

碩士學位論文

遂行評價를 爲한 共通科學(生物分野)
探究實驗 評價 道具의 開發 研究

指導教授 鄭 忠 德



濟州大學校 教育大學院

生物教育專攻

梁 舜 宅

2001年 8月

遂行評價를 爲한 共通科學(生物分野)
探究實驗 評價 道具의 開發 研究

指導教授 鄭 忠 德

이 論文을 教育學碩士學位 論文으로 提出함

2001年 4月 日



提出者 梁 舜 宅

梁舜宅의 教育學碩士學位 論文을 認准함

2001年 7月 日

審査委員長 吳 德 鐵

審査委員 朴 行 德

審査委員 鄭 忠 德

<국문초록>

수행평가를 위한 공통과학(생물분야) 탐구실험 평가 도구의 개발 연구

양 순 택

제주대학교 교육대학원 생물교육전공

지도 교수 정 충 덕

본 연구의 목적은 수행평가를 위하여, 공통과학 생물 분야에서 탐구실험을 통하여 탐구 능력을 평가할 수 있는 평가도구를 개발하는데 있다.

평가도구의 개발에 앞서 고등학교에서 채택된 11종 교과서의 실험·탐구주제와 연관성이 큰 주제 8가지에 대한 실험주제를 선정하였다. 탐구 과정을 평가하기 위하여 탐구 과정 기능을 6개로 나누어 각각의 탐구 과정 기능을 평가할 수 있는 일반적인 평가기준과 실험 기능 및 태도를 평가할 수 있는 평가기준을 개발하고, 내용 타당도를 검사하였다. 탐구 과정 기능에 대한 일반적 평가 기준의 내용 타당도는 가장 높게 나타난 항목에서 95%, 가장 낮은 항목에서는 87%로 나타났고, 실험 기능 및 태도에 대한 평가기준에 대한 내용 타당도는 84%와 91%이었다.

탐구력 측정을 위한 실험을 위하여, 교사용 실험 안내서와 학생용 실험 보고서를 개발하고 실험에 투입하였으며, 이를 평가하기 위한 일반적인 평가기준을 실제 학생들의 보고서 채점에 용이하도록, 세부 채점 기준표로 개발하여 채점을 실시하였다. 세부 채점 기준표에 의한 채점에서 채점자간 신뢰도의 평균값은 0.92이었고, 채점자간 상관계수의 평균값은 0.82로 나타났다.

* 본 논문은 2001년 8월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

목 차

I. 서 론	1
II. 이론적 배경	2
1. 과학과 탐구실험	2
2. 탐구 실험의 평가	2
3. 탐구 능력 평가에 대한 선행 연구	4
III. 연구 방법	7
1. 연구의 대상	7
2. 실험내용의 선정	7
3. 평가 기준의 선정	11
4. 탐구실험 및 세부 채점 기준표 개발	16
5. 평가 기준에 대한 타당도 및 신뢰도 검사	17
6. 개발된 평가 도구의 검사 및 수정	19
IV. 결과 및 고찰	21
1. 탐구 과정 기능에 대한 일반적인 평가 기준에 대한 내용 타당도	21
2. 실험 기능에 대한 일반적인 평가 기준에 대한 내용 타당도	21
3. 실험 태도에 대한 일반적인 평가 기준에 대한 내용 타당도	22
4. 세부 채점 기준표에 대한 채점자간 신뢰도 및 상관 계수	22
V. 적 요	24
참고문헌	25
<Abstract>	28
부 록	29

표 목 차

표 1. 고등학교에서 채택된 공통과학 교과서 현황	8
표 2. 선정된 실험 주제에 대한 11종 교과서의 탐구·실험 주제	9
표 3. 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가의 기준	12
표 4. 실험 기능에 대한 일반적인 평가의 기준	15
표 5. 실험 태도에 대한 일반적인 평가의 기준	16
표 6. 상관계수에 따른 상관관계의 언어적 표현	19
표 7. 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가기준에 대한 타당도	21
표 8. 실험 기능에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도	22
표 9. 실험 태도에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도	22
표 10. 세부 채점 기준표에 대한 채점자간 신뢰도 및 상관계수	23



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

I. 서 론

과학교육에서 탐구과정을 중요시하는 탐구중심의 교육과정이 1973년 2차 교육과정의 개정을 통해서 우리 나라에 처음 도입되었고(이원식과 유경로, 1983), 이후 5차 교육과정과(김미경 외, 1995) 6차 교육과정에서도 지속적으로 강조되었으며(교육부, 1992), 7차 교육과정에서도 탐구능력과 과학관련 태도 향상을 목표로 하고 있다(교육부, 1997).

오늘날 학교현장에서는 결과중심의 평가에서 과정을 중시하는 평가로 전환하기 위한 움직임이 확대되고 있으며, 수행평가를 도입하여 실시하고 있다(강순희 외, 2000). 그러나 수행평가와 같은 탐구교육과정은 많은 시간이 소요되고, 평가도구의 개발이 곤란하고, 교사에게 많은 부담을 준다는 점 등 여러 가지의 단점을 가지고 있다(허명, 1987). 그동안 많은 연구를 통해서 이러한 단점을 극복하고, 탐구능력을 측정하기 위한 도구를 개발하려는 노력이 진행되었다. 과학탐구평가표의 개발이나(허명, 1984), 과학탐구 능력 측정을 위한 평가도구의 개발(이종기, 1988; 권재술과 김범기, 1994; 김미경 외, 1995; 남정희, 1996; 강순희 외, 2000)이 여러 분야에서 다양하게 이뤄졌다. 또한 우리 나라 생물 교과서의 탐구지수 분석이나 학교현장에서의 실험 실태에 대한 조사가 이뤄졌다(한기영, 1987; 정충덕과 박행신, 1995). 이외에도 과학 탐구능력 측정을 위한 행동요소 추출(우종옥 외, 1991; 이항로 외, 1994)과 탐구실험의 개발 등이 이루어졌다(조희영 외, 1994; 김헌식, 1986).

이와 같은 노력은 모든 과학 교과에서 필요하며, 탐구력 신장이라는 과학 교과의 목표를 생각해보면, 탐구 능력의 신장을 위한 탐구 실험을 개발하고, 이를 통하여 탐구 능력을 평가하기 위한 평가 도구의 개발이 필요한 실정이다. 또한 과정중심의 평가 방법인 수행평가를 위하여 탐구능력 뿐만 아니라 과학적 태도와 실험기능 등 여러 가지 측면을 측정할 수 있는 도구로서 실험평가에 대한 연구는 매우 중요하다고 사료된다.

본 연구의 목적은 고등학교 과학 교과 과정 중 공통과학 생물분야에서 학생들의 탐구능력과 과학관련 태도 향상을 위한 탐구 실험 평가 도구를 개발하여 학생들의 탐구 과정 기능을 측정할 뿐만 아니라, 실험의 기능과 태도의 측면까지도 측정할 수 있는, 진정한 의미의 수행평가를 위한 평가 도구를 개발함에 있다.

II. 이론적 배경

1. 과학과 탐구 실험

과학의 과정으로서 탐구 과정의 지도는 과학실험과 밀접한 관계를 맺고 있다고 알려져 왔다. 하지만 학교의 과학교육에서 과학실험이 곧 탐구적 과학교육을 의미하지는 않는다(김현식, 1986). 교과서에 제시된 일반적 실험은 이미 알려진 과학적 원리나 현상 혹은 법칙을 먼저 학습하고 이를 확인하기 위한 확인실험으로 이뤄져 있다. 확인실험은 수동적인 학습활동이며 교사 중심의 활동이다(강순희 외, 2000). 대부분의 교사는 교과서에 내재된 실험의 내용이 비탐구적이라는 생각을 갖고 있으며, 실험활동시에도 한 실험조의 인원이 7명 이상인 경우가 대부분이며, 생물과 교수학습 활동이 탐구과정과 실험 중심의 수업이 아니라 지식 중심의 수업으로 진행되고 있다(정건상, 1991). 이에 비해 탐구실험은 과학적 원리나 법칙을 학습하기 이전에 실시하고 얻어진 실험결과를 바탕으로 새로운 개념이나 법칙, 이론을 탐구하도록 하는 실험유형이다(강순희 외, 2000). 학생 스스로가 문제를 생각하고, 실험을 진행하고, 자료를 수집하고, 분석·종합하는 과정을 통해서, 과학자들이 어떻게 연구하는가, 또 새로운 과학 지식이 어떻게 얻어지는가를 이해 할 수 있다(허명, 1992). 또한 학습지도는 학생들의 지적수준과 인지적 과정에 맞추어 이뤄져야 할 것이다(조희영, 1992).

실험평가가 진정한 의미의 수행평가 도구로서 탐구력의 측정을 위해 사용될 수 있도록 하기 위해서는 평가를 위한 실험이 확인실험이 아닌 탐구실험이어야 하고, 실험의 수준이 학생의 수준에 맞는 것이어야 한다. 이를 위해 실험활동 전이나 중간, 실험 후에 교사나 혹은 동료 학생들과 토의를 할 수 있도록 하고, 이 경우 다른 사람과의 상호 작용이 일어나므로 좀 더 효과적인 과학학습을 할 수 있다(백순근, 1999). 그리고 학생들간의 수준과 특성에 맞는 탐구활동을 제공하여야 하고, 학생들이 모자라는 부분을 보충할 수 있는 자료를 제공해야 한다(조희영, 1992).

2. 탐구 실험의 평가

실험을 평가하는 방법에는 다양한 방법이 있으나, 어떠한 평가방법을 사용하더라도 가장 중요한 점은 어떤 영역을 평가할 것인지 그리고 학생들의 수준을 어떻게 구별할 것인지, 그렇게 구분하는 근거가 무엇인지 제시되어야 할 것이다(한국교육과정평가원, 1999). 이와 아울러 평가에 대한 신뢰도와 타당도에 대한 전문가

의 검토와 수정·보완이 필요하다. 이러한 과정을 거침으로써 학생들의 탐구실험에 대한 유용한 평가기준이 마련될 수 있을 것이다.

1) 탐구 과정

탐구라는 말은 탐구과학, 탐구생활, 탐구수업, 탐구실험 등의 용어에서 많이 사용하고 있지만, 일반화된 정의를 찾아내기는 어렵다. 또한 과학에서 탐구는 특별한 방법으로 이뤄지는 것이 아니므로 탐구과정을 한마디로 정의하는 일은 어렵다. 그러나 학생들의 탐구능력을 측정하기 위한 평가표를 제작하기 위해서는 탐구과정의 상세화가 필요하고, 각각의 탐구과정에서 어떤 기능을 평가해야 할 것인가 하는 것은 매우 중요하다.

슈바브(Suhwab)는 탐구과정들을 여섯 단계로 제안하고 있으며, 미국의 과학진흥 위원회의 교육과정위원회에서 개발한 SAPA 프로그램에서는 13단계로 구분하고 있다(김정화, 1993). 허명(1984)은 고등학교 생물 교과서에 나오는 실험을 평가하기 위한 과학적 탐구 평가목록에서, 탐구 기능을 평가할 수 있는 요소를 크게 4가지 영역으로 구분하였다. 김현식(1986)의 경우 4가지로, 이종기(1988)는 12가지 탐구 과정 요소를 선정하였다. 우종옥 등(1991)은 9개의 행동요소로, 이항등(1994)은 11가지 탐구요소로 구분하였다. 권재술 등(1994)은 기초탐구능력과 통합적 탐구능력으로 구분하고 이를 각각 5개의 탐구요소로 구분하였으며, 김미경 등(1995)은 다섯 가지 영역으로 구분하고, 이를 평가하기 위한 16개의 세부 탐구 과정 요소를 선정하였다. 강순희 등(2000)은 12개의 탐구능력 요소로 구분하고 이를 기초적 탐구능력과 통합적 탐구능력으로 구분하였다. 이와 같이 각각의 연구자들은 연구 목적에 따라 다양하게 탐구과정을 분석하고 있음을 보여준다.

2) 평가 방법

이러한 탐구 과정 기능의 평가에 사용될 수 있는 평가 방법 중 실험 수행 과정을 평가할 수 있는 평가 방법은 다양하다. (한국교육과정평가원, 1998). 첫째, 지필 평가로서 서술형 평가와 논술형 평가를 들 수 있다(백순근, 1997; 이범홍, 1997). 둘째, 보고서 평가로 보고서에는 실험 보고서, 관찰 보고서, 조사·연구 보고서 등 다양한 형태가 있을 수 있고(이돈희 외, 1997), 셋째, 학생들의 활동을 방해하지 않고 교사가 자연스럽게 관찰하는 것을 통해 이뤄지는 관찰 평가이며(박호순 외, 1999; 백순근, 1997), 넷째, 포트폴리오를 이용한 방법으로(박호순 외, 1999), 학습성과, 학습 진전도, 성장 발달 정도 등을 보다 타당하고 신뢰성 있게 평가할 수 있다는 것이다(김현재, 1998). 다섯째, 개념도 및 V도를 이용한 방법으

로, 개념도를 통해 학생들이 가진 개념간의 관계를 부각시켜 오개념이 탐지될 수 있다(박승재와 조희영, 1995; 김현재, 1998). 또한 V도는 학생들의 탐방 내용이나 실험 내용에 대한 이해와 방법에 대한 이해 등을 평가하는데 적절하다(박승재와 조희영, 1995; 백순근, 1999).

3. 탐구 능력 평가에 대한 선행 연구

우리 나라에서의 과학 탐구능력의 평가 연구는 1973년 이후 제3차 교육과정기부터 관심의 대상이었으나 과학교육에 대한 평가는 주로 내용 성취도 평가 수준에 머물러 왔다(김미경 외, 1995). 그러다가 제4차 교육과정기부터는 초등 학교 교육과정 자연과의 지도 및 평가상의 유의점에서 탐구능력의 평가를 하도록 명문화하였다. 이에 따라 평가도구의 개발에 대한 연구도 이루어졌는데, 많은 연구를 통해 ‘무엇을 평가할 것인가’ 및 ‘어떻게 탐구 능력을 평가할 것인가’ 하는 문제 해결을 위한 연구가 진행되었다.

‘무엇을 평가할 것인가’에 대한 연구로서 과학탐구 평가표의 개발에 관한 연구가 이루어졌는데(허명, 1984), 이를 통해서 탐구과정 모델에 근거하여 하나 하나의 탐구과제를 분류하여 이를 평가할 수 있도록 하고, 탐구활동의 구조적 특성을 평가하고, 과학 교육 과정 전체를 종합적으로 평가할 수 있는 과학탐구 평가표(SIEI)를 개발하여 과학 교육 과정에 내재된 탐구학습 내용도 평가할 수 있도록 고안하였다. 이외에도 수학능력 시험의 평가를 위한 기준을 마련하기 위한 연구도 진행되어, 수학능력 시험 중 수리탐구 영역 중 탐구 사고력 평가를 위한 객관적 기준이 될 수 있도록 탐구영역의 평가목표 상세화를 시도하였다(우종욱 등, 1991). 또한 과학적 탐구의 본질에 대한 연구도 진행되어, 국내외의 연구를 분석하고, 물리 화학 생물 지구과학의 분야별 일반적 탐구의 특성에 대해 고찰하고(조희영 외, 1994), 물리 화학 생물 지구과학의 분야별 학습지도를 통해 탐구력을 길러줄 수 있는 학습지도 자료의 개발도 이뤄졌다(조희영 외, 1995).

이와 아울러 ‘어떻게 탐구 능력을 평가할 것인가’에 대한 연구도 다양하게 이루어졌다. 중학교 생물 분야에서 탐구 과제를 선정하고, 실험을 탐구 단계별로 탐구 기술을 평가할 수 있는 도구를 개발하였다(김현식, 1986). 이외에도 지필 평가를 이용한 고등학생의 탐구력 측정을 위한 평가도구가 개발되고(이종기, 1988), 지구과학 분야에서의 덜 발달된 과학 탐구능력 요소를 진단하고, 과학 탐구 능력 요소들의 신장 정도를 추적할 수 있는 도구가 개발되었다(이향로 외, 1994). 또한 지필 고사에 의한 표준화된 탐구능력 평가를 위한 평가문항의 개발에 관한 연구

로 중학교 2학년용 표준화 검사지가 개발되었다(이연우와 우종옥, 1991). 이와 별도로 과학 탐구 능력을 기초탐구능력과 통합탐구능력으로 구분하여 탐구 능력을 측정하고자 하는 연구가 진행되어(권재술과 김범기, 1994), 초·중학생들의 과학 탐구능력 측정도구가 개발되었다.

하지만 개발된 탐구력 측정의 도구들은 지필 평가를 이용하여 학생들의 탐구력을 측정할 수는 있지만, 일회성의 평가이기 때문에 학교 수업시간에 탐구 과정을 평가를 위한 실험 활동을 지속적으로 평가하는 평가도구로 사용하기는 어렵다고 보여진다. 이러한 점을 보완한 연구들이 진행되었는데, 고등학교 물리 분야에서 실험을 실시하고 이를 통해 학생들의 탐구실험 능력을 평가할 수 있는 평가도구에 관한 연구가 진행되어(김미경 외, 1995) 개발된 실험 지도서를 통해 실험을 진행하고, 탐구능력 평가를 위해 지필 고사로서 탐구과정 요소에 대한 평가를 할 수 있도록 고안했다. 또한 화학분야에서도 이러한 연구가 진행되어(남정희, 1996), 탐구능력 평가를 위한, 실험 수업을 통해 학생들의 탐구 능력을 평가할 수 있는 도구의 개발이 이루어졌다. 중학생을 대상으로한 연구에서는 학생들을 대상으로 하여 실험을 수행하도록 하고 이를 통해서 학생들의 실험 수행과정을 평가하려는 연구가 진행되고(강순희 외, 2000), 중학교 과학실험에 적합한 실험모델과 실험을 수행하는 동안 보여지는 여러 가지 탐구과제 수행과정을 평가하는 평가도구를 개발하였다. 특히 이 연구에서는 실험 수행과정에서 탐구과정 요소에 대한 평가뿐만 아니라, 실험의 기능 및 태도까지도 평가할 수 있는 객관적 평가기준을 제시하고 있다.

이러한 연구와는 별도로 교과서 및 교육현황에 대한 연구도 이루어졌다. 고등학교 생물 교과서의 탐구활동을 분석하고, 이를 개선하기 위한 연구가 진행되고(한기영, 1987), 생물 교육의 실태 및 문제점에 대한 연구도 진행되었는데(정건상, 1991), 학생들이 생물 학습에 흥미를 갖도록 수업 보조자료와 효과적인 탐구학습을 수행할 수 있는 별도의 프로그램이 체계적으로 개발·보급되어야 한다는 점을 지적하였다. 이러한 연구는 제주도내에서도 이루어져(정충덕 외, 1995), 도내의 12개 인문계 고등학교에서는 한정된 실험만을 실험수업으로 진행하고 있으며, 실험 계획 능력이나 결과 처리 능력보다는 1교시 수업 시간 내에 마칠 수 있는 기구의 조작·사용능력 관찰 및 측정능력 위주의 실험을 선호하고 있음을 확인하였고, 탐구학습을 위한 효율적 실험 수업을 진행하기 위해서 실험실 확충 및 실험의 2시간 연속수업 등을 제안하고 있다. 한편, 효과적인 실험의 수행에 대한 연구가

진행되어(이기종 외, 1989), 고등학교 화학 실험에서 가격이 저렴한 실험 및 컴퓨터 보조수업모형을 개발 이용하려는 연구가 진행되었다.

