	실험설계하는 글쓰기

① 아래 글을 읽고, 내가 식물공장을 짓는 책임자가 되었다고 가정하고, 완벽한 식물공장을 만들어봅시다. 최대한 과학적으로 & 자세히 설계해야 합니다.



미래의 농장 '식물공장'

최근 기습폭우나 눈폭탄 같은 기상이변이 자주 발생하면서 먹을거리의 가격 폭등 사태가 빈번히 일어나고 있다. 일각에서는 기상이변이 장기화될 경우 식량 부족 사태로 번질 가능성이 크다는 우려도 제기된다. 이에 따라 일본을 선두로 세계 각국은 기상에 영향을 받지 않고 작물을 재배할 수 있는 식물공장의 상용화에 힘을 쏟고 있다. 우리나라도 예외는 아니다. 하지만 식물공장은 초기 설비 투자비가 비닐하우스보다 20배 가까이 비싸 시장 진입이 매우 어려운 상황인 만큼 철저한 경제성 분석과 함께 정부의 장기적인 지원이 요구된다.

◆왜 식물공장인가? = 식물공장은 세계 식량자원 고갈의 대안으로 거론된다. 지난해 말 방한한 미국 컬럼비아대학의 딕슨 데스포미어 교수는 “빌딩농장이 향후 인류의 식량위기를 극복할 수 있는 대안”이라면서 “도심에 30층 이상의 빌딩공장을 지으면 5만명의 식량문제를 해결할 수 있다”는 지론을 폈다. 그는 1999년 빌딩농장의 개념을 창안한 인물이다.

완벽한 식물공장을 짓기 위해 고려해야 할 점
 예) 식물공장의 위치, 식물을 잘 키우기 위한 환경 조건, 키우는 식물의 종류, 식물공장의 시설 등
 이밖에 생각해야 할 항목들도 고안해보세요.

[선생님 의견]

그림 1 14차시 과학글쓰기 활동지

졌다. 또한 식물의 운송비용, 공장 설립 비용, 공장의 위치 등 다양한 조건을 고려하지 못했다. 그러나 다른 학생들이 생각하지 못했던 일조건을 언급하여 독창적인 답이 포함되었다. 이 학생의 글쓰기에 대해 교사는

식물공장의 설계를 좀 더 구체적으로 생각해볼 것을 요구하는 창의적 발문 피드백과 일조권이라는 독창적인 생각을 적은 것을 칭찬하는 격려 피드백을 제공하였다.

