



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사 학위논문

고등학생을 위한 생물 창의성  
검사 도구 개발

Development of a measurement tool to  
assess the biological creativity for high  
school students

2017년 2월

서울대학교 대학원  
과학교육과 생물전공  
문 태 주

고등학생을 위한 생물 창의성  
검사 도구 개발

Development of a measurement tool to  
assess the biological creativity for high  
school students

지도교수 김 영 수

이 논문을 교육학 석사 학위논문으로 제출함  
2016년 12월

서울대학교 대학원  
과학교육과 생물전공  
문 태 주

문태주의 석사 학위논문을 인준함  
2017년 1월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

## 국문 초록

본 연구에서는 생물교육에서의 창의성 교육을 위한 자료로서 고등학생을 위한 생물 창의성 검사 도구를 생물 창의성 검사지 A와 B로 개발하였다. 검사 도구는 김영수(2010)의 생물교육을 위한 창의성 정의에 기반을 두고 탐구과정 요소인 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 자료 해석의 탐구 단계에 따라 창의성 요소인 유창성, 융통성, 독창성을 측정할 수 있도록 서술형 문항으로 구성하였다.

개발된 생물 창의성 검사 도구는 교사들이 학생을 대상으로 평가하는 것을 목표로 하므로 각 검사 도구를 구성하는 평가 문항의 내용 타당도를 일반고에 근무하는 생물 교사 3인에게 5단계 리커트 평정 방법으로 점검 받은 결과 4.19점(5점: 매우 적절하다, 1점: 매우 부적절하다)으로 나타났다. 평가자 간 신뢰도를 알아보기 위해 각 검사지에 대한 Kendall의 일치도 계수( $W$ )를 알아본 결과 생물 창의성 검사지 A에서 창의성 요소에 따른 일치도 계수( $W$ ) 평균값은 유창성 0.967, 융통성 0.907, 독창성 0.885이었고, 생물 창의성 검사지 B에서 일치도 계수( $W$ ) 평균값은 유창성 0.952, 융통성 0.809, 독창성 0.847 이었다. 따라서 본 연구에서 개발된 생물 창의성 검사 도구는 고등학생들의 생물 창의성을 측정하기에 타당하고 평가자 간 신뢰도가 높다고 판단된다.

개발된 생물 창의성 검사지 A를 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명에게, 검사지 B를 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명에게 각각 적용하였다. 그 결과 각 검사지의 문항과 창의성 요소에 따라 창의성 점수가 다양했으며, 학생들의 창의성 점수는 문제 인식과 가설 설정 단계보다 실험 설계 단계에서 낮았다. 또한, 개발된 검사지가 과학고와 일반고 학생들의 생물 창의성을 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있는지 알아보기 위해 Mann-Whitney U test 분석을 실시한 결과 유창성과 융통성은 검사지 A의 7개 문항 모두(문제 인식, 가설 설정, 예측, 조작 변인 조작 방

법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제, 자료 해석)와 검사지 B의 6개 문항(문제 인식, 가설 설정, 예측, 조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제)에서, 독창성은 검사지 A의 3문항(조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제)과 검사지 B의 7개 문항(문제 인식, 가설 설정, 예측, 조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제, 자료 해석)에서 유의미한 차이를 보였다. 개발된 검사지는 일부 문항과 일부 평가 요소에 대해 학생들의 창의성을 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있었다.

본 연구에서 개발한 생물 창의성 검사 도구는 탐구 단계에 따라 문항이 구성되었기 때문에 학생들의 탐구과정 교육을 위한 자료로 이용할 수 있을 뿐만 아니라 생물교육에서의 창의성 교육과 관련된 기초 연구 자료로도 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

**주요어 :** 고등학생, 검사 도구 개발, 탐구과정, 생물 창의성, 유창성, 융통성, 독창성

**학 번 :** 2014-20967

# 목 차

국문초록 .....	i
목 차 .....	iii
표 목 차 .....	vi
그림목차 .....	vii
<b>I. 서론 .....</b>	<b>1</b>
1. 연구의 필요성 및 목적 .....	1
2. 연구 내용 .....	3
3. 연구의 제한점 .....	4
<b>II. 이론적 배경 .....</b>	<b>5</b>
1. 과학 창의성과 과학 탐구 .....	5
1) 과학 창의성 .....	5
2) 과학 탐구과정과 과학 창의성 .....	6
2. 과학 창의성 검사 도구 .....	9
<b>III. 연구 방법 .....</b>	<b>13</b>
1. 연구 절차 .....	13
2. 평가 요소 선정 .....	14
3. 검사 도구 개발 .....	17

4. 검사 도구 검토 .....	21
1) 타당도 점검 .....	21
2) 평가자 간 신뢰도 점검 .....	21
5. 검사 도구의 적용 .....	25
1) 연구 대상 .....	25
2) 적용 방법 .....	27
3) 적용 결과 분석 .....	27
<b>IV. 연구 결과 및 논의 .....</b>	<b>28</b>
1. 고등학생을 위한 생물 창의성 검사 도구 개발 .....	28
1) 평가 요소와 평가 문항 .....	28
2) 평가 기준 .....	30
2. 검사 도구의 타당도 점검 결과 .....	32
3. 검사 도구의 평가자 간 신뢰도 점검 결과 .....	33
4. 검사 도구의 적용 결과 .....	36
1) 생물 창의성 검사지 A .....	36
(1) 유창성 결과 .....	36
(2) 융통성 결과 .....	40
(3) 독창성 결과 .....	42
2) 생물 창의성 검사지 B .....	44
(1) 유창성 결과 .....	44
(2) 융통성 결과 .....	46
(3) 독창성 결과 .....	48
<b>V. 결론 및 제언 .....</b>	<b>50</b>

VI. 후속 연구 과제 .....	52
VII. 참고 문헌 .....	53
부록 .....	58
[부록 A] 생물 창의성 검사지 A .....	58
[부록 B] 생물 창의성 검사지 B .....	64
[부록 C] 생물 창의성 검사지 A에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수 .....	70
[부록 D] 생물 창의성 검사지 B에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수 .....	82
Abstract .....	91



# 표 목 차

<표 1> 2009 개정 및 2015 개정 과학과 교육과정 상의 탐구과정 요소 .....	7
<표 2> 생물 창의성 검사 도구의 평가 요소와 평가 목표 ...	16
<표 3> 최초 개발된 생물 창의성 검사지의 구성 .....	18
<표 4> 타당성 분석 후 생물 창의성 검사지에서 수정·보완된 내용 .....	19
<표 5> 생물 창의성 검사지 A의 정규성 점검 .....	23
<표 6> 생물 창의성 검사지 B의 정규성 점검 .....	24
<표 7> 검사 도구의 적용 대상 .....	26
<표 8> 최종 완성된 생물 창의성 검사지 A와 B의 평가 요소와 평가 문항 .....	29
<표 9> 생물 창의성 검사지 평가 문항의 평가 기준 .....	30
<표 10> 생물 창의성 검사지 A와 B에 대한 타당도 점검 결과 .....	32
<표 11> 생물 창의성 검사지 A의 평가자 간 신뢰도(Kendall's W) .....	34
<표 12> 생물 창의성 검사지 B의 평가자 간 신뢰도(Kendall's W) .....	35
<표 13> 생물 창의성 검사지 A의 유창성 결과 .....	39
<표 14> 생물 창의성 검사지 A의 융통성 결과 .....	41
<표 15> 생물 창의성 검사지 A의 독창성 결과 .....	43
<표 16> 생물 창의성 검사지 B의 유창성 결과 .....	45
<표 17> 생물 창의성 검사지 B의 융통성 결과 .....	47
<표 18> 생물 창의성 검사지 B의 독창성 결과 .....	49

## 그림 목 차

<그림 1> 연구 절차 .....	13
<그림 2> 생물 창의성 검사 도구의 평가 틀 .....	14

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

21세기 현대 사회는 현대인들이 새로운 문제 상황에서 복잡한 문제를 해결할 것을 요구하고 있다. 따라서 이러한 사회는 과학과 관련된 문제를 해결할 수 있는 창의성을 갖춘 인재를 요구하게 되었고, 이에 우리나라 과학과 교육과정에서는 창의성 교육을 강조하고 있다.

창의성은 우리나라 1차 교육과정에서부터 교육의 중요한 목표로 등장하고 있다(문교부, 1955). 현재 초·중등학교에서 운영 중인 2009 개정 교육과정에서는 창의적 인재 양성을(교육과학기술부, 2009), 2017학년도부터 순차적으로 적용될 2015 개정 교육과정에서도 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 교육 목표로 제시하고 있을 만큼 창의성은 우리나라 교육의 중요 목표 중 하나이다(교육부, 2015).

그러나 학교 현장의 교사들은 창의성 계발 교육이 필요하다는 것은 인식하고 있으나 실제 수업 적용에 어려움을 느끼고 있고(박인숙, 2010; 박인숙, 강순희, 2011), 창의성 계발 교육이 잘 이루어지지 못하고 있다(김희령, 여성희, 2004; 서혜애, 손정우, 2007; 홍준의, 2010). 이는 교사와 학생이 생각하는 창의성 관련 교육에 대한 인식이 다르고(김종권, 손연아, 김동렬, 2012), 교사 사이에서도 창의성에 대한 관점이 서로 다르기 때문이다(박종원, 지경준, 2015; 조연순, 최규리, 최문경, 2009). 게다가 창의성은 ‘창의융합’, ‘창의인성’, ‘창의적 융합’ 등 다양한 용어들과 혼용되어 사용되고 있고, 그 의미는 위대한 창의적 업적을 창출한 사람들만의 이미지로서 학교와 학급 단위에서 이루어지는 과학 교육과는 개념적 거리가 있다(송진웅, 나지연, 2014).

이에 김영수(2010)는 과학 창의성의 일종으로 생물교육을 위한 창의성을 “생물 지식을 기초로 새롭고 유용한 아이디어(생물 개념 간의 새로

운 관계)나 생물학적 문제해결방안을 구성하는 능력”으로 정의했다. 학교 교육의 목표로 창의성을 제시할 때는 역사적으로 뛰어난 수준이나 전문가 수준의 창의성보다는 개인 수준의 창의성(Kaufman & Beghetto, 2009)에 관심을 두어야 하고, 결과보다는 과정 중심의 창의성(조연순, 2012)이어야 한다. 김영수(2010)의 생물교육을 위한 창의성 정의는 전문가 수준의 창의성보다는 학생 개인 수준의 창의성을 강조하고, 결과보다는 과정을 중요시하는 정의로 학교 현장에서 정규 생물 수업 시간에 활용하기에 적합하다(조혜원, 김영수, 2012).

우리나라의 과학과 교육과정(교육과학기술부, 2009; 교육부, 2015)에서는 창의성 교육을 강조하면서 학교 현장에 적용할 수 있는 구체적인 평가 방법 및 내용이 제시되어 있지 않다. 교사들은 2009 개정 과학과 교육과정에서 강조하는 학생의 창의성을 계발하고 인성을 함양하기 위해 적절한 수업 방법과 평가 방법 안내가 필요하다고 인식하고 있다(정은영, 2012). 평가는 교육 목표와 교육 목표 달성을 위해 조직된 교수·학습 활동이 원래 의도했던 결과를 얼마나 산출해내고 있는지 확인하는 과정이며, 교수·학습 활동 결과에 따라 교육 내용이 교정되고 보완된다(이인제, 김범기, 2004).

따라서 창의성 계발 교육이 실효성 있게 이루어지기 위해서는 교사와 학생 모두 창의성에 대한 의미를 정확히 이해해야 하고, 창의성을 평가할 수 있는 기준과 검사 도구가 필요하다. 창의성 평가는 일반적인 창의성 검사 도구를 이용할 수도 있지만, 교과 특성 반영된 영역 특이적 입장에서 창의성을 평가하기 위해서는 해당 교과와 연계시켜 창의성을 평가할 수 있는 새로운 평가 기준이 필요하다(손연아 등, 2014).

기존의 과학 창의성 검사 도구는 우리나라의 교육과정과 생물 교과의 특성을 적극적으로 반영하지 못하기 때문에 본 연구에서는 생물교육에서의 창의성 교육을 위한 자료로서 고등학생을 위한 생물 창의성 검사 도구를 개발하였다.

## 2. 연구 내용

본 연구에서는 고등학생의 생물 창의성을 평가할 수 있는 검사 도구를 개발하였고, 개발된 검사 도구를 과학 고등학교 학생들과 일반 고등학교 학생들에게 적용하여 학생들의 창의성을 비교하였다. 연구 내용은 다음과 같다.

- 1) 생물 창의성 검사 도구 개발
- 2) 생물 창의성 검사 도구의 적용
  - (1) 생물 창의성 검사지 A의 적용 결과
  - (2) 생물 창의성 검사지 B의 적용 결과

### 3. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점을 가진다.

1) 본 연구에 사용된 검사 도구는 생물 창의성을 평가하기 위한 서술형 검사지이고, 창의성의 일부 요소인 유창성, 융통성, 독창성만 평가하도록 개발되었다. 따라서 이 검사 도구가 창의성의 모든 요소를 평가한다고 말할 수 없다.

2) 학생들의 창의성을 평가함에 독창성 점수는 평가자의 주관적 관점을 완전히 배제할 수 없다.

## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 과학 창의성과 과학 탐구

#### 1) 과학 창의성

창의성에 대한 근래의 입장은 영역 일반성을 주장하면서 동시에 영역 특수성을 인정하고 있다(임성만, 양일호, 임재근, 2009). 국내 창의성 교육과 관련된 연구들에서 창의성의 정의는 영역 일반적 관점에서 새롭고 유용한 것에 기반을 둔 포괄적인 정의가 많지만, 영역 특수적 관점에서는 특정 범주의 지식과 경험을 기반으로 학생들의 수준에 맞게 창의성을 고려하고 있다(조연순, 정지은, 2012). 따라서 수학, 미술, 체육 등 각 학문 범주에서 의미하는 창의성의 정의가 다르므로 과학 교육에 적합한 창의성이 무엇인지 정의 내릴 필요가 있다.

과학 창의성 정의에 대해 조연순과 정지은(2012)은 “과학 분야에서 과학적인 지식을 바탕으로 논리적이고 분석적인 사고를 통해 새롭고 적절한 것을 찾아내는 능력”으로, 장지은, 이길재, 김성하, 김희백(2005)은 “과학 영역과 관련된 사람이 과학의 상징, 규칙, 절차의 영역에서 과학 사회에서 인정하는 새로운 사고를 생성하는 능력”으로 정의했다. 박인숙과 강순희(2011)는 창의성을 문제해결의 측면에서 보았는데, 과학에서의 창의적 문제해결 능력이란 “당면한 문제를 과학적 지식과 절차로 새롭고 적절하게 해결하는 능력”으로 보았다.

그러나 기존의 과학 창의성 정의는 생명현상을 대상으로 하는 생물학의 본성을 반영하지 못하고, 교사가 어떻게 교수·학습 활동을 구성해야 하는지 쉽고 실용적인 시사점을 제공하지 못했다. 이에 김영수(2010)는 생물학의 본성을 반영하여 과학 창의성의 일종으로 생물교육을 위한 창의성을 “생물 지식을 기초로 새롭고 유용한 아이디어(생물 개념 간의 새로운 관계)나 생물학적 문제해결방안을 구성하는 능력”으로 정의 하였

다. 김영수의 창의성 정의는 지식이 창의성의 기초가 된다는 것을 함축하고, 문제해결 측면에서의 창의성을 강조하고 있다. 이는 지식이 과학 창의성과 관련이 있다는 선행 연구(조연순, 정지은, 2012; 조혜원, 김영수, 2012)와 문제해결 측면에서 과학 창의성을 강조한 연구(박인숙, 강순희, 2012; 조연순, 성진숙, 채제숙, 구성혜, 2000)의 흐름을 따른다.

김영수(2010)의 생물교육을 위한 창의성 정의는 학생들이 생물학계에서 인정될 만한 새로운 개념이나 개념과 개념 사이의 새롭고 유의미한 관계를 만들어 내는 것이 현실적으로 어려우므로 학생 본인의 인지 구조 속에서 연결되어 있지 않던 개념 간의 관계를 새롭게 구성해 내는 것을 창의성으로 보고 있다. 또한, 이 정의는 Kaufman과 Beghetto(2009)가 구분한 창의성의 수준 중 작은 창의성(little-c creativity)이나 미니 창의성(mini-c-creativity)에 해당하고, 지식을 도식화하는 개념 간의 관계 구성을 강조하므로 교육 활동을 통해 지식을 습득하고 구성해보는 학교 현장에 적합하다고 생각된다.

## 2) 과학 탐구과정과 과학 창의성

2009 개정 교육과정에서는 ‘창의적 인재’ 양성을, 2015 개정 교육과정에서는 ‘창의성 계발’을 주요 목표로 삼고 있을 정도로 우리나라 교육과정에서는 창의성 교육을 강조하고 있다(교육과학기술부, 2009; 교육부, 2015). 과학 교육에서 창의성에 영향을 미치는 요소로는 지식(조혜원, 김영수, 2012), 과학 탐구 사고력(Meador, 2003), 외적 동기(성진숙, 2003), 가정환경(성진숙, 2003), 학습 상황(Hong, Chang, & Chai, 2014) 등이 있다. 우리나라 과학과 교육과정에서는 창의성 교육에 있어 ‘탐구’를 지속해서 강조해 왔다. 지난 5차부터 2009 개정 교육과정의 과학 교육과정에서 창의성이 포함된 88개 문장 중 가장 많이 등장한 단어가 ‘탐구’이고, 과학 교육과정에서의 창의성은 학생이 참여하는 정신적, 육체적 활동인 ‘과정’으로 제시한 경우가 가장 많았다(홍옥수, 송진웅, 2015).

과학적 탐구는 과학 수업을 통해 과학 지식을 획득하거나 이해하고



그것을 응용할 수 있는 능력을 길러 줄 수 있는 문제해결 과정과 활동이고(Mayer, 1978), 문제해결은 어떤 상황에서 목적 달성을 위해 진행되어 가는 복잡한 인지적 과정으로 이 과정은 여러 단계를 거친다(조연순, 성진숙, 이혜주, 2011, pp91-117). 일반적으로 탐구과정은 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 자료의 수집과 정리, 자료 분석 및 해석, 결과의 종합, 포괄적인 아이디어, 개념, 법칙, 이론의 단계를 반복적으로 순환하는 과정을 거치게 되는데, 이때 각 단계를 수행하는 데 필요한 탐구 요소들을 탐구과정 요소라고 한다(김영신 등, 2012, pp161-175). 우리나라의 2009 개정 과학과 교육과정과 2015 개정 과학과 교육과정에 제시된 탐구과정 요소는 <표 1>과 같다.

<표 1> 2009 개정 및 2015 개정 과학과 교육과정 상의 탐구과정 요소

탐구과정	탐구과정 요소	
	2009 개정 과학과 교육과정	2015 개정 과학과 교육과정
기초	관찰, 분류, 측정, 예상, 추리	관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 의사소통
통합	문제 인식 및 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 자료 분석 및 해석, 결론 도출 및 평가, 일반화	문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화

탐구과정 요소는 창의성과 관련이 있다. 박종원(2004)은 ‘과학적 창의성 인지적 모델(CMSC: Cognitive Model of Scientific Creativity)’을 제안하면서 ‘과학적 탐구 기능’을 CMSC의 구성 요소로 제시하였고, 과학적 창의성이 구체적인 과학 탐구 활동에서 발현된다고 하였다. 탐구과정 요소 중 문제 인식은 과학에서의 창의적 사고 및 독창성과 관련이 있고, 가설 생성 능력과 창의성은 통계적으로 유의미한 관계에 있으며, 실험 설계는 과학적 창의성의 구성 요소인 정교성, 독창성과 관련이 있다(강

순희 등, 2008; Meador, 2003). Sak과 Ayas(2013)는 가설 설정, 실험 설계, 자료 해석을 과학적 창의성을 결정하는 주요 요소라고 하였다. 과학 창의성은 과학의 기본 지식과 탐구과정의 영향을 받으므로(조연순, 최경희, 2000), 과학 창의성을 함양하는 방법으로 과학 탐구과정을 경험하고 익힐 수 있도록 하는 것이 필요하다(Barrow, 2010). 즉, 학생들 스스로 탐구 문제를 도출하고 가설을 설정하며, 실험을 설계한 후 가설을 검증하는 과정을 학습하고 경험함으로써 과학 창의성이 함양될 수 있다(김유향, 2013).

