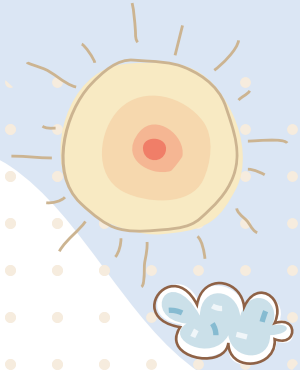




Part 03

산림환경영역

산림생태계	122
인공숲과 자연숲	150
도시숲	154
산림토양	164
숲의 기능과 순환	172
산림과 기후변화	194





1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 식물사회의 천이과정을 통해 선구수종과 극상수종의 특징을 안다.

3. 기본자료

■ 선구수종의 등장

- ▶ 선구수종이란 천이의 초기에 나지(裸地)에 처음으로 침입해서 토착하는 수종을 말함
 - 불나무, 가죽나무, 오리나무, 보리수, 자작나무 등
- ▶ 선구수종에 해당하는 나무들은 처음 숲이 만들어질 때 큰 활약을 주는 주인공들임
 - 숲의 초창기에 선구수종은 풍부한 빛을 토대로 왕성하게 성장하며 이로 인해 생긴 유기물들은 숲의 물질량을 증가시켜 숲의 잠재력을 키움
 - 선구수종은 빠른 성장속도, 많은 양의 낙엽 생산, 그리고 부드러운 육질의 몸체, 장차 숲의 점령자들에게 제공되는 제물이라 할 수 있음
- ▶ 나무들이라고 해서 모두가 똑같은 시기에 잎을 틔우는 것은 아니며, 나무들 간에도 엄격한 서열이 존재함 (산벚나무와 팔배나무는 태생적으로 빛을 좋아해 일찍 잎을 틔움)

■ 후기수종의 성장

- ▶ 선구수종들이 숲의 기초를 다지면 여기저기 동물들이 모여들고 나무열매들도 운반됨
 - 신갈나무나 졸참나무 같은 나무들의 종자도 운반되고 서어나무나 단풍나무의 씨앗도 날아 옴
 - 비교적 늦게 숲으로 들어온 천이후기수종은 어두운 숲이나 덤불 속에서도 잘 성장함
- ▶ 약 50년 정도 경과하면 개척자 수종(선구수종)은 쇠퇴하기 시작하고 상대적으로 약한 빛에도 강한 천이후기종들이 숲을 장악하게 됨

■ 후기수종의 특징

- ▶ 천이후기수종들은 빛에 대해 신속히 반응하고 빠르게 성장하는 선구수종에 비해 초기 성장속도는 느리지만 개척자 수종이 축적한 물질들을 토대로 줄기와 뿌리에 충분한 양의 물질을 저장하면서 여유있게 성장함
- ▶ 전체적인 성장속도도 완만하지만 매년 봄에 잎을 틔우는 데도 여유가 있어 숲에서 가장 느긋하게 잎을 피움

〈자료 출처 : 차윤정(2004), 숲의 생활사, 웅진 지식하우스〉

4. 교과서 반영 제안

● **적정 학교급**

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 식물의 천이과정을 이해한다.
중 학 교	과학	• 선구수종과 극상수종의 종류를 안다.
고등학교	생물	• 선구수종과 극상수종이 갖는 숲의 생태적 지위를 안다.

● **보조자료와 사진**



사진 설명 : 선구수종인 층층나무(좌), 극상수종인 서어나무(우)

사진 출처 : 국가생물종지식정보시스템(2008). <http://www.nature.go.kr>

● **유의사항**

- ▶ 선구수종과 선구식물을 혼동하지 않도록 주의한다.

1. 명역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲은 나무만 있는 것이 아니라 생물적 요소와 미생물적 요소가 함께 구성되어 있으며 이 모든 것들이 서로 영향을 미치며 숲생태계를 구성하고 있음을 알 수 있다.