앞에서 살펴본 일련의 연구는 최근 강조되어지고있는 다양한 평가방법의 적용이나, 수행평가, 과정평가를 위해 필수적인 연구라고 판단된다. 그러나 선행연구에서 제시한 바와 같이(조희영 외, 1994; 조희영 외, 1995) 물리, 화학, 지구과학 및 생물의 각 분야는 과목의 특성이 다르므로, 한 가지 기준으로 전체를 평가하기는 매우 곤란하다고 보여진다. 그러므로 각 분야에 맞는 적절한 평가 기준에 대한 연구가 필요하고, 특히 객관성을 확보할 수 있는 기준을 제시함으로써 오늘날 학교 현장에서 교사의 평가에 대한 신뢰도를 증가시키고, 교사와 학생간의 평가의 기준에 대한 불필요한 오해를 불식시키는데도 큰 기여를 할 것으로 판단된다.



III. 연구 방법

1. 연구의 대상

본 연구는 제주도내 고등학교 학생을 대상으로 실시하였다. 공통과학 과목 중 생물 분야에서 탐구 능력을 평가할 수 있는 주제를 선정하고, 실험 과정을 통해 측정하고자하는 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가 기준을 개발하였다. 공통과학 수업 시간을 이용하여, 학생들에게 개발된 실험을 실시하고, 실험 후에는 보고서를 제출하도록 하여 이를 평가하였으며, 실험이 진행되는 동안 교사는 학생들의 실험과정을 관찰하여 실험기능과 태도를 평가하였다. 객관적이며 신뢰도 높은 평가를 위하여 탐구 과정 기능에 대한 평가기준, 실험기능을 평가할 수 있는 평가기준, 실험태도에 대한 평가기준 등 세 가지 부분을 측정할 수 있는 평가기준 개발에 대한 연구를 진행하였다. 개발 과정에서 과학교육을 담당하는 교수 3명과 현장교사 8명이 협의하여 내용을 수정·개선하였다.

2. 실험 내용의 선정

실험의 내용은 고등학교에서 다루어지는 공통과학 교과서와 연관성이 있고, 탐구력 신장 및 측정에 용이한 실험 중에서 생물분야와 관련된 실험을 선정하였다. 실험 선정을 위해서 우리 나라에서 발행되어 고등학교에서 선정된 공통과학 교과서의 생물분야 탐구·실험 주제를 확인하고, 이와 연관성이 큰 실험을 위주로 선정하였다. 실험 주제는 총 8개를 선정, 학기당 4회의 실험을 실시할 수 있도록 하여, 고등학교에서 실행되고 있는 수행평가를 위한 평가 자료를 제공하고, 학생들의 탐구력 신장을 위한 실험으로 이용될 수 있도록 하였다. 현재 고등학교에서 학생들이 교과서로 사용하고 있는 공통과학 11종 교과서는 표 1에서 제시하였다. 또한, 본 연구에서 선정한 8가지 실험 주제와 관련된 11종 교과서의 탐구·실험 주제를 표 2에서 제시하였다. 고등학교에서 선정한 공통과학 교과서 11종 교과서에 수록되어있는 생물 관련 실험 및 탐구 활동에 대한 내용은 부록에서 제시하였다.

표 1. 고등학교에서 채택된 공통과학 교과서 현황

구분	출판사	저자	구분	출판사	저자
a	교학사	강만식 외 6명	g	한샘출판(주)	권재술 외 7명
b	(주)두산	장남기 외 12명	h	동아서적(주)	한수복 외 9명
c	(주)두산	강영희 외 13명	i	금성출판사	김시중 외 15명
d	(주)지학사	정해문 외 11명	j	(주)천재교육	우규환 외 11명
e	대한교과서	최돈형 외 8명	k	교학사	송인명 외 11명
f	학습개발사	김수용 외 10명			



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표 2. 선정된 실험 주제에 대한 11종 교과서의 탐구·실험 주제

실험 구분	탐구실험 I	탐구실험 II	탐구실험 III	탐구실험 IV
실험 주제	빛의 세기와 광합성	엽록체의 색소 분리	소화효소의 작용	자극에 대한 반응속도
단원	생물에너지	생물에너지	영양과 건강	자극과 반응
a	광합성과 호흡은 어떤 관계가 있을까? (p169)		침 아밀라제의 소화 작용에 영향을 미치는 요인은 무엇일까? (p197)	자극에 대한 반사 운동은 얼마나 빨리 일어날까? (p207)
b		빛에너지와 엽록소 (p188)	소화 효소의 작용에 대한 실험 (p207)	자극에 대한 반응 (p217)
c		광합성 색소의 분리실험 (p177)		자극과 반응의 경로 (p211)
d	빛의 세기와 광합성 (p76)	빛의 파장과 광합성 (p78)	영양소의 소화 (p230)	신경의 흥분전도 속도 측정 (p248)
e	식물은 어떻게 빛에너지를 이용하고 있을까? (p212)		침에 의해 녹말은 어떻게 소화되는가? (p258)	
f	빛과 광합성 (p179)	광합성과 환경요인 (p173)	침의 소화작용 (p204)	사람의 반응시간 조사 (p223)
g	빛의 세기와 광합성 (p282)	빛의 파장에 따른 광합성의 효과 (p284)	효소의 반응 속도와 온도와와의 관계 (p133)	자극에 대한 반응의 빠르기 (p144)
h	빛의 세기에 따라 광합성량은 어떻게 변할까? (p357)		침은 어떤 작용을 할까? (p109)	신경은 흥분을 얼마나 빨리 전달할까? (p128)
i	빛의 세기는 광합성률을 어떻게 변화시킬까? (p185)	식물은 녹색 빛을 싫어한다? (p187)	소화가 잘되려면? (p213)	시각 자극에 대한 반응시간 (p230)
j	광합성과 빛의 세기 (p172)	빛의 파장에 따른 광합성 효과 (p174)	침의 소화작용 (p201)	
k	광합성과 빛의 세기 (p171)		침속에 있는 소화 효소의 작용 (p194)	반응의 소요시간 조사 (p215)

표 2 (계속)

실험 구분	탐구실험 V	탐구실험 VI	탐구실험 VII	탐구실험 VIII
실험주 제	식물의 군집 조사	촉각의 분포조사	혀의 미각 분포	사람의 유전형질 조사
단원		자극과 반응	자극과 반응	유전
a		피부의 촉각 수용체는 얼마나 조밀하게 분포 되어 있을까? (p208)		눈으로 볼 수 있는 형 질은 어떻게 유전될 까?(p226) 눈으로 볼 수 없는 형 질은 어떻게 유전될 까?(p227)
b		자극 수용에 관한 실험 (p216)		사람의 유전 형질 조사 (p242)
c			혀의 미각 분포 (p208)	사람의 유전형질 (p239)
d				유전형질의 조사 (p288)
e				우리는 어떤 형질을 갖 고 있을까? (p295)
f		냉점과 온점의 분포조 사(p221)		사람의 유전 형질 조사 (p248)
g				사람의 유전형질 (p167) 컷볼 형태의 유 전 형질 (p169)
h			맛자극은 하나의 감각 기관에서만 받아 들일 까? (p122)	사람의 유전 형질은 어 떤 유전 형질에 의해 결정될까?(p150) 원손잡이의 유전은 어 떻게 될까?(153)
i				보조개는 어떻게 유전 되는가? (p258) 색맹은 어떻게 유전되는가? (p259)
j		피부의 압점 분포 (p213)		사람의 유전형질 (p234) 보조개의 유전 (p236) 색맹 유전(p237)
k		피부의 압점 분포 조사 (p221)		사람의 신체적 특성에 관한 유전형질(p212)

3. 평가 기준의 선정

탐구 과정에 대한 평가의 기준은 연구 대상에게 실험을 실시하는 과정 및 실험을 실시하고 난 후 실험에 과정에 대한 평가를 위해 ①실험을 실시하는 동안 및 실험을 실시하고 난 후 보여지는 탐구 과정 기능에 대한 평가기준, ②실험 기능에 대한 평가기준, ③실험 태도에 대한 평가기준 등 세 가지 기준을 설정하였다.

1) 탐구 과정 기능에 대한 평가기준

탐구 과정 기능은 탐구적 실험을 하는데 있어서 필요한 핵심적 능력을 뜻하는 것으로 이를 측정하는 데에 있어서 평가자의 주관적인 판단을 배제하고 객관성을 유지하기 위해서는 평가기준이 상세히 제시되어야 한다(우종욱 외, 1997). 본 연구에서는 먼저 평가해야 할 탐구과정 기능을 선정하고 이에 대한 일반적인 평가 기준을 개발하였다. 슈바브의 탐구과정, 허명의 과학 탐구 평가표(허명, 1984), SAPA II(1990), 이종기(1988)가 고등 학생용으로 개발한 과학 탐구 기능 검사, 남정희(1996)의 탐구과정 기능의 평가도구를 수정·보완하여 다음과 같이 6개의 탐구과정 기능 요소를 선정하였다.

(1) 가설 설정하기(Formulating hypotheses)

어떤 현상을 관찰하고 이를 통해 문제를 인식하고, 이러한 문제를 해결하기 위해 임시적인 답을 찾는데, 이러한 임시적 답이 가설이다. 종속변인과 독립변인이 주어진 실험이 주어지면, 이로부터 검증 가능한 가설을 확인 제안 할 수 있어야 하며, 이때 가설은 이전의 지식을 적용하여 어떤 과학의 원리나 개념과 일치하는 설명이 제시되어야 한다.

(2) 실험설계 및 변인통제하기(Designing experiment & Controlling variables)

어떤 문제가 주어지거나, 가설이 주어지면 그 문제나 가설을 검증할 수 있도록 실험이 설계되어야 한다. 이를 위하여 반드시 통제되어야 하는 변인을 확인하고, 통제할 수 있어야 한다.

(3) 관찰하기와 측정하기(Observing & Measuring)

자신이 세운 계획에 따라 실험이나 관찰을 진행하면서 자료를 얻는 과정으로 정확한 방법으로 관찰·측정되어야 하고, 관찰된 내용은 정확하게 기록되어야 한다.

(4) 자료 해석하기(Interpreting data)

실험을 수행하면서 얻어진 데이터 즉 관찰이나 측정된 자료를 자료의 성격이나

대상에 따라 적절한 방법으로 제시할 수 있어야 하고, 이러한 자료를 통해서 규칙성이나 경향성 유사성 등을 찾아내는 활동을 말한다. 즉 주어진 자료를 도표로 만들거나 그래프 등으로 변환 할 수 있어야 한다.

(5) 결 론 (Drawing conclusion)

실험을 통해 어떤 데이터가 주어지면, 이 자료만을 가지고 어떤 결론을 이끌어 낼 수 있어야 한다. 이때 자신의 실험 결과와 적절한 결론을 내릴 수 있어야 하고, 변인간의 관계도 인식하고 있어야 한다. 또한 자신이 세운 가설을 검증할 수 있는 형태로 제시하여야 한다.

(6) 평 가(Evaluation)

탐구 활동의 과정이나 혹은 실험 결과에 대해 가설과 비교하여 그 적합성, 정확성, 타당성, 신뢰성, 적용 가능성, 일반화 가능성 등 가치 판단 기준을 마련하고, 그 기준에 맞추어 평가할 수 있어야 한다. 만일 자신이 세운 가설과 일치하지 않는 결론이 나왔을 때, 실험의 전 과정에 대해 탐구과정을 비판적으로 평가하고 그 이유를 밝힐 수 있어야 한다.

이들 탐구 과정 기능에 대한 평가의 척도는 표 3과 같다.

표 3. 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가의 기준

탐구 과정 기능 요소	평 가 요 소	배점
가 설 설 정 하 기	○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0
	○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2
	○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4
	○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6
	○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8
	○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10

표 3 (계속)

탐구 과정 기능 요소	평 가 요 소	배점
실험 설계 및 변인 통제 하기	○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0
	○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2
	○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4
	○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6
	○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못 되었다.	8
	○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10



탐구 과정 기능 요소	평 가 요 소	배점
관찰 하기 와 측정 하기	○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0
	○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2
	○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4
	○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6
	○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모은다. 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8
	○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정 기구와 정확한 방법을 통해 정확한 측정 단위까지 측정한다.	10

표 3 (계속)

탐구 과정 기능 요소	평 가 요 소	배점
자 료 해 석 하 기	○ 전혀 자료 해석이 이뤄지지 않는다.	0
	○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2
	○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하 다.	4
	○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6
	○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하 나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다. ○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	8 10

탐구 과정 기능 요소	평 가 요 소	배점
결 론	○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0
	○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제 시한다.	2
	○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나 논 리적으로 부적절하다.	4
	○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6
	○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어 가 사용된다.	8
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하 게 제시한다.	10	

표 3 (계속)

탐구 과정 기능 요소	평 가 요 소	배점
평 가	○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0
	○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2
	○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4
	○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6
	○ 실험의 전 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8
	○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10

2) 실험 기능에 대한 평가 기준

실험 기능은 실험을 수행하는 과정에서 실험 기구나 기기를 다루고 실험 장치를 꾸미는 것과 같은 구체적 조작 활동이다. 여기에서 평가하고자 하는 기능은 실험 기구를 다루는 방법과 절차의 숙지, 다루는 솜씨 등이다. 이러한 신체적인 영역은 실험보고서를 통해서도 평가할 수 없고 직접 관찰하는 방법을 사용하여 평가하여야 한다(김창식 외, 1993). 관찰에 의한 평가 방법은 시간이 다소 많이 걸리는 단점이 있으나 실험 기능을 평가하는 가장 적절한 방법이다(김양현, 1999). 실험 기능을 평가하기 위해서 본 연구에서는 강순희 등(2000)이 개발한 실험기능 평가기준 등을 참고하여 점검표 형태로 만들었으며, 개발한 실험 기능에 대한 일반적 평가의 기준은 표 4 와 같다.

표 4. 실험 기능에 대한 일반적인 평가의 기준

평 가 요 소	양호	미흡
① 실험 기구나 기구를 바르게 사용한다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
② 실험 장치를 바르게 꾸민다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
③ 실험 장치를 바르게 사용한다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
④ 실험 장치를 사용할 때 안전하게 다룬다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3) 실험 태도에 대한 평가 기준

과학교육에서 태도나 흥미, 관심 등의 정의적 영역에 대한 학습은 중요한 부분으로 인식되어 왔으나, 그 중요성에 비해 실제 지도와 평가 시 소홀히 취급되어 왔다(정완호 외, 1994). 이러한 현상은 정의적 영역을 측정하기 위한 타당하고 신뢰로운 도구가 부족하기 때문이다(우종욱과 이경훈, 1995). 일반적으로 과학 교육에서 태도라 함은 과학적 태도와 과학에 대한 태도로 나눌 수 있다. 과학적 태도는 탐구하는 자세, 화학 정신과 관련된 것으로 문제를 해결하는 등 과학적 탐구 과정 차원에서의 태도이며, 과학에 대한 태도는 과학, 과학자 등을 포함하는 가치 차원에서의 태도를 일컫는 말이다(강순희 외, 2000). 이러한 태도의 평가는 실험 과정과 실험 전·후에 이뤄지는 토론 참여도, 실험 수행 시 실험 참여에 대한 적극성, 주의사항에 대한 준수정도, 실험 마무리 및 정리정돈의 네 가지 평가 요소를 정하여 이를 각각 3단계로 나누어 평가하였다. 본 연구에서 적용한 일반적인 실험태도 평가기준은 다음의 표 5와 같다.

표 5. 실험 태도에 대한 일반적인 평가의 기준

평가요소	양호	보통	미흡
토론 참여	적극적 참여	소극적 참여	거의 참여 안함
실험 참여	능동적 참여	수동적 참여	거의 참여 안함
주의 사항	철저하게 지킴	대체적으로 지킴	거의 지키지 않음
정리 정돈	정리정돈 철저	정리 상태 양호함	정리정돈 안함

4. 탐구 실험 및 세부 채점 기준표 개발

학생들이 수행해야 할 실험은 고등학교 1학년 과정에서 다루어지는 공통과학 교과서에 실린 탐구활동 및 실험과 연관성이 있는 주제를 선정하였고, 단순하게 과학적 사실을 확인하는 확인 실험이 아닌 실제로 가설을 설정하고, 이를 해결하는 과정에서 탐구력을 신장할 수 있는 탐구실험을 개발하였다. 실험은 총 8개의 주제로 단원별로는 생물에너지 2, 영양과 건강 1, 자극과 반응 2, 유전 1, 및 기타 1 주제로 구성되어 있다. 각각의 주제에 대한 탐구실험을 우선 개발한 후, 실험 보고서를 통해 탐구능력을 평가할 수 있도록 탐구과정 기능을 6단계로 구분하고, 실험의 기능과 태도를 평가할 수 있는 일반적인 평가 기준을 개발한 후, 내용 타당도를 검증하였다. 이 과정에서 일차적으로 과학교육을 담당하는 교수와 일선

고등학교 생물 담당 교사들과 내용을 검토하고 수정·개선하여 완성하였고, 완성된 탐구 과정 기능, 실험기능 및 태도에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도를 설문을 통해 검증하였다. 검증 후 각각의 실험 주제에 대한 세부적인 채점 기준표의 개발이 이루어 졌는데, 개발된 탐구과정 기능에 따른 교사용 실험안내서 및 학생용 실험보고서를 개발하고 이를 적용하여 학생들로 하여금 실험을 실시하도록 하였다. 실험은 고등학교의 실험실에서 실시하였고, 실험시간은 50분으로 조별로 실험을 실시하고, 보고서 작성을 위한 50분을 제공하여 2교시의 수업 시간 동안에 실험과 보고서의 작성을 완성하도록 하고, 이를 통해 학생들의 탐구 과정 기능과 실험기능 및 태도를 평가하였다. 평가 과정에서 나타난 학생들의 답을 채점하는 과정에서 일반적인 평가기준을 적용하기 쉽게 세부 채점 기준표를 개발하고, 일선 교사들과 협의하여 수정·보완하였다. 완성된 세부 채점 기준표는 부록에서 제시하고 있으며, 각각의 실험에서 학생들의 반응을 일반적인 평가기준을 적용하여 평가 예를 제시함으로써, 채점이 용이하도록 하였다. 세부 채점 기준표는 일반적 평가기준을 근거로 실제 실험의 과정에서 도출되는 여러 가지 탐구 과정 기능 중에서 학생들이 제시하는 답을 실례로 그 기준으로 삼았기 때문에 평가자가 좀더 쉽게 채점할 수 있을 뿐만 아니라, 학생들이 제시하는 답에 따라서 혹은 교사에 따라서 적절한 조정이 가능하다.

5. 평가 기준에 대한 타당도 및 신뢰도 검사

1) 탐구과정에 대한 일반적인 평가기준, 실험태도 및 기능에 대한 일반적인 평가기준의 타당도 검사

개발된 탐구 과정 기능의 일반적 평가 기준에 대한 타당도의 검사는 내용 타당도 검사를 실시하였으며, 이러한 내용 타당도는 검사내용 전문가에 의하여 검사가 측정하고자 하는 속성을 제대로 측정하였는가를 주관적으로 판단하는 것이다 (성태제, 2000). 개발된 평가도구에 대한 내용 타당도에 대한 검사에 앞서 일차적으로 개발된 탐구과정 기능의 일반적 평가기준을 과학교육을 담당하는 교수와 일선 고등학교 교사들과 협의하여 내용을 선정하고, 선정된 내용에 대한 수정과정을 거쳐 일반적인 평가기준을 완성하였으며, 완성 후에는 과학교육을 담당하는 교수 3명과 고등학교에서 생물을 담당하는 교사 8명을 대상으로 내용 타당도 검증을 위한 설문을 실시하였다. 설문에 응한 사람들의 교육경력은 20년 이상이 4명, 20년 미만이 5명, 10년 미만이 1명, 5년 미만이 1명이었다. 설문지의 내용은 부록에서 제시하고 있다. 이 설문을 토대로 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가

기준의 내용 타당도를 검증하였다. 내용 타당도는 상관계수와 같은 수량적 지수로 표현되지 않으므로(이종성 외, 1992), 타당도 검증의 결과를 수량적으로 표현하기 위해서 평가기준이 “매우 적절하다”고 판단되면 5점, “적절하다”고 판단되면 4점, “미흡하다”고 판단되면 3점, “부적절하다”고 판단되면 2점, “매우 부적절하다”고 판단되면 1점을 부여한 후 이들 점수를 평균하여 5점 만점에 대한 퍼센트로 나타내었다. 이를 위하여 5점은 100점으로, 4점은 80점, 3점은 60점, 2점은 40점, 1점은 20점으로 환산하여 이들 값의 평균을 구하였다.