우리나라의 과학 교육과정과 선행 연구들을 종합해 볼 때 과학 창의성 계발을 위한 방법으로 과학 탐구과정을 제대로 경험하고 학습할 수 있도록 하는 것은 창의성 교육의 한 방법이라고 생각된다.

## 2. 과학 창의성 검사 도구

본 연구는 학교 교육 현장에서의 창의성 계발 교육을 위한 검사 도구를 개발하고, 개발된 검사 도구를 학생들에게 적용하여 분석하였다. 개발된 검사 도구는 생물 교사들이 학생들의 창의성을 평가하기에 쉬워야 하므로 여기서는 과학 창의성을 정량적으로 측정하기 위해 개발된 과학 창의성 검사 도구를 중점적으로 검토하였다.

김승훈(2004)은 창의력 요소, 문제 상황, 과학 내용을 평가 틀로 정하고 8개의 문항으로 구성된 과학 창의력 검사 도구를 개발하여 독창성, 융통성, 정교성을 측정하였다. 8개의 문항은 ‘포화 용액과 불포화 용액 구별하는 방법 생각해보기’, ‘별자리 그림에 별자리를 만들어 보고, 별자리 이름과 별자리에 대한 설명 제시하기’, ‘여러분이 만든 자동차의 버튼과 그 버튼의 기능 생각해보기’, ‘밀봉된 어항 속의 새우가 살아가는 이유 생각해보기’, ‘지구의 중력이 현재보다 2배 이상 증가하면 어떤 일이 일어나는지 생각해보기’, ‘<보기>에 나열된 것들을 여러 가지 방법으로 분류해보기’, ‘제시된 사물을 보고 공통점을 5개 이상 서술하기’이다. 각 문항에서 측정하는 평가 항목은 문항마다 각각 달랐는데, 독창성은 문항에 따라 독특한 아이디어에 점수를 부여하거나 반응의 빈도수를 계산하여 5% 미만인 반응에 1점을, 2% 미만인 경우에 2점을 부여하였다. 융통성은 산출해 낸 아이디어 중에서 타당하고 적절한 아이디어 1개당 0.5점 또는 1점을 부여하여 총 3점에서 5점 만점으로 하였다. 정교성은 반응한 내용이 과학적으로 또는 논리적으로 모순이 없으며, 정밀하고 섬세하게 설명된 반응에 대해 문항에 따라 차등적으로 4단계(0~3점) 또는 6단계(0~5점)로 점수를 부여하였다.

과학고발전사업단(2010)에서는 과학고 입학 전형에서 개발하여 활용할 수 있는 과학 창의성 평가 문항의 예시를 제시하였다. 과학 창의성 평가 내용에는 과학적 기초 지식, 문제 발견 및 설정, 창의적 문제해결을 제시하였고, 평가 방법으로는 면접, 글쓰기와 발표 토론, 과제 수행의 방법을 제시하였다. 면접 평가 방법의 문항에는 ‘화학 물질을 가득 실은 탱

크로리가 고속도로에서 전복되는 사고가 발생하였다. 이 문제를 해결하기 위해 과학자가 취할 방법과 해결 과정의 과학적 원리 설명해보기’, ‘우리 지역의 특성을 고려하여 어린이 과학관을 어떤 주제로 내용을 구성하고, 운영할 것인지에 대해 설명해보기’ 등이 있었고, 글쓰기와 발표 토론 방법의 문항에는 ‘제시된 논문 목록에서 하나를 선택하여, 그 내용을 주어진 목차에 따라 요약하기’, ‘20년 후가 되었을 때를 상상하여, 과학자로서 그동안 살아온 삶의 과정을 담은 자서전 쓰기’ 등이 있었다. 과제 수행 평가 방법의 문항으로는 ‘주어진 개념도에서 가능한 명제를 찾아 참과 거짓 증명하기’, ‘주어진 자료를 읽고, 과학 용어를 추출한 후, 추출한 과학 용어에 대한 해설과 용어 사용의 예를 들어 과학 용어 사전 만들기’ 등이 있었다. 다양한 평가 방법과 여러 문제가 제시되어 있었지만, 구체적인 평가 기준과 평가 내용은 제시되어 있지 않았다.

장지은(2005)은 생물 분류 단원에서 학생들의 과학 창의성을 신장시킬 수 있는 수업 프로그램을 개발하면서 과학 창의성 검사 도구로 발산적 사고(유창성, 융통성, 독창성)와 수렴적 사고(정교성)를 측정 요소로 하는 4개의 문항을 개발하였다. 4개의 문항은 ‘사람들이 하루에 필요한 모든 양분이 다 포함된 알약 하나만 먹고 산다면 아주 오랜 시간이 지난 후에 사람의 모습이 어떻게 변할까?’, ‘스컹크가 악취를 뿜어냄으로써 갖는 이점에는 무엇이 있을까?’, ‘여왕벌의 단위생식으로 만들어진 수벌 두마리의 공통점과 차이점은 무엇인가?’, ‘교실에서 갑자기 파리의 수가 늘어난 원인이 무엇일까?’ 이다. 유창성은 각 질문에 대한 응답 중에서 타당한 응답의 개수를, 융통성은 학생의 응답을 성질이 유사한 것으로 분류한 묶음의 개수로 점수를 부여하였다. 독창성은 다른 학생과 응답이 중복되지 않는 유일한 응답의 개수로 하였는데, 융통성 점수에 상당하는 가중치를 부여하였다.

조혜원(2012)은 생물 지식과 창의성의 상관관계를 밝히기 위해 생물 모델 구성에서의 생물 창의성 검사 도구를 개발하고 생물 창의성 요소인 유창성, 융통성, 독창성을 측정하였다. 검사지는 여행지에서 적응하여 살 수 있는 식물 한 개체를 그리고, 각 식물 기관을 그림과 같이 그린 이유

혹은 그리지 않은 이유를 설명하도록 구성되어 있다. 유창성은 문제에서 생성한 아이디어에 대한 이유가 과학적으로 타당하면 1점을, 융통성은 학생이 생성해낸 생물 개념 사이의 관계를 범주화하여 하나의 범주마다 1점을 부여하였다. 독창성은 학생 답안의 가치 수준에 따라 5점부터 0점까지 부여하도록 하였다.

Besemer와 O'Quin(1986)은 산출물의 창의성을 평가하기 위한 세 가지 차원과 11가지 하위 준거를 제시하였다. 새로움(novelty) 차원의 하위 준거로는 독창성, 놀라움, 발전 가능성이, 해결성(resolution) 차원의 하위 준거로는 가치 있음, 논리성, 유용성이, 정교성과 종합성(elaboration & synthesis)의 하위 준거로는 유기적 조직성, 우아함, 복잡성, 이해 가능성, 완성도가 있었고, 이들 하위 준거에 대한 평가 기준으로 총 70여 개의 항목을 양극 형용사 점검표로 제시하였다. 예를 들어 해결성(resolution) 차원의 하위 준거인 '논리성'을 측정하는 항목들로 '옳은-옳지 않은', '적절한-부적절한' 등의 기준을 제시하였다. 성진숙(2003)은 Besemer의 간편형 산출물 평가 기준을 이용하여 '해저 도시의 주민들이 먹을 식량을 공급할 방법 생각해보기', '해저 도시에서 필요한 산소를 구할 방법 생각해보기', '해저 도시 생활에 필요한 난방, 조명, 가전제품 이용에 필요한 에너지와 산업용 에너지를 생산할 방법 생각해보기' 과제에 대해 초등학생들의 산출물을 평가하였다.

Hu와 Adey(2002)는 창의성 요소 중 유창성, 융통성, 독창성을 측정할 수 있는 7개의 문항으로 이루어진 과학 창의성 검사 도구를 만들었다. 1번 문항은 '유리 조각을 과학적으로 사용할 수 있는 방법을 최대한 많이 적기', 2번 문항은 '우주여행을 하게 된다면 어떤 연구를 하고 싶은지 가능한 한 많이 적기', 3번 문항은 '자전거를 더 재미있고, 유용하고, 아름답게 개선할 방안을 많이 적기', 4번 문항은 '중력이 없다면 세상이 어떻게 될지 가정해보기', 5번 문항은 '하나의 정사각형을 4개의 같은 모양의 조각으로 나누는 방법을 많이 적기', 6번 문항은 '두 종류의 냅킨이 있을 때, 어떤 것이 더 좋은지를 검사할 방법 적어보기', 7번 문항은 '사과 따는 기계를 디자인해서 그려보기'이다. 문항마다 창의성 평가 기준이 조금

씩 다르지만, 일반적으로 응답 1개당 유창성 점수 1점, 응답의 종류 1개당 융통성 점수 1점, 학생 응답 빈도에 따라 5% 이내이면 독창성 점수 2점, 5%~10% 이내이면 독창성 점수 1점, 10%를 넘으면 독창성 점수 0점을 주었다.

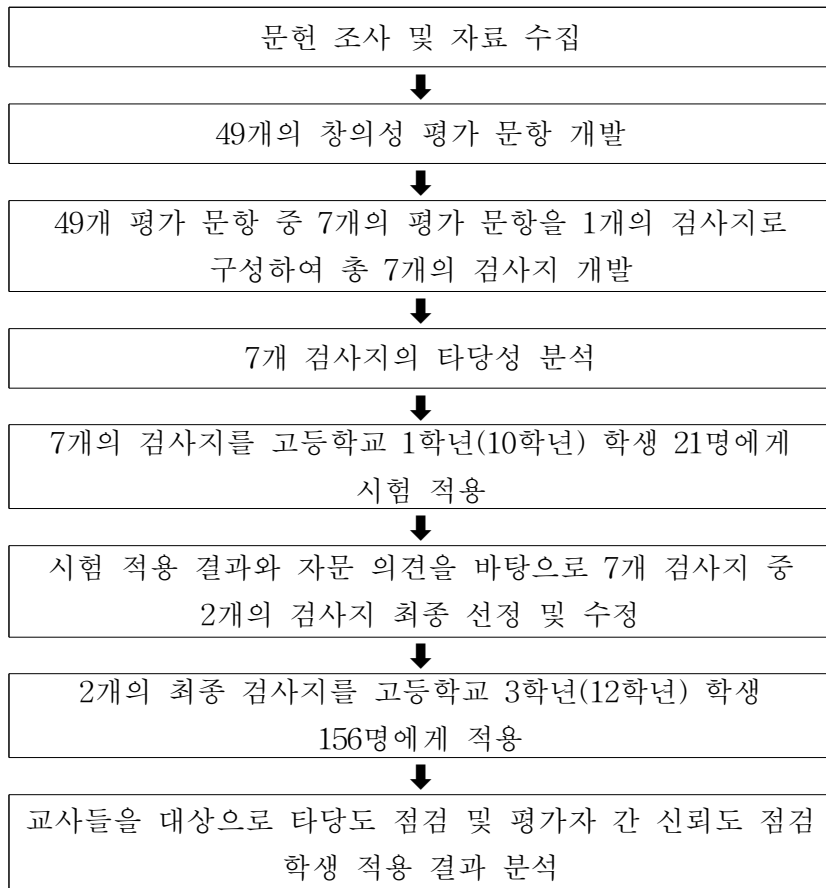
Sak과 Ayas(2013)는 생물학, 통합과학, 화학, 물리학, 생태학 영역에서의 유창성과 융통성을 측정할 창의적 과학 능력 검사 도구(Creative Scientific Ability Test, C-SAT)를 개발하였다. 다른 창의성 검사 도구와 달리 독창성은 측정하지 않았는데, 독창성은 유창성과 강한 상관관계에 있기 때문이라고 주장하였다. 개발된 검사 도구의 1번 문항은 생물학 영역으로 ‘초파리 실험과 관련된 가설을 많이 생성해보기’, 2번 문항은 통합과학 영역으로 ‘두 변인이 역의 관계에 있는 그래프를 주고 이 관계에 적합한 두 변인을 가능한 한 많이 생각해 보기’, 3번 문항은 화학 영역으로 ‘당(sugar) 실험과 관련하여 실험값과 가설을 나타내는 그래프를 보고 연구자가 이 가설을 검증하기 위해 고려한 변인들 생각해보기’, 4번 문항은 물리학 영역으로 ‘끈(string) 실험과 관련된 실험값을 보고 실험의 목표를 달성하기 위해 고려해야 할 변인들을 생각해보기’, 5번 문항은 생태학 영역으로 ‘먹이 사슬 그림과 먹이 사슬 변화를 그래프로 제시하고 먹이 사슬이 변화된 원인을 생각해보기’이다. 문항마다 옳은 응답 수에 유창성 점수를, 학생들의 응답을 개념적으로 범주화하여 범주의 수에 따라 융통성 점수를, 유창성과 융통성 점수를 합산하여 창의성 점수를 부여하였다.

과학 창의성 평가 방법은 연구자가 따르는 창의성의 정의와 범주, 연구의 목적에 따라 다양하다. 각 평가 방법에서 포함한 창의성의 요소도 공통적인 요소와 그렇지 않은 요소가 있었고, 같은 요소이지만 관점이 다른 경우도 있었다.

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 연구 절차

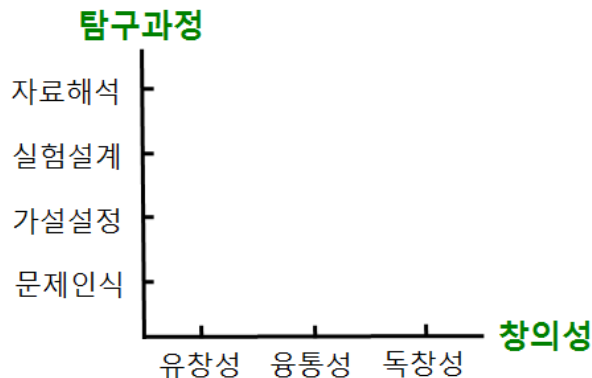
본 연구는 고등학생의 생물 창의성을 평가할 수 있는 검사 도구를 개발하고, 개발된 검사 도구를 과학고와 일반고 학생들에게 적용하여 학생들이 생성한 아이디어의 내용과 아이디어 범주를 알아보기 위해 <그림 1>과 같은 절차에 의해 진행하였다.



<그림 1> 연구 절차

## 2. 평가 요소 선정

생물 창의성 검사 도구를 개발하기 위해 과학 창의성 평가 문항 개발에 관한 선행 연구와 우리나라의 과학과 교육과정을 참고하여 생물 창의성 검사 도구에 포함될 평가 틀을 <그림 2>와 같이 선정하였다.



<그림 2> 생물 창의성 검사 도구의 평가 틀

생물 창의성 검사 도구에 포함된 탐구과정 요소는 2015 개정 교육과정에서 제시한 탐구과정 요소와 김유향과 김영수(2012)의 과학 탐구 사고력 평가 도구의 탐구과정 요소, 과학 창의성 평가 틀을 제시했던 박인숙과 강순희(2012), 박종원과 박종석(2003), 우종욱(2003)의 선행 연구를 참조하여 선정하였다. 기초 탐구과정 요소는 통합 탐구과정에 복합적으로 사용되기 때문에 학생들의 종합적인 탐구과정에서의 창의성을 평가하기 위해 제외하였다. 학생들의 창의성을 평가하기에 적절하다고 판단한 탐구과정 요소는 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 자료 해석이었다. 창의성 요소는 김영수(2010)의 창의성 정의와 조혜원과 김영수(2012)의 생물 창의성 검사 도구를 참조하여 유창성, 융통성, 독창성으로 선정하였다.

김영수(2010)의 창의성 정의에서는 유용성을 창의성의 한 요소로 제시하였으나 본 검사 도구에서는 포함하지 않았는데, 그 이유는 다음과



같다.

첫째, 유용하다는 말의 모호성 때문이다. 유용하다는 말은 ‘간결하고 편리하다.’ 혹은 ‘본 아이디어가 다른 영역으로 확장할 수 있다.’ 등 다양한 해석이 가능하므로, 과학적으로 유용하다는 것을 무엇으로 볼 것인지, 또 이를 점수화한다면 어떤 방법이 좋을지에 대한 논의가 필요하다.

둘째, 유용성 평가 결과의 오류가 있을 수 있다. 학생들이 서술한 아이디어가 유용성의 평가 기준인 ‘간결하고 편리한가?’, ‘다른 영역으로 확장 가능한가?’에 대한 직접적 서술이 없는 상황에서 평가자가 유용성을 판단한다면 그 판단은 학생의 유용성 평가가 아닌 평가자 본인의 유용성 평가가 될 수 있다.

셋째, 유용함의 정도를 판단하기 어렵다. 학생들은 자신들이 가지고 있는 지식에 기초하여 아이디어를 서술한다. 평가자는 학생들이 가지고 있는 지식의 유용함을 평가하는 것인데 이 유용함의 정도를 판단하기 어렵다. 예를 들어 학생들이 ‘민달팽이는 광합성을 하므로 산소가 발생한다.’라는 지식을 서술했을 때 이 지식이 얼마나 유용한지 판단하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 생물 창의성 검사 도구에 포함될 탐구과정 요소와 창의성 요소를 고려하여 평가 요소와 평가 목표를 <표 2>와 같이 설정하였다.

<표 2> 생물 창의성 검사 도구의 평가 요소와 평가 목표

평가 요소	평가 목표
문제 인식	자료를 읽고 연구해 보고 싶은 탐구 문제를 독창적이고 다양한 범주에서 많이 생각해 낼 수 있다.
가설 설정	탐구 문제가 주어졌을 때 가설을 독창적이고 다양한 범주에서 많이 생각해 낼 수 있다.
실험 설계	가설이 주어졌을 때 가설에 대한 예측을 독창적이고 다양한 범주에서 많이 생각해 낼 수 있다. 가설로부터의 예측이 주어졌을 때 조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제를 독창적이고 다양한 범주에서 많이 생각해 낼 수 있다.
자료 해석	자료를 읽고 자료를 통해 얻을 수 있는 정보를 독창적이고 다양한 범주에서 많이 생각해 낼 수 있다.

실험 설계 요소는 김유향(2013), 염혜민(2012)의 연구를 참고하여 두 단계로 나누었는데, 첫 번째 단계는 가설로부터의 예측 단계이고 두 번째 단계는 예측에 대해 실험을 설계하는 단계이다. 실험을 설계하기에 앞서 가설이 참이라면 특정 조건에서 어떤 결과가 나타날지 예측하는 단계를 두어 실험 설계 문항에서 구체적인 아이디어가 나올 수 있도록 유도하였다.

### 3. 검사 도구 개발

각 검사지에 포함될 평가 문항의 소재는 고등학생들이 창의성 검사에 임할 때 문항 내용의 이해가 쉽도록 2009 개정 고등학교 교육과정의 생물 내용 중 중학교 교육과정의 생물 내용과 공통된 부분을 포함하도록 하였다. 선정된 평가 문항의 소재는 교과 내용과 관련된 국내 논문들과 과학 잡지, 기상청이나 한국과학창의재단 등 공공 기관의 인터넷 정보를 참조하여 최종 선정하였다.

평가 요소와 평가 목표에 근거하여 1차 개발한 49개의 서술형 평가 문항은 생물교육 교수 1인, 생물교육학 박사 1인, 생물교육 석사 과정 대학원생 3인, 교육 경력이 13년 이상이고 교육학 석사 학위를 소지한 생물 교사 2인, 교육 경력이 8년 이상인 생물 교사 2인에게 타당성 분석을 받으면서 수정·보완하였다. 개발한 평가 문항에 대한 의견을 토대로 내용이 너무 어렵거나 창의성을 평가하기에 타당하지 않은 문항들을 다시 출제하고, 의미가 불분명하거나 학생 관점에서 어려운 문항들을 수정하고 보완하였다.