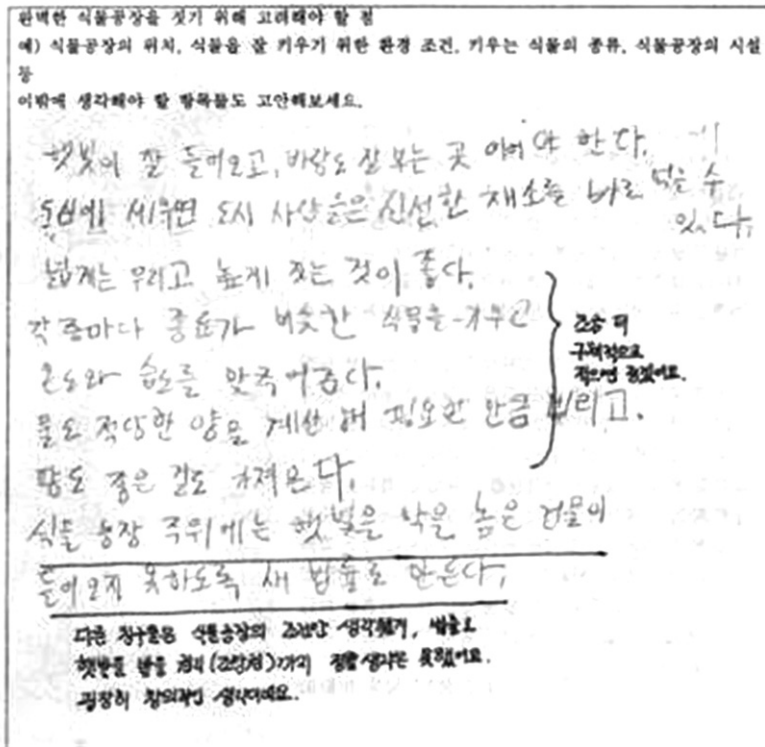


그림 2 14차시 과학글쓰기 활동지에 대한 학생 답안 예시

2. 과학창의성 신장을 위한 과학글쓰기 프로그램의 효과

비교반과 실험반 1, 실험반 2 학생들의 과학창의성 검사 결과는 <표 3>과 같다. 비교반의 사전검사 점수는 12.03점, 사후검사 점수는 13.51점으로 사후검사 점수가 사전검사 점수보다 1.48점 더 높았다. 실험반 1의 사전검사 점수는 12.56점, 사후검사 점수는 15.12점으로 사후검사 점수가 사전검사 점수보다 2.56점 더 높았다. 실험반 2의 사전검사 점수는 11.66점, 사후검사 점수는 16.67점으로 사후검사 점수가 사전검사 점수보다 5.01점 더 높았다.

이러한 점수의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 공변량분석과 사후분석을 실시한 결과는 <표 4>, <표 5>와 같다.

수업 방법에 따라 세 집단의 과학창의성 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 있었는데($p < .01$), 세 집단 중 비교반과 실험반 2 사이에 유의미한 차이가 있었

다($p < .01$). 즉 교사의 피드백이 포함된 과학글쓰기 프로그램이 학생들의 과학창의성을 향상시키는데 효과가 있었다. 수업에 적용한 과학글쓰기 프로그램은 창의적 사고를 발휘하여 정해진 답이 아닌 다양한 해결책을 찾을 수 있도록 고안되었다. 또한 과학글쓰기 내용이 과학적인 상황과 일상적인 상황을 연계하여 생각해보거나, 전혀 관련이 없어 보이는 사물들을 연관지어 생각해야 하는 것 등으로 구성되어 있기 때문에, 학생들이 상상력과 창의력을 발휘하여 해결해야 하는 과학글쓰기를 하는 동안 자연스럽게 과학창의성이 향상될 수 있었다. 또한 과학창의성을 발휘하기 위해서는 기본 과학개념이 갖추어져야 하는데(박종원, 2004; 조연순, 최경희, 2000), 학생들은 교사의 피드백을 통해 매번 자신의 과학개념을 점검하고 좀 더 창의적인 사고를 할 수 있도록 격려를 받음으로써 과학창의성이 향상될 수 있었다.

과학창의성의 하위 영역별 결과는 다음과 같다. 융통성의 경우 비교반의 사전검사 점수는 7.35점, 사후

표 3

수업처치에 따른 과학창의성 검사 결과

하위 영역	집단	학생 수 (명)	사전검사		사후검사		
			평균	표준편차	평균	표준편차	교정평균
융통성 (29점)	비교반	96	7.35	3.75	7.43	4.02	7.39
	실험반 1	94	7.39	3.27	8.64	3.79	8.58
	실험반 2	93	7.15	3.65	9.15	4.72	9.25
독창성 (23점)	비교반	96	1.78	1.55	2.25	2.38	2.43
	실험반 1	94	2.29	1.99	2.61	2.33	2.45
	실험반 2	93	2.09	1.97	3.03	2.94	3.01
정교성 (12점)	비교반	96	2.90	1.81	3.78	2.21	3.70
	실험반 1	94	2.89	1.64	4.27	2.02	4.19
	실험반 2	93	2.43	1.66	4.14	2.21	4.30
총점 (64점)	비교반	96	12.03	5.94	13.46	7.51	13.51
	실험반 1	94	12.56	5.60	15.52	6.63	15.12
	실험반 2	93	11.66	6.15	16.33	9.02	16.67

· 실험반 1: 과학글쓰기, 실험반 2: 과학글쓰기+교사피드백

표 4

수업처치에 따른 과학창의성 점수의 공변량분석 결과

영역	변산원	제공합	자유도	평균제공합	F	p
융통성	공변인(사전 융통성 점수)	1605.29	1	1605.29	134.38	.000**
	주효과(수업처치)	167.56	2	83.78	7.01	.001**
	잔여오차	3332.90	279	11.94		
	전체	5087.02	282			
독창성	공변인(사전 독창성 점수)	425.29	1	425.29	83.73	.000**
	주효과(수업처치)	20.344	2	10.17	2.00	.137
	잔여오차	1411.97	279	5.07		
	전체	1865.90	282			
정교성	공변인(사전 정교성 점수)	213.55	1	213.55	54.84	.000**
	주효과(수업처치)	19.15	2	9.57	2.45	.087
	잔여오차	1086.38	279	3.89		
	전체	1311.97	282			
총점	공변인(사전과학창의성점수)	6073.08	1	6073.08	155.56	.000**
	주효과(수업처치)	472.57	2	236.28	6.05	.003**
	잔여오차	10892.13	279	39.04		
	전체	17381.62	282			