이와 아울러 탐구 실험 과정에서 나타나는 학생들의 실험 태도와 기능을 평가하는 기준이 되는 실험태도에 대한 일반적인 평가기준과 실험기능에 대한 일반적인 평가기준에 대한 타당도 검사도 설문지를 이용하여 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가기준과 동일한 방법으로 타당도를 검증하였다.

2) 세부 채점 기준표에 대한 신뢰도 검사

본 연구에서 개발된 평가 기준이 평가자에 따라 얼마나 유사하게 측정되어지는가 하는 것은 중요한 문제이다. 오늘날 많은 학교에서 실시하는 수행평가의 어려움 중에서 객관성을 유지하는 문제는 매우 중요한데, 특히 대학 입시를 중요시하는 우리나라의 현실에 비추어 볼 때, 대학 입학 기준으로서 고등학교의 내신 성적을 중요시하는 오늘날 수행평가의 객관성과 신뢰성 문제는 공교육의 신뢰성 문제와 관련하여 매우 중요성이 높다. 신뢰도의 측정 방법에는 재검사 신뢰도나 동형검사 신뢰도를 측정하는 방법과 내적 일관성 신뢰도를 측정하는 방법이 있으나, 본 연구에서는 탐구과정 기능에 대한 일반 평가기준을 각 탐구실험의 평가에 적용할 수 있도록 개발한 세부 채점 기준표에 대한 채점자간 신뢰도를 측정하기 위해서 Cronbach(1951)가 고안한 공식을 이용하여 cronbach α 를 측정하였으며, 채점자에 따라서 얼마나 동일하게 채점하였는가를 확인하기 위해서 Karl Pearson(1896)의 적률 상관 계수를 구하였다. 성태제(2000)는 상관계수에 따른 상관관계의 언어적 표현을 표 6과 같이 제시하고 있다.

표 6. 상관계수에 따른 상관관계의 언어적 표현

상관계수의 범위	상관관계의 언어적 표현
.00 ~ .20	상관이 거의 없다.
.20 ~ .40	상관이 낮다.
.40 ~ .60	상관이 있다.
.60 ~ .80	상관이 높다.
.80 ~ 1.00	상관이 매우 높다.

신뢰도 측정을 위해서 선정된 실험주제와 교사용 실험안내서를 공통과학 실험 수업에 투입하고, 개발된 학생용 실험보고서를 이용하여 학생들 스스로 탐구실험을 진행하도록 하고, 실험보고서를 작성하도록 하여 그 결과를 세부 채점 기준표를 이용하여 채점하도록 하였다. 실험은 서귀포 소재 S고등학교 1, 2학년 학생을 대상으로, 학교 실험실에서 교과 수업시간을 이용하여 실시하였다. 탐구 실험을 진행하면서 자유롭게 토의와 실험을 실시하도록 하였고, 실험이 끝난 후 정리 시간을 부여하여 조별로 실험과정에 대해 토의를 거친 후 보고서를 작성하도록 하였다. 실험 시 교사는 학생들의 실험과정에 개입하지 않고 학생들 스스로 실험을 진행하도록 기구 및 재료의 준비만을 도와주었다. 실험 후 학생들의 보고서에 대한 채점을 실시하였다. 실험에 대한 채점은 세부 채점 기준표 및 개발된 평가도구를 이해하고, 실제로 고등학교에서 공통과학을 담당하는 생물교사 3명이 개발된 세부 채점 기준표를 이용하여 채점하도록 하였다. 적률 상관 계수나 cronbach α 의 측정은 이들의 채점결과를 이용 분석하였다. 각각의 교사는 채점과정에서 기준이 모호하거나, 불합리하다고 판단되는 평가 기준에 대해서는 협의를 거쳐 채점기준을 수정하면서 각자 다른 채점자와는 무관한 상태에서 채점을 실시하였다. 채점자들의 교육경력은 모두 생물 교과를 5년 이상 담당한 일선 고등학교의 생물 교사들이다.

6. 개발된 평가 도구의 검사 및 수정

본 연구의 목적 중 가장 중요한 것은 학생들의 탐구 과정 기능을 측정함에 있어서 객관적이고 신뢰도 높은 평가 기준을 제공함에 있으므로, 개발된 평가기준이 서로 다른 채점자에 의해 채점되어질 때 얼마나 객관적으로 평가할 수 있는가 하는 것이 가장 큰 관건이다. 본 연구에서 개발되어진 세부 채점 기준표는 학생들이 작성한 보고서를 주관적으로 평가하는 주관식 평가의 방법이므로 채점자들간

의 신뢰도를 분석하였고, 이를 위해 채점되어진 결과를 PC를 이용 입력하고, SPSS 통계 프로그램과 Microsoft Excel 프로그램을 이용하여 처리하였다(노형진, 1999). 그리고 동일한 보고서에 대한 각기 다른 채점자간의 채점 결과가 일치되는 정도 즉, 채점자간 상관관계를 분석하기 위해서 Pearson의 적률 상관계수를 구하였는데, 8개의 주제에 대한 실험보고서에 대한 채점 결과를 이용하여 채점자간 상관계수를 구하였다.

개발된 평가기준에 대한 타당도와 신뢰도를 측정하는 과정에서 나타난 오류나 채점기준에 빠져있는 내용은 과학교육을 담당하는 교수의 자문을 구하고, 일선 고등학교 교사들과 협의하여 수정하였으며, 신뢰도와 채점자간 상관계수가 지나치게 낮은 문항의 경우, 이들과 논의하여 채점 기준을 명확하게 개선 및 수정하였다.



IV. 결과 및 고찰

1. 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용타당도

탐구과정 기능을 평가하기 위해 개발되어진 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가 기준(표 3)이 적절한 평가의 기준이 되는지에 대한 내용 타당도를 검증한 결과는 표 7과 같이 나타났다.

표 7. 탐구과정 기능에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도

탐구과정기능	내용타당도 (%)
가설설정하기	89
실험설계 및 변인통제하기	89
관찰하기와 측정하기	91
자료 해석하기	87
결론	95
평가	91
평균	90.3

내용 타당도를 항목별로 보면 탐구 과정 기능의 항목 중에서 결론이 95%로 가장 높았으며, 자료 해석하기 항목에서 87%로 가장 낮았다. 그리고 이들 평균값은 90.0% 이상이었다. 이러한 결과는, 이종기(1988)의 연구에서 83%, 이연우 등(1991)의 85%, 이항로 등(1994)의 89% 및 강순희 등(2000)의 84%~98%와 비교해 볼 때 비슷하거나 비교적 높은 값을 보였으며, 이것은 탐구 과정 기능의 각 항목에 대한 내용 타당도가 높음을 알 수 있었고, 평가기준이 적절하게 평가하고 있음을 알 수 있었다.

2. 실험기능에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도

실험 기능에 대한 일반적인 평가기준이 학생들이 실험을 수행하는 과정에서 실험 기능을 적절하게 평가할 수 있도록 개발되었는가에 대한 내용 타당도를 검증한 결과 표 8과 같이 나타났다.

표 8. 실험 기능에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도

평가자	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	평균
평가 점수	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	2	4.18
환산 점수	100	100	100	100	100	100	80	80	60	60	40	83.6

실험 기능에 대한 일반적인 평가기준을 평가하기 위하여 개발된 일반적인 평가 기준에 대한 내용타당도의 값은 83.6%이었으며, 강순희 등(2000)의 보고에서는 88%로 나타났다. 일반적으로 타당도가 80% 이상이면 적절하다고 받아들여진다(이종기, 1988; 이항로 외, 1994; 남정희, 1996). 따라서 본 연구의 실험 기능에 대한 일반적인 평가기준의 내용 타당도는 적절하다고 사료된다.

3. 실험 태도에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도

실험 과정을 통해 학생들의 실험 태도를 평가하기 위해 개발된 실험 태도에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도를 검증한 결과 표 9와 같이 나타났다.

표 9. 실험 태도에 대한 일반적인 평가기준에 대한 내용 타당도

평가자	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	평균
평가 점수	5	5	4	5	5	5	5	4	3	5	4	4.54
환산 점수	100	100	80	100	100	100	100	80	60	100	80	90.9

본 연구에서 개발된 실험 태도에 대한 일반적인 평가기준의 내용 타당도는 90.9%로 나타났다. 이는 강순희 등(2000)의 연구에서 보여진 100%보다는 낮은 값이지만, 실험 기능에 대한 일반적인 평가기준에서와 마찬가지로, 내용 타당도가 80%보다 높기 때문에, 실험 태도에 대한 일반적인 평가기준도 학생들의 실험 태도를 평가하는데 적절한 타당도를 갖고 있다고 볼 수 있다.

4. 세부 채점 기준표에 대한 채점자간 신뢰도 및 상관계수

세부 채점 기준에 대한 채점자간 신뢰도와 채점자간 상관계수는 표 10에 제시되어 있으며, 세부 수치는 부록에서 제공하고 있다. 개발된 세부 채점 기준표에

의한 채점에서, 모든 항목의 채점자간 신뢰도가 0.82이상으로 나타나고 있으며, 탐구 과정 기능별 신뢰도의 평균값은 표 10에서 제시되고 있고 전체 채점자간 신뢰도의 평균값은 0.92였다. 이는 이연우 등(1991)의 연구에서 0.96, 남정희(1996)의 0.95보다는 낮으나, 이종기(1988)의 0.86, 이항로(1994)의 0.84 및 김미경 등(1996)의 0.75보다는 높은 값이며, 일반적으로 신뢰도는 0.90이상이면 높다고 생각하고, 0.80이상이면 비교적 높은 편으로, 0.70이상이면 만족스럽다고 하고 0.70 이하이면 낮은 신뢰도를 나타낸다(남정희, 1996). 따라서 개발된 세부 채점 기준표에 대한 채점자간 신뢰도의 전체 평균값이 0.92이므로 본 연구에서 개발한 세부 채점 기준표에 대한 채점자간 신뢰도는 높다고 판단된다.

표 10. 세부 채점 기준표에 대한 채점자간 신뢰도 및 상관계수

탐구과정 기능	평가자간 신뢰도 평균값 (Cronbach α)	채점자간 상관계수 평균값 (적률 상관 계수)
가설 설정하기	0.92	0.83
실험설계 및 변인통제	0.93	0.86
관찰하기 와 측정하기	0.91	0.79
자료 해석하기	0.91	0.81
결론	0.93	0.84
평가	0.92	0.81
평균	0.92	0.82

성태제(2000)는 채점자간 상관계수가 0.40이상이면 상관이 있는 것으로, 0.60이상이면 상관이 높은 것으로, 0.80이상이면 상관이 매우 높은 것이라고 하였다.

본 연구에서 실시한 세부채점 기준표를 이용한 학생들의 보고서 채점 결과에 대한 채점자간 상관계수의 평균값은 실험설계 및 변인 통제가 0.86으로 가장 높았고, 관찰하기와 측정하기가 0.79로 가장 낮게 나타났으며, 평균값은 0.82이상이었다. 이는 남정희(1996)의 보고에서 .81이상으로 나타나고, 강순희 등(2000)의 연구에서 나타나는 0.61이상의 값과 비교해서 비슷하거나 높은 수준으로 판단된다. 그러므로 세부 채점 기준표를 이용한 평가에서 채점자간 상관은 매우 높은 것으로 사료된다.

V. 적 요

본 연구는 수행평가를 위해 고등학교 공통과학 교과 중 생물분야에서 탐구 실험 평가를 통해 탐구능력을 평가하기 위한 객관적이고, 신뢰도 높은 평가 도구를 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.

이를 위하여 고등학교에서 채택된 11종 공통과학 교과서의 탐구·실험 내용과 관련된 8가지 주제에 대한 탐구 실험을 개발하고, 실험 과정을 평가하기 위해 탐구 과정 기능을 6단계로 나누어 이를 평가하기 위한 일반적 평가기준, 실험 태도 및 기능에 대한 일반적인 평가 기준을 개발하고 타당도를 측정하였다.

이와 아울러 실제 탐구 실험에서 나타나는 다양한 학생들의 응답에 대한 평가의 기준으로서 세부 채점 기준표를 개발하여, 세부적인 평가 예를 제시하였으며, 채점자간 신뢰도와 상관계수를 측정하였으며, 학교 현장에서 개발된 평가도구를 쉽게 이용할 수 있도록 교사용 실험안내서와 학생용 실험 보고서를 개발하였다.

본 연구에서 개발된 수행평가를 위한 탐구 실험 평가도구는 공통과학 교과의 생물분야에서 실험시간을 이용하여 학생 스스로 가설을 세우고 이를 해결하기 위해 실험을 설계하고, 자료를 측정하고 해석하여 결론을 도출하는 실험과정을 평가할 수 있도록 하였다. 그리고 최근에 고등학교에서 강조되어지는 수행평가의 가장 큰 문제점인 객관성을 높임으로써, 학생과 학부모에게 신뢰받을 수 있는 평가의 기준을 마련했다는 점에서 중요하다고 생각된다. 또한 실험평가의 활성화는 학생들의 탐구력 향상에도 긍정적인 효과가 있으리라 예상되어지며 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- 강순희·남정희·박종윤·최병순. 2000. 중학교 과학 탐구 실험 수행평가 도구. 이화여대 출판부.
- 권재술·김범기. 1994. 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지. 14(3). pp.251~264.
- 교육부. 1992. 교육과정.
- 교육부. 1997. 과학과 교육과정.
- 김미경·오희균·박종원. 1995. 물리 탐구 실험의 평가를 위한 도구의 개발과 분석. 한국과학교육학회지. 16(1). pp51~60.
- 김양현. 1999. 탐구적 일반화학 실험에 대한 평가준거 개발. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김정화. 1993. 최신과학교육. 학문사. pp17~66. p121.
- 김창식·이화국·권재숙·김영수·김찬중. 1993. 과학학습평가. 2판. 교육과학사.
- 김현식. 1986. 중학교 과학 생물실험의 탐구적 지도 및 평가방안의 연구. 전북대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김현재. 1998. 과학과 열린교육. 교육과학사.
- 남정희. 1996. 화학실험에서 탐구 과정기능의 평가도구 개발. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 노형진. 1999. 한글SPSSWIN에 의한 조사방법 및 통계분석. 형설출판사.
- 박승재·조희영. 1995. 과학론과 과학교육. 교육과학사.
- 박호순·홍후조. 1999. 교육과정과 교육평가. 문음사. pp480~496
- 백순근. 1997. 수행평가의 이론과 실제. 한국교육평가연구회 학술세미나 논문 발표집. pp3~42.
- 백순근. 1999. 수행평가의 이론과 실제. 원미사. pp.344~349.
- 성태제. 2000. 타당도와 신뢰도. 양서원.

- 우종옥·이항로·이경훈. 1991. 대학수학능력 시험의 수리·탐구 영역 중 지구과학 교과에 관련된 탐구능력 측정을 위한 행동 요소의 추출과 평가 목표의 상세화 연구 I. 한국과학교육학회지. 11(1). pp.83~96.
- 우종옥·이경훈. 1995. 과학 관련 태도의 타당한 측정을 위한 연구(I). 한국과학교육학회지. 15(3). pp.332~348.
- 우종옥·이항로·김승훈. 1997. 과학실험 평가도구 개발을 통한 탐구능력 평가의 타당화에 관한 연구. 한국과학교육학회지. 17(1) 65~73
- 이기종·이광호·이종철·김자홍. 1989. 과학교육 개선을 위한 실험모델 제작에 관한연구(I). 과학교육연구. 9(2). pp.13~28.
- 이돈희·허경철·백순근·김신영·채선희. 1997. 국가 공통 절대 평가기준 활용 방안 연구. 한국교육개발원.
- 이범홍. 1997. 과학교과연구. 한국교육개발원.
- 이연우·우종옥. 1991. 과학탐구능력 측정을 위한 표준화 검사지 개발. 한국과학교육학회지. 11(1). pp.59~72.
- 이종기. 1988. 고등학생의 과학 탐구능력 측정을 위한 평가도구 개발. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 이종성·강봉규·한종철. 1992. 교육심리 측정·평가. 종각출판사.
- 이항로·우종옥. 1994. 고등학생의 지구과학 탐구능력 측정을 위한 평가도구개발. 한국과학교육학회지. 15(1). pp.92~103. 1991.
- 정건상. 1991. 고등학교 생물과 탐구 학습의 실태 조사와 문제점 분석. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 정완호. 허명. 윤병호. 1994. 국민학생의 과학적 태도 측정을 위한 도구의 개발. 한국과학교육학회지. 14(3). pp.265~271.
- 정충덕·박행신. 1995. 고등학교 생물과 실험실습의 현안과 개선방안에 관한 연구. 한국생물교육학회지. 23(2). pp.157~172.
- 조희영. 1992. 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습지

- 도 방법에 관한 연구. 한국과학교육학회지.12(1). pp.61~73.
- 조희영·이문원·조영신·지찬수·강순희·박종윤·허명·김찬중. 1994. 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 I. 한국과학교육학회지. 15(1). pp.54~67.
- 조희영·이문원·조영신·지찬수·강순희·박종윤·허명·김찬중. 1995. 고등학교의 과학적 탐구력 신장을 위한 과학 학습지도 방법과 자료의 개발에 관한 연구 II. 한국과학교육학회지. 15(2). pp.133~148.
- 한기영. 1987. 고등학교 생물교재의 탐구활동에 대한 분석 및 개선 방안에 관한 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 한국교육과정평가원. 1998. 국가 교육과정에 근거한 평가 기준 및 도구 개발 연구. 연구보고 RRE98-3-7.
- 한국교육과정평가원. 1999. 고등학교 공통과학 평가 방법 개선 방안. 연수자료 CRE 99-1-6.
- 허명. 1984. 과학 탐구 평가표 개발. 과학교육학회지. 4(1). pp.57~65.
- 허명. 1987. 탐구학습의 이론과 실제. 과학교육. 4월호(24). pp.22~27.
- 허명. 1992. 탐구적 실험 실습지도. 교육과학사. pp.237~243.

<Abstract>

The Development of an Evaluation Instrument for Performance Assessment of common science(biology) Inquiry Experiment

Yang, Soon-Tack

Major in Biology Education
Graduate School of Education, Cheju National University
Jeju, Korea

Supervised by Professor Chung, Choong-Duk

The purpose of this study is to develop an assessment instrument to evaluate students' process skills through science experiments for the performance assessment.

Prior to the development of an evaluation instrument we chose 8 general experimental subjects which are related a lot with the process skills and experiments among 11 kinds of textbooks selected by high schools. To evaluate inquiry process skills, functions of process skills were divided into 6 category. General assessment criteria for each function and criteria for the experiment attitude and experimental skills were developed. The content validity of the general assessment was used for the analysis. Content validity of general assessment criteria of process skills ranged from 87% to 95%. General assessment criteria of attitude toward the experiment and experimental skills were 84% and 91%.

Experiment guidebook for teachers and form of experiment report for students were developed to measure inquiry ability, which were used for the experiment. Specific assessment criteria was developed from the general criteria apt to make it easy to check students' experiment report. In the assessment of specific assessment criteria, the average of inter-rater reliability ranged 0.92, and the average of inter-rater correlation coefficient ranged 0.82.

* A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Education, Cheju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education in August, 2001.