최초로 개발된 생물 창의성 검사 도구는 7개의 평가 문항을 1개의 검사지로 구성하여 총 7개의 검사지로 개발하였다. 각 검사지는 문제 인식, 가설 설정, 예측, 조작 변인, 종속 변인, 변인 통제, 자료 해석으로 구성된 탐구 단계에 따라 창의성의 요소인 유창성, 융통성, 독창성을 측정할 수 있도록 7개의 서술형 문항으로 구성하였고, 고등학교 1차시인 50분 안에 시행될 수 있도록 하였다. 수정된 문항들로 구성된 1차 생물 창의성 검사지는 <표 3>과 같고, 각 검사지에서 다루는 과제 내용은 각각 광합성을 하는 동물, 모기의 흡혈 활동에 미치는 영향, 곰팡이의 서식 조건, 식물의 개화 시기, 우주에서의 식물 재배, 야생화의 생장, 팽귄의 체온 조절이었다. 각 검사지는 자료를 읽고 연구해 보고 싶은 탐구 문제를 인식하는 문항, 탐구 문제에 대해 가설을 설정하는 문항, 가설에 대해 예측하는 문항, 예측에 대해 실험을 설계하는 문항, 자료를 해석하는 문항으로 구성된다. 이 문항들은 학생들이 탐구 단계에 따라 연속적인 사고

과정을 통해 점진적으로 과제를 수행할 수 있도록 구성된 것이다.

<표 3> 최초 개발된 생물 창의성 검사지의 구성

검사지 번호	과제 내용	평가 요소
1	광합성을 하는 동물	문제 인식
2	모기의 흡혈 활동에 미치는 영향	가설 설정
3	곰팡이의 서식 조건	예측
4	식물의 개화 시기	조작 변인 조작 방법
5	우주에서의 식물 재배	종속 변인 측정 방법
6	야생화의 생장	변인 통제
7	팽귄의 체온 조절	자료 해석

5회에 걸쳐 생물교육 교수와 대학원생, 생물 교사의 타당성 분석을 거치고, 검토 의견을 반영하여 내용이 너무 어렵거나 오류가 지적된 문항을 <표 4>와 같이 수정·보완하였다.

<표 4> 타당성 분석 후 생물 창의성 검사지에서 수정·보완된 내용

검사지 번호	수정·보완 내용
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 검사지 1과 검사지 5는 광합성이라는 지식을 이용한다는 점에서 문항의 소재가 유사하므로 다른 소재로 대체할 필요 있음</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 모기에 물리는 상황이 실생활 소재이기 때문에 탐구 보다는 문제해결 과정과 유사하므로 문제 상황을 수정함</li> <li>· 정말로 모기에 잘 물리는 사람이 있고, 이 자료를 뒷받침하는 과학적인 근거가 있는지 검토하여 수정함</li> <li>· 검사지를 구성하는 그림이 모호하므로 이해하기 쉽게 수정함</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 빵에 곰팡이가 피는 상황이 실생활 소재이기 때문에 탐구 보다는 문제해결 과정과 유사하므로 문제 상황을 수정함</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 발문에서 ‘열린 공간’의 의미가 모호하여 쉬운 용어로 수정함</li> <li>· 표가 학생 관점에서 이해하기 어려우므로 쉽게 이해되도록 수정함</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 생물교육에서 창의성 평가가 이루어져야 하는데, 학생들은 우주라는 소재에 국한하여 수학, 물리학, 천문학 등과 같은 다른 과학 분야에 대해 아이디어를 제시할 가능성이 있으므로 수정함</li> <li>· 검사지 1의 소재인 광합성이라는 공통 소재를 다루므로 다른 소재로 대체할 필요 있음</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 문제 상황이 학생들의 다양한 사고가 나올 수 없는 상황이므로 수정함</li> <li>· 표가 학생 관점에서 이해하기 어려우므로 쉽게 이해되도록 수정함</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 문제 상황이 학생들의 다양한 사고가 나올 수 없는 상황이므로 수정함</li> <li>· 자료의 그래프가 과학적이지 않은 그래프이므로 수정함</li> </ul>
공통	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 각 검사지의 문제 인식 문항과 가설 설정 문항은 학생들의 다양한 답이 나올 수 있으므로 시간을 더 주도록 함</li> <li>· 발문에서 ‘많이’, ‘다양하게’ 라고 표현되어 있어 유창성과 융통성 측면에서만 답할 수 있으므로 수정함</li> <li>· 발문에서 ‘과학자가 되어 연구해보고 싶은...’ 이라는 형태는 다양한 생각을 제한할 수 있으므로 삭제하기로 함</li> </ul>

수정·보완 과정을 거친 생물 창의성 검사지 7개를 서울특별시 소재 S 과학 고등학교 1학년(10학년) 학생 21명 중 생명과학 교과 성적이 서로 다른 3명의 학생을 모둠으로 구성하여 총 7모둠에 각 검사지를 시험 적용하였다. 성적이 서로 다른 학생으로 모둠을 구성한 이유는 창의성과 지식은 상관관계에 있기 때문에(조혜원, 김영수, 2012) 생명과학 교과 성취도가 높은 학생과 성취도가 낮은 학생들로부터 문항의 난이도와 시간 분배의 적절성을 점검받기 위해서였다.

시험 적용 결과와 학생들의 인터뷰, 자문 의견과 문항의 소재를 고려하여 교사들이 교수·학습 조건에 따라 적절한 검사지를 선택하여 사용할 수 있도록 7개의 검사지 중 2개를 선정하였고, 생물 창의성 검사지 A와 B로 완성하였다. 생물 창의성 검사지 A는 중학교 과학 교과서와 고등학교 생명과학 교과서에 공통으로 제시되어 있는 광합성과 세포 호흡에 관련된 문항 7개로 구성되어 있고, 생물 창의성 검사지 B는 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 소재인 개나리와 벚나무의 개화에 관련된 문항 7개로 구성되어 있다.

완성된 검사지는 경기도 소재 T고등학교 1학년(10학년) 학생 중 생명과학 교과 성적이 서로 다른 3명의 학생에게 가독성이 떨어지는 문장들이 있는지 점검하였다. 생물 창의성 검사지 A는 [부록 A]에 생물 창의성 검사지 B는 [부록 B]에 실려 있다.

## 4. 검사 도구 검토

본 연구에서는 생물 창의성 검사지의 타당도와 평가자 간 신뢰도, 학생들에게 적용한 창의성 결과를 분석하기 위해 통계적인 방법을 이용하였다. 통계 분석에는 SPSS Statistics ver. 21.0과 SigmaPlot v12.3 프로그램을 이용하였다.

### 1) 타당도 점검

생물 창의성 검사지는 개발 과정 중 내용 타당도를 높이기 위해 생물 교육 교수 1인, 생물교육학 박사 1인, 생물교육 석사 과정 3인, 교육 경력이 13년 이상이고 교육학 석사 학위를 소지한 생물 교사 2인, 교육 경력이 8년 이상인 생물 교사 2인에게 타당성 분석을 받으면서 개발되었다.

최종 완성된 검사지는 고등학교에서 생물 교사들이 학생들을 대상으로 적용하는 것을 목표로 하므로 교육 경력이 10년 이상이고 일반고에 근무 중인 생물 교사 3인으로부터 검사지 A와 B를 구성하는 각 문항이 평가 목표에 비추어 ‘매우 적절하다, 적절하다, 보통이다, 부적절하다, 매우 부적절하다’의 5단계 리커트 평정 방법(5점: 매우 적절하다, 1점: 매우 부적절하다)으로 타당도 점검을 받았다.

### 2) 평가자 간 신뢰도 점검

평가자 간 신뢰도 검토를 위해 교육 경력이 8년 이상인 생물 교사 2인과 연구자를 평가자로 구성하였다. 평가자로 참여한 생물 교사 2인은 학생들이 탐구 단계에 따라 응답한 아이디어를 평가하기 때문에 학생들의 탐구 지도 경험이 있고, 전국 대회 수준의 탐구 대회에서 학생들을 입상시킨 경험이 있는 교사로 선정하였다.

학생들의 창의성 점수 분포가 <표 5>, <표 6>과 같이 대부분의 문

항에서 정규성을 만족하지 못하였을 뿐 아니라 평가자가 3명이었기 때문에 평가자 간 신뢰도는 Kendall의 일치도 계수( $W$ )로 구하였다. Kendall의 일치도 계수( $W$ )는 평가자가 3명 이상인 경우, 그들 평가자 사이의 일치도를 알아보는 것으로  $0 \leq W \leq 1$ 이 성립하며, 1에 가까울수록 평정 결과가 일치한다고 할 수 있다.



<표 5> 생물 창의성 검사지 A의 정규성 점검

평가 요소	학생	평가 범주	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
			Statistic	df	p	Statistic	df	p
문제 인식	과학고	유창성	0.13	40	0.072	0.95	40	0.065
		융통성	0.23	40	0.000*	0.88	40	0.000*
		독창성	0.18	40	0.003*	0.85	40	0.000*
	일반고	유창성	0.23	38	0.000*	0.93	38	0.022*
		융통성	0.26	38	0.000*	0.88	38	0.001*
		독창성	0.19	38	0.001*	0.92	38	0.007*
가설 설정	과학고	유창성	0.16	40	0.010*	0.94	40	0.049*
		융통성	0.16	40	0.012*	0.96	40	0.127
		독창성	0.29	40	0.000*	0.87	40	0.000*
	일반고	유창성	0.14	38	0.053	0.96	38	0.136
		융통성	0.20	38	0.000*	0.92	38	0.009*
		독창성	0.37	38	0.000*	0.76	38	0.000*
예측	과학고	유창성	0.28	40	0.000*	0.86	40	0.000*
		융통성	0.29	40	0.000*	0.82	40	0.000*
		독창성	0.18	40	0.002*	0.94	40	0.033*
	일반고	유창성	0.21	38	0.000*	0.90	38	0.002*
		융통성	0.26	38	0.000*	0.80	38	0.000*
		독창성	0.31	38	0.000*	0.80	38	0.000*
조작 변인 조작 방법	과학고	유창성	0.17	40	0.005*	0.93	40	0.013*
		융통성	0.23	40	0.000*	0.90	40	0.002*
		독창성	0.19	40	0.001*	0.93	40	0.014*
	일반고	유창성	0.38	38	0.000*	0.64	38	0.000*
		융통성	0.39	38	0.000*	0.67	38	0.000*
		독창성	0.39	38	0.000*	0.65	38	0.000*
종속 변인 측정 방법	과학고	유창성	0.21	40	0.000*	0.90	40	0.002*
		융통성	0.32	40	0.000*	0.78	40	0.000*
		독창성	0.20	40	0.000*	0.93	40	0.015*
	일반고	유창성	0.33	38	0.000*	0.74	38	0.000*
		융통성	0.33	38	0.000*	0.66	38	0.000*
		독창성	0.33	38	0.000*	0.72	38	0.000*
변인 통제	과학고	유창성	0.14	40	0.052	0.94	40	0.036*
		융통성	0.23	40	0.000*	0.88	40	0.001*
		독창성	0.48	40	0.000*	0.33	40	0.000*
	일반고	유창성	0.16	38	0.011*	0.91	38	0.004*
		융통성	0.17	38	0.007*	0.90	38	0.003*
		독창성	0.43	38	0.000*	0.58	38	0.000*
자료 해석	과학고	유창성	0.17	40	0.005*	0.91	40	0.004*
		융통성	0.20	40	0.000*	0.91	40	0.003*
		독창성	0.09	40	0.200 <sup>a</sup>	0.96	40	0.185
	일반고	유창성	0.16	38	0.013*	0.91	38	0.004*
		융통성	0.14	38	0.063	0.92	38	0.007*
		독창성	0.14	38	0.044*	0.93	38	0.016*

\* p < 0.05

<sup>a</sup>Lilliefors 유의확률 수정

<표 6> 생물 창의성 검사지 B의 정규성 점검

평가 요소	학생	평가 범주	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
			Statistic	df	p	Statistic	df	p
문제 인식	과학고	유창성	0.18	40	0.002*	0.94	40	0.024*
		융통성	0.19	40	0.001*	0.91	40	0.003*
		독창성	0.15	40	0.025*	0.96	40	0.239
	일반고	유창성	0.16	38	0.022*	0.92	38	0.011*
		융통성	0.32	38	0.000*	0.82	38	0.000*
		독창성	0.37	38	0.000*	0.75	38	0.000*
가설 설정	과학고	유창성	0.17	40	0.007*	0.96	40	0.204
		융통성	0.26	40	0.000*	0.88	40	0.000*
		독창성	0.27	40	0.000*	0.84	40	0.000*
	일반고	유창성	0.11	38	0.200 <sup>a</sup>	0.97	38	0.541
		융통성	0.30	38	0.000*	0.86	38	0.000*
		독창성	0.25	38	0.000*	0.87	38	0.000*
예측	과학고	유창성	0.21	40	0.000*	0.93	40	0.012*
		융통성	0.25	40	0.000*	0.86	40	0.000*
		독창성	0.18	40	0.003*	0.92	40	0.010*
	일반고	유창성	0.22	38	0.000*	0.92	38	0.009*
		융통성	0.31	38	0.000*	0.84	38	0.000*
		독창성	0.18	38	0.003*	0.91	38	0.006*
조작 변인 조작 방법	과학고	유창성	0.19	40	0.001*	0.89	40	0.001*
		융통성	0.37	40	0.000*	0.70	40	0.000*
		독창성	0.19	40	0.001*	0.91	40	0.005*
	일반고	유창성	0.25	38	0.000*	0.86	38	0.000*
		융통성	0.29	38	0.000*	0.82	38	0.000*
		독창성	0.18	38	0.002*	0.87	38	0.001*
중속 변인 측정 방법	과학고	유창성	0.21	40	0.000*	0.93	40	0.012*
		융통성	0.22	40	0.000*	0.88	40	0.001*
		독창성	0.20	40	0.000*	0.93	40	0.023*
	일반고	유창성	0.24	38	0.000*	0.85	38	0.000*
		융통성	0.28	38	0.000*	0.78	38	0.000*
		독창성	0.21	38	0.000*	0.82	38	0.000*
변인 통제	과학고	유창성	0.19	40	0.001*	0.89	40	0.001*
		융통성	0.29	40	0.000*	0.77	40	0.000*
		독창성	0.44	40	0.000*	0.56	40	0.000*
	일반고	유창성	0.15	38	0.023*	0.93	38	0.026*
		융통성	0.29	38	0.000*	0.85	38	0.000*
		독창성	0.33	38	0.000*	0.70	38	0.000*
자료 해석	과학고	유창성	0.24	40	0.000*	0.87	40	0.000*
		융통성	0.27	40	0.000*	0.83	40	0.000*
		독창성	0.09	40	0.200 <sup>a</sup>	0.97	40	0.362
	일반고	유창성	0.15	38	0.037*	0.90	38	0.003*
		융통성	0.21	38	0.000*	0.90	38	0.003*
		독창성	0.14	38	0.065	0.96	38	0.160

\*p <0.05

<sup>a</sup>Lilliefors 유의확률 수정

## 5. 검사 도구의 적용

### 1) 연구 대상

2016년 3월 서울특별시 소재 특목고인 S과학 고등학교 3학년(12학년) 학생 80명(남 54명, 여 26명)과 서울특별시 소재 일반고인 S 고등학교 3학년(12학년) 학생 76명(남 47명, 여 29명)을 대상으로 생물 창의성 검사 도구를 적용하였고, 총 156명의 학생 응답 결과를 분석하였다.

과학고 학생들과 일반고 학생들을 연구 대상으로 선정한 이유는 다음과 같다.

첫째, 개발된 검사 도구가 학생들을 통계적으로 유의한 차이를 두고 평가할 수 있는지 알아보기 위함이다. 같은 고등학교에 재학 중인 학생들에게 검사 도구를 적용한다면 학생들의 유의한 차이를 알기 어려우므로 서로 다른 고등학교에 재학 중인 학생들을 연구 대상으로 하였다. 과학고는 일반고보다 성취 수준이 높고, 과학고와 일반고는 교육과정, 학교구성원, 학교 시설, 학급 환경 등이 서로 다르므로 개발된 검사 도구가 학생들을 통계적으로 유의한 차이를 두고 평가하는지 알 수 있다.

둘째, 생물교육에서 창의성 교육에 필요한 기초 자료를 얻기 위함이다. 과학고 학생들과 일반고 학생들의 생물 창의성 점수를 비교하여 유창성, 융통성, 독창성의 점수가 높게 나온 문항과 낮게 나온 문항을 조사하고, 점수 차이가 있는 문항과 점수 차이가 없는 문항을 분석하면 생물교육에서 창의성 교육에 필요한 기초 자료를 얻을 수 있다.

이처럼 개발된 생물 창의성 검사 도구가 학생들을 통계적으로 유의한 차이로 평가할 수 있는지와 생물교육에서 창의성 교육의 기초 자료를 얻기 위해 과학고와 일반고 학생들을 연구 대상으로 삼았다. 검사 도구에 따른 적용 대상은 <표 7>과 같다.

<표 7> 검사 도구의 적용 대상

(단위: 명)

구분	S과학 고등학교 3학년(12학년)		S 고등학교 3학년(12학년)	
	남학생	여학생	남학생	여학생
생물 창의성 검사지 A	28	12	23	15
생물 창의성 검사지 B	26	14	24	14
합계	80		76	

두 학교의 성취 수준을 알아보기 위해 국가 학업 성취도 평가 결과를 조사하였는데, 2010년부터 고등학교는 과학을 평가하지 않으므로 국어, 영어, 수학의 성취 수준을 조사하였다. 2015년 11월에 공시된 국가 학업 성취도 평가에서 S과학 고등학교는 보통 학력 이상 수준의 학생 비율이 국어 99.6%, 영어 100%, 수학 100%이었다. S 고등학교는 보통 학력 이상 수준의 학생 비율이 국어 55.3%, 영어 56.9%, 수학 58.7%이었고, 기초 학력 미달 학생 비율은 국어 7.7%, 영어 15.2%, 수학 15.2% 이었다(학교알리미, 2015). 과학 과목에 대한 국가 학업 성취도 평가는 이루어지지 않아 과학 과목 성취도 수준에 대한 두 학교의 차이를 직접적으로 비교할 수는 없었다. 그러나 수학 과목 성적에 따른 학생들의 뇌 활성화 부위와 과학 과목 성적에 따른 학생들의 뇌 활성화 부위는 높은 상관도를 보이고(김미영, 조선희, 2012), 수학 과목 성적과 생물 과목 성적은 높은 상관관계에 있기 때문에(이석영, 2007) 수학 성취 수준이 높은 과학고 학생들이 일반고 학생들보다 생명과학 과목에 대한 성취 수준이 높을 것으로 예상할 수 있다. 실제로 국가 수준의 시험이 아니기 때문에 직접적인 비교는 어렵지만 각 학교의 2016학년도 학생들의 중간·기말 고사 점수를 바탕으로 1학년 1학기 생명과학 I 과목에 대한 성취도별 등급 비율은 S과학 고등학교에서 A등급 76.1%, B등급 14.7%, S 고등학교에서 A등급 38.8%, B등급 41.0%(학교알리미, 2016)로 나타나 S과학 고등학교에서 높은 등급인 A등급을 받은 학생들의 비율이 S 고등학교보다 높았다.

## 2) 적용 방법

본 연구에서는 학생들을 대상으로 비슷한 유형을 가진 2가지 검사지에 대해 검사가 진행되므로, 검사지에 대한 노출 경험을 통제시키기 위해 생물 창의성 검사지 A를 과학고(12학년) 학생 40명과 일반고(12학년) 학생 38명에게 적용하고, 검사지 B를 검사지에 노출된 경험이 없는 과학고(12학년) 학생 40명과 일반고(12학년) 학생 38명에게 각각 적용하였다. 검사지 적용 시간은 각 검사지당 40분이었다.

## 3) 적용 결과 분석

개발된 생물 창의성 검사지에 대한 학생들의 반응 분포를 알아보기 위해 문항별 빈도 분석을 하였다. 또한, 개발된 검사지가 학생들을 통계적으로 유의한 차이를 두고 평가할 수 있는지 알아보기 위한 학교별 창의성 비교는 생물 창의성 검사지의 정규성 점검 결과가 정규성을 만족하지 않았고, 모든 문항에서 창의성 요소에 대해 받을 수 있는 점수의 급간이 10 이하였기 때문에 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney U test를 실시하였다. Mann-Whitney U test로 산출된 평균 순위, 순위합,  $U$ 값,  $p$ 값을 분석에 활용하였다.

## IV. 연구 결과 및 논의

본 연구에서는 과학과 교육과정에서 강조하는 창의성 교육을 위한 기초 자료로서 고등학생을 위한 생물 창의성 검사 도구를 개발하고, 개발된 검사 도구를 과학고 학생들과 일반고 학생들에게 적용하였다.