3. 기본자료

■ 숲생태계의 구성요소

▶ 무생물적 요소

- 숲생태계는 빛, 온도, 물, 공기, 토양으로 이루어지며 생물에게 필요한 물질과 생활 장소를 제공
- 위 다섯가지 중 하나라도 균형관계를 잃게 되면 제한요소가 되고, 이들 중 하나라도 지나치면 오염물질이나 저해 요소가 되어 생물은 제대로 살 수가 없음

▶ 생물적 요소

- 기능적으로 생산자, 소비자, 분해자로 나뉘는데 생산자는 스스로 영양분을 만들어 살아가는 식물과 미생물이 해당하며, 소비자는 동물, 분해자는 동식물의 사체나 배설물의 유기물을 분해하여 에너지를 얻어 살아가는 미생물을 가리킴
- 분해자는 분해 과정에서 무기물을 만드는데 이는 다시 생산자의 양분이 되어 순환

■ 구성요소의 특징

- ▶ 빛 : 식물이 광합성을 하여 양분을 만드는데 쓰임
- ▶ 공기 : 식물의 호흡과 광합성에 쓰이고 바람은 씨앗을 멀리 전달해 줌
- ▶ 온도 : 온도에 따라 자라는 식물의 종류가 달라짐
- ▶ 소동물 : 지렁이와 곤충 등이 있으며 지렁이는 땅을 비옥하게 함
- ▶ 토양미생물 : 유기물을 분해하여 무기물을 만듦
- ▶ 토양 : 생물의 생활 터전이 됨
- ▶ 물 : 식물이 생활하는 모든 작용에 쓰임
- ▶ 야생동물 : 소비자로서 생태계를 유지하도록 개체수를 조절함
- ▶ 식물 : 스스로 양분을 만드는 생산자로서 소비자인 동물의 먹이가 됨

〈자료 출처 : 생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005). 숲해설 아카데미, 현암사〉

4. 교과서 반영 제안

● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	• 숲에는 다양한 동물들과 식물들이 살아가고 있음
초등고학년	과학	• 숲을 구성하는 동·식물들이 서로 관계를 가지고 있음 • 생태계의 구성요소
중 학 교	과학	• 먹이 사슬의 개념의 이해
고등학교	생물	• 선구수종과 극상수종이 갖는 숲의 생태적 지위를 안다.

● 보조자료와 사진

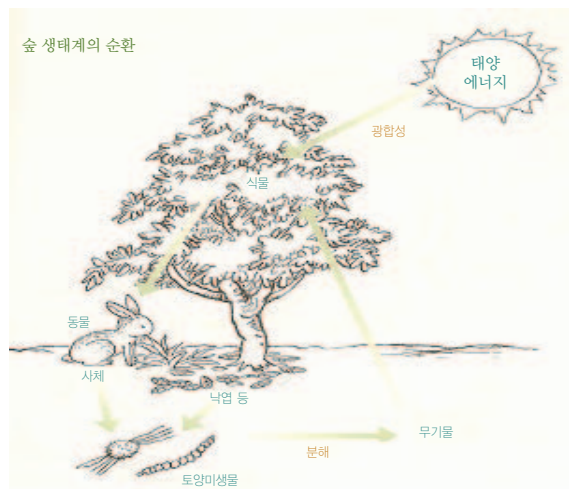


사진 설명 : 숲 생태계의 구성요소들의 상호관계를 그림으로 설명하였다.

사진 출처 : 생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005). 숲해설 아카데미, 현암사

● 유의사항

- 숲의 구성요소간의 균형이 중요함을 알려준다. 어느 하나에 편중이 된다면 생태계가 어떻게 망가지게 되는지 알려준다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲생태계의 안정은 먹이 사슬의 다양성에 의한 먹이 그물의 형성에 있음을 알 수 있다.

3. 기본자료

■ 먹이 사슬

- ▶ 동물과 식물은 어느 것이나 서로 먹고 먹히는 관계를 유지하고 있는데 이런 관계를 먹이사슬이라고 함
- ▶ 생태계 내의 에너지는 끊임없이 이동하고 있으며, 생태계 내의 에너지 이동을 생물의 역할에 따라 분류하기도 하는데 생산자로부터 소비자에게로 이어지는 단계를 영양단계라고 함

■ 영양 단계

- ▶ 1차 영양단계 : 광합성을 통하여 빛에너지를 고정시키는 생산자
- ▶ 2차 영양단계 : 생태계에서 가장 풍부한 식물을 먹이로 취하는 생물체인 초식 동물
- ▶ 3차 영양단계 : 초식 동물을 먹이로 취하는 동물인 육식 동물
- ▶ 4차 영양단계 : 육식동물 가운데 다른 육식 동물을 먹이로 취하는 동물체

■ 복잡한 먹이 그물

- ▶ 숲생태계 내에서 서로 먹고 먹히는 관계가 매우 복잡하게 얽혀 있어 제1차 소비자, 제2차 소비자 및 제3차 소비자의 구분이 명확하지 않은 경우도 있음
- ▶ 사람, 곰, 쥐 등과 같은 동물은 잡식성으로서 제1·2차 및 제3차 소비자가 되기도 하며, 많은 육식동물은 초식동물이나 다른 육식동물을 먹어 제3차 또는 제4차 소비자가 되기도 함
- ▶ 분해자는 먹이 그물에서 각종 유기 물질을 분해하여 영양 염류의 순환을 하게 하는 중요한 역할을 하고 있으며, 분해하는 과정에서 나오는 물질 중 자신에게 필요한 양분만을 흡수