** p < .01

표 5
수업처치에 따른 과학창의성 점수의 사후비교 분석 결과

영역	집단	평균차	표준오차	p
융통성	비교반 vs 실험반 1	-1.19	.50	.055
	비교반 vs 실험반 2	-1.85	.50	.001**
	실험반 1 vs 실험반 2	-.66	.50	.566
총점	비교반 vs 실험반 1	-1.63	.90	.219
	비교반 vs 실험반 2	-3.16	.90	.002**
	실험반 1 vs 실험반 2	-1.52	.911	.288

** p < .01

검사 점수는 7.39점으로 사후검사 점수가 0.04점 더 높았다. 실험반 1의 사전검사 점수는 7.39점, 사후검사 점수는 8.58점으로 사후검사 점수가 1.19점 더 높았다. 실험반 2의 사전검사 점수는 7.15점, 사후검사 점수는 9.25점으로 사후검사 점수가 2.1점 더 높았다. 수업 방법에 따라 세 집단의 융통성 점수는 통계적으로 유의미한 차이가 있었는데(p < .01), 세 집단 중 비교반과 실험반 2 사이에 유의미한 차이가 있었다(p < .01). 즉 교사의 피드백이 포함된 과학글쓰기 프로그램이 학생들의 융통성을 향상시키는데 효과가 있었다. 21차시의 과학글쓰기 프로그램 중 융통성 향상을 위한 과학글쓰기가 17차시 분량으로 포함되어 있어, 학생들은 해당 차시의 과학글쓰기에서 가능한 많은 답이나 해결방안을 찾는 과정에서 자연스럽게 융통성을 향상시킬 수 있었다.

독창성의 경우 비교반의 사전검사 점수는 1.78점, 사후검사 점수는 2.43점으로 사후검사 점수가 0.65점 더 높았다. 실험반 1의 사전검사 점수는 2.29점, 사후검사 점수는 2.45점으로 사후검사 점수가 0.16점 더 높았다. 실험반 2의 사전검사 점수는 2.09점, 사후검사 점수는 3.01점으로 사후검사 점수가 0.92점 더 높았다. 이러한 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 공변량분석을 실시한 결과 차이를 보이지 않았다(p > .05). 즉 과학창의성 신장을 위한 과학글쓰기 프로그램이 학생들의 독창성을 향상시키는데 효과가 없었다. 백남권과 정영숙(2001)은 초등학생을 대상으로 과학글쓰기를 적용했을 때 초등학생의 과학창의성 중 융통성 향상에는 효과적이었으나 독창성 향상에는 효과가 없다고 하였는데 이는 본 연구 결과와 일치하였다. 인터뷰 결과, 학생들은 ‘한 가지 피부 감

각이 사라진다면?’, ‘녹색 인간이 된다면?’ 과 같이 상상력을 발휘할 수 있으며 과학지식을 가지고 일상생활에 적용해볼 수 있는 과학글쓰기 주제들을 선호하였다. 즉 학생들은 독창성을 향상시킬 수 있는 과학글쓰기 유형을 선호하였으나, 학생들이 작성한 글쓰기를 분석한 결과 흥미로운 상상력이 드러나기는 하지만 과학적인 근거가 부족한 글을 쓰는 경우가 많아 독창성을 향상시키는 데에는 효과가 없었던 것으로 보인다. 따라서 과학글쓰기 프로그램 구성 시 과학적 근거에 바탕을 둔 상상력을 신장시킬 수 있는 과학글쓰기를 개발할 필요가 있다.

정교성의 경우 비교반의 사전검사 점수는 2.90점, 사후검사 점수는 3.70점으로 사후검사 점수가 0.8점 더 높았다. 실험반 1의 사전검사 점수는 2.89점, 사후검사 점수는 4.19점으로 사후검사 점수가 1.3점 더 높았다. 실험반 2의 사전검사 점수는 2.43점, 사후검사 점수는 4.30점으로 사후검사 점수가 1.87점 더 높았다. 이러한 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 공변량분석을 실시한 결과 차이를 보이지 않았다(p > .05). 즉 과학창의성 신장을 위한 과학글쓰기 프로그램이 학생들의 정교성을 향상시키는데 효과가 없었다. 글을 쓸 때에는 자신의 생각을 정교화하여 논리적으로 잘 구성해야 하는데, 비교적 긴 글쓰기를 통해 학생들의 사고과정이 드러난다. 그러나 인터뷰 결과 학생들은 긴 분량의 과학글쓰기를 쓰는 것에 익숙하지 않아 어려움을 느끼는 경우가 많았다. 이러한 결과는 학생들이 긴 과학글쓰기를 선호하지 않는다는 문예경과 정영란(2012)의 연구와도 일치한다. 또한 학생들은 과학글쓰기를 이전에 해본 경험이 없어 과학글쓰기 자체를 어려워하는 경우가 많았다. 따라서