### 1. 고등학생을 위한 생물 창의성 검사 도구 개발

#### 1) 평가 요소와 평가 문항

최초로 개발된 생물 창의성 검사지는 7개였고, 각 검사지는 평가 요소에 따라 각각 7개의 문항으로 구성되었다. 생물교육 교수, 생물교육학 박사, 생물교육 석사 과정 대학원생, 생물 교사, 고등학생들의 의견을 토대로 최종적으로 선택되고 완성된 검사지는 2개의 검사지이고, 각각 [부록 A]와 [부록 B]에 제시하였다. 각 검사지를 구성하는 평가 요소와 평가 문항은 <표 8>과 같다.

<표 8> 최종 완성된 생물 창의성 검사지 A와 B의 평가 요소와 평가 문항

검사지	평가 요소	평가 문항
A	문제 인식	바다달팽이의 일종인 푸른민달팽이에 대한 글을 읽고 관련된 탐구 문제 인식하기
	가설 설정	탐구 문제인 ‘민달팽이의 광합성에 영향을 미치는 요인이 무엇일까?’에 대해 가설 설정하기
	예측	가설인 ‘빛의 과장은 민달팽이의 광합성에 영향을 미친다.’에 대해 예측하기
	조작 변인 조작 방법	제시된 예측에 대해 조작 변인인 ‘빛의 과장과 그 비율을 조작할 수 있는 방법’ 서술하기
	종속 변인 측정 방법	제시된 예측에 대해 종속 변인인 ‘민달팽이의 광합성량을 측정할 수 있는 방법’ 서술하기
	변인 통제	제시된 예측에 대해 실험을 설계할 때 통제시켜야 할 변인 서술하기
	자료 해석	빛의 종류에 따른 생물의 생육 결과 자료 해석하기
B	문제 인식	개나리와 빛나무의 개화시기를 나타낸 그림을 보고 관련된 탐구 문제 인식하기
	가설 설정	탐구 문제인 ‘개나리의 개화에 영향을 미치는 요인은 무엇일까?’에 대해 가설 설정하기
	예측	가설인 ‘빛의 세기는 개나리의 개화에 영향을 미친다.’에 대해 예측하기
	조작 변인 조작 방법	제시된 예측에 대해 조작 변인인 ‘빛의 세기를 조작할 수 있는 방법’ 서술하기
	종속 변인 측정 방법	제시된 예측에 대해 종속 변인인 ‘개나리의 개화 여부를 측정할 수 있는 방법’ 서술하기
	변인 통제	제시된 예측에 대해 실험을 설계할 때 통제시켜야 할 변인 서술하기
	자료 해석	산개나리 개체군의 빛의 세기, 광합성 속도, 당함량에 대한 표와 그래프 자료 해석하기

## 2) 평가 기준

개발된 문항은 조혜원과 김영수(2012)의 생물 창의성 검사 기준, 생물 교육 전문가와 연구자들의 의견을 참고하여 각 검사지의 탐구 단계별 문항에서 유창성, 융통성, 독창성 점수를 부여하도록 하였고, 구체적인 평가 기준은 <표 9>와 같다.

<표 9> 생물 창의성 검사지 평가 문항의 평가 기준

평가 범주	평가 기준														
유창성	주어진 시간 안에 생성한 아이디어가 문제와 관련이 있으면 각 아이디어 당 1점														
융통성	주어진 시간 안에 생성한 아이디어를 범주화하여 각 범주 당 1점														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>기준</th> <th>점수</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>일반 사회 수준에서 독창적이다.</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>학교 사회 수준에서 독창적이다.</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>학교 수준에서 독창적이다.</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>학급 수준에서 독창적이다.</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>개인 수준에서 독창적이다.</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>관련이 없는 진술을 했거나 응답을 하지 못함.</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	기준	점수	일반 사회 수준에서 독창적이다.	5	학교 사회 수준에서 독창적이다.	4	학교 수준에서 독창적이다.	3	학급 수준에서 독창적이다.	2	개인 수준에서 독창적이다.	1	관련이 없는 진술을 했거나 응답을 하지 못함.	0
기준	점수														
일반 사회 수준에서 독창적이다.	5														
학교 사회 수준에서 독창적이다.	4														
학교 수준에서 독창적이다.	3														
학급 수준에서 독창적이다.	2														
개인 수준에서 독창적이다.	1														
관련이 없는 진술을 했거나 응답을 하지 못함.	0														
독창성	위 기준에 따라 문항에서 생성한 아이디어 각각에 대해 점수를 부여한 후, 각 점수의 합을 문항에서 제시한 아이디어 수로 나누어 문항별 독창성 점수로 함														

유창성은 주어진 문제 상황에서 생성한 아이디어가 문항과 관련이 있으면 1점씩 부여하였으며, 만점은 존재하지 않는다. 융통성 점수는 학생들이 문항과 관련 있는 아이디어를 범주화하여 각 범주 당 1점을 부여하



였다. 문항마다 학생들의 반응이 다양하고 범주의 수가 다르므로 0점에서 10점까지 부여할 수 있었고, 생물 창의성 검사지 A의 융통성 범주는 [부록 C]에, 생물 창의성 검사지 B의 융통성 범주는 [부록 D]에 학생들의 응답 내용과 함께 제시하였다. 문항별 독창성 점수는 학생들이 생성한 아이디어 각각에 대해 독창성 점수를 부여한 후 독창성 점수의 합을 각 문항에서 생성한 아이디어 수로 나눈 값으로 하였다. 예를 들어 문제 인식 문항에서 학생이 3개의 아이디어를 서술했고, 각 아이디어의 독창성 점수가 1점, 1점, 0점이라면, 문제 인식 문항의 독창성 점수는  $\frac{1점+1점+0점}{3}$ 로 계산하여 0.7점이다. 검사지를 구성하는 문항에 대해 학생들이 제시한 아이디어가 여러 개이고 각 아이디어를 통해 얻은 독창성 점수의 분포는 정규 분포 형태를 만족할 가능성이 높으므로 각 아이디어에 대한 독창성 점수 합을 아이디어 수로 나눈 값은 의미가 있다고 생각된다.

## 2. 검사 도구의 타당도 점검 결과

최종 완성된 검사지는 일반고에 재직 중인 교육 경력 10년 이상의 생물 교사 3인에게 내용 타당도 점검을 받았고, 그 결과는 <표 10>과 같다. 1개의 문항을 제외한 모든 평가 문항의 타당도 평균은 4점(5점: 매우 적절하다, 1점: 매우 부적절하다) 이상이었고, 변인 통제 문항의 타당도 평균은 3.3점이었다. 생물 교사들이 변인 통제 문항에서 독창성에 대해 높은 점수가 나올 수 없다고 판단했기 때문에 다른 문항에 비해 타당도 점수를 낮게 부여한 것으로 생각된다. 그러나 전체 문항의 타당도 평균은 4.19점으로 생물 창의성 검사지에 대한 내용 타당도가 높음을 알 수 있었다.

<표 10> 생물 창의성 검사지 A와 B에 대한 타당도 점검 결과

구분	평가 요소	내용 타당도 점수			합계	평균
		A	B	C		
검사지 A	문제 인식	5	5	5	15	5
	가설 설정	5	5	5	15	5
	예측	4	4	4	12	4
	조작 변인 조작 방법	4	4	4	12	4
	종속 변인 측정 방법	5	4	4	13	4.3
	변인 통제	4	3	3	10	3.3
	자료 해석	4	4	4	12	4
검사지 B	문제 인식	4	5	5	14	4.7
	가설 설정	5	5	5	15	5
	예측	5	3	4	12	4
	조작 변인 조작 방법	5	3	4	12	4
	종속 변인 측정 방법	5	3	4	12	4
	변인 통제	4	3	3	10	3.3
	자료 해석	4	4	4	12	4

\*A, B, C는 타당도 점검자(3명)

### 3. 검사 도구의 평가자 간 신뢰도 점검 결과

학생들의 창의성 점수 분포는 정규 분포를 만족하지 못하였을 뿐 아니라 평가자가 3명이었기 때문에 평가자 간 신뢰도는 Kendall의 일치도 계수( $W$ )로 구하였다.

생물 창의성 검사지 A에 대한 평가자 간 신뢰도 결과는 <표 11>과 같고, 검사지를 구성하는 각 문항에 대해 유창성, 융통성, 독창성 점수의 일치도 계수( $W$ )는 모두 0.800 이상이었다. 창의성 요소에 따른 일치도 계수( $W$ ) 평균값은 유창성 0.967, 융통성 0.907, 독창성 0.885로 나타나 생물 창의성 검사지 A는 높은 평가자 간 신뢰도를 갖는다고 볼 수 있다.

생물 창의성 검사지 B에 대한 평가자 간 신뢰도 결과는 <표 12>와 같고, 일치도 계수( $W$ )는 문제 인식 문항의 독창성, 가설 설정 문항의 융통성과 독창성, 예측 문항의 융통성, 조작 변인 조작 방법 문항의 융통성 점수에서는 0.700 이상이었으며, 나머지 문항의 유창성, 융통성, 독창성 점수에서는 모두 0.800 이상이었다. 창의성 요소에 따른 일치도 계수( $W$ ) 평균값은 유창성 0.952, 융통성 0.809, 독창성 0.847로 나타나 생물 창의성 검사지 B도 높은 평가자 간 신뢰도를 갖는다고 볼 수 있다.

<표 11> 생물 창의성 검사지 A의 평가자 간 신뢰도(Kendall's *W*)

평가 요소	평가 범주	Kendall's <i>W</i>	<i>n</i>	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>Asymp.</i> <i>Sig</i>
문제 인식	유창성	0.994	3	229.499	77	0.000
	융통성	0.855	3	197.559	77	0.000
	독창성	0.827	3	190.970	77	0.000
가설 설정	유창성	0.993	3	229.307	77	0.000
	융통성	0.907	3	209.533	77	0.000
	독창성	0.887	3	204.911	77	0.000
예측	유창성	0.935	3	216.094	77	0.000
	융통성	0.942	3	217.494	77	0.000
	독창성	0.898	3	207.427	77	0.000
조작 변인 조작 방법	유창성	0.920	3	212.433	77	0.000
	융통성	0.855	3	197.559	77	0.000
	독창성	0.898	3	207.427	77	0.000
종속 변인 측정 방법	유창성	0.957	3	221.151	77	0.000
	융통성	0.942	3	145.057	77	0.000
	독창성	0.918	3	212.026	77	0.000
변인 통제	유창성	0.993	3	229.401	77	0.000
	융통성	0.949	3	219.226	77	0.000
	독창성	0.816	3	188.611	77	0.000
자료 해석	유창성	0.978	3	226.002	77	0.000
	융통성	0.897	3	207.131	77	0.000
	독창성	0.951	3	219.765	77	0.000

<표 12> 생물 창의성 검사지 B의 평가자 간 신뢰도(Kendall's *W*)

평가 요소	평가 범주	Kendall's <i>W</i>	<i>n</i>	$\chi^2$	<i>df</i>	<i>Asymp.</i> <i>Sig</i>
문제 인식	유창성	0.984	3	227.368	77	0.000
	융통성	0.895	3	206.804	77	0.000
	독창성	0.780	3	180.251	77	0.000
가설 설정	유창성	0.964	3	222.760	77	0.000
	융통성	0.755	3	174.509	77	0.000
	독창성	0.785	3	181.300	77	0.000
예측	유창성	0.938	3	216.711	77	0.000
	융통성	0.741	3	171.243	77	0.000
	독창성	0.853	3	197.003	77	0.000
조작 변인 조작 방법	유창성	0.920	3	212.497	77	0.000
	융통성	0.722	3	166.755	77	0.000
	독창성	0.865	3	199.748	77	0.000
종속 변인 측정 방법	유창성	0.942	3	217.531	77	0.000
	융통성	0.883	3	204.070	77	0.000
	독창성	0.899	3	207.703	77	0.000
변인 통제	유창성	0.988	3	228.274	77	0.000
	융통성	0.813	3	187.796	77	0.000
	독창성	0.806	3	186.120	77	0.000
자료 해석	유창성	0.928	3	214.388	77	0.000
	융통성	0.809	3	186.828	77	0.000
	독창성	0.941	3	217.432	77	0.000

## 4. 검사 도구의 적용 결과

교사가 현장에서 개발된 검사 도구를 적용할 때 학생들의 응답 유형과 응답 수를 참고할 수 있도록 고등학생들의 생물 창의성 검사지 A와 B에 대한 응답 유형과 응답 수를 분석하여 각각 [부록 C]와 [부록 D]에 제시하였다.

생물 창의성 검사지 A에는 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명, 생물 창의성 검사지 B에는 생물 창의성 검사지 A에 참여하지 않았던 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명이 참여하였다. 검사 결과는 생물 창의성 검사지 A와 B로 나누어 제시하였고, 개발된 검사 도구가 학생들을 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있는지 알아보기 위해 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney U test를 실시하였다.

### 1) 생물 창의성 검사지 A

#### (1) 유창성 결과

유창성 점수는 주어진 문제 상황에서 생성한 아이디어가 문제와 관련이 있으면 1점씩 부여하였으며 만점은 존재하지 않는다. 생물 창의성 검사지 A의 유창성 점수 결과는 <표 13>과 같다.

생물 창의성 검사지 A의 문항별 유창성 점수에서 과학고 학생들은 가설 설정(6.5점), 문제 인식(6.1점), 변인 통제(5.8점), 자료 해석(3.9점), 예측(2.4점), 종속 변인 측정 방법(2.2점), 조작 변인 조작 방법(1.9점) 순으로 높았고, 일반고 학생들은 문제 인식(4.4점), 가설 설정(3.7점), 자료 해석(2.9점), 변인 통제(2.3점), 예측(1.7점), 종속 변인 측정 방법(0.7점), 조작 변인 조작 방법(0.6점) 순으로 높았다.

과학고와 일반고 학생들 모두 문제 인식과 가설 설정 문항에 대해서는 상대적으로 많은 수의 아이디어를 제시했지만, 실험 설계 문항 중 조

작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법에 대해서는 적은 수의 아이디어를 제시했다. 유창성 점수가 낮다는 것은 문제와 관련 있는 아이디어를 적게 제시했다는 것을 의미한다. 학생 답안과 창의성 검사가 진행되는 과정을 분석해본 결과 문항별로 유창성 점수가 다른 이유를 크게 세 가지 경우로 나눌 수 있었다.

첫 번째는 배경 지식의 차이가 있는 경우이다. 유창성 점수가 0점인 학생 중에는 문항에 대한 아이디어를 제시하지 못했거나 제시된 아이디어가 문제와 관련이 없는 경우가 있었다. 예를 들어 ‘종속 변인인 개나리의 개화 여부를 어떻게 측정할 수 있는가?’에 대한 문항에서 문항의 의미는 이해했지만 답을 못한 학생들이 많았고, ‘SNS를 통해 확인한다.’ ‘개나리를 심은 지역에 사는 사람에게 전화를 해서 물어본다.’ ‘기상청에 물어본다.’ 등과 같이 본인이 확인하는 방법보다는 다른 사람이나 기관의 판단에 의존하려는 학생들도 있었다. 학생들은 자신이 가진 지식을 이용하여 제시된 글을 읽고 궁금증이나 새로운 개념 간의 관계를 생각한다. 탐구 주제에 대한 배경 지식이 있다면 제시된 글을 읽고 궁금한 점을 문제로 인식할 것이고, 문제를 인식한 뒤 배경 지식과 경험을 바탕으로 그 문제에 대한 잠정적인 답을 제시할 것이다(김유향, 2013). 배경 지식이 부족하면 가설에 영향을 미치는 독립 변인 추출에 어려움을 느끼고, 실제 탐구 활동을 제대로 수행하지 못한다(최승희, 박형용, 김영수, 2015). 생물 창의성 검사지 문항에서 다루는 소재가 교과서와 교육과정에서 다루는 소재였으므로 문항의 의미를 이해했음에도 관련 있는 아이디어를 서술하지 못한다면 창의성 교육은 지식이 바탕이 되어야 한다고 생각된다(최인수, 2011, pp274-278).

두 번째는 탐구과정에 대한 절차적 지식의 차이가 있는 경우이다. 고등학생들은 가설, 예측 등과 같은 과학적 용어를 들어본 적이 있고, 과학적 용어에 대해 스스로 잘 알고 있다고 인식하고 있다(엄경화, 김영수, 2012). 그러나 생물 창의성 검사 도구를 예비 적용한 학생들과의 인터뷰에서 ‘가설과 예측의 차이를 정확히 구분하기 어려웠다.’, ‘자료 해석과 결론의 차이점이 궁금했다.’ ‘자료 해석을 통해 알 수 있는 내용은 1가지

만 있는 것 아닌가?’ 등과 같이 탐구과정에 사용된 용어의 의미를 정확하게 모르는 학생들이 있었다. 실제로 창의성 검사지를 학생들에게 적용하기 전 가설 검증형 실험 탐구 수업 모형에서 제시한 탐구 단계를 소개했을 때, 학생들이 탐구 단계에 사용된 용어를 들어본 적이 있다고 반응한 것과는 달리 일부 학생들은 실제 검사가 진행될 때 가설과 예측을 구분하지 못해 질문을 하거나 자료 해석과 결론의 차이를 궁금해 했다.

세 번째는 학생들이 주어진 상황을 과학적 문제 상황으로 인지하는 능력이 부족한 경우이다. 예를 들어 ‘빛의 파장은 민달팽이의 광합성에 영향을 미친다.’는 가설에 대한 예측으로 ‘민달팽이는 애완용으로 인기가 많을 것이다.’, ‘광합성과 호흡은 동시에 일어난다.’ 등과 같이 개인의 감정이나 문항과 관련 없는 지식을 단순히 나열한 경우가 있었다. 이런 사례는 생물 창의성 교육을 위해 문제 상황을 과학적 문제 상황으로 인지하는 능력이 선행되어야 하며, 이 능력이 나타날 수 있는 교수·학습 환경 조성에 대한 연구가 필요하다는 것을 시사한다.

Mann-Whitney U test 결과 검사지 A의 7개 문항 모두에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다, 문제 인식  $U=506.5$ ,  $p=0.011$ ; 가설 설정  $U=364.5$ ,  $p=0.000$ ; 예측  $U=552.0$ ,  $p=0.031$ ; 조작 변인 조작 방법  $U=318.5$ ,  $p=0.000$ ; 종속 변인 측정 방법  $U=233.0$ ,  $p=0.000$ ; 변인 통제  $U=192.0$ ,  $p=0.000$ ; 자료 해석  $U=549.5$ ,  $p=0.034$ . 검사지 A는 7개 문항 모두에서 학생들의 유창성에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있었다.



<표 13> 생물 창의성 검사지 A의 유창성 결과

평가요소	학생	n	M	SD	Min	Max	Mdn	Mode	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U test	
											U	p
문제 인식	과학고	40	6.1	2.85	2	13	6.0	7.0	45.84	1833.5	506.5	0.011*
	일반고	38	4.4	2.17	0	10	4.0	4.0	32.83	1247.5		
가설 설정	과학고	40	6.5	3.03	0	12	7.0	8.0 <sup>a</sup>	49.39	1975.5	364.5	0.000*
	일반고	38	3.7	2.43	0	9	3.0	3.0	29.09	1105.5		
예측	과학고	40	2.4	1.58	0	7	2.0	2.0	44.70	1788.0	552.0	0.031*
	일반고	38	1.7	1.19	0	4	1.5	1.0	34.03	1293.0		
조작 변인 조작 방법	과학고	40	1.9	1.32	0	5	2.0	2.0	50.54	2021.5	318.5	0.000*
	일반고	38	0.6	1.00	0	4	0.0	0.0	27.88	1059.5		
종속 변인 측정 방법	과학고	40	2.2	1.22	0	5	2.0	1.0	52.68	2107.0	233.0	0.000*
	일반고	38	0.7	0.88	0	3	0.0	0.0	25.63	974.0		
변인 통제	과학고	40	5.8	2.24	2	13	5.5	5.0	53.70	2148.0	192.0	0.000*
	일반고	38	2.3	2.01	0	7	2.0	0.0	24.55	933.0		
자료 해석	과학고	40	3.9	2.10	1	8	4.0	2.0	44.76	1790.5	549.5	0.034*
	일반고	38	2.9	2.50	0	8	2.0	0.0	33.96	1290.5		

\*p < 0.05

<sup>a</sup>여러 최빈값 중 가장 작은 값

## (2) 융통성 결과

융통성 점수는 학생들이 주어진 시간 안에 생성한 아이디어를 범주화 하여 각 범주 당 1점을 부여하였고, 문항에 따라 만점이 존재한다. 생물 창의성 검사지 A의 융통성 점수 결과는 <표 14>와 같다.