공통과학 교과서에서 제시된 생물관련 실험·탐구 활동의 내용

출판사	단원명	실험·탐구 내용
(주)지학사 (성해분 외)	생물에너지	빛의 세기와 광합성 빛의 파장과 광합성 세포 호흡시 발생하는 에너지 기초 대사량의 측정 하루에 필요한 에너지 조사 표준 영양 권장량 생태계에서의 에너지 흐름 에너지 피라미드와 에너지 효율 영양소의 소화 위의 소화에 관한 버먼트의 실험 영양소와 건강 혈관과 혈액순환 혈액의 구성과 빈혈 호흡횟수와 맥박수의 관계 오줌의 형성
	생태계에서의 에너지 흐름 영양과 건강	자극과 반응 자극의 이동경로 신경의 흥분전도 속도 측정 뇌의 기능 자율신경계의 기능 피드백에 의한 호르몬의 분비 조절 스트레스의 영향 정자의 생김새와 운동 사람의 생식 세포 형성 여성의 생식 주기 사람의 초기 발생
생식	유전	멘델의 완두 교배 실험 및 결과 동물에 대한 멘델의 가설 적용 실험 유전자와 염색체의 행동 비교 유전형질의 조사 혈액형의 유전 원리 지문 유형 및 지문의 가계도 조사 사람 염색체의 모형도로 성염색체 찾기 성염색체의 비분리 현상
	생명과학	인간 계몽의 연구 생명 과학의 응용 분야 조사
대한교과서 (최동형 외)	에너지 여행	식물은 어떻게 빛에너지를 이용하고 있을까? 운동량과 이산화탄소 발생량과는 어떤 관계가 있을까? 에너지피라미드를 어떻게 만들 수 있는가?
영양과 건강	식품에 들어 있는 영양소를 찾아보자 우유는 모든 영양소를 포함하고 있을까? 침에 의해 녹말은 어떻게 소화되는가?	
자극과 반응	협심증의 증상은 어떠하며 치료는 어떻게 하는가? 맹점과 잔상을 확인해 보자 주파수의 비교 호흡은 어떻게 조절되는가? 체온은 어떻게 조절되는가?	
새 생명의 탄생	성 호르몬 분비 과정에는 어떤 차이점이 있는가? 사람의 생식세포는 어떻게 형성되는가? 멘델은 누구일까? 우리들은 어떤 형질을 가지고 있을까?	
생명 공학의 오늘과 내일	겸형적혈구 빈혈증은 왜 사라지지 않을까? 인슐린은 어떠한 과정을 거쳐 생산될까? 생명공학의 발달 과정은 어떠했을까? 유전공학에는 어떤 문제가 있을까?	

출판사	단원명	실험·탐구 내용
<p>학습개발사 (김수용 외)</p>	<p>생물에너지</p> <p>에너지의 흐름과 보존</p> <p>영양과 건강</p> <p>자극과 반응</p> <p>사람의 생식</p> <p>사람의 유전형질</p> <p>현대과학과 기술</p>	<p>광합성과 환경요인 빛과 광합성 공의 싹트기와 온도 지구상에서의 에너지 흐름 어항 생태계의 에너지 흐름 호수 생태계의 에너지 흐름 카이바브 고원의 사슴 개체수 변동 강 유역의 생태계 오염 침의 소화작용 모세 혈관과 혈액의 흐름 심장과 혈관의 구조 호흡 운동의 원리 신장의 구조 및 역할 심장 질병과 음식물과의 관계 조사 간과 신장의 기능 자극에 대한 생물의 반응 신경계에 의한 자극의 전달 냉점과 온점의 분포 조사 신경계 사람의 반응 시간 조사 인체의 항상성 유지 질병과 관련이 있는 호르몬 생식 세포 형성 과정 여성의 월경 주기 태아의 성장과 기관의 발달 신체의 특성에 관한 변이조사 사람의 유전형질 조사 빅토리아 여왕의 혈우병 가계도 유전인가, 환경인가? 사람의 핵형 완성하기 핵형 분석과 다운 증후군 생명공학</p>
<p>한샘출판(주) (권재술 외)</p>	<p>영양과 건강</p> <p>자극과 반응</p> <p>생식</p> <p>유전</p> <p>생물에너지</p> <p>에너지 흐름과 보존</p>	<p>비타민의 발견과 이름짓기 영양소의 검출반응 효소의 반응 속도와 온도와의 관계 효모가 하는일 대뇌의 자우 반구가 하는 일 눈의 거리 감각 자극에 대한 반응의 빠르기 호르몬에 의한 혈당량 조절 체온의 조절 남녀 생식 세포 형성의 차이점 호르몬에 의한 생식 주기의 조절 호르몬에 의한 임신과 분만의 조절 수태 조절과 성의 윤리 유전자와 염색체 사람의 유전 형질 꽃불 형태의 유전 형질 적록 색맹의 유전 형질 광합성에 미치는 빛의 영향 빛의 세기와 광합성 식물의 호흡 빛의 파장에 따른 광합성 효과 에너지 보존 법칙과 마이어 에너지의 전환 과정 호수 생태계의 에너지 흐름</p>

출판사	단원명	실험·탐구 내용
한샘출판(주) (권재술 외)	에너지 흐름과 보존 생물농축 생명과학	여러 모형 집의 단열 효과 인체에 해로운 금속 먹이 연쇄에 따른 생물 농축 생물 농축의 지속성 무공해 살충제 인간의 유전자를 모두 알아낸다면? 인공 심장 박동기의 이용 효과
동아서적(주) (한복수 외)	영양과 건강 자극과 반응 생식 유전 현대 과학과 기술 생물에너지 에너지의 흐름과 보존 생태계에서의 에너지 흐름과 보존 생물농축	음식물 속에는 어떤 영양소가 들어 있을까? 침은 어떤 작용을 할까? 비만으로 인한 사망률은 얼마나 될까? 담배 연기 속에 든 물질과 특징은 무엇일까? 흡연은 폐의 상피 조직 세포에 어떤 영향을 미칠까? 흡연은 암 발생 및 사망률에 어떤 영향을 미칠까? 연령과 체중 및 혈압과는 어떤 관계가 있을까? 신장병에 걸린 사람들은 어떤 생활을 할까? 맛 자극은 하나의 감각 기관에서만 받아들일까? 자극의 변화는 어느 정도나 감지할 수 있을까? 마반족의 청각 우리의 감각은 정확할까? 신경은 흥분을 얼마나 빨리 전달할까? 음주운전은 왜 위험할까? 신경계를 자극하는 독가스 사린 당뇨병과 호르몬은 어떤 관계가 있을까? 호르몬의 분비량은 어떻게 조절될까? 사람의 생식 세포는 어떻게 형성될까? 여성의 생식 주기는 어떻게 조절될까? 정자와 난자는 어떻게 수정될까? 임신이란 어떠한 현상일까? 태아는 어떻게 세상에 태어날까? 사람의 유전 형질은 어떤 유전형질에 의해 결정될까? 원손잡이의 유전은 어떻게 될까? 세 아이의 부모를 찾을 수 있을까? 적아 세포증 사람의 성은 어떻게 결정될까? 어떤 경우에 색맹이 될까? 성 전환 수술 다운 증후군은 왜 생기는 것일까? 1관성 쌍생아와 2관성 쌍생아의 차이는 무엇일까? 유전자 재조합에 의한 인슐린 생산 원리는 무엇일까? 생명 공학의 활용과 전망은 어떠한가? 인체에서 대체할 수 있는 인공장기는 어떤 것이 있을까? 광합성에서 빛, 물, 이산화탄소는 왜 필요할까? 빛의 세기에 따라 광합성량은 어떻게 변할까? 라면 한 개 속에 들어 있는 열량은 얼마나 될까? 생활 활동에 따른 소모 열량은 얼마나 될까? 태양 복사에너지는 전환되어 어떻게 이용될까? 물레방아는 어떻게 일을 할까? 에너지를 생산하는 메탄균 초원 생태계의 에너지 흐름은 어떻게 이루어질까? 생태 피라미드는 영양 단계에 따라 어떻게 변할까? 생태계에서 물질 순환과 에너지 보존은 어떻게 이루어질까? 미나마타 병은 어떤 피해를 주었을까? 미나마타 병으로 인한 사회적 손실은 얼마나 될까? 생물농축은 어떻게 일어날까?

출판사	단원명	실험·탐구 내용
금성출판사 (김시중 외)	생물 에너지 이용	빛의 세기는 광합성률을 어떻게 변화시킬까? 식물은 녹색 빛을 싫어한다? 한 끼 식사에 들어 있는 에너지량은 얼마나 될까? 나의 기초 대사량은 얼마나 될까? 나의 하루 생활에 필요한 에너지량은 얼마일까? 먹이 연쇄와 먹이 그물 알아보기 호수 생태계에서의 에너지 흐름 마찰력이 작용할 때 에너지는 어떻게 전환되는가? 에너지는 어떻게 전환되는가?
	에너지 흐름과 보존	음식물에 들어 있는 영양소 검출하기 소화가 잘 되려면? 순환계가 밝혀지기까지 폐의 구조가 가스 교환에 알맞은 점은? 땅콩에서 발생하는 에너지는 얼마나 될까? 우리의 눈은 모든 것을 볼 수 있을까? 시각 자극에 대한 반응 시간 무릎 반사는 어떤 경로를 거쳐 일어날까? 사람의 주요 호르몬과 작용 호르몬에 의한 혈당량 조절 사춘기에 어떤 신체적 변화가 일어날까? 정자와 난자는 어떻게 형성될까? 월경 주기로 무엇을 알 수 있을까? 수정은 어떤 의미가 있을까? 태아는 영양분을 어떻게 섭취할 수 있을까? 모유와 우유 중 어느 것을 먹일까? 한 쌍의 대립 형질 유전 모의 실험 두 쌍의 대립 형질 유전 모의 실험 보조개는 어떻게 유전 되는가? 색맹은 어떻게 유전 되는가? 혈액형 유전의 조사 다른 생물체에게까지 농축되는 살충제 DDT와 말라리아 품종 개량 방법은 어떻게 발전해 왔을까?
	영양과 건강	
	자극과 반응	
	생식	
	유전	
	생물농축	
(주)천재교육 (우규환 외)	생물에너지	광합성과 빛의 세기 빛의 파장에 따른 광합성 효과 운동의 종류와 호흡수의 관계 활동의 종류와 1일 대사량 먹이 연쇄와 에너지의 흐름 여러가지 에너지의 전환 영양소의 검출 침의 소화 작용 혈액의 순환 흡연과 건강 신장의 기능 질병과 건강 관리 피부의 압점 분포 자극과 반응의 경로 호르몬에 의한 체온의 조절 작용
	에너지의 흐름과 보존	
	영양과 건강	
	자극과 반응	
	생식	사람의 생식 세포 수정과 배의 발생 생식 주기의 조절 태아의 성장과 분만 사람의 유전형질 보조개의 유전 색맹 유전
	유전	
생물농축	DDT의 생물 농축	

출판사	단원명	실험·탐구 내용
(주)진재교육 (유규환 외)	생물농축 생명과학	중금속의 생물 농축 생명 공학의 이론적 배경 대장균에 의한 인슐린의 생산
교학사 (송인명 외)	생물에너지 에너지의 흐름과 보존 영양과 건강	광합성과 빛의 세기 호흡 기초대사량 에너지의 흐름 에너지 자원의 소비 유기 영양소의 검출 침 속에 있는 소화 효소의 작용 혈액의 순환 경로와 혈압 폐의 가스 교환과 흡연의 영향 신장에서 배설 과정 성인의 영양소 권장량과 섭취율 담배와 술의 해로운 영향
	자극과 반응 생식 유전 먹이사슬과 생물농축 생명과학	눈과 사진기의 구조 및 기능 피부의 압점 분포 조사 자극과 반응의 경로 반응의 소요 시간 조사 갑상선 호르몬의 분비 조절 작용 젓 분비 조절 사람의 생식 세포 형성 여자의 생식 주기 수정 과정 분만 과정 유전자와 염색체의 관계 사람의 신체적 특성에 관한 유전 형질 꽃봉 형태의 유전 형질의 가계도 피부 색깔의 유전 생물농축 농약의 영향 염색체 조작 기술을 이용한 품종 개량 단일 항체를 생산하는 방법 인공장기 생명공학과 산업
(주)교학사 (강만식 외)	생물 에너지 에너지의 흐름과 보존 영양과 건강 자극과 반응 생식 유전	광합성과 호흡은 어떤 관계가 있을까? 우리의 활동량과 에너지 권장량의 관계는 어떠할까? 먹이 연쇄에서 에너지 효율은 어떻게 변할까? 태양에서 방출된 에너지는 어떤 에너지로 전환될까? 우리 주변에서 에너지가 전환되는 예에는 어떤 것들이 있을까? 화학발전과 에너지 효율 음식물에는 어떤 화합물들이 들어 있을까? 침 아밀라제의 소화 작용에 영향을 미치는 요인은 무엇일까? 동맥경화는 왜 일어나며 우리 몸에 어떤 영향을 미칠까? 폐의 기능을 알아보기 위해서는 어떻게 하면 좋을까? 신장에서 노폐물의 배출은 어떻게 이루어질까? 자극에 대한 반사 운동은 얼마나 빨리 일어날까? 피부의 촉각 수용체는 얼마나 조밀하게 분포되어 있을까? 온각과 냉각 수용체는 어떻게 분포되어 있을까? 물체까지의 거리는 어떻게 느낄 수 있을까? 정자와 난자의 유전자 조성은 왜 달라질까? 월경주기는 무엇이며, 임신 가능 기간은 예측할 수 있을까? 눈으로 볼 수 있는 형질은 어떻게 유전될까? 눈으로 볼 수 없는 형질은 어떻게 유전될까? 성비는 어떻게 결정될까? 혈우병은 어떻게 유전될까?

출판사	단원명	실험·탐구 내용
(주)교학사 (강만식 외)	생물농축 생명과학	미나미타 병의 원인은 무엇이었을까? 생명 공학이란 무엇을 일컫는 것일까?
(주)두산 (강영희 외)	생물에너지 에너지의 이동과 보존 영양과 건강	녹색 잎의 색소 분리 산화와 세포내 호흡 먹이 연쇄와 에너지 이동 에너지 전환과 보존 흡수하는 물질과 배설하는 물질 영양소와 에너지 신장·체중과 비만 막을 통한 물질의 이동 혈액의 순환 질병의 원인 혈액의 방어작용 혀의 미각 분포
	자극과 반응 생식	자극과 반응의 경로 운동시 맥박수와 호흡수의 변화 호르몬의 기능 사람의 배우자 형성 월경 주기와 호르몬의 조절 수정 과정 사람의 배의 착상 아기의 분만
(주)두산 (장남기 외)	유전 생물농축 생명과학	사람의 염색체 유전자가 있는 곳 사람의 유전 형질 ABO식 혈액형의 유전 사람의 유전병 농약 사용의 문제점 PCB가 생물에 미치는 영향 생명 과학의 발달과 그 영향 대장균에 의한 사람의 인슐린 생산 당근의 조직 배양 쥐의 림프구와 암세포의 세포 융합 생명 공학으로 생겨나는 물질
	생물에너지란 무엇인가? 자연계에서 에너지는 순환하는가? 섭취한 음식물은 어떻게 될까? 우리 몸은 변화에 어떻게 대처하나? 생식은 어떻게 이루어지나? 아이는 왜 부모를 닮을까? 물 속의 오염 물질은 어떻게 될까? 생명 과학은 무엇이며 어떻게 응용되는가?	생물에너지 획득과 이용에 대한 자료 해석 가축의 바이오가스 생성에 관한 자료 해석 생태계의 에너지 흐름에 관한 자료 해석 자연계의 에너지 종류와 전환에 대한 조사 에너지 절약에 관한 조사·토의 영양소 검출 실험 소화 효소의 작용에 대한 실험 이상적인 체중으로 건강 상태 예측 자극 수용에 관한 실험 호르몬의 기능에 대한 자료 해석 체액의 항상성에 관한 자료 해석 세포 분열에 대한 자료 해석 사람의 생식 세포 형성에 관한 자료 해석 인위적 출산 조절에 관한 조사·토의 사람의 유전 형질 조사 손잡이 유전의 가계도에 대한 자료 해석 유전 형질 결정에 관한 모형 실험 살충제 생물 농축에 관한 자료 해석 중금속 오염과 공해병에 대한 토의 생명과학의 의미에 대한 조사 생명 과학의 응용에 관한 조사·토의

세부 채점 기준표 I (빛의 세기와 광합성)

■ 탐구과정기능 평가

○ 가설 설정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진구와 물품간의 거리가 증가할수록 빛의 세기가 감소할 것이다. ○ 광합성은 온도와 이산화탄소의 농도에 영향을 받을 것이다. ○ 이산화탄소의 농도가 낮아지면 광합성 속도가 감소할 것이다. ○ 온도가 너무 높거나 낮으면 광합성이 거의 일어나지 않을 것이다. ○ 빛의 세기가 셀수록 광합성 속도가 증가할 것이다. ○ 온도가 증가할수록 광합성 속도가 증가할 것이다.
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4	
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어떤 것을 측정하고, 어떤 조건을 달리 하면서 실험할 것인지에 대한 언급이 전혀 없다. ○ 가설을 검증하기 위해 일정하게 유지시켜야 하는 통제변인에 대한 설명이 언급되어 있지 못하다. ○ 장치에 관한 설명이 시범 실험을 모방할 뿐, 어떤 것을 측정해야 하는가에 대한 언급이 없다. ○ 광원 이외의 빛 차단이나, 온도 상승을 막기위한 장치에 대한 언급이 없다. ○ 실험절차와 독립변인 통제변인에 대하여 바르게 설명하고 있다.
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못 되었다.	8	
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안 한다.	10	

○ 관찰하기와 측정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단순한 관찰의 결과만 제시한다. ○ 빛의 세기가 약해지면 광합성 속도가 감소한다. ○ 가설 검증에 필요한 충분한 양의 자료가 수집되지 않았거나, 실험설계에서 제시하고 있는 측정값과 다른 물리량을 제시한다. ○ 측정 방법이 잘못 되었고, 단위에 대한 설명이 빠져 있거나, 잘못 되어 있다. ○ 시간, 온도, 광합성량(기포의 발생, 물기둥의 상승) 중 한가지 자료에서 오류나 누락이 발생한다.
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나. 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	
○ 가설검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	

○ 자료 해석하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	○ 단순히 관찰한 내용을 적는다.
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환 시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	○ 표로 제시된 결과값을 그래프로 나타내지 못한다.
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	○ 제시한 그래프나 표가 관찰 측정된 결과를 바르게 표현하지 못한다.
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	○ 표나 그래프로 전환시 눈금의 간격이나 단위 등의 오류로 결과에 대한 해석이 곤란하다.
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	

○ 결론

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	○ 실험 결과를 자신의 지식과 연관시켜 관찰 결과를 확대 혹은 축소 왜곡 한다.
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	○ 변인과 결론을 연관시키지만 논리적으로 부적절하다.
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	○ 막연한 결론을 내리며, 논리적으로도 부적절하다.
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석 하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	○ 구체적인 결론을 도출하지만, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	

○ 평가

평가요소	배점	평가예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	○ 가설과 결론을 비교하나 실험결과를 확대, 축소 혹은 왜곡하여 부적절한 평가가 이뤄진다.
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	○ 가설과 비교하여 결론이 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 제시하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	○ 실험 과정상의 문제점 중 일부를 제시하고, 개선 방안을 제시한다.
○ 실험의 전과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 추가 실험을 제시하지만 구체적이지 못하다.
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.

세부 채점 기준표Ⅱ (광합성 색소 분리)

■ 탐구과정기능 평가 ○ 가설 설정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	○ 나뭇잎은 광합성을 위해 녹색 색소를 가질 것이다.
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4	○ 크로마토그래피 용지를 이용하면 식물의 색소를 분리할 수 있을 것이다.
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	○ 잎의 색은 광합성에 주로 이용되는 색소들이 혼합되어 있을 것이다.
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	○ 잎의 색은 크로마토그래피나 전개액의 종류에 따라 다르게 분리되어질 수 있다.
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	○ 식물의 잎의 색이 다른 것은 엽록소를 구성하는 색소의 구성이 다르기 때문이다.