학생들이 과학글쓰기에 익숙해질 수 있도록 방법을 달리할 필요가 있다. 예를 들어 과학글쓰기 프로그램의 앞 차시에는 짧은 과학글쓰기를 제시하여 부담 없이 자신의 생각을 표현할 수 있도록 하고, 중간 차시에는 중간 분량의 과학글쓰기를 제시하고 뒤로 갈수록 긴 분량의 과학글쓰기를 배치하여, 학생들로 하여금 과학글쓰기에 대한 부담을 덜 수 있도록 해 준다. 그리고 학생들이 자신의 생각을 정교화하여 구체적으로 쓸 수 있도록 충분한 시간을 제공해야 한다. 또한 과학글쓰기를 할 때 작성해야 할 내용이 무엇인지 구체적으로 안내하여 학생들의 과학글쓰기에 대한 막연한 두려움을 해소시킬 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학창의성 향상을 위한 과학글쓰기 프로그램을 개발하여 중학생들의 과학창의성에 미치는 효과를 알아보았다. 이 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 과학창의성 향상을 위한 과학글쓰기 프로그램을 개발하였다. 중학교 2학년 「식물의 구조와 기능」, 「자극과 반응」 단원을 대상으로 총 21차시 분량의 과학글쓰기 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 수업 시간에 배운 과학 내용을 바탕으로 과학교육 과정에 제시된 기초탐구기능과 통합탐구기능이 골고루 포함되도록 하였으며, 학생들의 과학창의성을 신장시킬 수 있는 내용으로 구성하였다. 과학글쓰기의 주제는 실생활과 관련된 과학 내용을 바탕으로 융통성, 독창성, 정교성의 창의적 사고가 신장될 수 있도록 선정하였다. 과학글쓰기 유형은 각 차시별 주제에 맞춰 비유하는 글쓰기, 설명하는 글쓰기, 상상하는 글쓰기 등 다양하게 구성하였다. 이 프로그램은 과학수업의 매 차시 정리 단계 10분 동안 적용하였으며 활동지를 통해 진행되었다. 활동지는 학습목표, 과학글쓰기 활동 안내, 교사피드백 부분으로 구성되었다. 활동지의 '학습목표'에는 과학글쓰기를 통해 달성해야 할 목표를 제시하였고, '과학글쓰기 활동 안내'에는 과학글쓰기와 관련된 탐구기능, 과학창의성 요소, 과학글쓰기 유형을 제시하였다. '교사피드백'에는 학생의 글쓰기에 대한 피드백을 적을 수 있도록 하였다.

둘째, 개발된 과학글쓰기 프로그램의 효과를 분석한 결과, 교사의 피드백이 적용된 과학글쓰기 프로그램은 학생들의 과학창의성 향상에 효과적이었다($p <$

.01). 학생들은 과학글쓰기 수업에서 창의적 사고를 발휘하여 자신의 생각을 표현함으로써 과학창의성이 향상될 수 있었다. 특히 교사의 피드백이 학생들의 과학개념을 점검하고 창의적 사고를 촉진시키는 데 도움이 되었다. 따라서 학생들의 과학창의성을 신장시키기 위해서는 과학글쓰기 프로그램을 적용할 때 교사 피드백이 포함될 필요가 있다.