생물 창의성 검사지 A의 문항별 융통성 점수에서 과학고 학생들은 가설 설정(3.3점), 문제 인식(3.0점), 변인 통제(2.9점), 자료 해석(2.9점), 예측(1.7점), 조작 변인 조작 방법(1.7점), 종속 변인 측정 방법(1.5점) 순으로 높았고, 일반고 학생들은 가설 설정(2.3점), 문제 인식(2.2점), 자료 해석(1.9점), 변인 통제(1.7점), 예측(1.2점), 종속 변인 측정 방법(0.5점), 조작 변인 조작 방법(0.5점) 순으로 높았다.

융통성 점수는 유창성 점수와 유사하게 과학고와 일반고 학생들 모두 문제 인식과 가설 설정 문항에 대해 상대적으로 높았고, 실험 설계 문항 중 조작 변인 조작 방법과 종속 변인 측정 방법에서는 낮았다. 많은 아이디어를 제시한다고 해서(유창성) 다양한 범주에서 아이디어를 제시(융통성)하는 것은 아니지만, 적은 아이디어를 제시하면 다양한 범주에서 아이디어를 제시할 수 없으므로 유창성과 융통성은 별도의 분리된 개념이 아니라고 할 수 있다. 또한, 탐구 단계에 따라 학생들의 유창성 점수와 융통성 점수가 다르다는 사실을 통해 탐구에 대한 창의성 교육은 전체 탐구 단계에 대해 일률적으로 시행하기 보다는 각 탐구 단계에 따라 차별적으로 시행할 필요가 있다.

Mann-Whitney U test 결과 검사지 A의 7개 문항 모두에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다, 문제 인식  $U=421.5$ ,  $p=0.000$ ; 가설 설정  $U=463.5$ ,  $p=0.002$ ; 예측  $U=547.0$ ,  $p=0.021$ ; 조작 변인 조작 방법  $U=311.0$ ,  $p=0.000$ ; 종속 변인 측정 방법  $U=240.5$ ,  $p=0.000$ ; 변인 통제  $U=355.5$ ,  $p=0.000$ ; 자료 해석  $U=501.5$ ,  $p=0.008$ . 검사지 A는 7개 문항 모두에서 학생들의 융통성에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있었고, 이 결과는 유창성 결과와 같았다.

<표 14> 생물 창의성 검사지 A의 융통성 결과

평가 요소(배점)	학생	n	M	SD	Min	Max	Mdn	Mode	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U test	
											U	p
문제 인식(5)	과학고	40	3.0	1.06	1	5	3.0	4.0	47.96	1918.5	421.5	0.000*
	일반고	38	2.2	0.86	0	4	2.0	2.0	30.59	1162.5		
가설 설정(7)	과학고	40	3.3	1.42	0	7	3.0	3.0	46.91	1876.5	463.5	0.002*
	일반고	38	2.3	1.30	0	5	2.5	3.0	31.70	1204.5		
예측(4)	과학고	40	1.7	0.80	0	3	1.5	1.0	44.83	1793.0	547.0	0.021*
	일반고	38	1.2	0.69	0	2	1.0	1.0	33.89	1288.0		
조작 변인 조작 방법(6)	과학고	40	1.7	1.05	0	4	2.0	2.0	50.73	2029.0	311.0	0.000*
	일반고	38	0.5	0.80	0	3	0.0	0.0	27.68	1052.0		
종속 변인 측정 방법(4)	과학고	40	1.5	0.75	0	4	1.0	1.0	52.49	2099.5	240.5	0.000*
	일반고	38	0.5	0.65	0	3	0.0	0.0	25.83	981.5		
변인 통제(5)	과학고	40	2.9	0.90	1	5	3.0	3.0	49.61	1984.5	355.5	0.000*
	일반고	38	1.7	1.28	0	4	2.0	0.0 <sup>a</sup>	28.86	1096.5		
자료 해석(10)	과학고	40	2.9	1.45	1	6	3.0	2.0	45.96	1838.5	501.5	0.008*
	일반고	38	1.9	1.47	0	5	2.0	2.0	32.70	1242.5		

\*p < 0.05

<sup>a</sup>여러 최빈값 중 가장 작은 값

### (3) 독창성 결과

문항별 독창성 점수는 각 문항에서 학생들이 생성한 아이디어에 독창성 점수를 부여한 후 각 점수의 합을 생성한 아이디어의 수로 나눈 값으로 하였다. 생물 창의성 검사지 A의 독창성 점수 결과는 <표 15>와 같다.

생물 창의성 검사지 A의 문항별 독창성 점수에서 과학고 학생들은 문제 인식(1.25점), 자료 해석(1.22점), 가설 설정(1.01점), 변인 통제(1.00점), 종속 변인 측정 방법(0.78점), 예측(0.76점), 조작 변인 조작 방법(0.67점) 순으로 높았고, 일반고 학생들은 문제 인식(1.19점), 자료 해석(0.94점), 가설 설정(0.83점), 변인 통제(0.76점), 예측(0.69점), 종속 변인 측정 방법(0.39점), 조작 변인 조작 방법(0.22점) 순으로 높았다.

독창성 점수 분포에서 최빈값(*Mode*)이 1점인 학생이 많았고, 학생들은 개인 수준의 독창성을 많이 발휘한 것으로 나타났다. 본 연구는 학생들이 재학 중인 학교에서 제한된 시간에 서술형으로 이루어졌기 때문에 학생들의 아이디어를 학교 사회 수준이나 일반 사회 수준으로 판단하기에는 한계가 있었고, 학생들도 개인 수준의 독창성이 많이 발휘된 것으로 생각된다. 또한, 유창성과 융통성 점수와 달리 과학고와 일반고 학생들 모두 문제 인식과 가설 설정 문항 외에 자료 해석 문항에서도 상대적으로 높은 독창성 점수를 받았다.

유창성, 융통성, 독창성 모두 실험 설계 문항 중 조작 변인 조작 방법과 종속 변인 측정 방법 문항에 대해서는 상대적으로 점수가 낮았기 때문에 탐구에 대한 창의성 교육을 위해서는 실험 설계 측면에서 학생들이 아이디어 생성에 어떤 어려움을 겪는지 조사하여 그 어려움을 극복할 수 있는 연구가 필요하다고 생각된다.

Mann-Whitney U test 결과 검사지 A의 7개 문항 중 실험 설계 문항인 조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제의 3개 문항에서만 통계적으로 유의미한 차이가 있었다, 조작 변인 조작 방법  $U=336.5$ ,  $p=0.000$ ; 종속 변인 측정 방법  $U=392.0$ ,  $p=0.000$ ; 변인 통제  $U=553.5$ ,  $p=0.002$ .

<표 15> 생물 창의성 검사지 A의 독창성 결과

평가 요소	학생	n	M	SD	Min	Max	Mdn	Mode	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U test	
											U	p
문제 인식	과학고	40	1.25	0.266	1.0	2.0	1.20	1.0	40.50	1620.0	720.0	0.683
	일반고	38	1.19	0.360	0.0	2.0	1.30	1.0 <sup>a</sup>	38.45	1461.0		
가설 설정	과학고	40	1.01	0.292	0.0	1.6	1.00	1.0	44.13	1765.0	575.0	0.050
	일반고	38	0.83	0.403	0.0	1.4	1.00	1.0	34.63	1316.0		
예측	과학고	40	0.76	0.381	0.0	1.5	0.75	1.0	40.53	1621.0	719.0	0.671
	일반고	38	0.69	0.396	0.0	1.3	1.00	1.0	38.42	1460.0		
조작 변인 조작 방법	과학고	40	0.67	0.457	0.0	1.8	0.70	1.0	50.09	2003.5	336.5	0.000*
	일반고	38	0.22	0.355	0.0	1.0	0.00	0.0	28.36	1077.5		
종속 변인 측정 방법	과학고	40	0.78	0.414	0.0	2.0	0.85	1.0	48.70	1948.0	392.0	0.000*
	일반고	38	0.39	0.518	0.0	2.0	0.00	0.0	29.82	1133.0		
변인 통제	과학고	40	1.00	0.039	0.9	1.2	1.00	1.0	44.66	1786.5	553.5	0.002*
	일반고	38	0.76	0.411	0.0	1.0	1.00	1.0	34.07	1294.5		
자료 해석	과학고	40	1.22	0.562	0.2	3.0	1.20	1.5	43.65	1746.0	594.0	0.096
	일반고	38	0.94	0.629	0.0	2.1	1.00	0.0	35.13	1335.0		

\*p < 0.05

<sup>a</sup>어려 최빈값 중 가장 작은 값

## 2) 생물 창의성 검사지 B

### (1) 유창성 결과

생물 창의성 검사지 B의 유창성 점수 결과는 <표 16>과 같다. 생물 창의성 검사지 B의 문항별 유창성 점수에서는 과학고 학생들이 가설 설정(6.5점), 변인 통제 (6.5점), 문제 인식(5.9점), 예측(3.9점), 자료 해석(3.8점), 조작 변인 조작 방법(2.9점), 종속 변인 측정 방법(2.4점) 순으로 높았고, 일반고 학생들이 가설 설정(4.3점), 문제 인식(3.8점), 자료 해석(3.2점), 변인 통제(3.1점), 예측(2.0점), 조작 변인 조작 방법(1.3점), 종속 변인 측정 방법(1.2점) 순으로 높았다.

Mann-Whitney U test 결과 검사지 B의 7개 문항 중 6개 문항에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다, 문제 인식  $U=331.0$ ,  $p=0.000$ ; 가설 설정  $U=361.5$ ,  $p=0.000$ ; 예측  $U=260.0$ ,  $p=0.000$ ; 조작 변인 조작 방법  $U=274.0$ ,  $p=0.000$ ; 종속 변인 측정 방법  $U=401.0$ ,  $p=0.000$ ; 변인 통제  $U=261.0$ ,  $p=0.000$ . 검사지 B는 검사지를 구성하는 7개 문항 중 6개 문항에서 학생들의 유창성에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있었다.

<표 16> 생물 창의성 검사지 B의 유창성 결과

평가요소	학생	n	M	SD	Min	Max	Mdn	Mode	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U test	
											U	p
문제 인식	과학고	40	5.9	2.08	2	10	5.0	5.0	50.23	2009.0	331.0	0.000*
	일반고	38	3.8	1.62	1	7	4.0	2.0	28.21	1072.0		
가설 설정	과학고	40	6.5	2.26	2	12	6.0	6.0	49.46	1978.5	361.5	0.000*
	일반고	38	4.3	2.07	0	10	4.0	4.0	29.01	1102.5		
예측	과학고	40	3.9	1.37	0	7	4.0	3.0	52.00	2080.0	260.0	0.000*
	일반고	38	2.0	1.42	0	6	2.0	2.0	26.34	1001.0		
조작 변인 조작 방법	과학고	40	2.9	1.30	1	5	3.0	3.0	51.65	2066.0	274.0	0.000*
	일반고	38	1.3	1.18	0	5	1.0	1.0	26.71	1015.0		
종속 변인 측정 방법	과학고	40	2.4	1.38	0	5	3.0	3.0	48.48	1939.0	401.0	0.000*
	일반고	38	1.2	1.22	0	4	1.0	0.0	30.05	1142.0		
변인 통제	과학고	40	6.5	2.95	2	13	6.0	4.0	51.98	2079.0	261.0	0.000*
	일반고	38	3.1	2.24	0	9	3.0	1.0 <sup>a</sup>	26.37	1002.0		
자료 해석	과학고	40	3.8	1.61	1	9	4.0	4.0	43.86	1754.5	585.5	0.075
	일반고	38	3.2	1.92	0	10	3.0	2.0	34.91	1326.5		

\*p < 0.05

<sup>a</sup>여러 최빈값 중 가장 작은 값

## (2) 융통성 결과

생물 창의성 검사지 B의 융통성 점수 결과는 <표 17>과 같다. 생물 창의성 검사지 B의 융통성 점수에서는 과학고 학생들이 문제 인식(3.2점), 가설 설정(2.8점), 자료 해석(2.8점), 변인 통제(2.3점), 예측(1.8점), 종속 변인 측정 방법(1.6점), 조작 변인 조작 방법(1.5점) 순으로 높았고, 일반고 학생들은 자료 해석(2.6점), 문제 인식(2.5점), 가설 설정(2.2점), 변인 통제(1.4점), 예측(1.2점), 조작 변인 조작 방법(0.9점), 종속 변인 측정 방법(0.7점) 순으로 높았다.

Mann-Whitney U test 결과 검사지 B의 7개 문항 중 6개 문항에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다, 문제 인식  $U=445.0$ ,  $p=0.001$ ; 가설 설정  $U=487.0$ ,  $p=0.004$ ; 예측  $U=473.0$ ,  $p=0.002$ ; 조작 변인 조작 방법  $U=469.5$ ,  $p=0.001$ ; 종속 변인 측정 방법  $U=356.5$ ,  $p=0.000$ ; 변인 통제  $U=327.5$ ,  $p=0.000$ . 검사지 B는 검사지를 구성하는 7개 문항 중 6개 문항에서 학생들의 융통성에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있었고, 이 결과는 유창성 결과와 같았다.

자료 해석은 표, 그래프, 사진, 글 등으로 주어진 자료를 자신의 말과 의미로 표현하는 것이다(김영신 등, 2012, p172). 검사지 B의 자료 해석 문항에서 유창성과 융통성에 대해 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않은 이유는 문항과 관련된 배경 지식을 일반고 학생들도 과학고 학생들 만큼 가지고 있었거나 문항 형태의 영향을 받았기 때문으로 생각된다. 즉, 검사지 A의 자료 해석 문항은 표 1개의 자료를 제시했지만, 검사지 B의 자료 해석 문항은 표 1개와 그래프 1개를 제시하였는데, 일반고 학생들이 문항에 제시된 표와 그래프 사이의 관계를 해석하여 많은 아이디어를 다양한 범주에서 제시할 수 있었던 것으로 생각된다.



<표 17> 생물 창의성 검사지 B의 유통성 결과

평가 요소(배점)	학생	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mdn</i>	<i>Mode</i>	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U test	
											<i>U</i>	<i>p</i>
문제 인식(6)	과학고	40	3.2	1.07	1	5	3.0	3.0	47.38	1895.0	445.0	0.001*
	일반고	38	2.5	0.86	1	5	2.0	2.0	31.21	1186.0		
가설 설정(6)	과학고	40	2.8	0.83	1	5	3.0	3.0	46.33	1853.0	487.0	0.004*
	일반고	38	2.2	0.91	0	4	2.0	2.0	32.32	1228.0		
예측(4)	과학고	40	1.8	0.79	0	4	2.0	2.0	46.68	1867.0	473.0	0.002*
	일반고	38	1.2	0.75	0	3	1.0	1.0	31.95	1214.0		
조작 변인 조작 방법(3)	과학고	40	1.5	0.64	1	3	1.0	1.0	46.76	1870.5	469.5	0.001*
	일반고	38	0.9	0.80	0	3	1.0	1.0	31.86	1210.5		
종속 변인 측정 방법(4)	과학고	40	1.6	0.87	0	3	1.9	1.0	49.59	1983.5	356.5	0.000*
	일반고	38	0.7	0.65	0	2	1.0	1.0	28.88	1097.5		
변인 통제(3)	과학고	40	2.3	0.64	1	3	2.0	2.0	50.31	2012.5	327.5	0.000*
	일반고	38	1.4	0.82	0	3	1.0	1.0	28.12	1068.5		
자료 해석(6)	과학고	40	2.8	0.87	1	6	3.0	3.0	42.10	1684.0	656.0	0.269
	일반고	38	2.6	1.29	0	6	3.0	3.0	36.76	1397.0		

\* $p < 0.05$

### (3) 독창성 결과

생물 창의성 검사지 B의 독창성 점수 결과는 <표 18>과 같다. 생물 창의성 검사지 B의 독창성 점수에서는 과학고 학생들이 자료 해석(1.54점), 종속 변인 측정 방법(1.19점), 문제 인식(1.17점), 가설 설정(1.10점), 예측(1.06점), 변인 통제(1.01점), 조작 변인 조작 방법(0.94점) 순으로 높았고, 일반고 학생들은 자료 해석(1.17점), 문제 인식(1.00점), 가설 설정(0.86점), 변인 통제(0.77점), 예측(0.65점), 종속 변인 측정 방법(0.44점), 조작 변인 조작 방법(0.40점) 순으로 높았다.

Mann-Whitney U test 결과 검사지 B에서는 7개 문항 모두에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다, 문제 인식  $U=397.5$ ,  $p=0.000$ ; 가설 설정  $U=399.0$ ,  $p=0.000$ ; 예측  $U=372.5$ ,  $p=0.000$ ; 조작 변인 조작 방법  $U=257.5$ ,  $p=0.000$ ; 종속 변인 측정 방법  $U=272.5$ ,  $p=0.000$ ; 변인 통제  $U=410.5$ ,  $p=0.000$ . 자료 해석  $U=467.5$ ,  $p=0.003$ . 검사지 B는 7개 문항 모두에서 학생들의 독창성에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있었다.

개발된 검사지 A와 B를 구성하는 14개 문항 중 10개 문항은 두 학교 학생들을 독창성에 대해 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있었고, 학교별 독창성 비교 결과는 유창성, 융통성 결과와 다르게 나타났다. 이는 유창성, 융통성에 미치는 요인과 독창성에 미치는 요인이 다를 수 있음을 의미하며, 각 창의성 요소에 영향을 미치는 요인에 대한 추가 연구가 필요하다.

<표 18> 생물 창의성 검사지 B의 독창성 결과

평가 요소	학생	n	M	SD	Min	Max	Mdn	Mode	Mean Rank	Sum of Ranks	Mann-Whitney U test	
											U	p
문제 인식	과학고	40	1.17	0.197	0.7	1.6	1.20	1.0	48.56	1942.5	397.5	0.000*
	일반고	38	1.00	0.182	0.5	1.5	1.00	1.0	29.96	1138.5		
가설 설정	과학고	40	1.10	0.202	0.7	1.8	1.00	1.0	48.53	1941.0	399.0	0.000*
	일반고	38	0.86	0.302	0.0	1.3	1.00	1.0	30.00	1140.0		
예측	과학고	40	1.06	0.337	0.0	2.0	1.00	1.0	49.19	1967.5	372.5	0.000*
	일반고	38	0.65	0.435	0.0	1.3	0.70	1.0	29.30	1113.5		
조작 변인 조작 방법	과학고	40	0.94	0.407	0.1	2.3	1.00	1.0	52.06	2082.5	257.5	0.000*
	일반고	38	0.40	0.382	0.0	1.4	0.30	0.0	26.28	998.5		
종속 변인 측정 방법	과학고	40	1.19	0.582	0.0	2.4	1.30	1.0	51.69	2067.5	272.5	0.000*
	일반고	38	0.44	0.498	0.0	1.7	0.35	0.0	26.67	1013.5		
변인 통제	과학고	40	1.01	0.072	0.8	1.3	1.00	1.0	48.24	1929.5	410.5	0.000*
	일반고	38	0.77	0.342	0.0	1.0	1.00	1.0	30.30	1151.5		
자료 해석	과학고	40	1.54	0.547	0.3	2.5	1.60	1.7 <sup>a</sup>	46.81	1872.5	467.5	0.003*
	일반고	38	1.17	0.520	0.0	2.0	1.20	1.0	31.80	1208.5		

\*p < 0.05

<sup>a</sup>여러 최빈값 중 가장 작은 값

## V. 결론 및 제언

본 연구에서는 생물교육에서의 창의성 교육을 위한 자료로서 고등학생을 위한 생물 창의성 검사 도구를 개발하였다. 검사 도구는 김영수(2010)의 생물교육을 위한 창의성 정의에 기반을 두고 탐구과정 요소인 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 자료 해석의 탐구 단계에 따라 창의성 요소인 유창성, 융통성, 독창성을 측정할 수 있도록 구성하였다. 최초로 개발된 7개의 생물 창의성 검사 도구는 평가 요소와 평가 목표에 따라 각각 7개의 문항으로 구성하였고, 내용 타당도를 높이기 위해 생물교육 교수 1인, 생물교육학 박사 1인, 생물교육 석사 과정 3인, 교육 경력이 13년 이상이고 교육학 석사 학위를 소지한 생물 교사 2인, 교육 경력이 8년 이상인 생물 교사 2인에게 타당성 분석을 받으면서 수정·보완하였다. 타당성 분석 결과 7개의 검사 도구 중 2개의 검사 도구를 선정하여 서술형 문항으로 구성된 생물 창의성 검사지 A와 B로 개발하였다.