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	○ 자신의 가설을 검증하기 위해 필요한 다양한 재료의 준비가 부족하다.
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	○ 어떻게 장치하고 어디서 어디까지의 거리를 측정할 것인지에 대한 언급이 없고, 시범실험의 장치만을 설명하는 수준이다.
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	○ 장치에 대한 설명은 적절하나, 전개가 끝난 후 어떤 것을 측정해야 하는지에 대한 구체적인 언급이 없다.
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못되었다.	8	○ 실험절차 중 용지가 벽에 닿지 않도록 한다거나, 출발점을 표시하는 등 세부적인 것에서 오류가 있다.
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10	○ 실험절차와 독립변인 통제변인에 대하여 바르게 설명하고 있다.

○ 관찰하기와 측정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2	○ 분리된 색의 종류만을 단순히 제시한다.
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	○ 재료의 종류에 따른 색소의 구성을 관찰하고, 색소 구성의 차이만을 설명한다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	○ 색소에 따른 전개율이 다른 것을 관찰 측정하였으나, 측정 방법이 잘못 되었거나, 전개율에 따른 색소의 구분에 오류가 있다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모은다. 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	○ 전개율을 측정하였으나, 이를 이용하여 재료별로 같은 색소인지 다른 색소인지 구분하지 않는다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	○ 재료별로 색소의 종류와 색소별 전개율을 측정하여 색소의 종류가 동일한지 여부를 판단할 수 있는 자료를 수집한다.

○ 자료 해석하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	○ 단순히 색소의 차이를 관찰한 내용을 쓴다.
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	○ 다른 색소를 갖고 있었다. ○ 전개율의 차이를 확인하였으나, 이를 이용 색소의 차이를 유도하지 않는다.
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	○ 계산된 전개율을 이용하여 색소를 구분하였으나, 전개율의 계산에서 오류가 발생한다.
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	○ 전개율 차이를 이용하여 식물의 종류에 따른 색소의 차이와 공통점을 확인하나 부분적 오류가 있다.
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	○ 식물의 종류별로 어떤 색소가 나타나는지 색깔과 전개율을 이용하여 색소를 구분한다.

○ 결론

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	○ 가설과 비교 없이 실험 결과를 관찰한 내용만을 적고 있다.
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	○ 식물의 잎에는 노란색도 들어있었다. ○ 변인에 따른 결론을 내리지만, 논리적으로 부적절하다.
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	○ 광합성을 하는 식물들의 색소는 비슷하다.
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	○ 식물의 잎은 네 가지 색소로 이뤄진 녹색 색소를 가지고 있다.
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	○ 구체적인 결론을 도출하지만, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.

○ 평가

평가요소	배점	평가예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	○ 가설과 결론을 비교하나 실험결과를 왜곡하여 부적절한 평가가 이뤄진다.
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	○ 가설과 비교하여 결론이 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 제시하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	○ 실험 과정상의 문제점 중 일부만을 제시하고, 이의 개선 방안을 제시함.
○ 실험의 전 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	○ 추가 실험 및 개선 방안에서 오류가 발생한다. ○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 추가 실험을 제시하지만 구체적이지 못하다.
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.

세부 채점 기준표Ⅲ(소화효소의 작용)

■ 탐구과정기능 평가

○ 가설 설정하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	○ 온도의 변화와 pH의 변화는 효소의 구조와 기능에 영향을 줄 것이다. ○ 온도가 적당해야 소화가 잘 될 것이다.
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4	
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	○ pH의 변화에 따라 소화 효소의 활성은 급격하게 달라질 것이다 ○ 모든 소화 효소와 소화체의 기능은 적당한 온도와 적당한 pH에서 가장 활발할 것이다. ○ 소화 효소는 사람의 체온 정도의 온도에서 가장 활발하게 소화 작용이 일어날 것이다.
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	○ 자신의 가설을 검증하기 위해 어떤 조건을 통제해야 할 것인지를 알지 못한다. ○ 시험관마다 넣어야 할 시약, 재료의 양 등이 구체적이지 못하여 단순히 넣는다는 표현을 사용한다.
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	○ 실험 장치에 대한 설명이 있으나, 시간의 측정간격 등을 제시하지 못하였다. ○ 시험관의 온도가 일정하게 유지된 후 소화효소를 넣고 시간을 측정해야 함에도 불구하고 오류가 발생하는 등 일부의 오류가 발생하였다.
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못되었다.	8	
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10	○ 실험절차와 독립변인 통제변인에 대하여 바르게 설명하고 있으며, 대조구를 설정하여 색의 변화를 비교한다.

○ 관찰하기와 측정하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2	○ 단순한 색변화만 관찰하여 변화의 순서만을 제시한다. ○ 색의 변화를 관찰하였으나, 모호한 표현으로 실험구 간 대조가 곤란하다.
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	○ 색변화를 제대로 측정하였지만, 시간 측정시 잘못으로 소화의 정도를 정확하게 판정할 수 없는 자료를 얻었다. ○ 일정한 시간경과후 색변화를 관찰하거나, 일정한 색이 되는데 걸리는 시간을 측정하지 못였다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	○ 시험관의 온도가 일정하게 유지된 것을 확인한 후 소화 효소를 넣고 측정을 시작 하고 실험구별 소요시간을 정확하게 측정했다.

○ 자료 해석하기

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	○ 색의 변화와 소화효소의 관계를 이해하지 못하여 색의 변화만을 확인한다.
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	○ 색 변화에 소요되는 시간의 차이가 소화효소의 활성의 차이임을 확인하나, 이를 올바르게 해석하지 못한다.
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	○ 색 변화와 효소의 활성간의 관계를 이해하나, 독립변인과 연관시켜 설명하지 못한다.
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	○ 색 변화에 소요되는 시간의 차이를 변인과 연관시켜 확인하나 과정에서 오류가 발생한다.
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	○ 소화효소가 어떤 변인에 의해 어떤 영향을 받는지를 설명할 수 있다.

○ 결론

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	○ 가설과 관계없이 단순히 실험 결과를 관찰한 내용이나, 자신의 지식을 나열한다.
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	○ 녹말은 침에 의해 40℃에서 엇당으로 분해된다.
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	○ 변인에 따른 결론을 내리지만, 논리적으로 부적절하다.
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석 하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	○ 침 속의 아밀라제와 소화제는 모두 체온 정도에서 가장 활발하게 소화기능을 수행한다.
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	○ 모든 소화 효소는 체온과 같은 온도와 중성에서 가장 소화작용이 활발하다. ○ 가설과 관련시키고, 변인관계를 이용, 구체적이며 논리적인 결론을 도출한다.

○ 평가

평가 요소	배점	평가 예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	○ 가설과 결론을 비교하나, 결과를 자신의 가설에 맞추어 해석하거나, 실험 결과를 왜곡함.
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	○ 가설과 비교하여 결론이 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 제시하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	○ 실험 과정상의 문제점 중 일부를 제시하고, 이의 개선 방안을 제시함.
○ 실험의 전 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	○ 문제점 개선을 위한 개선 방안에서 오류가 발생하거나, 결론이 가설과 비교하여 일치하는 경우, 실시 해야할 추가 실험이 구체적이지 못하다.
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.

세부 채점 기준표Ⅳ(자극의 전달 속도)

■ 탐구과정기능 평가

○ 가설 설정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	○ 반응 시간이 빠른 사람일 수록 자를 잡는 간격이 더 짧을 것이다.
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4	○ 순발력이 빠른 사람이 반응 속도가 더 빠를 것이다.
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	○ 반응 시간 단축을 위한 훈련을 계속하면 반응시간이 단축될 것이다.
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	○ 반응 속도는 모든 사람마다 다르게 나타날 것이다.
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	○ 남성에 비해 여성의 반응속도가 빠를 것이다.

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	○ 어떤 것을 어떻게 측정할 것인지(실험의 방법)에 대한 구체적인 언급이 없다.
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	○ 단순히 시범실험에 서 보여지는 실험 방법을 나열한 수준으로, 변인에 관한 언급이 없다.
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	○ 변인에 대한 통제는 이루어지나, 자신이 세운 가설을 입증할 수 없거나, 전체적으로 실험의 방법이나 측정의 방법의 오류가 발생한다.
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못되었다.	8	○ 측정과정 설명 시 '준비'라는 준비 없이 자를 떨어뜨려 측정하는 등 측정의 방법의 제시에서 일부 사소한 오류가 발생한다.
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10	○ 가설을 증명할 수 있는 적절한 변인을 통제하고, 적절한 방법의 실험을 설계한다.

○ 관찰하기와 측정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2	○ 단순한 측정결과의 나열만 있을 뿐, 변인의 변화에 따른 측정값의 변화를 알 수 없다.
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	○ 변인의 변화에 따른 낙하거리의 차이를 측정하나, 변인의 차이가 너무 적다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	○ 낙하 거리의 측정단위가 바르지 못하거나, 측정방법의 오류로 측정값이 바르지 못하다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나. 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	○ 측정 방법과 단위 등이 정확하게 측정되나, 측정횟수가 너무 적어 신뢰도가 떨어진다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	○ 피 실험자로 하여금 여러 번의 측정으로, 정확한 반응시간을 측정할 수 있도록 하고 가설을 검증할 수 있는 적절한 측정 방법을 사용하였다.

○ 자료 해석하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	○ 낙하거리를 반응 시간 혹은 반응속도로 변환하지 못하였다.
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	○ 반응시간으로 변환은 가능하지만, 이를 그래프로 나타내지 못하거나 바르지 못하다.
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	○ 그래프 변환은 잘하나, 그래프의 눈금 간격이나 자료처리 과정에서 결론에 영향을 미칠만한 상당한 오류가 발생하여 있다.
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	○ 그래프를 적절하게 작성하였으나, 사소한 오류가 발생하였다.
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	○ 적절한 단위를 기준으로 작성되었으며, 변인의 변화에 따라 달라지는 경향성과 규칙성을 확인 할 수 있는 구체적인 그래프를 완성한다.

○ 결론

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	○ 자신이 세운 가설과는 전혀 관계없는 결론을 도출한다.
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	○ 결론의 도출이 변인의 변화에 따른 자료의 해석없이 단정적으로 이뤄지고 있다.
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	○ 특정사람의 결과를 일반적인 경우로 결론을 도출한다.
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	○ 변인과의 관계를 관찰 결론을 도출하지만, 자료의수가 부족하거나 변인간 차이가 적어서 변인의 차이에 의한 결과 값의 차이로 보기에 곤란한 결론을 내린다.
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	

○ 평가

평가요소	배점	평가예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	○ 가설과 결론을 비교하나, 결과를 가설에 맞추어 해석하거나, 실험 결과를 왜곡함.
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	○ 가설과 비교하여 결론이 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 제시하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	○ 실험 과정상의 문제점 중 일부만을 제시하고, 이의 개선 방안을 제시함.
○ 실험의 전 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	○ 실험 전과정의 문제점 개선을 위한 개선 방안을 제시하나, 오류가 발생하거나, 결론이 가설과 비교하여 일치하는 경우, 실시 해야할 추가 실험이 구체적이지 못하다.
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.

세부 채점 기준표 V (생물 군집 조사)

■ 탐구과정기능 평가

○ 가설 설정하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	○ 음지에서 양지에서보다 식물의 잎이 더 넓어질 것이다.
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4	○ 음지에서 식물의 자라는 속도가 양지에서 자라는 식물보다 더 빠를 것이다.
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	○ 음지보다 양지에서 더 튼튼한 식물이 많을 것이다.
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	○ 양지에서는 그물막의 잎을 가진 식물이 음지에서는 나란히막을 가진 식물이 주로 서식한다.
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	○ 양지에서 음지보다 군집을 구성하는 식물의 종 수가 많을 것이다.

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	○ 구체적인 실험 과정이 전혀 없다.
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	○ 식물의 크기와 종류를 관찰한다.
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	○ 양지와 음지에 대한 명확한 구분이 없이 실험이 진행되도록 실험설계가 이뤄졌다.
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못되었다.	8	○ 밀도 피도 빈도 등 어떤 것을 측정해야 하는지에 대한 구체적인 언급이 없다.
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10	○ 가설에서 제시하는 문제 해결을 위해 밀도, 피도, 혹은 빈도 등을 측정하도록 하나, 측정 과정에서 일부의 오류가 있다.
		○ 가설을 검증하기 위한 조사장소의 구분이 확실하고, 밀도, 피도, 빈도의 측정 방법이나 측정 장소의 선정이 적당하도록 실험이 설계되어 있다.

○ 관찰하기와 측정하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2	○ 자료의 조사가 이뤄졌으나 밀도, 피도, 빈도 등의 구분이 없다.
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	○ 시범 실험에서 제시된 자료를 모을뿐, 가설을 검증하기 위한 자료의 수집이 제대로 이뤄지지 않았다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	○ 자료값의 제시 방법 혹은 표현방법이 바르지 못하다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모은다. 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	○ 가설을 검증하기 위한 자료의 측정을 이뤄졌으나, 측정 장소의 특성에 대한 설명이 누락되었다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	○ 가설 검증을 위한 적절한 장소에서 정확한 방법으로 적절한 자료를 수집하였다.

○ 자료 해석하기

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	○ 단순히 측정장소에서의 식물군의 특징을 나열하고 있다.
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	○ 밀도, 피도, 빈도 등 가설을 검증할 수 있는 내용의 형태로 자료의 전환이 이뤄지지 않았다.
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	○ 밀도, 피도, 빈도의 자료해석이 이뤄졌으나, 가설에서 확인하려고 하는 사실에 관한 언급이 누락되었다.
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	○ 밀도, 빈도 피도 등 가설을 검증하기 위한 자료의 해석이 이뤄지고, 일부 오류가 발생했다.
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	○ 변인의 차이가 어떤 값의 차이를 나타내는지 밀도, 피도, 빈도 등의 정확한 자료값을 이용하여 확인한다.

○ 결론

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	○ 실험의 과정에서 나타난 현상을 단순히 나열하고 있다.
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	○ 변인과 연관하여 결론을 도출하고자 하나, 수집된 자료와는 관련이 없는 내용으로 결론을 도출하고 있다.
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	○ 추정한 자료에 근거하여 결론을 도출하나, 특정지역에 한정되는 사실을 확대하여 결론을 도출한다.
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	○ 변인의 변화에 따라 어떤 차이가 있는지 결론을 내리지만 논리적으로 일부 적절하지 못하다
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	○ 가설의 내용을 적절한 용어를 사용하여 변인과의 관계를 논리적으로 제시한다.

○ 평가

평가 요소	배점	평가 예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	○ 가설과 결론은 비교하나 단순 비교에 그친다.
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	○ 가설과 비교하여 오류를 지적하나 올바른 개선방안을 제시하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	○ 실험 과정상의 문제점 중 일부를 제시하고, 이의 개선 방안을 제시함.
○ 실험의 전 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	○ 문제점 개선을 위한 개선 방안에서 오류가 발생하거나, 결론이 가설과 일치하는 경우, 추가로 실시 해야할 실험이 구체적이지 못하다.
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	○ 결론을 가설과 비교하고, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.

세부 채점 기준표 VI (압점의 밀도 조사)

■ 탐구과정기능 평가

○ 가설 설정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	○ 사람마다 압력, 아픔을 느끼는 정도가 다를 것이다.
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4	○ 피부를 누르는 정도에 따라 느껴지는 압점의 분포가 다를 것이다.
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	○ 땀뿜할수록 감각이 둔하고 압점의 분포가 적을 것이다.
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	○ 손바닥이나 발바닥과 같이 자주 사용하는 부분의 압점의 분포 정도가 높을 것이다.
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	○ 몸의 각 부위마다 압점의 분포가 다를 것이다.

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	○ 가설을 검증하기 위해 어떤 조건을 다르게 하면서 실험을 진행해야 할 것인지를 제시하지 못한다.
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	○ 가설 검증을 위하여 측정부위를 달리 하는 등 변인 통제는 일부 이뤄지나 절차상의 오류가 발생한다.
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	○ 단순히 시범실험에서 제시된 실험방법을 나열할 뿐 구체적으로 어떤 부위를 어떻게 측정할지가 정확하게 설명되지 않는다.
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못되었다.	8	○ 측정 부위에 대해 팔 다리 등 구체적인 압점 측정부위를 제시하지 못하였다.
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10	○ 실험절차와 방법에 대하여 바르게 설명하고 있으며, 압점의 측정부위에 대해서도 적절하게 설명하고 있다.

○ 관찰하기와 측정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2	○ 단순하게 사람 혹은 측정 부위에 따른 압점의 예민함에 대한 차이만을 비교하였다.
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	○ 압점을 느끼는 간격을 측정하나 단위가 누락되었다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	○ 가설검증에 필요한 자료 수집과정에서 측정해야 할 자료의 일부가 누락되거나 측정 방법이나 단위에서 오류가 발생하였다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	○ 가설 검증을 위한 자료는 수집하나 측정단위 등 일부가 바르지 못하다.
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	○ 측정부위에 따라 정확한 단위와 정확한 측정방법으로 자신의 가설을 검증할 수 있는 자료를 수집한다.

○ 자료 해석하기

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	○ 압점을 느끼는 간격의 차이는 알지만 그것을 압점분포의 차이로 이해하지 못한다.
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	○ 압점분포의 차이를 이해하고 자료를 해석하나, 바르게 해석하지 못한다.
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	○ 얻어진 자료로부터 해석이 이뤄지나, 해석이 타당하지 않거나 잘못 해석하고 있다.
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	○ 몸의 각 부위에서 압점의 분포의 차이를 발견하나 제대로 설명하지 못하거나, 논리적 오류가 발생한다.
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	○ 몸의 각 부위에서 압점의 분포정도가 어떻게 다른지를 압점의 간격을 이용하여 논리적으로 적절하게 자료를 이용하여 설명할 수 있다.

○ 결론

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	○ 가설과 관계 없이 단순히 실험 결과를 나열한다.
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	○ 손에서 압점에 대한 자극을 가장 강하게 반응을 받아들인다.
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	○ 몸의 부위에 따른 압점의 분포차이를 제대로 설명하지 못한다.
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	○ 일부 사람에서 나타나는 것을 전체에 대입하는 오류를 범한다.
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	○ 몸의 부위에 따른 압점분포의 차이를 바르게 해석하나 논리적으로 바르지 못한 용어를 사용한다. ○ 가설과 관련시켜 구체적이며 논리적인 결론을 도출한다.

○ 평가

평가 요소	배점	평가 예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	○ 결론을 확대 혹은 축소 해석하여 가설과 결론을 제대로 비교하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	○ 가설과 결론이 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 제시하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	○ 실험 과정상의 문제점 중 일부를 제시하고, 이의 개선 방안을 제시함.
○ 실험의 전 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	○ 문제점 개선 방안에서 오류가 발생하거나, 결론이 가설과 일치하는 경우, 추가 실험이 구체적이지 못하다.
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.