셋째, 과학창의성의 하위 요소분석 결과, 교사의 피드백이 적용된 과학글쓰기 프로그램은 학생들의 융통성 향상에 효과적이었다($p < .01$). 학생들은 과학글쓰기에서 가능한 많은 답이나 해결방안을 찾는 과정에서 융통성을 향상시킬 수 있었다. 그러나 독창성과 정교성을 향상시키는 데에는 효과가 없었다. 학생들의 과학글쓰기 분석 결과, 상상력이 드러나기는 하지만 과학적인 근거가 부족한 글을 쓰는 경우가 많았다. 따라서 학생들의 독창성을 향상시키기 위해서는 과학적 근거를 바탕으로 상상력을 신장시킬 수 있는 과학글쓰기를 개발할 필요가 있다. 또한 학생들은 과학글쓰기에 익숙하지 않아 비교적 긴 글을 쓰는 것을 어려워하였다. 따라서 학생들이 과학글쓰기에 익숙해질 수 있도록 할 필요가 있다. 과학글쓰기 프로그램 구성 시 초반에는 과학글쓰기 분량을 짧게 하고 차시가 진행될수록 과학글쓰기의 분량을 늘려 학생들이 과학글쓰기에 느끼는 어려움을 해소할 필요가 있다. 또한 정교성을 향상시키기 위해서는 자신의 생각을 정교화하여 구체적으로 쓸 수 있도록 과학글쓰기를 할 때 충분한 시간을 제공할 필요가 있다.

국문 요약

이 연구의 목적은 중학생들의 과학창의성 향상을 위한 과학글쓰기 프로그램을 개발하여 그 효과를 분석하는 것이다. 이를 위해 중학교 2학년 과학 「자극과 반응」, 「식물의 구조와 기능」 단원을 대상으로 총 21차시 분량의 과학글쓰기 프로그램을 개발하였다. 이 과학글쓰기 프로그램은 과학 수업의 매 차시 정리 단계 10분 동안 적용할 수 있도록 구성하였다. 과학글쓰기의 주제는 실생활과 관련된 과학 내용을 바탕으로 융통성, 독창성, 정교성의 창의적 사고가 신장될 수 있는 것을 선정하였으며, 과학글쓰기 유형을 다양하게 구성하였다. 과학글쓰기 프로그램은 활동지를 통해 진행되었다. 활동지에는 해당 차시의 과학글쓰기와 관련된 탐

구기능, 창의적 사고 유형, 과학글쓰기 유형을 제시하여, 학생들에게 과학글쓰기에서 다루고자 하는 구체적인 학습내용을 안내하였다. 또한 활동지에 교사 피드백 란을 두어 학생들이 교사의 피드백을 통해 자신의 과학개념과 창의적 사고과정을 점검할 수 있도록 하였다. 연구 결과, 과학글쓰기 프로그램은 학생들의 과학창의성을 향상시키는 데 효과가 있었다($p < .01$). 이는 과학글쓰기 프로그램이 창의적 사고를 발휘하여 정해진 답이 아닌 다양한 해결책을 찾을 수 있도록 구성되어 있어, 과학글쓰기를 통해 학생들의 과학창의성이 신장될 수 있었던 것으로 생각된다. 특히 교사의 피드백이 학생들의 과학개념을 점검하고 창의적 사고를 발달시키는 데 도움이 되었다. 과학글쓰기 프로그램은 학생들의 융통성 향상에 효과적이었으나($p < .01$), 독창성과 정교성 향상에는 효과가 없었다($p > .05$). 학생들이 과학글쓰기를 통해 가능한 한 많은 해결 방안을 찾는 과정에서 자연스럽게 융통성이 향상된 것으로 생각된다. 과학글쓰기를 통해 학생들의 독창성 및 정교성을 향상시키기 위해서는 과학글쓰기의 분량, 내용, 작성 시간 등을 조절할 필요가 있다.

참고 문헌

교육과학기술부 (2007). 과학과 교육과정. 대한교과서 주식회사.

교육과학기술부 (2009). 과학과 교육과정. 대한교과서 주식회사.

구슬기, 박일우 (2010). 초등과학글쓰기 지도 전략의 개발 및 적용. 초등과학교육, 29(4), 427-440.

김미애, 정미영, 문성숙, 권재술 (2004). 실험보고서 평가의 되먹임이 중학생의 과학탐구능력에 미치는 효과. 과학교육논문집, 14(1), 138-148.

김미진 (2011). 토의식 수업에서 과학글쓰기가 고등학생의 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교 교육대학원.

김병삼, 이상인, 김영주 (2009). 피드백을 통한 초등학생의 상호작용적 과학일지 쓰기가 과학탐구능력에 미치는 효과. 과학교육논총, 22(1), 85-93.

김승훈 (2004). 중학생의 과학창의력 측정도구의 개발과 창의력 관련 변인과의 관계. 박사학위논문, 한국교원대학교 대학원.

김영채 (2006). 창의적 문제 해결: 창의력의 이론, 개

발과 수업. 교육과학사.

남경운, 이봉우, 이성묵 (2004). 과학 일기 쓰기가 과학영재의 과학에 관련된 정의적 특성에 미치는 영향. 초등과학교육학회지, 24(6), 1272-1282.