개발된 검사 도구는 교사들이 학생을 대상으로 평가하는 것을 목표로 하므로 각 검사 도구를 구성하는 평가 문항의 내용 타당도를 일반고에 근무하는 생물 교사 3인에게 ‘매우 적절하다, 적절하다, 보통이다, 부적절하다, 매우 부적절하다’의 5단계 리커트 평정 방법으로 점검받은 결과 4.19점(5점: 매우 적절하다, 1점: 매우 부적절하다)으로 높게 나타났다. 평가자 간 신뢰도를 알아보기 위해 평가자 3인을 대상으로 Kendall의 일치도 계수( $W$ )를 분석하였다. 창의성 요소에 따른 일치도 계수(Kendall's  $W$ ) 평균값은 검사지 A에서 유창성 0.967, 융통성 0.907, 독창성 0.885이었고, 검사지 B에서는 유창성 0.952, 융통성 0.809, 독창성 0.847로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발한 생물 창의성 검사 도구는 고등학생들의 창의성을 측정하기에 타당하고 평가자 간 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

개발된 검사지 A를 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명, 검사지 B를 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명에게 적용한 결과는 다음과 같다.

첫째, 학생들의 창의성 점수를 빈도 분석한 결과 문제 인식과 가설 설정 문항에서 받은 창의성 점수가 조작 변인 조작 방법과 종속 변인 측정 방법 문항에서 받은 창의성 점수보다 높았다. 즉, 학생들은 문제 인식과 가설 설정 단계보다 실험 설계 단계에서 창의적 사고 과정에 어려움을 갖는 것으로 생각된다. 또한, 문항별 유창성 점수가 다른 이유를 배경 지식의 차이, 탐구과정에 대한 절차적 지식의 차이, 문제 상황을 과학적 문제 상황으로 인지하는 능력의 차이로 제시할 수 있었다.

둘째, 개발된 검사지가 과학고 학생들과 일반고 학생들의 생물 창의성을 통계적으로 유의미한 차이를 두고 평가할 수 있는지 알아보기 위해 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 유창성과 융통성은 검사지 A의 7개 문항 모두(문제 인식, 가설 설정, 예측, 조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제, 자료 해석)와 검사지 B의 6개 문항(문제 인식, 가설 설정, 예측, 조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제)에서, 독창성은 검사지 A의 3문항(조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제)과 검사지 B의 7개 문항(문제 인식, 가설 설정, 예측, 조작 변인 조작 방법, 종속 변인 측정 방법, 변인 통제, 자료 해석)에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이를 통해 유창성과 융통성에 영향을 미치는 요인과 독창성에 영향을 미치는 요인이 다를 수 있음을 추론할 수 있었고, 각 창의성 구성 요소에 영향을 미치는 요인에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

본 연구에서 개발한 생물 창의성 검사 도구는 탐구 단계에 따라 문항이 구성되었기 때문에 학생들의 탐구과정 교육을 위한 자료로 이용할 수 있을 뿐만 아니라 생물교육에서의 창의성 교육과 관련된 기초 연구 자료로도 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

## VI. 후속 연구 과제

본 연구에서는 생물교육에서 고등학생의 창의성을 평가할 수 있는 검사 도구를 개발하였고, 개발된 검사 도구를 학생들에게 적용하여 학생들의 생물 창의성을 분석하였다. 이와 관련하여 다음과 같은 후속 연구가 필요하다.

1) 본 연구에서는 김영수(2010)의 생물교육을 위한 창의성 정의에 따라 창의성 요소인 유창성, 융통성, 독창성을 측정할 수 있는 검사 도구를 개발하였다. 생물교육을 위한 창의성 정의는 유용성을 포함하고 있으므로 생물 창의성의 유용성을 평가할 수 있는 검사 도구 개발 연구가 필요하다.

2) 본 연구에서는 탐구 단계별 학생들의 창의성 점수가 달랐다. 탐구 단계에서 학생들이 겪는 창의적 사고 과정의 어려움을 분석하여 창의성을 지도할 수 있는 학습 자료와 교수 방법을 고안하고 그 효과를 검증하는 연구가 필요하다.

## Ⅶ. 참고 문헌

- 강순희, 박은미, 이윤하, 홍혜인, 박인숙, 양정은, 안진아(2008). 창의성 검사지와 가설을 생성하게 하는 검사지와의 관계 분석. 교과교육학연구, 12(1), 253-271.
- 과학고발전사업단(2010). 과학창의성 전형의 운영 기본 모형과 평가방법론. 교육과학기술부 한국과학창의재단지정 과학고발전사업단.
- 교육과학기술부(2009). 교육과학기술부 고시 제 2009-41호 고교 과학과 교육과정 해설서. 교육과학기술부.
- 교육부(2015). 교육부 고시 제 2015-74호 과학과 교육과정. 교육부.
- 김미영, 조선희(2012). 뇌 활용 성향과 수학 및 과학 학업성취도 간의 관계 분석. 과학교육연구지, 36(1), 14-21.
- 김승훈(2004). 중학생의 과학창의력 측정도구의 개발과 창의력 관련 변인과의 관계. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 김영수(2010). 생물교육론. 서울: 서울대학교 사범대학 생물교육연구실.
- 김영신, 권용주, 김용진, 김희백, 서혜애, 손연아, ...차희영(2012). 생명과 학교육론. 경기: 자유아카데미.
- 김유향(2013). 창의적 탐구 사고력 향상을 위한 생물 실험 수업 개선에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 김유향, 김영수(2012). 과학 탐구 사고력 측정을 위한 서술형 평가 도구 개발. 생물교육, 40(1), 167-177.
- 김종권, 손연아, 김동렬(2012). 창의·인성 교육에 대한 과학 교사와 학생의 인식과 교과서 내용 분석 및 수업 적용 사례. 교육문화연구, 18(4), 111-138.
- 김희령, 여성희(2004). 연구논문: 제 7 차 교육과정에 따른 중학교 2 학년 과학교과서의 과학 탐구 과정과 학생들의 과학 탐구 능력 실태 분석. 생물교육, 32(4), 390-397.
- 문교부(1955). 문교부령 제45호 별책(단기 4288년 8월 1일 제정) 중학교 교과과정. 문교부.

- 박인숙(2010). 메타인지 기능을 강화한 과학 창의적 문제 해결 능력 신장 프로그램 개발과 적용. 이화여자대학교 박사학위 논문.
- 박인숙, 강순희(2011). 과학 창의적 문제 해결 능력에 대한 현장 교사들의 인식. 한국과학교육학회지, 31(2), 314-327.
- 박인숙, 강순희(2012). 중학생의 과학 창의적 문제해결 능력을 측정하기 위한 도구 개발. 한국과학교육학회지, 32(2), 210-235.
- 박종원(2004). 과학적 창의성 모델의 제안-인지적 측면을 중심으로. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
- 박종원, 박종석(2003). 과학적 창의성 평가를 위한 3차원 틀. 제43차 한국과학교육학회 정기총회 및 동계학술대회: 과학영재 평가 체제의 구축, 56-69.
- 박종원, 지경준(2015). 학생, 교사 및 학부모의 과학 창의성에 대한 대립적 관점 조사. 한국과학교육학회지, 35(3), 395-402.
- 서혜애, 손정우(2007). 과학고 교육과정 운영에 대한 과학교사 및 학생의 인식. 교육과정연구, 25(2), 197-219.
- 성진숙(2003). 과학에서의 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 제 변수 분석: 확산적 사고, 과학 지식, 내·외적 동기, 성격 특성 및 가정 환경. 열린교육연구, 11(1), 219-237.
- 손연아, 김란이, 남민음, 손에녹, 문성채, 김동렬(2014). 중학교 과학과 교육과정 (제 6차~2009 개정) 변화에 대한 과학교육전문가, 현직교사 및 예비교사들의 인식 분석. 교육문화연구, 20(4), 61-100.
- 송진웅, 나지연(2014). 창의융합의 과학교육적 의미와 과학 교실문화의 방향. 교과교육학연구, 18(3), 827-845.
- 엄경화, 김영수(2012). 고등학생의 과학적 가설에 대한 인식과 가설 설정 능력 조사. 생물교육, 40(3), 357-366.
- 염혜민(2012). 중학생의 과학적 가설에 대한 인식과 가설 설정 능력 조사. 서울대학교 석사학위논문.
- 우종욱(2003). 과학 영재의 평가틀. 제43차 한국과학교육학회 정기총회 및 동계학술대회: 과학영재 평가 체제의 구축, 31-55.



- 이석영(2007). 수학교과와 과학교과의 상관관계: 고등학생 중심으로. 고려대학교 대학원 석사학위논문.
- 이인제, 김범기(2004). 과학과 교사의 학생 평가 전문성 신장 모형과 기준. KICE 한국교육과정평가원.
- 임성만, 양일호, 임재근(2009). 영역 특수적인 입장에서의 과학적 창의성에 대한 정의, 구성요인에 대한 탐색. 과학교육연구지, 33(1), 31-43.
- 장지은(2005). 과학 창의성 향상을 위한 고등학교 생물 분류 단원 수업 프로그램의 개발과 적용. 서울대학교 석사학위논문.
- 장지은, 이길재, 김성하, 김희백(2005). 과학 창의성 향상을 위한 고등학교 생물 분류 단원 수업 프로그램의 개발과 적용. 생물교육, 33(4), 505-516.
- 정은영(2012). 2009 개정 교육과정에 따른 과학과 교육과정 적용과 질 관리 방안에 관한 초, 중학교 교사의 인식. 과학교육연구지, 36(2), 354-368.
- 조연순(2012). “학생 창의성”의 개념 탐색. 초등교육연구, 25(3), 1-26.
- 조연순, 성진숙, 이해주(2011). 창의성 교육. 서울: 이화여자대학교 출판부.
- 조연순, 성진숙, 채제숙, 구성혜(2000). 창의적 문제해결력 신장을 위한 초등 과학 교육과정 개발과 적용. 한국과학교육학회지, 20(2), 307-328.
- 조연순, 정지은(2012). 국내 창의성 교육 연구 동향 분석: 창의성의 범주 및 수준을 중심으로. 영재교육연구, 22(2), 333-352.
- 조연순, 최경희(2000). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 중학교 과학 교육과정 개발. 한국과학교육학회지, 20(2), 329-343.
- 조연순, 최규리, 최문경(2009). 초등학교 교사와 학부모의 창의성 및 창의성 교육에 대한 인식 분석. 교육과학연구, 40(3), 215-237.
- 조혜원(2012). 생물 모델 구성에서 생물 지식과 창의성의 상관관계. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 조혜원, 김영수(2012). 생물 모델 구성에서 생물 지식과 창의성의 상관관

- 계. 생물교육, 40(1), 61-70.
- 최승희, 박형용, 김영수(2015). 과학 탐구과정 안내 수업에서 나타난 중학교 과학 영재 학생의 탐구과정에 대한 인지구조 변화. 생물교육, 43(3), 276-288.
- 최인수(2011). 창의성의 발견. 서울: 쌤앤파커스.
- 학교알리미(2016). 공시정보. <http://www.schoolinfo.go.kr/>.
- 홍옥수, 송진웅(2015). 우리나라 과학 교육과정에서 나타난 "창의성"의 의미 분석 연구: 5차 교육과정부터 2009 개정 교육과정을 중심으로. 교육연구와 실천, 81(단일호), 121-140.
- 홍준의(2010). 발포성 제산제를 이용한 탐구에서 고등학교 과학 영재의 탐구 수행 능력 분석. 생물교육, 38(3), 507-519.
- Barrow, L. H. (2010). Encouraging creativity with scientific inquiry. *Creative Education*, 1(1), 1-6.
- Besemer, S., & O'Quin, K. (1986). Analyzing creative products: Refinement and test of a judging instrument. *The Journal of Creative Behavior*, 20(2), 115-126.
- Hong, H. Y., Chang, Y. H., & Chai, C. S. (2014). Fostering a collaborative and creative climate in a college class through idea-centered knowledge-building. *Instructional Science*, 42(3), 389-407.
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four C model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1-12.
- Mayer, W. V. (1978). *Biology teachers' handbook*(3rd ed). NY: John Wiley & Sons.
- Meador, K. S. (2003). Thinking creatively about science suggestions for primary teachers. *Gifted child today*, 26(1), 25-29.

Sak, U., & Ayas, M. B. (2013). Creative Scientific Ability Test (C-SAT): A new measure of scientific creativity. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55(3), 316-329.

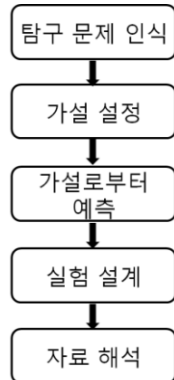
## [부록 A] 생물 창의성 검사지 A

본 검사지는 생물 창의성을 측정하기 위한 검사지입니다. 검사의 결과는 여러분의 학교 성적에 반영되지 않으며, 개인 정보 역시 공개되지 않습니다. 검사지는 총 5페이지이며, 총 검사 시간은 40분입니다.

· 여러분의 학년, 반, 번호를 적어주세요.

(     )학년 (     )반 (     )번
-----------------------------

· [ 문제 ] 다음은 가설 검증형 실험 탐구 수업 모형의 일부입니다.



각 탐구 단계와 관련된 질문들에 대하여, 제한 시간 안에 여러분의 생각을 최대한 많이 표현해 주시기 바랍니다.

[생각 도우미]

- ① 알고 있는 지식과 개념을 활용합니다.
- ② 과학적으로 중요하고, 사람들에게 필요하며, 사람들이 궁금해할 만한 답을 생각해 봅니다.
- ③ 한 문장에는 한 가지 내용만 씁니다.
- ④ 주어진 칸이 부족하면 검사지 여백에 적어도 됩니다.

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

탐구 단계	제한 시간
탐구 문제 인식	8분

(1) 바다달팽이의 일종인 푸른민달팽이(*Elysia chlorotica*)는 나뭇잎과 유사한 형태를 가지고, 해조류로 보이는 위장을 한다. 이 민달팽이는 조류(algae)를 섭취하는 데 조류의 엽록체를 소화하는 대신 자신의 세포 안으로 이동시켜 이를 광합성에 활용한다. 동물임에도 식물이 할 수 있는 광합성을 할 수 있는 능력을 갖추고 있는 것이다.



<그림 A1> 엽록체를 갖고 있어 광합성을 할 수 있는 푸른민달팽이

이 자료와 관련하여 여러분이 연구해 보고 싶은 탐구 문제들을 가능한 많이 적어보자.

---



---



---



---



---



---



---



---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

탐구 단계	제한 시간
가설 설정	8분

(2) 다음 탐구 문제에 대해 가능한 답인 **가설**을 가능한 한 많이 적어보자.

**탐구 문제 : 민달팽이의 광합성에 영향을 미치는 요인은 무엇일까?**

---



---



---



---



---



---



---



---



---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

탐구 단계	제한 시간
실험 설계	5분+12분

(3) 다음 가설이 참이라면 관찰될 수 있는 현상을 가능한 한 많이 예측해보자. (5분)

**가설 : 빛의 파장은 민달팽이의 광합성에 영향을 미친다.**

---



---



---



---



---



---



---



---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

(4) 다음 예측을 검증할 수 있는 실험을 설계해보자. (12분)

**예측 : 적색광, 청색광, 녹색광의 비율에 따라 민달팽이의 광합성량은 달라질 것이다.**

① 이 실험의 조작 변인인 빛의 파장과 그 비율을 어떻게 변화시킬 수 있는지 가능한 한 많이 적어보자.

---

---

---

---

---

---

---

---

② 이 실험의 종속 변인인 민달팽이의 광합성량을 어떻게 측정할 수 있는지 가능한 한 많이 적어보자.

---

---

---

---

---

---

---

---

③ 이 실험에서 일정하게 통제시켜야 하는 변인을 가능한 한 많이 적어보자.

---

---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.



탐구 단계	제한 시간
자료 해석	7분

(5) 표는 빛의 종류에 따른 어떤 생물 X의 생육 조사 결과를 나타낸 것이다.

<표 A1> 생물 X의 생육 조사 결과

구분 빛의 종류	잎의 수 (개)	잎의 길이 (cm)	잎의 무게 (g)	뿌리의 길이(cm)	뿌리의 무게(g)	엽록소의 양 (상댓값)
적색 (647nm)	14.2	18.4	60.7	18.4	2.9	21.4
적색 (622nm)	11.4	23.9	40.3	15.2	2.0	20.8
청색 (463nm)	9.4	16.9	42.9	19.0	3.4	25.3
청색 (450nm)	9.0	14.1	33.6	19.5	3.0	25.4

이 자료를 통해 알 수 있는 내용을 가능한 한 많이 적어보자.

---



---



---



---



---



---



---



---

수고하셨습니다.

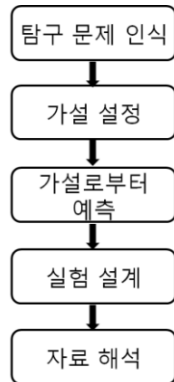
## [부록 B] 생물 창의성 검사지 B

본 검사지는 생물 창의성을 측정하기 위한 검사지입니다. 검사의 결과는 여러분의 학교 성적에 반영되지 않으며, 개인 정보 역시 공개되지 않습니다. 검사지는 총 5페이지이며, 총 검사 시간은 40분입니다.

· 여러분의 학년, 반, 번호를 적어주세요.

(     )학년 (     )반 (     )번
-----------------------------

· [ 문제 ] 다음은 가설 검증형 실험 탐구 수업 모형의 일부입니다.



각 탐구 단계와 관련된 질문들에 대하여, 제한 시간 안에 여러분의 생각을 최대한 많이 표현해 주시기 바랍니다.

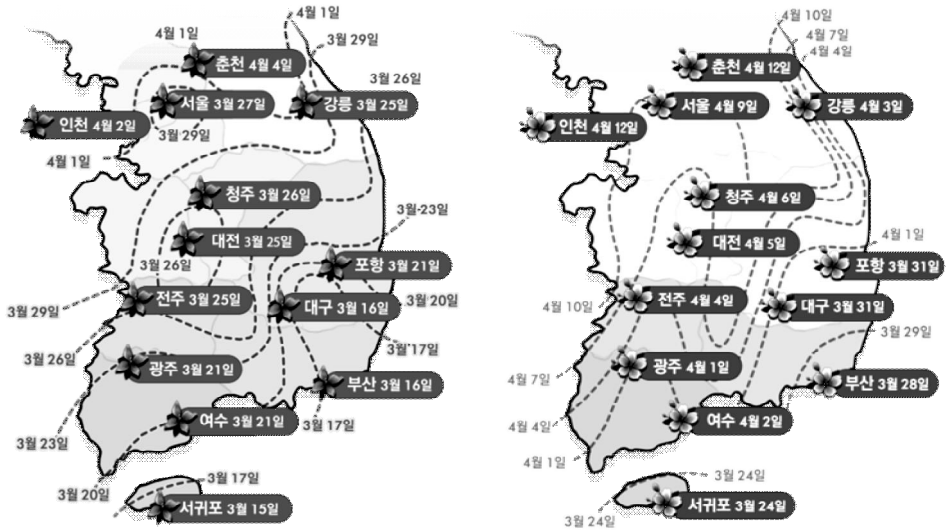
[생각 도우미]

- ① 알고 있는 지식과 개념을 활용합니다.
- ② 과학적으로 중요하고, 사람들에게 필요하며, 사람들이 궁금해할 만한 답을 생각해 봅니다.
- ③ 한 문장에는 한 가지 내용만 씁니다.
- ④ 주어진 칸이 부족하면 검사지 여백에 적어도 됩니다.

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

탐구 단계	제한 시간
탐구 문제 인식	8분

(1) 그림 (가)는 어느 해에 있었던 개나리의 개화 시기를, (나)는 같은 해에 벚나무의 개화 시기를 조사하여 나타낸 것이다.



(가) 개나리의 개화 시기

(나) 벚나무의 개화 시기

<그림 B1> 개나리와 벚나무의 개화 시기

이 자료와 관련하여 여러분이 추가로 더 연구해 보고 싶은 탐구 문제들을 가능한 한 많이 적어보자.