세부 채점 기준표Ⅶ(미각의 역치)

■ 탐구과정기능 평가

○ 가설 설정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 혀는 단맛에서 짠맛보다 예민하게 반응할 것이다. ○ 사람의 식생활 습관에 따라 맛을 느끼는 역치값이 다양할 것이다. ○ 혀의 부위에 따라서 맛을 느끼는 미세포의 역치값도 달라질 것이다. ○ 사람들의 혀는 상태에 따라 역치값이 다르게 나타날 것이다. ○ 사람의 혀의 역치는 사람에 따라서 다르게 나타날 것이다.
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제제기이거나 추측을 한다.	4	
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가설 검증을 위해 어떤 조건을 다르게 하여야 하는지에 대한 언급이 없다. ○ 몇개의 실험구를 설정할 것인지에 대한 언급이 없고, 전체적인 실험의 설계가 되지 않는다. ○ 단지 농도를 달리하고 맛을 본다는 식의 설명으로 어떻게 실험을 진행해야 하는지에 대한 설명이 구체적이지 못하다. ○ 맛을 보고난 후 혀를 씻는 등 세부적인 절차에 대해 언급하지 못한다. ○ 실험 절차와 측정 방법에 대해 바로고 정확하며, 구체적으로 설명하고 있으며, 측정 순서도 낮은 농도에서 높은 농도로 측정한다.
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못되었다.	8	
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10	

○ 관찰하기와 측정하기

평 가 요 소	배점	평 가 예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료들 일부만 기술한다.	2	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단순히 사람에 따라 맛을 느끼는 정도가 다르다는 사실만을 기술한다. ○ 자료 수집이 이뤄지나 가설 검증에 필요한 자료중 일부가 누락되어 있다. ○ 사람에 따른 역치값의 차이를 확인하나 구체적인 자료의 제시가 없다. ○ 역치값의 차이를 조사하고, 자료를 정리하나 정리가 바르지 못하거나 일부 오류가 있다. ○ 자료의 수집과 수집된 자료를 객관적으로 판단할 수 있도록 제시하고 있다.
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모은다. 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	

○ 자료 해석하기

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가설 검증을 위해 자료를 변환하거나 해석하지만 그 해석이 바르지 못하거나 단순한 관찰의 결과만을 나열한다. ○ 실험의 결과를 해석하기 위하여 자료의 변환이 이뤄지지만 내용이 바르지 못하다. ○ 자료의 변환을 통해 사람에 따른 역치값이 다를 수 있다는 자료의 변환이 이뤄진다. 이로부터 역치값의 차이를 확인하지 못한다. ○ 사람에 따라 역치값이 다를 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다. ○ 사람에 따라 역치값이 다를 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다. ○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다. ○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.
○ 실험 결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	

○ 결론

평가 요소	배점	평가 예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가설과 관계없이 단순히 실험 결과를 관찰한 내용이나, 자신의 지식을 나열한다. ○ 가설과 관련된 결론을 내리나, 자신의 자료값과는 상이한 결론을 내리거나 역치값에 대한 언급이 없다. ○ 사람에 따른 역치값 차이를 자료를 통해 확인하나 일부사람이나 실험에 국한된 내용을 일반적인 결론으로 도출한다. ○ 사람마다 역치값이 다를 수 있지만 역치값이 같은 사람에 대한 언급이 없다. ○ 주어진 자료를 객관적이며 논리적으로 바르게 가설과의 관계를 들어 제시한다.
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	

○ 평가

평가 요소	배점	평가 예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가설과 관련 없이 결론을 해석하거나, 가설과 결론을 비교하는 경우 실험 결과를 잘못 해석한다. ○ 가설과 비교하여 결론이 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 제시하지 못한다. ○ 실험 과정상의 문제점을 제시하나 바르지 못하거나 빠진 것이 있다. ○ 문제점의 개선 방안이나 추가 실험이 구체적이지 못하거나 일부에서 오류가 있다. ○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	
○ 실험의 전 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	

세부 채점 기준표Ⅷ(사람의 유전형질)

■ 탐구과정기능 평가

○ 가설 설정하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0	○ 사람의 형질은 우성과 열성의 구분이 있는 것과 없는 것이 있다. ○ 우성은 많이 나타나고 열성은 적게 나타난다. ○ 어떤 한 사람의 형질에는 우성의 형질이 열성의 형질보다 많이 가지고 있을 것이다. ○ 우성형질은 열성형질보다 항상 많은 사람에게서 발현될 것이다. ○ 조사하고자 하는 형질에 대해 적절하게 우열관계를 예상하고 가설을 세운다.
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 정확하게 파악하지 못한다.	2	
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기가거나 추측을 한다.	4	
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6	
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8	
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10	

○ 실험설계 및 변인 통제하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 실험을 설계하지 못한다.	0	○ 막연한 실험과정을 제시하여 어떤 방법으로 실험이 진행될지 구체적인 설명이 없다. ○ 가설과 관련하여 어떤 형질에 대해 조사할 것인지를 제시하지 못하였다. ○ 우성과 열성을 확인하기 위한 가계도 제작에 필요한 자료 수집에 관한 언급이 없다. ○ 가계도 제작을 위한 자료의 수집 방법이 제시되거나 조사할 형질에 관한 구체적인 언급이 없다. ○ 가계도 제작을 위해 필요한 자료의 수집에 관해 어떤 형질을 조사할 것인지에 대해 적절하고 구체적인 방안을 제시한다.
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2	
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립변인이 설정되지 않았다.	4	
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6	
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못되었다.	8	
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안한다.	10	

○ 관찰하기와 측정하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0	○ 가계도 작성에 필요한 자료가 모두 수집되지 못하였다. ○ 가계도 작성에 필요한 자료를 수집하나 자료의 형질 구분이 바르지 못하거나 부적절하게 이루어졌다. ○ 적절한 자료의 수집이 이뤄졌으나 형질을 구분할 때 모호한 표현을 사용한다. ○ 적절한 형질구분을 통해 가계도 작성에 필요한 자료를 수집하였으나 자료의 양이 너무 적어 우열 구분이 곤란하다. ○ 적절한 형질구분과 가계도 제작을 위한 충분한 양의 자료 수집이 이뤄졌다.
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2	
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8	
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10	

○ 자료 해석하기

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0	
○ 실험결과에 대한 단순한 결과만을 나열한다. 자료의 변환이 없다.	2	○ 단순히 우성 열성 형질을 알 수 있다는 표현을 한다.
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환시킬 수 있지만 변환된 자료가 바르지 못하다.	4	○ 가계도를 통해서 우성과 열성의 형질을 구분하는 시도가 전혀 이루어지지 못하고 단지 많은 수의 형질 발현이 우성임을 주장한다.
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6	○ 가계도를 통해서 우성과 열성의 형질을 구분하나, 다수의 형질 구분이 잘못되었거나 오류가 발생한다.
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8	○ 가계도를 통해 우성과 열성의 형질을 바르게 확인하나, 일부 형질의 우성과 열성 구분에서 오류가 발생한다.
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10	○ 소화효소가 어떤 변인에 의해 어떤 영향을 받는지를 설명할 수 있다.

○ 결론

평가요소	배점	평가예
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0	
○ 단순히 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2	○ 가설과 관계없이 단순히 실험 결과를 관찰한 내용을 나열한다.
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나, 논리적으로 부적절하다.	4	○ 가설과 관련하여 결론을 도출하지만 조사자료를 잘못 해석한 결과이다.
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6	○ 조사한 자료를 통해서 우열을 구분할 수 없는데도 억지로 결론을 유도하고 있다.
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8	○ 자료의 적절한 해석을 통해 우열의 결과에 대한 결론을 도출하나 논리적으로 오류가 발생한다.
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10	○ 가설에서 가정한 사실에 대해 적절한 자료해석으로 논리적으로 바른 결론을 도출한다.

○ 평가

평가요소	배점	평가예
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0	
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 옳고 그름을 판단하지 못한다.	2	○ 가설과 결론을 비교하나 적절하지 못하다.
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4	○ 가설과 비교하여 결론이 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 제시하지 못한다.
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험과정별로 체계적으로 점검한다.	6	○ 가계도를 이용한 우열 구분 과정에서 나타난 문제점을 제시하나 개선점이 바르지 못하거나 문제점을 제대로 파악하지 못한다.
○ 실험의 신 과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8	○ 문제점 개선을 위한 개선 방안이나 실시해야할 추가 실험이 구체적이지 못하다.
○ 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10	○ 결론을 가설과 비교하여 일치하는 경우, 적절한 추가 실험을 구체적으로 제시한다.

부록3

탐구과정 기능요소에 관한 평가 척도의 타당성 설문조사

안녕하십니까?

바쁘신 가운데 시간을 허락해 주심에 감사 드립니다.

저는 제주대학교 교육대학원 생물교육전공의 양순택입니다. 저는 이번에 “수행평가를 위한 공통과학(생물) 탐구실험 평가 도구의 개발”을 위한 연구를 하고자 합니다. 이를 위하여 다음에 제시된 실험평가의 평가기준에 대하여 여러 선생님의 의견을 듣고자 합니다. 여러 선생님들의 고견은 제가 이 연구를 진행하는데 크나큰 격려로 많은 도움이 됨을 말씀드리며 다시 한번 고개 숙여 감사를 드립니다.

실험을 실시한 후 평가하는 평가기준은 크게 세 부분으로 나뉘어 있습니다. 첫째 탐구과정기능에 대한 평가이며, 둘째 실험기능에 대한 평가기준이며, 그리고 마지막으로 실험태도에 대한 평가기준입니다. 선생님께서는 각 부분의 세부 평가 기준 항목을 보시고 타당한 기준인지 여부를 평가해주시면 됩니다. 아울러 평가기준에 포함되지 않은 것이나 혹은 잘못된 것으로 생각되는 부분에 관해서는 문항의 마지막에 있는 여백에 의견을 적어 주시면 감사하겠습니다.

● 탐구과정 기능에 대한 평가기준

탐구과정기능은 크게 여섯 가지의 세부 과정을 나누어 평가하였습니다. 각각의 탐구과정기능과 각각의 과정에서 평가하고자 하는 내용은 다음과 같습니다.

- ① 가설 설정하기(Formulating hypotheses) : 어떤 현상을 관찰하고 이를 통해 문제를 인식하고, 이러한 문제를 해결하기 위해 임시적인 답을 찾는데, 이러한 임시적 답이 가설이다. 종속변인과 독립변인이 주어진 실험이 주어지면, 이로부터 검증 가능한 가설을 확인 제안 할 수 있어야 하며, 이때 가설은 이전의 지식을 적용하여 어떤 과학의 원리나 개념과 일치하는 설명이 제시되어야 한다.
- ② 실험설계 및 변인통제 하기(Designing experiment & Controlling variables) : 어떤 문제가 주어지거나, 가설이 주어지면 그 문제나 가설을 검증할 수 있도록 실험이 설계되어야 한다. 이를 위하여 반드시 통제되어야 하는 변인을 확인 통제할 수 있어야 한다.
- ③ 관찰하기와 측정하기(Observing & Measuring) : 자신이 세운 계획에 따라 실험이나 관찰을 진행하면서 자료를 얻는 과정으로 정확한 방법으로 관찰·측정되어야 하고, 관찰된 내용은 정확하게 기록되어야 한다.
- ④ 자료 해석하기(Interpreting data) : 실험을 수행하면서 얻어진 데이터 즉 관찰이나 측정된 자료를 자료의 성격이나 대상에 따라 적절한 방법으로 제시할 수 있어야 하고, 이러한 자료를 통해서 규칙성이나 경향성 유사성 등을 찾아내는 활동을 말한다. 즉 주어진 자료를 도표로 만들거나 그래프 등으로 변환 할 수 있어야 한다.
- ⑤ 결론 (Drawing conclusion) : 실험을 통해 어떤 데이터가 주어지면, 이 자료만을 가지고 어떤 결론을 이끌어낼 수 있어야 한다. 이때 자신의 실험 결과와 적절한 결론을 내릴 수 있어야 하고, 변인간의 관계도 인식하고 있어야 한다. 또한 자신이 세운 가설을 검증할 수 있는 형태로 제시하여야 한다.
- ⑥ 평가(Evaluation) : 탐구활동의 과정이나 혹은 실험 결과에 대해 가설과 비교하여 그 적합성, 정확성, 타당성, 신뢰성, 적용 가능성, 일반화 가능성 등 가치 판단 기준을 마련하고, 그 기준에 맞추어 평가할 수 있어야 한다. 만일 자신이 세운 가설과 일치하지 않는 결론이 나왔을 때, 실험의 전 과정에 대해 탐구과정을 비판적으로 평가하고 그 이유를 밝힐 수 있어야 한다.

이러한 탐구과정 기능에 대한 평가기준입니다. 평가기준에 제시된 수준에 해당하는 점수를 부여하도록 되어 있으며, 각각의 수준에 따라 0점에서 10점까지 부여받게 됩니다.

선생님께서 제시된 평가기준이 탐구과정 기능을 평가하는데 적절한지 여부를 판단하여 여러분의 의견에 해당하는 곳에 표시해 주십시오.

1. 가설 설정하기(Formulating hypotheses)에 대한 평가기준

평가요소	배점
○ 전혀 가설을 세우지 못한다.	0
○ 경험이나 자신의 단순한 추측에 의존 문제를 제기함으로써 문제를 명확하게 파악하지 못한다.	2
○ 관찰에 기초하여 문제를 제기하나, 가설의 형태가 아닌 문제 제기이거나 추측을 한다.	4
○ 관찰에 기초하여 가설을 세우지만 실험적으로 입증하지 못하는 가설을 세운다.	6
○ 관찰에 기초하여, 과학적 지식을 토대로 가설을 세우나 정확하지 않거나 논리적 오류가 있다.	8
○ 정확한 관찰과 과학적 지식을 근거로 논리적으로 완벽한 가설을 세운다.	10

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

2. 실험설계 및 변인통제 하기(Designing experiment & Controlling variables)에 대한 평가기준

평가요소	배점
○ 전혀 실험을 설계 하지 못한다.	0
○ 실험 설계는 시도하나 변인통제가 전혀 이뤄지지 않는다.	2
○ 일부 변인을 확인하기는 하나, 전체적 실험설계가 이뤄지지 않는다. 적절한 독립 변인이 설정되지 않았다.	4
○ 독립변인과 통제변인을 확인하나, 구체적으로 실험을 설계하지 못한다.	6
○ 변인을 통제하고 실험을 설계하나, 실험 절차의 일부가 잘못 되었다.	8
○ 변인을 적절하게 통제하고, 구체적인 실험절차를 고안 한다.	10

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

3. 관찰하기와 측정하기(Observing & Measuring)에 대한 평가기준

평가요소	배점
○ 전혀 자료 수집이 이뤄지지 않는다.	0
○ 일부의 정성적 관찰만 이뤄지고, 가설 검증에 필요한 자료를 일부만 기술한다.	2
○ 일부의 정량적 자료를 모으나, 전체적인 자료를 모으지 못한다.	4
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으나, 적절한 측정 기구를 사용하지 못하고, 측정방법과 측정단위가 바르지 못하다.	6
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모은다. 하지만 적절한 측정 기구, 올바른 측정 방법, 정확한 측정단위의 세 가지 중 하나가 바르지 못하다.	8
○ 가설 검증에 필요한 모든 자료를 모으며, 정확한 측정기와 정확한 방법을 통해 정확한 측정단위까지 측정한다.	10

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

4. 자료 해석하기(Interpreting data)에 대한 평가기준

평가요소	배점
○ 전혀 자료 변환 및 해석이 이뤄지지 않는다.	0
○ 실험 결과에 대한 단순한 결과만을 나열하고, 자료의 변환이 없다.	2
○ 얻어진 자료를 그래프나 표 등 다른 형태로 전환 시키지만, 변환된 자료가 바르지 못하다.	4
○ 얻어진 자료를 다른 형태로 전환할 수 있으나, 변환된 자료로부터의 해석이 정확하지 못하다.	6
○ 변환된 자료로부터 경향성 규칙성 등을 확인하나, 변인과의 관계를 적절하게 설명하지 못한다.	8
○ 변환된 자료가 완벽하고, 이로 부터 변인과의 관계를 적절하게 규명하고 규칙성과 경향성을 찾아낸다.	10

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

5. 결론 (Drawing conclusion)에 대한 평가기준

평가요소	배점
○ 전혀 결론을 도출해 내지 못한다.	0
○ 단순한 실험에서 나타난 현상이나 결과만을 제시한다.	2
○ 실험의 결과를 변인과 연관시켜 해석 하나 논리적으로 부적절하다.	4
○ 실험 결과를 변인과 연관시켜 해석하나, 특정 실험 결과에 국한된 결론을 도출한다.	6
○ 변인과 연관시켜 결론을 도출하며, 변인관계도 적절하게 해석하나, 논리적으로 부적절한 용어가 사용된다.	8
○ 논리적으로 적절한 용어를 사용하며, 변인들 사이의 관계를 과학적 용어를 사용하여 적절하게 제시한다.	10

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

6. 평가(Evaluation)에 대한 평가기준

평가요소	배점
○ 자신의 세운 가설과 결론에 대한 비교가 이뤄지지 않는다.	0
○ 자신의 결론을 가설과 비교하나, 올바르게 못하다.	2
○ 결론을 가설과 비교하여, 맞지 않은 경우 그 이유를 찾기는 하나, 적절하지 못하다.	4
○ 결론을 가설과 비교할 뿐 아니라, 가설설정, 실험설계, 자료수집 및 해석, 등 실험 과정별로 체계적으로 점검한다.	6
○ 실험의 전과정을 통해 구체적인 문제점을 제시한다.	8
○ 제시된 문제점과 관련된 추가실험 및 개선방안을 제시한다.	10

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

● 실험 기능에 대한 평가 기준

각각의 기능 항목을 평가하여 양호에 해당하는 경우 각 요소마다 5점 미흡에 해당하는 경우 3점을 부여합니다.

평가요소	양호	미흡
① 실험 기기나 기구를 바르게 사용한다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
② 실험 장치를 바르게 꾸민다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
③ 실험 장치를 바르게 사용한다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
④ 실험 장치를 사용할 때 안전하게 다룬다.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

● 실험 태도에 대한 평가 기준

각각의 평가요소에 대해 평가하여 양호의 경우 5점 보통은 3점 미흡의 경우 1점을 부여하게 됩니다.

평가요소	양호	보통	미흡
토론 참여	적극적 참여	소극적 참여	거의 참여 안함
실험 참여	능동적 참여	수동적 참여	거의 참여 안함
주의 사항	철저하게 지킴	대체적으로 지킴	거의 지키지 않음
정리 정돈	정리 정돈 철저	정리 상태 양호함	정리 상태 불량함

이 기준은 매우 적절하다. 적절하다.
 미흡하다. 부적절하다. 매우 부적절하다.

설문에 응해 주셔서 대단히 감사합니다.

뒷면을 이용하여 선생님의 추가의견을 적어주십시오.

설문자 인적사항

성별 : 남, _____ 여 _____

교육경력 :

5년 미만, _____ 10년 미만, _____ 20년 미만, _____ 20년 이상 _____

잘못되었거나 개선해야 할 점

누락되거나 추가해야 할 점

실험 안내서

실험) 어떤 조건에서 광합성이 활발하게 일어날까?

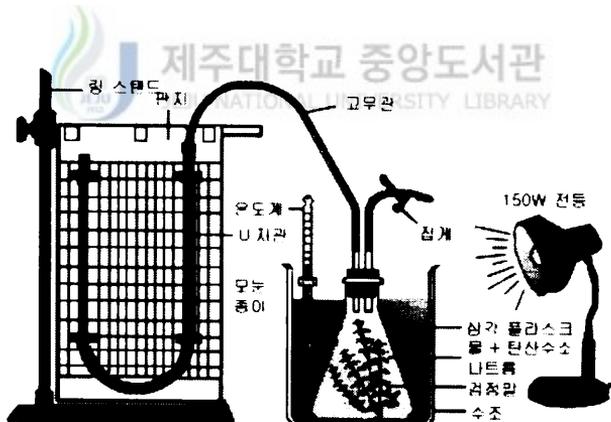
(광합성 속도에 영향을 미치는 요인들)

개요

지구상에 살고 있는 대부분의 생물은 광합성에 의한 유기물을 먹이로 살아가고 있다. 광합성은 녹색식물의 잎에 있는 엽록체에서 일어나는데, 엽록체에서 이산화탄소와 물을 연료로 태양의 빛에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 반응이다. 이때 산소가 발생하게 된다.

탐구활동(시범실험)

아래의 장치와 같은 실험 장치를 설치 한 후 기포의 발생을 보여 주도록 한다. 시간의 경과에 따라 시험관의 물 온도가 상승하지 않도록 주의하여야 한다.(수온 상승 시 광합성 속도가 증가한다.)



광합성의 속도 실험 장치

실험기구 및 재료

시험관, 비커, 초시계, 피펫, 수조, 고무마개, 깔대기, 스텐드, 스텐드 탄산수소나트륨용액, 검정말

1. 이 실험에서 관찰한 내용을 적으시오.