문예경, 정영란 (2012). 초등학교 2학년 슬기로운 생활에서 창의적 과학글쓰기 프로그램이 창의성과 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 31(2), 208-215.

박완숙 (2002). 창의성 계발을 위한 글쓰기 지도 방안 연구. 석사학위논문, 전남대학교 교육대학원.

박종원 (2004). 과학적 창의성 모델의 제안: 인지적 측면을 중심으로. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.

배희숙, 전영석, 홍준희 (2009). 과학 탐구 능력 신장을 위한 과학글쓰기 교수학습 전략 개발. 초등과학교육, 28(2), 178-186.

백남권, 정영숙 (2001). 마인드 맵을 활용한 과학과 학습 활동이 아동의 과학적 창의성에 미치는 영향. 과학교육연구, 27, 31-40.

손정우 (2006). 과학논술능력 향상을 위한 과학적 사고력에 근거한 과학글쓰기 교수법. 교육과정평가연구, 9(2), 333-355.

우종옥, 김승훈, 강심원 (2000). 과학교육에서의 창의력 수업모형 개발. 창의력 교육연구, 3(1), 1-26.

이석희, 김은진, 장현정 (2011). 탐구적 과학글쓰기 수업이 초등학생의 탐구 능력과 과학 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 30(4), 589-600.

이호진, 최경희 (2004). 과학글쓰기에 나타나는 초등학생들의 선행 개념 및 오개념. 교과교육학연구, 8(3), 421-435.

장혜진, 신영준 (2009). 과학관련 도서 독후활동이 초등학생의 창의성에 미치는 영향. 초등과학교육, 28(2), 187-196.

정 혁, 정용재, 송진웅 (2004). 빛을 주제로 한 11학년 학생의 과제 유형에 따른 글쓰기 분석. 한국과학교육학회지, 24(5), 1008-1017.

조석희, 장영숙, 정태희 (2003). 영재관별을 위한 간편 창의적 문제해결력 검사 개발을 위한 기초 연구. 한국교육, 20(1), 259-296.

조연순, 최경희 (2000). 창의적 문제해결력 신장을 위한 중학교 과학교육과정 개발. 한국과학교육학회지, 20(2), 329-343.

조연순, 성진숙, 이혜주 (2008). 창의성 교육. 이화여자대학교 출판부.

조혜진, 이형철, 김은진 (2011). Thinking maps를 활용

한 과학글쓰기가 초등과학영재의 과학탐구능력 및 창의성에 미치는 효과. *대한지구과학교육학회지*, 4(2), 166-176.

천재훈, 손정우 (2004). 과학글쓰기에 나타난 창의적 사고기능의 유형분석-중학교 과학교과서를 중심으로-. *교육과정평가연구*, 7(2), 285-304.

최경희, 이현주, 남정희 (2000). 형성평가의 피드백 유형이 학생들의 학업 성취와 태도 및 교사-학생 상호작용에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 20(3), 479-490.

한기순, 신지은, 정현철, 최승언 (2002). 남학생은 여학생보다 창의적인가?-영재들의 과학창의성을 중심으로-. *한국지구과학교육학회지*, 23(4), 324-333.

Baker, D. R. (2004). Focus on science Literacy: The role of writing and speaking in the construction of scientific knowledge. *Eurasian Journal of Educational Research*, 16(2), 1-7.

Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53, 267-293.

Hand, B., Hohenshell, L., & Prain, V. (2004). Exploring students' responses to conceptual question when engaged

with planned writing experiences: A study with year 10 science students. *Journal of research in Science Teaching*, 41(2), 186-210.

Lubart, T. I. (1994). Creativity. In Sternberg, R. J. (Ed.), *Thinking and problem solving*. San Diego: Academic press.

Soven, M. K. (1996). *Writing to learn: A guide to writing across the curriculum*. Ohio: South-Western College Publishing.

Spender, D. (2001). What kind of curriculum for out nation? Paper presented in 2001 Curriculum Corporation 8th National Conference, Sydney.

Sternberg, R. J., Lubart, T. I. (1995). *Defying the crowd: Cultivating creativity in a culture of conformity*. New York: Free Press.

Torrance, E. P. (1974). *The Torrance Test of Creative Thinking*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.

Yorem L. D., Hand, B., & Florence, M. (2004). Scientists' s view of science, model of writing and science writing practices. *Journal of Research In Science Teaching*, 41(4), 338-369.