---



---



---



---



---



---



---



---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

탐구 단계	제한 시간
가설 설정	8분

(2) 다음 탐구 문제에 대해 가능한 답인 **가설**을 가능한 한 많이 적어보자.

**탐구 문제 : 개나리의 개화에 영향을 미치는 요인은 무엇일까?**

---



---



---



---



---



---



---



---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

탐구 단계	제한 시간
실험 설계	5분+12분

(3) 다음 가설이 참이라면 관찰될 수 있는 현상을 가능한 한 많이 예측해보자. (5분)

**가설 : 빛의 세기는 개나리의 개화에 영향을 미친다.**

---

---

---

---

---

---

---

---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

(4) 다음 예측을 검증할 수 있는 실험을 설계해보자. (12분)

**예측 : 빛의 세기가 강할수록 개나리의 개화 시기가 빠를 것이다.**

① 이 실험의 조작 변인인 빛의 세기를 어떻게 변화시킬 수 있는지 가능한 한 많이 적어보자.

---

---

---

---

---

---

② 이 실험의 종속 변인인 개나리의 개화 여부는 어떻게 측정할 수 있는지 가능한 한 많이 적어보자.

---

---

---

---

---

---

③ 이 실험에서 일정하게 통제시켜야 하는 변인을 가능한 한 많이 적어보자.

---

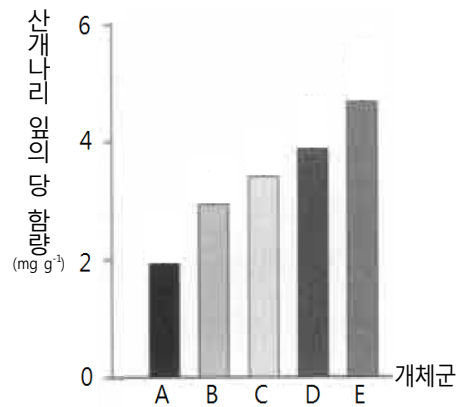
---

지시가 있을 때까지 다음 페이지로 넘어가지 마세요.

탐구 단계	제한 시간
자료 해석	7분

(5) 표는 어느 산에서 자생하고 있는 5개의 산개나리(*Forsythia saxatilis* Nakai) 개체군 A~E에서 개체군에 비치는 평균 빛의 세기와 광합성 속도를, 그림은 각 개체군 A~E의 산개나리 잎에 존재하는 당 함량을 나타낸 것이다.

산개나리 개체군	빛의 세기 (상댓값)	광합성 속도 ( $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )
A	10	5.05
B	13	6.32
C	35	7.85
D	43	7.59
E	78	11.53



<그림 B2> 산개나리 개체군 A~E의 빛의 세기, 광합성 속도, 잎의 당 함량이 자료를 통해 알 수 있는 내용을 가능한 한 많이 적어보자.

---



---



---



---



---



---



---

수고하셨습니다.

## [부록 C] 생물 창의성 검사지 A에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

생물 창의성 검사지 A에 대한 학생들의 응답 내용 중 문항과 관련이 있는 아이디어를 유형별로 분류하고, 유형별 응답 수를 분석하였다. 본 검사에 참여한 학생은 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명으로 총 78명이다.

<표 C1> 검사지 A의 '문제 인식' 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 물질대사</b>		
푸른민달팽이의 광합성 과정은 어떠한가?	20(8.3)	22(13.3)
푸른민달팽이의 광합성에 미치는 영향은 무엇인가?	20(8.3)	17(10.2)
푸른민달팽이가 호흡과 광합성을 통해 얻을 수 있는 에너지 효율이 얼마인가?	13(5.4)	5(3.0)
푸른민달팽이가 광합성을 하는 이유는 무엇인가?	7(2.9)	1(0.6)
푸른민달팽이는 광합성을 통해 얼마나 생존 가능한가?	5(2.1)	3(1.8)
푸른민달팽이가 가진 엽록체와 식물이 가진 엽록체의 광합성 효율의 차이가 있는가?	5(2.1)	6(3.6)
푸른민달팽이의 호흡 작용은 어떠한가?	4(1.7)	3(1.8)
푸른민달팽이는 빛이 없이 소화된 영양소만으로 얼마나 생존 가능한가?	4(1.7)	2(1.2)
푸른민달팽이의 표피가 아닌 다른 세포에서도 광합성이 일어나는가?	4(1.7)	1(0.6)
푸른민달팽이의 서식 환경이나 조건을 달리하였을 때 영양 방식은 어떻게 변하는가?	3(1.2)	0(0.0)
푸른민달팽이는 광합성을 통한 양분 획득과 보호색 중 어느 기능을 더 우선시하는가?	2(0.8)	0(0.0)
푸른민달팽이에 존재하는 엽록체의 수나 종류에 따른 광합성 정도는 어떠한가?	1(0.4)	3(1.8)
계(%)	88(36.4%)	63(38.0%)



<b>범주 2 : 엽록체</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
푸른민달팽이는 어떻게 엽록체만 따로 이동시키는가?	36(14.9)	5(3.0)
푸른민달팽이에 존재하는 엽록체의 활용 기간은 얼마인가?	7(2.9)	0(0.0)
푸른민달팽이는 조류의 엽록체와 육상 식물의 엽록체 중 어떤 엽록체를 선호하는가?	6(2.5)	3(1.8)
푸른민달팽이로 이동하는 엽록체의 양에 미치는 영향은 무엇인가?	4(1.7)	0(0.0)
푸른민달팽이가 섭취한 엽록체는 생식 세포를 통해 다음 세대로 유전될 수 있을까?	3(1.2)	1(0.6)
푸른민달팽이의 몸에 들어간 엽록체는 다시 밖으로 나오지 않을까?	3(1.2)	1(0.6)
푸른민달팽이는 태어날 때부터 엽록체를 가지고 태어날까?	2(0.8)	1(0.6)
푸른민달팽이가 가지는 엽록체에 존재하는 엽록소의 종류와 양은 모든 엽록체에서 같을까?	1(0.4)	0(0.0)
푸른민달팽이가 푸른색을 띠는 것에 엽록체가 어느 정도 영향을 미치는가?	1(0.4)	0(0.0)
엽록체가 조류에서 기능할 때와 푸른민달팽이에서 기능할 때 어떤 차이가 있을까?	1(0.4)	3(1.8)
계(%)	64(26.4%)	14(8.4%)
<b>범주 3 : 푸른민달팽이</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
푸른민달팽이의 위장 기능이 푸른민달팽이에 어떤 영향을 미치는가?	8(3.3)	8(4.8)
푸른민달팽이의 구조적, 기능적 특징은 어떠한가?	8(3.3)	12(7.2)
푸른민달팽이가 엽록체를 소화하지 않는 과정은 어떠한가?	7(2.9)	6(3.6)
푸른민달팽이는 어떤 종류의 먹이를 선호하는가?	6(2.5)	14(8.4)
푸른민달팽이가 조류를 섭취한 후 이를 소화하는 과정은 어떠한가?	5(2.1)	5(3.0)
푸른민달팽이가 엽록체를 섭취한 후 엽록체에 의한 면역 거부 반응은 일어나지 않는가?	4(1.7)	1(0.6)
푸른민달팽이가 가진 세포의 특징에는 어떤 것이 있는가?	2(0.8)	2(1.2)
푸른민달팽이의 생활사는 어떠한가?	2(0.8)	2(1.2)
푸른민달팽이는 어떻게 움직이는가?	2(0.8)	1(0.6)
푸른민달팽이가 동물로 분류되는 이유는 무엇인가?	1(0.4)	3(1.8)

푸른민달팽이의 능력은 다른 과학 및 산업 분야에 적용 가능한가?	1(0.4)	2(1.2)
푸른민달팽이의 성장에 미치는 영향은 무엇인가?	0(0.0)	1(0.6)
푸른민달팽이의 번식 방법은 무엇인가?	0(0.0)	2(1.2)
계(비율)	46(19.0%)	59(35.5%)

범주 4 : 다른 종 관련	과학고	일반고
푸른민달팽이와 다른 생물(예:육상 달팽이, 소라)과의 진화적 유연관계는 어떠한가?	17(7.0)	2(1.2)
푸른민달팽이와 다른 생물(예:육상 달팽이, 소라)과의 구조적·기능적 차이는 어떠한가?	9(3.7)	9(5.4)
푸른민달팽이의 특징을 변화시킬 수 있는 조류의 종류에는 어떤 것이 있는가?	5(2.1)	2(1.2)
푸른민달팽이의 기능적 특징을 다른 동물들에게 적용할 수 없는가?	3(1.2)	4(2.4)
푸른민달팽이의 포식자와 피식자에는 어떤 생물이 있는가?	3(1.2)	2(1.2)
푸른민달팽이 이외에 광합성 능력을 갖춘 다른 동물에는 무엇이 있는가?	2(0.8)	7(4.2)
계(%)	39(16.1%)	26(15.7)

범주 5 : 서식 환경	과학고	일반고
푸른민달팽이가 바다에서 서식하는 깊이와 엽록체가 흡수하는 파장을 비교해서 푸른민달팽이의 최적 생존 위치를 예상할 수 있을까?	3(1.2)	1(0.6)
푸른민달팽이가 서식할 수 있는 지역은 어디인가?	1(0.4)	3(1.8)
푸른민달팽이가 존재할 때와 존재하지 않을 때 주변 환경의 변화는 어떠한가?	1(0.4)	0(0.0)
계(%)	5(2.1%)	4(2.4%)

<표 C2> 검사지 A의 ‘가설 설정’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 광합성 요인</b>		
빛은 광합성에 영향을 준다.	43(16.5)	31(22.0)
온도는 광합성에 영향을 준다.	25(9.6)	5(3.5)
이산화탄소는 광합성에 영향을 준다.	16(6.1)	4(2.8)
물의 상태(염분, 오염)는 광합성에 영향을 준다.	13(5.0)	6(4.3)
산소는 광합성에 영향을 준다.	9(3.4)	6(4.3)
계절은 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	0(0.0)
날씨는 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	5(3.5)
계(%)	108(41.4%)	57(40.4%)
<b>범주 2 : 달팽이</b>		
푸른민달팽이의 상태(영양)는 광합성에 영향을 준다.	8(3.1)	4(2.8)
푸른민달팽이의 운동 정도는 광합성에 영향을 준다.	7(2.7)	0(0.0)
푸른민달팽이의 크기는 광합성에 영향을 준다.	7(2.7)	4(2.8)
푸른민달팽이의 피부색은 광합성에 영향을 준다.	6(2.3)	5(3.5)
푸른민달팽이의 세포는 광합성에 영향을 준다.	4(1.5)	1(0.7)
푸른민달팽이의 능력(엽록체 인식, 호르몬, 번식, 소화, 구조)은 광합성에 영향을 준다.	3(1.1)	7(5.0)
푸른민달팽이의 연령은 광합성에 영향을 준다.	3(1.1)	1(0.7)
푸른민달팽이의 모양은 광합성에 영향을 준다.	3(1.1)	7(5.0)
푸른민달팽이의 성별은 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	3(2.1)
푸른민달팽이의 생활사는 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	0(0.0)
계(%)	43(16.4%)	32(22.7%)
<b>범주 3 : 영양분</b>		
먹이의 양은 광합성에 영향을 준다.	31(11.9)	12(8.5)
먹이의 종류는 광합성에 영향을 준다.	9(3.4)	8(5.7)
영양분이 흡수되는 방법의 차이는 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	0(0.0)
계(%)	41(15.7%)	20(14.2%)

<b>범주 4 : 서식 장소</b>		
수심은 광합성에 영향을 준다.	14(5.4)	5(3.5)
특정 장소(예 : 생태계, 강의 유무)는 광합성에 영향을 준다.	7(2.7)	9(6.4)
주변에 존재하는 물질의 종류는 광합성에 영향을 준다.	3(1.1)	1(0.7)
해류는 광합성에 영향을 준다.	3(1.1)	0(0.0)
도양은 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	0(0.0)
계(%)	28(10.7%)	15(10.6%)
<b>범주 5 : 다른 종 관련</b>		
푸른민달팽이의 포식자 유무는 광합성에 영향을 준다.	9(3.4)	3(2.1)
푸른민달팽이의 경쟁종 유무는 광합성에 영향을 준다.	8(3.1)	1(0.7)
세균이나 바이러스의 유무는 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	0(0.0)
계(%)	18(6.9%)	4(2.8%)
<b>범주 6 : 엽록체</b>		
푸른민달팽이 체내의 엽록체 양은 광합성에 영향을 준다.	10(3.8)	5(3.5)
푸른민달팽이 체내에서 엽록체의 생존 기간은 광합성에 영향을 준다.	2(0.8)	4(2.8)
푸른민달팽이 체내 엽록체의 광합성 효율은 광합성에 영향을 준다.	2(0.8)	3(2.1)
푸른민달팽이 체내 엽록체의 종류는 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	1(0.7)
계(%)	15(5.7%)	13(9.2%)
<b>범주 7 : 물질대사</b>		
푸른민달팽이의 대사 활성 정도는 광합성에 영향을 준다.	4(1.5)	0(0.0)
푸른민달팽이 체내 ATP 양은 광합성에 영향을 준다.	3(1.1)	0(0.0)
푸른민달팽이가 소화를 통해 흡수한 포도당의 양은 광합성에 영향을 준다.	1(0.4)	0(0.0)
계(%)	8(3.1%)	0(0.0%)

<표 C3> 검사지 A의 ‘예측’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 빛</b>		
과장(의 비율)에 따라 광합성량이 다를 것이다.	48(49.5)	47(74.6)
계(%)	48(49.5%)	47(74.6%)
<b>범주 2 : 서식 장소</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
수심에 따라 광합성량이 다를 것이다.	18(18.6)	5(7.9)
특정 과장의 빛만 선택적으로 들어오는 서식 장소마다 광합성량이 다를 것이다.	8(8.2)	6(9.5)
특정 과장의 빛만 비치는 곳에 무리 지어 살 것이다.	4(4.1)	1(1.6)
계(%)	30(30.9%)	12(25.5%)
<b>범주 3 : 달팽이</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
푸른민달팽이는 특정 과장의 빛을 향해 이동할 것이다.	6(6.2)	1(1.6)
푸른민달팽이의 피부색은 특정 과장에 따라 달라질 것이다.	5(5.2)	0(0.0)
푸른민달팽이가 가진 조류의 종류에 따라 광합성량이 다를 것이다.	1(1.0)	0(0.0)
계(%)	12(12.4%)	1(2.1%)
<b>범주 4 : 시간</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
하루 중 시간에 따라 광합성량이 다를 것이다.	6(6.2)	3(4.8)
태양 활동이 활발한 시기에 광합성이 활발할 것이다.	1(1.0)	0(0.0)
계(%)	7(7.2%)	3(6.4%)

<표 C4> 검사지 A의 ‘조작 변인 조작 방법’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과  
응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 필터</b>		
특정 파장만 통과시키는 필름을 이용한다.	18(23.7)	5(22.7)
굴절률을 다르게 하는 물질(예 : 필터, 기름)을 이용한다.	5(6.6)	0(0.0)
계(%)	23(30.3%)	5(22.7%)
<b>범주 2 : 빛의 혼합비</b>		
특정 파장의 빛을 내는 광원의 수를 조절한다.	11(14.5)	2(9.1)
특정 파장의 빛을 내는 광원의 세기를 조절한다.	11(14.5)	7(31.8)
계(%)	22(28.9%)	9(40.9%)
<b>범주 3 : 렌즈</b>		
프리즘을 이용한다.	9(11.8)	0(0.0)
굴절률이 서로 다른 렌즈를 이용한다.	2(2.6)	1(4.5)
계(%)	11(14.5%)	1(4.5%)
<b>범주 4 : 광원</b>		
특정 파장의 LED를 사용한다.	8(10.5)	4(18.2)
특정 파장의 레이저를 이용한다.	2(2.6)	0(0.0)
계(%)	10(13.2%)	4(18.2%)
<b>범주 5 : 물의 깊이</b>		
푸른민달팽이가 서식하는 물의 깊이를 조절한다.	7(9.2)	2(9.1)
계(%)	7(9.2%)	2(9.1%)
<b>범주 6 : 컴퓨터</b>		
컴퓨터에 연결된 인공조명의 RGB 값을 조절한다.	3(3.9)	1(4.5)
계(%)	3(3.9%)	1(4.5%)

<표 C5> 검사지 A의 ‘종속 변인 측정 방법’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과  
응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 광합성 반응 물질 확인</b>		
산소량의 변화를 측정한다.	21(24.1)	9(36.0)
이산화 탄소량의 변화를 측정한다.	18(20.7)	2(8.0)
주변 물질의 변화(예: 거품의 수)를 측정한다.	18(20.7)	10(40.0)
계(%)	57(65.5%)	21(84.0%)
<b>범주 2 : 달팽이</b>		
달팽이의 체내에 존재하는 포도당의 비율을 측정한다.	9(10.3)	3(12.0)
달팽이의 성장량을 측정한다.	8(9.2)	0(0.0)
광합성에 따른 달팽이 개체의 생존율(기간)을 확인한다.	7(8.0)	0(0.0)
계(%)	24(27.6%)	3(12.0%)
<b>범주 3 : 다른 종</b>		
광합성을 하는 푸른민달팽이를 먹이로 선호하는 다른 생물의 밀도를 측정한다.	2(2.3)	0(0.0)
광합성 결과물에 의존하는 다른 생물 종의 성장 정도를 측정한다.	2(2.3)	0(0.0)
계(%)	4(4.6%)	0(0.0%)
<b>범주 4 : 지시약</b>		
포도당 검출 지시약으로 확인한다.	2(2.3)	1(4.0)
계(%)	2(2.3%)	1(4.0%)

<표 C6> 검사지 A의 '변인 통제' 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

범주 1 : 광합성 요인	학생들의 응답 유형		학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고	과학고	일반고
빛	40(17.5)	15(17.0)		
온도	31(13.6)	7(8.0)		
이산화탄소 농도	16(7.0)	2(2.3)		
산소 농도	12(5.3)	2(2.3)		
pH	2(0.9)	0(0.0)		
계(%)	101(44.3%)	26(29.5%)		
범주 2 : 실험 조건	과학고	일반고	과학고	일반고
실험에 사용되는 액체의 상태	21(9.2)	2(2.3)		
푸른민달팽이 서식 환경	9(3.9)	12(13.6)		
실험 시간	6(2.6)	3(3.4)		
실험 기구	4(1.8)	2(2.3)		
실험에 사용되는 액체의 양	3(1.3)	2(2.3)		
실험 장소	3(1.3)	3(3.4)		
실험하는 사람	1(0.4)	0(0.0)		
실험 상황에서 소음 유무	1(0.4)	0(0.0)		
계(%)	48(21.1%)	24(27.3%)		
범주 3 : 달팽이	과학고	일반고	과학고	일반고
달팽이의 상태(건강, 영양)	13(5.7)	4(4.5)		
달팽이의 크기	12(5.3)	7(8.0)		
달팽이의 연령	7(3.1)	2(2.3)		
달팽이의 종	6(2.6)	4(4.5)		
달팽이의 수	5(2.2)	5(5.7)		
달팽이의 성별	2(0.9)	4(4.5)		
계(%)	45(19.7%)	26(29.5%)		
범주 4 : 먹이	과학고	일반고	과학고	일반고
먹이의 양	24(10.5)	8(9.1)		
먹이의 종류	6(2.6)	4(4.5)		
계(%)	30(13.2%)	12(13.6%)		



범주 5 : 다른 종	과학고	일반고
경쟁종의 유무	2(0.9)	0(0.0)
다른 종의 밀도	2(0.9)	0(0.0)
계(%)	4(1.8%)	0(0.0%)