- 기체의 발생을 확인한다. (이 기체가 산소임을 알게 한다)
- 광합성 속도가 기체의 발생속도와 같다는 사실을 확인한다.

2. 광합성에 영향을 미치는 요소는 어떤 것들이 있는지 생각해보자. 그리고 탄산수소나트륨의 역할에 대해 생각해보자.

- 광합성에 영향을 주는 요인 : 빛, 온도, 이산화탄소의 농도
- 탄산수소나트륨 : 이산화탄소의 농도를 일정하게 유지시킴

3. 광합성 속도가 어떤 요인에 의해 영향을 받는지 생각해보고, 각자 여러 가지 요인의 변화에 따라 광합성속도가 어떻게 변할 것인지 발표하고 기록하도록 한다. 자신의 의견을 구체화하여 가설을 한가지만 설정해보자.

<가설 설정하기>

예] 빛의 세기가 강할(약할)수록 광합성속도가 빨라질 것이다.

온도가 높을(낮을) 수록 광합성속도가 빨라질 것이다.

이산화탄소의 농도가 높을(낮을)수록 광합성 속도가 빨라질 것이다.

4. 위 3번의 가설을 설정하기 위해서, 조별로 어떻게 실험을 설계해야 할 것인지 토의하고, 실험을 계획해보자.

<실험설계 및 변인 통제하기>

독립변인(조작변인) 및 통제변인 설정하기

예] 빛이 세기가 강할 수록 광합성속도가 빨라질 것이다.

독립변인 : 빛의 세기

통제변인 : 이산화탄소의 농도, 온도

온도가 높을 수록 광합성속도가 빨라질 것이다.

독립변인 : 온도

통제변인 : 빛의 세기, 이산화탄소의 농도

5. 실험장치를 설치하고, 광합성에 영향을 미치는 요인의 변화에 따른 실험결과를 측정하고, 기록하여 정리한다.

<관찰하기와 측정하기>

6. 측정된 자료를 그래프나 표로 나타내고, 이 자료를 통해서 이 실험에서 무엇을 알 수 있는가?

<자료 해석하기>

7. 이 실험을 통해서 어떤 결론을 얻을 수 있는가?

<결론 도출>

8. 여러분이 이미 설정한 가설과 결론이 일치하는지 확인하고, 추가 실험을 한다면 어떤 실험을 해야 할 것인지, 혹은 실험 과정에서 잘못되어 수정할 점은 어떤 것인지 정리해보자.

<평가하기>

2. 녹색식물의 다양한 잎이 다양한 색을 갖는 이유에 대해 생각해 보자. 그리고 어린잎과 늙은 잎의 색이 다르고, 식물의 종류에 따라 잎의 색이 다른 것이 무엇 때문인지 가설을 세워보자.

<가설 설정하기>

예) 식물을 잎을 구성하는 색소의 종류가 다를 것이다.

식물을 구성하는 색소의 농도가 다를 것이다.

3. 서로 다른 종류의 나뭇잎의 색깔이 다른 이유를 확인하기 위한 실험을 어떻게 진행할 것인지 실험 과정을 계획해 보자.

<실험 설계 및 변인 통제하기>

예) 나뭇잎의 색소를 분리한다.

각종의 잎의 색소를 추출하여 색소를 분리한다.

분리된 색소를 비교하여 차이점과 공통점을 확인한다.

(전개된 정도를 비교함으로써 동일 색소인지를 확인할 수 있다.)

4. 식물의 종류에 따라 색소가 몇 개나 나타났는지, 구체적으로 조사하고 기록한다.

<관찰하기와 측정하기>

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

5. 얻어진 자료를 이용하여 각각 식물이 같은 색소를 갖고 있는지 혹은 다른 재료를 갖고 있는지 조사하고, 같은 색소를 갖고 있다면 어떻게 같은 색소임을 확인했는지 설명해보자.

<자료 해석 하기>

6. 이 실험을 통해 어떤 결론을 내릴 수 있는가?

<결론>

식물의 잎은 다양한 색소로 이뤄져 있고, 이들 색소의 차이에 의해 잎의 색이 다르게 보이게 된다.

7. 실험과정에서 잘못되어 수정해야할 점이나, 추가로 실시해야할 실험이 있다면 어떤 것이 있는지 토의하고 정리해보자.

<평가>

실험III) 소화는 어떤 조건에서 가장 활발하게 일어나는가?

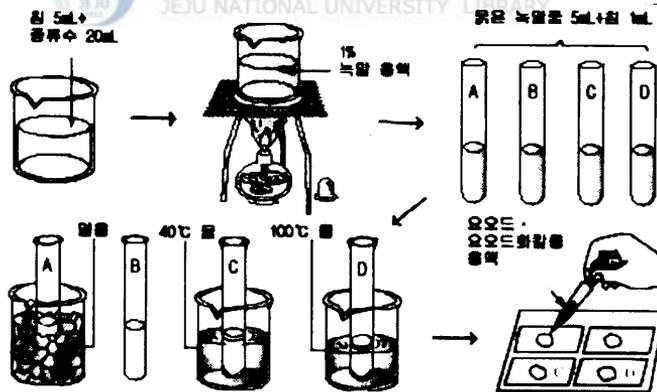
(소화효소의 작용)

개요

동물의 생활에 필요한 에너지를 얻기 위해서 반드시 유기물을 섭취해야만 하는 종속 영양 생물이다. 사람은 살아가기 위해서는 반드시 음식물을 섭취해야 하는데, 음식물 속의 대부분의 영양소는 분자의 크기가 크기 때문에 그대로 흡수되지 못하고 작은 분자로 분해된 후 우리 몸 속으로 흡수된다. 이렇게 작은 분자로 분해되는 과정을 소화라고 한다. 이때 많은 효소들이 관여하고, 이들 효소들은 특정 영양소를 분해하고, 특정 조건에서 활발하게 작용하는 특징을 갖는다.

탐구활동(시범실험)

이 실험장치를 이용하여 침의 소화작용을 이해하고, 침 속의 아밀라제가 녹말을 엷당으로 소화시키는 것을 확인할 수 있다. 그리고 영양소 검출반응을 통해서 각각의 영양소를 검출하는 반응을 확인함으로써 특정 영양소의 존재여부와 소화 여부를 확인할 수 있도록 한다. 또한 시판되는 먹는 소화제를 이용하여 소화 효소의 작용이 어떤 조건에서 가장 잘 일어나는지 예측할 수 있도록 할 수 있다.



실험 재료 및 기구

시험관 대, 시험관, 침용액, 비이커, 스포이드, 피펫, 알콜램프, 삼발이, 온도계, 녹말용액, 식용유, 삶은계란, 요오드용액, 수산화나트륨용액, 황산구리용액, 수단III용액, 베네딕트용액, 염산용액

1. 위 실험을 통해서 무엇을 알 수 있는가?

예) 영양소 검출반응 시 색의 변화를 확인할 수 있다.

입에서 일어나는 소화에 대해 알 수 있다.

2. 우리 몸의 소화기관에서 작용하는 소화효소의 역할에 대해 토의해보자. 그리고 먹는 소화제가 어떤 조건에서 활발한 작용을 해야 하는지에 대해 토의해 보자

예) 우리 몸의 소화효소는 음식물 속의 영양소를 분해하는 역할을 한다.

각각의 영양소를 분해하는 소화효소는 소화기관에 따라 다르다.

각각의 소화 효소는 주성분이 단백질로서 온도와 pH에 따라서 활성이 달라진다.

(이때, 소화제를 이용한 실험도 병행하도록 지도한다.)

3. 입안에서 소화 작용이 잘 일어나기 위한 조건으로 어떤 것이 있는지 토의하고, 가설을 설정해보자

<가설 설정하기>

예) 온도가 높을(낮을) 수록 소화가 잘 이뤄질 것이다.

중성(산성 혹은 염기성)에서 가장 소화가 잘 이뤄질 것이다.

4. 위의 가설을 검증하기 위해서 어떻게 실험을 실시해야 하는지 실험과정에 대해 토의하고 정리하시오.

<실험 설계 및 변인 통제하기>

예) 온도가 높을 수록 소화가 잘 이뤄질 것이다.

통제변인 : 소화효소의 농도, pH, 기질의 농도

독립변인(조작변인) : 온도

5. 위 실험 절차에 따라 실험을 실시하고, 실험의 결과를 정리한다.

<관찰하기와 측정하기>

예) 소화에 의해 반응색이 사라지는데 걸리는 시간을 측정하는 방법

일정한 시간이 경과 후 반응의 색깔 변화를 관찰하는 방법

6. 위의 자료로부터 무엇을 알 수 있는가?

<자료 해석하기>

7. 이 실험을 통해 얻은 결론은 무엇인가?

<결론>

예) 소화효소는 중성(pH7정도)이며 온도가 35~40℃ 정도에서 가장 작용이 활발하다.

8. 이 실험의 수행과정 중 수정해야 할 것과 추가로 실시해야 될 실험은 무엇인지 토의하고 적으시오.

<평가>

실험Ⅳ) 자극에 대한 반응의 빠르기는 얼마나 될까?

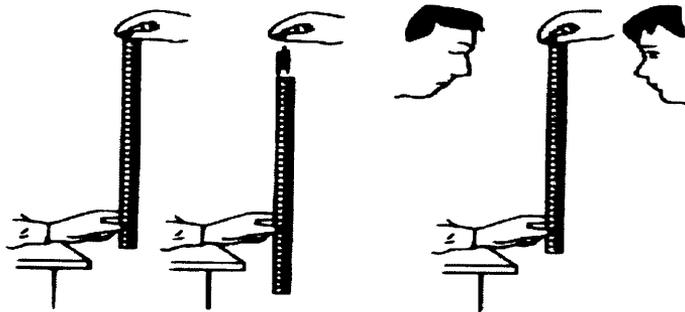
(신경전달 속도 측정)

개요

생물은 주변 환경의 변화라는 자극에 대해 적절하게 대응하여 반응함으로써 자신을 보호하고 있다. 우리의 몸에는 여러 가지 자극을 받아들일 수 있는 감각기관이 발달되어 있으며, 각각의 감각기관에서는 자신이 받아들일 수 있는 적합자극만을 받아들이고 있다. 또한 감각기관마다 자극의 변화를 감지할 수 있는 자극변화의 크기도 다르다. 외부의 자극에 대한 신속한 반응은 생물의 생존에도 매우 중요하며, 사람에게 있어서도 반응속도는 매우 중요하다.

탐구활동(시범실험)

사람은 여러 가지의 자극을 눈이나 귀, 코, 혀와 같은 각기 다른 감각기관을 통해 받아들인다. 이러한 자극을 받아들이는 감각기를 수용기라고 하며, 수용기에서 받아들인 정보는 감각신경을 통해 뇌와 척수로 전달되며, 뇌와 척수는 이를 종합 해석하여 운동신경을 통해 근육으로 하여금 적절한 반응을 하도록 명령을 내리게 된다. 이와 같이 시각기로 받아들인 자극이 뇌를 거쳐서 손과 팔의 근육으로 전달되는데 걸리는 시간을 측정하기 위해서 아래와 같은 장치가 필요하고 이를 통해 얼마나 빠른 시간에 반응이 일어나는지 알 수 있게 해준다. 이때, 자가 떨어지는 시간동안에 눈으로 떨어지는 자를 보고, 이 정보가 대뇌의 피질로 전달되어 운동신경을 통해 팔과 손의 근육을 움직이게 하였으므로, 자가 떨어지는데 걸리는 반응시간과 신경의 전달 거리를 측정하면 자극의 전달 속도를 측정할 수 있다.



실험 재료 및 기구

자, 안대, 귀마개

1. 위 실험을 통해 우리는 무엇을 알 수 있는가?

예) 눈으로 받아들인 자극이 감각신경을 통해 대뇌로 전달되고, 이러한 정보가 운동신경을 통해 손과 팔의 근육까지 전달되는데 걸리는 시간을 측정할 수 있다.

2. 이 실험에서 시각으로 받아들인 자극이 전달되는 경로에 대해 알아보고 그 거리가 얼마나 되는지 알아보자.

예) 자극의 전달경로는 (빛 - 눈(망막) - 시신경 - 대뇌의 피질 - 척수 - 운동신경 - 손(팔)의 근육)이며, 이때 눈에서 뇌까지의 거리는 대략 20cm 정도이고 팔의 길이는 대략 80cm 정도이다. (귀에서 뇌까지의 거리도 이와 동일하다고 가정하여 계산한다)

3. 이 실험을 보고, 사람에 따라서 반응속도의 차이 혹은, 다른 종류의 자극에 대한 반응 속도는 어떻게 다를 것인지 토의하고, 가설을 설정한다.

<가설 설정하기>

예) 남자는 여자에 비해 반응속도가 빠를(느릴) 것이다.

비만한 사람일수록 반응속도가 빠를(느릴) 것이다.

4. 위의 가설을 해결하기 위한 실험의 과정을 생각하고, 서로 토의하여 실험의 과정을 정리한다.

<실험 설계 및 변인 통제하기>

예) 비만한 사람일수록 반응속도가 느릴 것이다.

① 사람들의 비만도를 측정한다.

② 성별, 체중별로 반응속도를 측정한다.

③ 다수의 사람을 반복하여 조사한다.

5. 실험 설계에 따른 실험결과를 기록한다.

<관찰하기와 측정하기>

6. 실험 자료값을 이용하여 각각의 사람의 반응에 소요된 시간을 계산하고 그래프로 나타낸다. 이 시간을 이용하여 신경전달 속도를 계산하여 그래프로 나타낸다.

<자료 해석하기>

7. 이 실험에서 얻을 수 있는 결론은 무엇인가?

<결론>

예) 사람의 신경전달 속도는 ()m/s 이고 사람에 따라 다양한 값을 보인다.

8. 이 실험에서 자신이 생각했던 것과 결과값이 일치하는가? 일치하지 않는다면 어떤 이유에서 그런 것인지 생각하고, 실험 중 개선할 점이나 추가 실험을 실시한다면 어떤 실험을 해야 할 것인지 적어보자

<평가>

실험V) 우리학교 운동장에는 어떤 식물이 가장 많을까?

(생물 군집조사)

개요

생물의 생활에 영향을 주는 요소는 매우 다양하다. 생물의 생활에 영향을 주는 외부 조건을 환경이라고 하는데, 이러한 환경과 생물을 통틀어 생태계라고 한다. 모든 생물을 생태계 안에서 환경의 영향을 받으며 적응하면서 살아간다. 이러한 환경에는 기후요인이나 토양요인과 같은 비생물적 환경요인과 아울러 생물적 요인이 있다. 이들 생물은 서로에게 밀접한 관계를 맺으면서 생활한다. 이러한 생물들 중 일정한 공간에서 생활하고 있는 개체군의 집합체를 생물 군집이라 한다.

탐구활동

시범실험

군집은 많은 종류의 개체군으로 구성되어 있으므로, 개체군의 종류나 구성에 따라 군집의 모습이나 기능 등 특성이 달라지게 된다. 군집의 특성을 알기 위해서는 군집을 구성하고 있는 생물의 종류와 개체수를 조사해야 한다. 이러한 군집의 측정 방법에는 방형구법 대상법 표지법 등이 사용된다. 이를 통해서 단위 면적당 개체수(밀도) 조사와 군집내에서 특정 종의 분포정도(빈도) 및 식물의 경우 지상부를 덮고있는 비유(피도) 등을 측정할 수 있다. 이러한 밀도, 피도, 빈도를 측정함으로써 우점종을 알아낼 수 있다.

○ 빈도 : 출현한 방형구 / 방형구의 수 $\times 100$

○ 피도 : 덮고있는 면적 / 전체면적 $\times 100$

○ 밀도 : 개체수 / 단위면적 $\times 100$

이를 이용하여 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 계산할 수 있고 이 값을 합하여 중요치를 계산하며, 가장 중요치가 높은 식물이 우점종이 된다.

○ 상대빈도 : 식물의 빈도 / 조사된 모든종의 빈도의 합 $\times 100$

○ 상대피도 : 식물의 피도 / 조사된 모든종의 피도의 합 $\times 100$

○ 상대밀도 : 식물의 개체수 / 조사된 모든종의 개체수의 합 $\times 100$

실제로 식물군집의 밀도와 피도 빈도를 측정하는 것은 매우 까다롭다. 학생들의 수준에서는 빈도나 피도만을 구하도록 하거나 밀도, 빈도, 피도 중 한가지를 선택하여 측정하도록 하는 것도 좋은 방법이 된다. 피도의 경우 위에서 보아서 지표면을 덮는 면적을 기록하는 것이므로 대략적인 면적을 측정하는 요령을 익히도록 한 후 현장에서 실습을 진행하여야 한다.

식물의 군집조사의 예)

식물명	빈도	피도	밀도	상대빈도	상대피도	상대밀도	중요치
여귀풀	11	0.63	20	13	2	29	44
망초	22	4.32	15	25	14	21	60
명아주	16	7.07	6	18	23	8	49
달맞이꽃	15	5.76	18	17	19	26	62
민들레	24	13.06	11	27	42	16	85
합계	88	30.84	70	100	100	100	300

실험기구 및 재료

방형구틀, 장갑, 돋보기, 식물도감, 자, 비닐주머니, 필기구

1. 방형구 틀을 이용하여 확인한 내용을 적으시오.

- 밀도, 피도, 빈도의 개념을 알 수 있도록 지도한다.
- 다양한 개체군이 존재함을 알게 한다.

2. 방형구를 이용하여 우리학교 푸른광장(초지)의 식물종 구성을 알아보려면 어떤 방법을 이용할 수 있을지 토의해보고 정리한다.

- 우점종과 희소종을 알 수 있다.
- 식물종에 따른 상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 알 수 있다.

3. 우리학교 주위에서 방형구를 이용하여 조사할 수 있는 것에는 어떤 것이 있는지 토의하고, 가설을 설정하시오.

<가설 설정하기>

- 잎이 넓은 식물이 넓은 면적에 분포하고 있을 것이다.
- 음지에는 잎이 넓은 식물이 넓게 분포하고 있을 것이다.

4. 위의 토론 내용 중 하나를 선정하여 이를 확인하기 위한 조사방법을 생각해보고 타당한 조사를 위해 어떤 점을 유의해야 하는지 정리한다.

<실험설계 및 변인 통제하기>

- 측정방법 : 방형구법
- 유의 사항 : 전체 지역을 대표할 수 있는 표본지역을 선정

5. 방형구를 설치하고, 측정을 실시한다. 측정된 자료를 정리해보자

<관찰하기와 측정하기>

- 방형구를 이용하여 측정된 자료를 적절하게 표시한다.

6. 측정된 자료를 통해서 무엇을 알 수 있는가?

<자료 해석하기>

- 측정된 자료를 이용해 상대밀도, 빈도, 피도를 계산한다.
- 계산한 값이 무엇을 의미하는지 알아낸다.

7. 이 측정을 통해 어떤 결론을 얻을 수 있는가?

<결론 도출>

8. 측정과정에서 조사하고자 하는 내용을 조사할 수 있었는지 확인하고 측정과정 혹은 측정된 자료의 정리 과정에서 잘못된 점이나 누락된 것이 있는지 정리해보자.

<평가하기>

실험VI) 피부의 촉각은 어떻게 분포하고 있을까?

(압감의 밀도 조사)

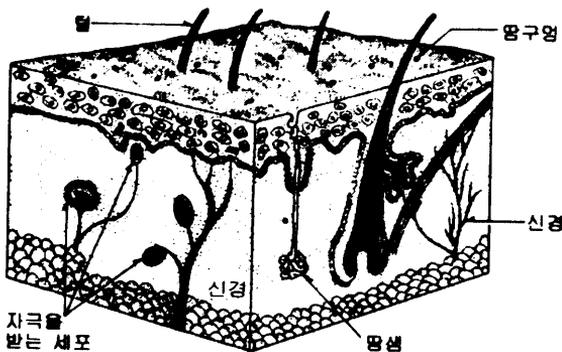
「개요」

우리 몸에는 각종 감각을 받아들이는 감각기관이 매우 다양하게 발달되어있다. 우리 몸에서는 신체를 둘러싸고 있는 피부를 통해서도 많은 자극을 받아들인다. 특히, 피부 감각에는 촉각, 압각, 냉각, 온각의 5가지가 있고 이들 감각들은 모두 피부 속에 자리잡고 있는 감각점에서 받아들여지게 된다. 이들 감각 중 촉각은 피부 가까이에 위치한 촉점(메르켈 소체)에 의해 받아들여진다. 압각은 피부 깊숙이 자리잡고 있는 압점(파치니 소체)에 의해 감지된다. 통각의 경우 특별히 분화된 감각 소체는 없고 감각신경의 말단이 아픔을 느끼게 된다. 역치값이 높고, 화학물질, 지나친 고온이나 저온도 감지한다. 이외에 온점(루피니 소체)과 냉점(크라우제 소체)에서는 상대적인 온도의 변화를 감지해 낸다.

「탐구활동」

시범실험

사람의 피부를 통한 자극의 감지에서 자극의 종류에 따라서 감각을 받아들이는 감각점의 분포가 몸의 각 부위마다 그 분포의 정도가 매우 다양하다. 이 분포의 차이는 자극을 감지하는 강도의 차이로 나타난다. 예를 들어 냉점과 통점이 동시에 작용할 경우 차가움이 아니라 아픔을 느끼게 된다. 그리고 일반적으로 차가움은 냉점만이 기능을 할 때 느끼는 감각이지만 차가움이 지나치면 통점이 동시에 작용하기 시작해 결국 통증만 느끼게 된다. 그런데 감각점이 이처럼 불균형을 이루고 있는 것은 차가움이나 뜨거움이 어느 정도까지는 괜찮지만, 일정 수준을 넘어서면 아주 위험해지기 때문에, 차가움이나 뜨거움이 아니라 통증을 느끼게 함으로써 주의를 환기시켜, 위험에 대비토록 해줌으로써 우리의 생존에 그만큼 유리하다고 볼 수 있다.



우리 몸에 분포되어 있는 피부 감각 중 압점의 분포를 알아보기 위해서는 고무 밴드를 이용하여 간격을 조정하며 두 점으로 느끼는 최단거리를 측정한다. 우리 몸의 각 부위별로 감각점의 분포가 다르기 때문에 몸의 각 부위를 측정하도록 한다.

실험 기구 및 재료

이쑤시개, 자, 고무밴드, 안대

1. 피부 감각점에는 어떤 것이 있는지 토의하고, 이쑤시개 두 개를 동시에 자에 장치하여 조사자의 손바닥을 눌러본다. (이때, 실험자는 조사자의 눈을 안대로 가린 후 상처가 나지 않도록 조심하여 누른다) 조원 전체를 대상으로 실험하고 사람마다 어떻게 다른지 혹은 같은지 조사하여 관찰한 내용을 토의하고 적으시오.

2. 관찰에서 사용한 기구를 이용하여 우리 몸의 피부 감각 중 압각의 분포를 조사하기 위해서 어떤 실험을 진행해야 할 것인지 토의하고, 가설을 한가지 설정한다.

<가설 설정하기>

예] 우리 몸의 압점은 부위별로 다르게 분포되어 있을 것이다.

남성보다 여성의 압점이 조밀하게 분포되어 있을 것이다.

3. 가설을 검증하기 위해 어떤 방법으로 실험할 것인가를 토의하고, 실험의 구체적인 절차와 방법을 기록한다.

<실험설계 및 변인 통제하기>

4. 계획된 방법에 따라 실험을 실시하고, 그 결과를 측정하여 기록한다.

<관찰하기 와 측정하기>

5. 측정하여 나타나는 값을 표나 그래프로 변환하여 가설의 내용을 확인할 수 있도록 제시하고, 이 자료를 통해 확인할 수 있는 사실을 정리해 보자.

<자료 해석하기>

6. 이 실험을 통해서 어떤 결론을 도출할 수 있는가?

<결론 도출>

7. 여러분이 이미 설정한 가설과 결론이 일치하는지 확인하고, 추가로 실시 해야할 실험의 내용은 어떤 것이 있는지 토의하고, 만일 일치하지 않는다면 실험과정에서 무엇을 추가로 실시하거나 수정해야 할 것인지 조원들과 토의하고 정리해보자.

실험VIII) 우리의 혀에서는 어느 정도의 맛을 느낄 수 있을까?

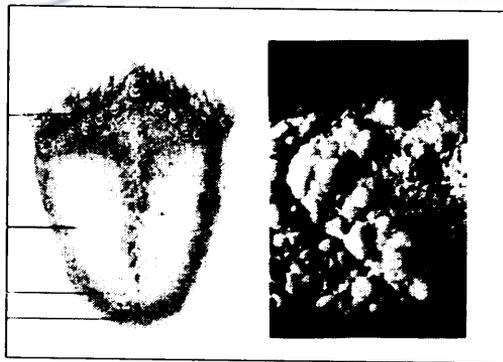
(미각의 역치)

개요

살아있는 생물은 외부의 자극을 받아들이고 반응하는 성질이 있다. 사람에서는 외부의 자극의 종류에 따라 자극을 받아들이는 특별히 분화된 감각기가 발달되어 있는데, 혀에 미각기가 분포해 있어서 맛을 느낀다. 혀의 표면에는 유두라는 작은 돌기가 있고 이 돌기 옆에 미뢰라는 미각기가 자리잡고 있고 그 안에 미세포가 존재한다. 액체 상태의 화학 물질이 미신경을 흥분시키고 이러한 흥분이 대뇌에 전달되어 맛을 느끼게 된다.

탐구활동(시범실험)

사람이 느낄 수 있는 맛의 종류는 단맛, 신맛, 짠맛, 쓴맛 네 가지이다. 이 외의 맛은 네 가지 맛과 통각, 압각 등이 혼합되어 느껴지는 것이다. 그리고 이러한 맛은 그 맛을 느끼는 혀의 부위가 각기 다르다. 혀 끝에서는 단맛을, 양옆에서는 신맛을, 혀의 뿌리에서는 쓴맛을, 그리고 짠맛은 혀의 전체에서 느낀다. 설탕과 소금을 녹여서 샬레 접시에 놓고 여기에 작은 거름종이 조각을 담근 후 핀셋으로 꺼내어 피실험자의 혀에 놓아서 각각의 맛을 느끼는 부위를 확인한다. 또한 농도를 달리하면서 어떤 반응이 나타나는지 살펴보도록 한다.



실험기구 및 재료

샬레, 핀셋, 스포이드, 메스실린더, 약수저, 가위, 거름종이, 라벨, 저울
설탕, 소금, 식초, PTC용액,

1. 이 실험을 통해서 알아낸 내용을 적으시오.

- 맛을 느끼는 부위가 다름을 알게 한다.
- 사람마다 맛을 느끼는 농도가 다름을 이해하도록 한다.
- 실험과 연관하여 역치의 개념을 이해하도록 한다.

2. 맛을 느끼는 농도는 사람에 따라서 혹은 맛의 종류에 따라서 어떻게 다를 것인지 생각해보고, 가설을 설정해 본다.

<가설 설정하기>

- 차츰 낮은 농도에서 높은 농도로 바꾸면서 맛을 느끼는지 확인
- 맛을 느끼고 난 후에는 혀를 씻어서 다음 농도를 확인한다.

3. 위 가설을 검증하기 위해 어떻게 실험을 진행할 것인지 토의하고 조별로 실험을 설계해 보자

<실험설계 및 변인 통제하기>

4. 계획된 실험절차에 따라 실험을 실시하고, 그 결과를 기록하도록 한다.

<관찰하기와 측정하기>

5. 측정된 자료를 그래프나 표로 나타내고, 이를 통해서 무엇을 알수있는지 토의해 보고 그 결과를 기록한다.

<자료 해석하기>

6. 이 실험을 통해서 얻어진 결론은 무엇인가?

<결론도출>

7. 실험을 통해 여러분이 알아내려고한 사실을 알아낼 수 있었는가? 만일 알아내지 못했다면 실험과정에서 어떤 문제점이 있었는지 토의하고, 실험 진행중에 수정하거나 추가로 실시 해야할 것은 무엇인지? 혹은 추가실험을 한다면 어떤 실험을 해야할 것인지 정리해보자.

<평가하기>

실험VIII) 사람의 유전형질은 어떻게 유전될까?

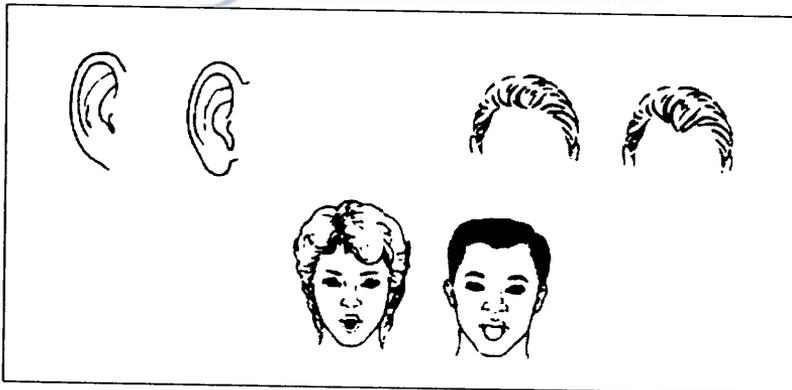
(사람의 유전형질)

「개요」

지구상에 살고있는 생물들은 저마다 독특한 모양과 특성을 갖고 생활하고, 그 형질을 부모로부터 물려받아 자기와 닮은 자손을 낳는다. 이러한 현상을 유전이라고 한다. 멘델이 이 유전의 법칙을 발견한 이래 많은 학자들에 의해 사람의 유전현상에 대해 연구가 진행되었다. 같은 부모 사이에서 태어난 자녀일 경우에도 부모로부터 각각 물려받은 염색체의 조합이 다르므로 서로 다른 특성을 갖고 태어나게 된다.

「탐구활동」

일란성 쌍생아의 경우에 부모로부터 물려받은 유전자는 동일하다. 그럼에도 불구하고, 키라든지 몸무게 같은 경우는 약간의 차이가 존재한다. 이러한 차이의 원인은 환경의 영향 때문이다. 그러나 혀말기, 미맹, 혈액형, 눈꺼풀 등은 환경의 영향을 받지 않는다. 사람의 경우 이러한 유전현상에 대한 연구가 다른 생물에 비해 곤란하다. 한 세대가 길고, 자손의 수가 적고, 인위적 교배가 곤란하기 때문에 사람의 유전현상은 주로 가계 조사나, 통계적 방법 등과 같은 간접적 방법을 통해 연구되어 왔다. 최근에는 분자생물학의 발전으로 DNA에 대한 연구가 진행되어 게놈프로젝트에서 보여지듯이 분자 수준에서의 유전에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.



실험 기구 및 재료

줄자, 체중계, 필기구, 노트

1. 각 조원들의 신체적 형질의 차이에 관해서 관찰하고, 이들 차이점 중에서 우성으로 유전되는 형질과 열성으로 유전되는 형질이 무엇인지 조사하고, 이를 확인하기 위해 어떤 방법을 사용할 수 있는지 정리해보자.

예] 쌍생아를 이용한 방법

가계도를 이용한 방법

집단 유전을 연구하는 방법

2. 각 조의 조원들의 형질중 뚜렷하게 구분되는 형질과 그렇지 못한 형질을 조사하고, 그 이유에 대해 토의해 보자. 또한, 뚜렷하게 구분되는 대립형질을 조사하여 기록해 보자

예] 혀말기, 왼손잡이, 곱슬머리, 눈꺼풀, 컷불형태, 보조개 등

3. 조사한 형질이 우성의 형질인지 열성의 형질인지 확인하기위한 실험의 방법에 대해 토의하고 가설을 한가지 설정해보자

<가설 설정하기>

예] 많이 발현되는 형질이 우성의 형질일 것이다.

4.가설을 확인하기 위한 실험의 과정에 대해 토의하고, 실험을 설계하여 구체적으로 정리해보자

<실험설계 및 변인 통제하기>

5. 조사하고자 하는 형질을 조사하여 관찰하고 기록한다. 가능하다면 부모님의 형질까지도 조사한다.

<관찰하기와 기록하기>

6.조사된 형질을 이용하여 가계도를 작성하고, 이를 통해서 무엇을 알 수 있는가?

<자료 해석하기>

7. 이 조사를 통해서 어떤 결론을 내릴 수 있는가?

<결론 도출>

8. 조사된 내용 중에서 우성과 열성의 형질의 구분이 명확하지 않은 형질이 있다면, 이 형질이 우성인지 열성인지를 알아내기 위해 어떤 과정을 추가로 실시해야 하는가에 대해 토의하고 정리하시오. 그리고 조사과정 중 잘못되었거나, 개선해야할 점, 추가로 실시해야할 조사에 대해 토의하고 정리하시오.

실험 안내서 및 보고서

실험I) 광합성은 어떤 조건에서 활발하게 일어날까?

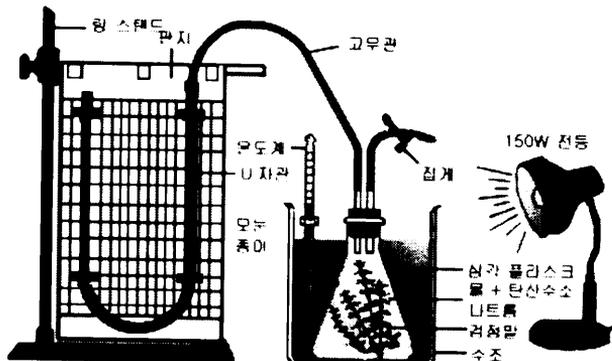
제 목	광합성 요인	지도교사		평가	
일 시	200 년 월 일	장 소			
소 속	반 조	성 명			
준비물	시험관, 온도계, 비커, 초시계, 피펫, 수조, 고무마개, 깔대기, 스펀드, 탄산수소나트륨용액, 검정말				

「개요」

지구상에 살고 있는 대부분의 생물은 광합성에 의한 유기물을 먹이로 살아가고 있다. 광합성은 녹색식물의 잎에 있는 엽록체에서 일어나는데, 엽록체에서 이산화탄소와 물을 연료로 태양의 빛에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 반응이다. 이때 산소가 발생하게 된다.

「탐구활동」 시범실험

시험관 속에 검정말은 넣고 빛을 비추어 주면 검정말에서는 광합성이 일어나고, 기체가 발생하게 된다. 이때 발생하는 기체는 산소로서 광합성 속도를 알려준다. 이때 비이커 안의 수온이 상승하지 않도록 수조를 설치하고 온도계를 이용하여 물의 온도를 지속적으로 측정한다. 시험관 속에는 탄산수소나트륨을 넣어 물 속의 이산화탄소의 농도를 일정하게 유지하도록 한다.



광합성의 속도 실험 장치

1. 위에서 관찰한 현상을 적어보자.

2. 위 실험을 통해서 광합성에 영향을 미치는 요소는 어떤 것들이 있는지 생각해보자. 그리고 비이커 앞에 수조를 설치하고, 시험관에 탄산수소나트륨을 넣어준 이유는 무엇인지 적으시오.

3. 광합성 속도가 어떤 요인에 의해 영향을 받는지 생각해보고, 각자 여러 가지 요인의 변화에 따라 광합성속도가 어떻게 변할 것인지 발표하고, 여러분의 의견을 구체화하여 가설을 한가지만 설정해보자.



4. 위 3번의 가설을 설정하기 위해서, 조별로 어떻게 실험을 설계해야 할 것인지 토의하고, 구체적인 실험 과정을 계획하고 정리해본다.

5. 실험장치를 설치하고, 광합성에 영향을 미치는 요인의 변화에 따른 광합성속도의 차이를 실험하고, 실험의 결과를 기록한다.

6. 측정된 자료를 그래프나 표로 나타내고, 이 자료를 통해서 이실험에서 무엇을 알 수 있는지 적으시오.

7. 이 실험을 통해서 어떤 결론을 얻을 수 있는가?



8. 여러분이 이미 설정한 가설과 실험의 결과가 이와 일치하는지 확인하고, 추가 실험을 한다면 어떤 실험을 해야 할 것인지, 혹은 실험 과정에서 잘못되어 수정할 점은 어떤 것인지 정리해보자.

세부 채점 기준표에 의한 채점자간 신뢰도

탐구과정기능	실험주제	채점자간 신뢰도 (cronbach α)	채점자간 상관 계수 (적률 상관 계수)		
			r1↔r2	r1↔r3	r2↔r3
가설 설정 하기	빛의 세기와 광합성	.98	1.00	1.00	1.00
	엽록체의 색소분리	.99	.94	.94	1.00
	소화효소의 작용	.88	.84	.69	.61
	자극에 대한 반응속도	.89	.63	1.00	.63
	식물의 군집 조사	.91	.66	.66	1.00
	촉각의 분포 조사	.92	1.00	.82	.82
	혀의 미각분포	.92	.93	.87	.62
	사람의 유전형질 조사	.83	1.00	.66	.66
실험 설계 및 변인 통제 하기	빛의 세기와 광합성	.95	.93	1.00	.93
	엽록체의 색소분리	.92	.79	.69	.93
	소화효소의 작용	.88	.83	.76	.68
	자극에 대한 반응속도	.92	1.00	.71	.71
	식물의 군집 조사	.99	.97	.97	1.00
	촉각의 분포 조사	.88	.90	.64	.90
	혀의 미각분포	.92	1.00	.82	.82
	사람의 유전형질 조사	.95	.90	.85	.97
관찰 하기 와 측정 하기	빛의 세기와 광합성	.98	1.00	.93	.93
	엽록체의 색소분리	.89	.63	1.00	.63
	소화효소의 작용	.89	.85	.69	.61
	자극에 대한 반응속도	.86	.64	.61	.77
	식물의 군집 조사	.89	.76	.87	.80
	촉각의 분포 조사	.91	.68	.85	.89
	혀의 미각분포	.92	1.00	.69	.69
	사람의 유전형질 조사	.90	.68	.87	.94
자료 해석 하기	빛의 세기와 광합성	.98	.95	.99	.89
	엽록체의 색소분리	.89	.63	.63	1.00
	소화효소의 작용	.91	.84	.79	.76
	자극에 대한 반응속도	.82	.66	.64	.61
	식물의 군집 조사	.89	1.00	.63	.63
	촉각의 분포 조사	.94	.87	.99	.82
	혀의 미각분포	.89	.66	.76	.87
	사람의 유전형질 조사	.96	.87	.95	.94

탐구과정기능	실험주제	채점자간 신뢰도 (cronbach α)	채점자간 상관 계수 (적률 상관 계수)		
			r1↔r2	r1↔r3	r2↔r3
결론	빛의 세기와 광합성	.96	1.00	1.00	1.00
	엽록체의 색소분리	.89	.84	.76	.77
	소화효소의 작용	.90	.84	.64	.86
	자극에 대한 반응속도	.98	1.00	.93	.93
	식물의 군집 조사	.92	.97	.69	.73
	촉각의 분포 조사	.96	.82	1.00	.82
	혀의 미각분포	.91	1.00	.68	.68
	사람의 유전형질 조사	.89	.66	1.00	.66
평가	빛의 세기와 광합성	.96	.91	.91	1.00
	엽록체의 색소분리	1.00	1.00	1.00	1.00
	소화효소의 작용	.84	.77	.63	.61
	자극에 대한 반응속도	.91	.63	.75	.94
	식물의 군집 조사	.93	.96	.77	.84
	촉각의 분포 조사	.94	1.00	.66	.66
	혀의 미각분포	.86	.82	.58	.71
	사람의 유전형질 조사	.94	1.00	.66	.66