<표 C7> 검사지 A의 ‘자료 해석’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 빛과 잎의 관계</b>		
빛의 파장이 길수록 잎의 수가 많아지는 경향이 있다.	16(10.2)	16(14.4)
빛의 파장이 길수록 잎이 무거운 경향이 있다.	9(5.7)	7(6.3)
빛의 파장이 길수록 잎이 길어지는 경향이 있다.	6(3.8)	7(6.3)
빛의 파장이 길수록 뿌리보다는 잎의 생장이 많이 일어난다.	1(0.6)	4(3.6)
계(%)	32(20.4%)	34(30.6%)
<b>범주 2 : 빛과 뿌리의 관계</b>		
빛의 파장이 길수록 뿌리의 길이가 비례적으로 길어지지 않는다.	7(4.5)	9(8.1)
빛의 파장이 길수록 뿌리의 무게가 비례적으로 증가하지 않는다.	7(4.5)	5(4.5)
빛의 파장이 짧을수록 뿌리의 생장이 더 많이 일어난다.	0(0.0)	6(5.4)
계(%)	14(8.9%)	20(18.0%)
<b>범주 3 : 빛과 엽록소의 관계</b>		
빛의 파장이 짧을수록 엽록소의 양이 증가하는 경향이 있다.	11(7.0)	9(8.1)
빛의 파장이 짧을수록 잎 당 엽록소의 비율이 증가한다.	3(1.9)	1(0.9)
계(%)	14(8.9%)	10(9.0%)
<b>범주 4 : 잎과 뿌리의 관계</b>		
잎이 짧을수록 뿌리가 긴 경향이 있다.	3(1.9)	0(0.0)
잎의 무게와 뿌리의 무게는 비례관계에 있지 않다.	1(0.6)	0(0.0)
잎의 길이와 뿌리의 무게는 비례관계에 있지 않다.	0(0.0)	1(0.9)
잎의 수와 뿌리의 무게는 비례관계에 있지 않다.	0(0.0)	1(0.9)
계(%)	4(2.5%)	2(1.8%)
<b>범주 5 : 잎과 엽록소의 관계</b>		
잎의 수 증가와 엽록소 양 증가는 비례관계에 있지 않다.	6(3.8)	5(4.5)
잎의 길이 증가와 엽록소 양 증가는 비례관계에 있지 않다.	4(2.5)	2(1.8)
잎의 무게 증가와 엽록소 양 증가는 비례관계에 있지 않다.	3(1.9)	0(0.0)
계(%)	13(8.3%)	7(6.3%)

범주 6 : 뿌리와 엽록소	과학고	일반고
뿌리의 무게가 증가할수록 엽록소의 양이 증가하는 경향이 있다.	5(3.2)	1(0.9)
뿌리의 길이가 길수록 엽록소의 양이 증가하는 경향이 있다.	2(1.3)	1(0.9)
계(%)	7(4.5%)	2(1.8%)
범주7 : 빛	과학고	일반고
빛의 파장에 따라 생물 X의 생육 정도가 다르다.	14(8.9)	15(13.5)
특정 파장의 종류에 따라 광합성 정도가 다르다.	12(7.6)	3(12.7)
계(%)	26(16.6%)	18(16.2%)
범주8 : 잎	과학고	일반고
OO일 때 잎의 수가 OO이다.	6(3.8)	3(2.7)
OO일 때 잎의 길이가 OO이다.	6(3.8)	1(0.9)
OO일 때 잎의 무게가 OO이다.	5(3.2)	2(1.8)
잎의 수와 잎의 무게는 정확히 비례관계가 아니다.	5(3.2)	1(0.9)
잎의 길이와 잎의 무게는 정확히 비례관계가 아니다.	3(1.9)	1(0.9)
계(%)	25(15.9%)	8(7.2%)
범주9 : 뿌리	과학고	일반고
OO일 때 뿌리의 길이가 OO이다.	9(5.7)	2(1.8)
뿌리의 길이 증가와 뿌리의 무게 증가는 비례관계에 있지 않다.	2(1.3)	1(0.9)
OO일 때 뿌리의 무게가 OO이다.	1(0.6)	1(0.9)
계(%)	12(7.6%)	4(3.6%)
범주10 : 엽록소	과학고	일반고
OO에서 엽록소의 양이 OO이다.	10(6.4)	6(5.4)
계(%)	10(6.4%)	6(5.4%)

## [부록 D] 생물 창의성 검사지 B에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

생물 창의성 검사지 B에 대한 학생들의 응답 내용 중 문항과 관련이 있는 아이디어를 유형별로 분류하고, 유형별 응답 수를 분석하였다. 본 검사에 참여한 학생은 과학고 3학년(12학년) 학생 40명과 일반고 3학년(12학년) 학생 38명으로 총 78명이다.

<표 D1> 검사지 B의 '문제 인식' 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 식물</b>		
개화에 영향을 미치는 요인에는 무엇이 있는가?	27(11.6)	11(7.7)
개나리와 벚나무에서 꽃이 지는 시기는 언제인가?	9(3.6)	8(5.6)
개나리의 개화 시기가 벚나무의 개화 시기보다 빠른 이유는 무엇인가?	8(3.4)	11(7.7)
개나리와 벚나무의 차이점은 무엇인가?	6(2.6)	9(6.3)
개화 시기에 따라 식물의 성장 정도가 다른가?	4(1.7)	1(0.7)
개화 시기를 조절할 방법에는 무엇이 있는가?	2(0.9)	2(1.4)
수분 방법에 따른 식물의 개화 시기 차이가 존재하는가?	1(0.4)	0(0.0)
개화할 때 식물에는 어떤 변화가 일어나는가?	1(0.4)	0(0.0)
개나리와 벚나무에서 꽃이 개화하는 속도는 어떠한가?	1(0.4)	1(0.7)
계(%)	59(25.3%)	43(30.1%)
<b>범주 2 : 장소</b>		
지역에 따른 개화 시기 경향성은 어떠한가?	33(14.2)	16(11.2)
다른 지역에서도 식물들의 개화 시기가 유사한가?	13(5.6)	8(5.6)
내륙 지방과 해안 지역에서의 개화 시기는 어떠한가?	8(3.4)	1(0.7)
동해안 지역과 서해안 지역의 개화 시기 차이는 어떠한가?	3(1.3)	2(1.4)
지역별 식물이 분포하는 장소는 어디인가?	2(0.9)	6(4.2)
계(%)	59(25.3%)	33(23.1%)

<b>범주 3 : 환경요인</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
온도가 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	28(12.0)	20(14.0)
습도가 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	6(2.6)	0(0.0)
날씨가 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	5(2.1)	1(0.7)
빛이 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	4(1.7)	2(1.4)
고도가 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	3(1.3)	1(0.7)
환경오염의 정도가 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	2(0.9)	2(1.4)
토양의 상태가 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	2(0.9)	0(0.0)
바람이 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	2(0.9)	1(0.7)
강수량이 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	2(0.9)	2(1.4)
기압이 개화에 미치는 영향은 무엇인가?	1(0.4)	1(0.7)
계(%)	55(23.6%)	30(21.0%)
<b>범주 4 : 자료 자체</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
개나리와 벚나무 개화 시기 선의 형태가 다른 이유는 무엇인가?	20(8.6)	4(2.8)
이 자료의 조사 방법은 무엇인가?	2(0.9)	0(0.0)
개나리와 벚나무의 개화 시기가 다른 점을 이용한 문화, 관광 산업으로의 이용 가능성이 있는가?	2(0.9)	0(0.0)
개화 시기 선과 유사한 형태를 보이는 외부 환경 요인에는 무엇이 있는가?	2(0.9)	3(2.1)
개화 시기의 차이를 이용한 일기도의 제작이 가능한가?	1(0.4)	0(0.0)
계(%)	27(11.6%)	7(4.9%)
<b>범주 5 : 다른 종</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
다른 식물의 개화 시기는 어떠한가?	13(5.6)	6(4.2)
다른 종이 특정 식물의 개화 시기에 미치는 영향은 어떠한가?	6(2.6)	6(4.2)
계(%)	19(8.2%)	12(8.4%)
<b>범주 6 : 시간</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
지역에 따른 개나리와 벚나무의 개화 시간 차이는 어떠한가?	7(3.0)	4(2.8)
연도별 개화 시기의 변화 양상은 어떠한가?	4(1.7)	2(1.4)
개화한 상태로 지속 가능한 시간은 얼마인가?	2(0.9)	0(0.0)
어느 시기에 개화가 일어나는가?	1(0.4)	12(8.4)
계(%)	14(6.0%)	18(12.6%)

<표 D2> 검사지 B의 ‘가설 설정’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 환경 요인</b>		
온도는 개화에 영향을 미친다.	40(15.3)	30(18.3)
빛은 개화에 영향을 미친다.	22(8.4)	20(12.2)
환경오염 정도는 개화에 영향을 미친다.	20(7.7)	8(4.9)
토양은 개화에 영향을 미친다.	18(6.9)	7(4.3)
습도는 개화에 영향을 미친다.	16(6.1)	5(3.0)
수분 공급 정도는 개화에 영향을 미친다.	16(6.1)	16(9.8)
바람은 개화에 영향을 미친다.	12(4.6)	6(3.7)
날씨는 개화에 영향을 미친다.	6(2.3)	7(4.3)
대기 중 기체 농도는 개화에 영향을 미친다.	2(0.8)	3(1.8)
계절은 개화에 영향을 미친다.	2(0.8)	0(0.0)
계(%)	154(59.0%)	104(62.7%)
<b>범주 2 : 장소</b>		
어떤 지역에 서식하는지가 개화에 영향을 미친다.	22(8.4)	12(7.3)
주변 지형은 개화에 영향을 미친다.	13(5.0)	6(3.7)
고도는 개화에 영향을 미친다.	10(3.8)	4(2.4)
위도는 개화에 영향을 미친다.	9(3.4)	3(1.8)
계(%)	54(20.7%)	25(15.1%)
<b>범주 3 : 다른 중</b>		
주변 생물과의 상호 작용은 개화에 영향을 미친다.	12(4.6)	11(6.7)
경쟁종의 밀도는 개화에 영향을 미친다.	8(3.1)	3(1.8)
다른 식물의 개화 여부는 개화에 영향을 미친다.	2(0.8)	1(0.6)
계(%)	22(8.4%)	15(9.0%)
<b>범주 4 : 시간</b>		
하루 중 명암 시간은 개화에 영향을 미친다.	5(1.9)	2(1.2)
특정 계절의 지속 시간은 개화에 영향을 미친다.	4(1.5)	1(0.6)
특정 사건이 있고 난 뒤 지난 시간은 개화에 영향을 미친다.	3(1.1)	2(1.2)
계(%)	12(4.6%)	5(3.0%)

<b>범주 5 : 영양</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
식물에 공급되는 영양분의 양은 개화에 영향을 미친다.	7(2.7)	6(3.7)
식물에 저장된 영양분의 양은 개화에 영향을 미친다.	3(1.1)	1(0.6)
계(%)	10(3.8%)	7(4.2%)
<b>범주 6 : 식물</b>	<b>과학고</b>	<b>일반고</b>
식물(개나리, 벚나무) 내 호르몬 농도는 개화에 영향을 미친다.	2(0.8)	0(0.0)
식물(개나리, 벚나무)이 가진 특징은 개화에 영향을 미친다.	2(0.8)	5(3.0)
식물(개나리, 벚나무)의 종류는 개화에 영향을 미친다.	2(0.8)	2(1.2)
특정 유전자의 발현 여부는 개화에 영향을 미친다.	2(0.8)	2(1.2)
식물(개나리, 벚나무)의 생활사는 개화에 영향을 미친다.	1(0.4)	1(0.6)
계(%)	9(3.4%)	10(6.0%)

<표 D3> 검사지 B의 '예측' 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 장소</b>		
특정 지역에서 개화가 빠를 것이다.	38(24.7)	10(13.0)
주변 지형 상태에 따라 개화 시기가 다를 것이다.	26(16.9)	5(6.5)
위도가 낮을수록 개화가 빠를 것이다.	21(13.6)	10(13.0)
고도가 높을수록 개화가 빠를 것이다.	3(1.9)	3(3.9)
계(%)	88(57.1%)	28(36.4%)
<b>범주 2 : 환경</b>		
빛의 세기가 강할수록 개화가 빠를 것이다.	35(22.7)	33(42.9)
맑은 날씨에서 개화가 더 잘 될 것이다.	5(3.2)	3(3.9)
빛의 투과가 잘되고 환경오염이 덜 진행되어야 개화가 빠를 것이다.	3(1.9)	1(1.3)
빛의 세기를 조절하여 개나리의 개화 시기를 변경시킬 수 있을 것이다.	3(1.9)	2(2.6)
계(%)	46(29.9%)	39(50.6%)
<b>범주 3 : 생물</b>		
빛의 세기가 강할수록 개화와 관련된 특징적인 변화가 많이 나타날 것이다.	5(3.2)	1(1.3)
빛을 흡수하는 경쟁종이 적어야 개화가 빠를 것이다.	4(2.6)	3(3.9)
빛을 반사하는 생물 주변에서 개화가 빠를 것이다.	3(1.9)	0(0.0)
계(%)	12(7.8%)	4(5.2%)
<b>범주 4 : 시간</b>		
일사량이 증가하는 시기에 개화가 빠를 것이다.	7(4.5)	3(3.9)
밤보다 낮에 개화하는 개체가 많을 것이다.	1(0.6)	3(3.9)
계(%)	8(5.2%)	6(7.8%)



<표 D4> 검사지 B의 ‘조작 변인 조작 방법’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 도구</b>		
광원에서 나오는 빛을 가리는 도구를 이용한다.	40(34.8)	12(25.0)
다양한 종류의 광원을 이용한다.	36(31.3)	13(27.1)
다른 실험 기구(예 : 슬릿, 편광판 등)에서 사용된 기술을 응용한다.	9(7.8)	4(8.6)
계(%)	85(73.9%)	29(60.4%)
<b>범주 2 : 시간 및 공간</b>		
빛의 세기가 서로 다른 지역에서 실험한다.	12(10.4)	12(25.0)
음지와 양지를 이용한다.	5(4.3)	2(4.2)
빛의 세기가 서로 다른 시간대에 실험한다.	5(4.3)	2(4.2)
계(%)	22(19.1%)	16(33.3%)
<b>범주 3 : 식물</b>		
개나리가 빛과 만나는 방향을 조절한다.	5(4.3)	0(0.0)
개나리를 광원과 일정한 거리에 둔다.	3(2.6)	3(6.3)
계(%)	8(7.0%)	3(6.3%)

<표 D5> 검사지 B의 ‘종속 변인 측정 방법’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 식물</b>		
개화하였을 때 나타나는 식물 외부 변화를 관찰한다.	38(39.2)	35(74.5)
개화하였을 때 나타나는 식물 내부 변화를 관찰한다.	13(13.4)	1(2.1)
계(%)	51(52.6%)	36(76.6%)
<b>범주 2 : 도구</b>		
개화로 나타나는 외형의 변화를 측정하는 기구를 이용한다.	12(12.4)	0(0.0)
개화로 나타나는 외형의 변화를 측정하는 소프트웨어를 이용한다.	5(5.2)	0(0.0)
계(%)	17(17.5%)	0(0.0%)
<b>범주 3 : 비율</b>		
개나리 군집에서 개화한 개나리의 비율을 측정한다.	10(10.3)	2(4.3)
시간에 따른 개나리의 개화 비율을 측정한다.	5(5.2)	6(12.8)
계(%)	15(15.5%)	8(17.0%)
<b>범주 4 : 다른 종</b>		
개화로 나타나는 특징적인 변화를 감지하는 다른 생물을 이용한다.	14(14.4)	3(6.4)
계(%)	14(14.4%)	3(6.4%)

<표 D6> 검사지 B의 '변인 통제' 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

범주 1 : 환경 요인	학생들의 응답 유형		학생들의 응답 수(%)	
		과학고	일반고	
물		33(12.8)	25(21.6)	
온도		31(12.0)	16(13.8)	
토양		23(8.9)	13(11.2)	
습도		22(8.5)	4(3.4)	
양분		17(6.6)	7(6.0)	
공기의 상태		15(5.8)	6(5.2)	
바람		12(4.7)	4(3.4)	
소음의 정도		6(2.3)	1(0.9)	
빛		5(1.9)	4(3.4)	
	계(%)	164(63.6%)	80(69.0%)	
범주 2 : 실험 조건		과학고	일반고	
장소		18(7.0)	13(11.2)	
시간		16(6.2)	7(6.0)	
기구		13(5.0)	0(0.0)	
실험하는 사람		3(1.2)	1(0.9)	
	계(%)	50(19.4%)	21(18.1%)	
범주 3 : 식물		과학고	일반고	
품종		17(6.6)	7(6.0)	
상태(영양, 건강, 크기)		17(6.6)	6(5.2)	
수		7(2.7)	1(0.9)	
나이		3(1.2)	1(0.9)	
	계(%)	44(17.1%)	15(12.9%)	

<표 D7> 검사지 B의 ‘자료 해석’ 문항에 대한 학생들의 응답 유형과 응답 수

학생들의 응답 유형	학생들의 응답 수(%)	
	과학고	일반고
<b>범주 1 : 빛의 세기와 광합성 속도</b>		
빛의 세기가 증가할수록 광합성 속도가 증가한다.	41(27.2)	32(26.7)
빛의 세기는 광합성 속도와 관련이 있다.	10(6.6)	10(8.3)
계(%)	51(33.8%)	42(35.0%)
<b>범주 2 : 빛의 세기와 당 함량</b>		
빛의 세기가 증가할수록 잎의 당 함량이 증가한다.	36(23.8)	21(17.5)
빛의 세기는 잎의 당 함량과 관련이 있다.	7(4.6)	1(0.8)
계(%)	43(28.5%)	22(18.3%)
<b>범주 3 : 광합성 속도와 당 함량</b>		
광합성 속도가 증가할수록 잎의 당 함량이 증가한다.	25(16.6)	10(8.3)
광합성 속도는 잎의 당 함량과 관련이 있다.	2(1.3)	3(2.5)
계(%)	27(17.9%)	13(10.8%)
<b>범주 4 : 빛의 세기</b>		
광포화점은 알 수 없다.	4(2.6)	1(0.8)
빛의 세기는 광합성에 영향을 미친다.	3(2.0)	6(5.0)
빛의 세기 이외의 다른 요인이 광합성에 영향을 미친다.	2(1.3)	1(0.8)
빛의 세기는 개나리의 생장에 영향을 미친다.	1(0.7)	2(1.7)
OO일 때 빛의 세기가 OO이다.	1(0.7)	8(6.7)
계(%)	11(7.3%)	18(15.0%)
<b>범주 5 : 광합성 속도</b>		
OO일 때 광합성 속도가 OO이다.	6(4.0)	13(10.7)
광합성 속도 이외의 다른 요인이 잎의 당 함량에 영향을 미친다.	2(1.3)	0(0.0)
계(%)	8(5.3%)	13(10.8%)
<b>범주 6 : 당 함량</b>		
OO일 때 당 함량이 OO이다.	10(6.6)	12(10.0)
잎에서 당의 분해 속도는 당의 생성 속도만큼 빠르지 않다.	1(0.7)	0(0.0)
계(%)	11(7.3%)	12(10.0%)

## Abstract

# Development of a measurement tool to assess the biological creativity for high school students

Tae-Joo Moon

Biology Education Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

The purpose of this study was to develop measurement tool to assess the biological creativity for high school biology education. Based on the inquiry process and creativity factors, two different measurement tools, A and B, were developed to assess biological creativity. These measurement tools consisted of descriptive type assessments. And they were designed to assess fluency, flexibility, and originality according to the following inquiry process factors: identifying problems, formulating hypothesis, experiment design, and data interpretation.

The measurement tools were administered to 156 twelfth grade

students. The results of applying the measurement tool A to 40 students in science high school, 38 students in general high school, and the measurement tool B to 40 students in science high school and 38 students in general high school are as follows.

Students are more likely to have difficulty in creative thinking process during experiment design than identifying problems and formulating hypothesis. The Mann-Whitney U test was conducted to examine whether the 14 items constituting the instrument A and B could be used to evaluate the creativity of the students in the science high school and general high school with statistically significant differences. The results showed significant differences in fluency and flexibility in 13 items and originality in 10 items.

And the result of the validity check from three biological teachers on the total items was 4.19 point(5 point: very appropriate, 1 point: very inappropriate). The average value of inter-rater reliability(Kendall's *W*) of the measurement tool A and B was over 0.8 in fluency, flexibility and originality respectively. These results indicated that the instrument was valid and reliable to assess biological creativity.

The measurement tools in this study can be used as basic research data related to fostering creativity in biology education as well as a resource for teachers to develop students' inquiry process because the questions are composed depending on the inquiry stage.

**key words : high school students, instrument development, inquiry process, biological creativity, fluency, flexibility, originality**

***student number : 2014-20967***