■ 생태계의 균형

- ▶ 생태계의 균형도 스프링과 같이 어느 정도의 외부적인 충격이 가해지더라도 조금 지나면 다시 원래의 균형을 되찾음
- ▶ 그러나 심한 충격, 예를 들어 환경오염이 심해서 생태계의 균형이 깨지게 되면 원상회복이 어렵게 되거나 회복시키는 데 엄청난 비용과 시간이 필요하게 됨

- ▶ 1940년대 인도네시아의 보르네오 섬에서 고양이와 전멸한 적이 있었음
 - 바퀴를 박멸하기 위하여 섬 전역에 살충제인 DDT를 무제한 살포하였음
 - 바퀴를 박멸시키는 데는 성공하였지만, DDT에 중독된 바퀴를 잡아먹는 고양이는 죽게 되었으며, 그 후 얼마 가지 않아 보르네오 섬에서는 쥐가 극성을 부리게 되었음
 - 그 이유는 먹이 사슬의 파괴로 인하여 고양이의 수가 감소한 것이 주된 원인이었던 것으로 알려지고 있음

(자료 출처 : 고등학교 교육인적자원부(2004). 고등학교 숲과 인간, 교육인적자원부)

4. 교과서 반영 제안

■● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	• 동물과 식물의 먹고 먹히는 관계
초등고학년	과학	• 먹이 연쇄, 먹이 그물, 생태계 평형 알기
중 학교	과학	• 먹이 사슬과 먹이 그물의 관계
고등학교	생물	• 먹이 그물과 생태 다양성, 그리고 건강한 생태계의 관계

■● 보조자료와 사진

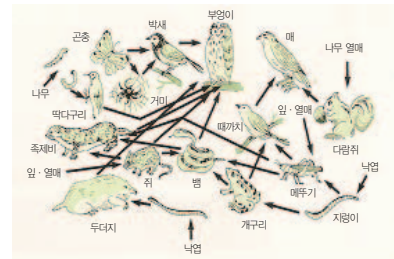
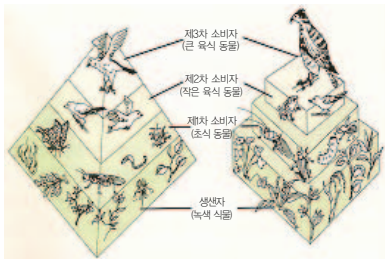


사진 설명 : 숲의 먹이 사슬(좌), 먹이 그물 모형(우)

사진 출처 : 고등학교 교육인적자원부(2004). 고등학교 숲과 인간, 교육인적자원부

■● 유의사항

- ▶ 먹이 사슬에서 먹이 그물로 이해의 개념을 넓혀 가도록 한다. 먹이 사슬 상에서만 본다면 1차 소비자, 2차 소비자 등의 관계가 모호해 지는 경우가 있다.
- ▶ 다양한 먹이 사슬이 모여서 먹이 그물을 이루게 되는데 그것이 다양할수록 건강한 생태계가 이루어 짐을 알려 준다.
- ▶ 다양한 생태계를 이루게 하기 위해서는 다양한 서식처가 있어야 함을 알려준다.

1. 명역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 산림파괴가 생물다양성에 미치는 영향을 올바르게 이해한다.

3. 기본자료

■ 숲은 생물 다양성의 보물상자

- ▶ 숲은 모두에게 알려진 식물과 포유류, 조류 종의 10~15%를 보유하고 있음
- ▶ 따라서 세계의 생물 다양성의 보물 상자라고 불리움

■ 산림파괴 현황

- ▶ 세계자연연구소(WRI)에 의하면, 최근 몇 년간 20.4백만ha에 달하는 열대림이 매년 감소되고 있다고 함(이 면적은 우리나라 남북한 국토면적의 약 90%에 달하는 면적임)
- ▶ 열대림의 연간 감소율이 매년 진행된다면 원시열대림은 21세기 동안에 모두 훼손될 것임

■ 산림파괴의 원인

- ▶ 산림파괴의 원인은 빈곤과 낮은 농업의 생산성, 불균형한 토지의 분포, 급속한 인구의 증가, 무분별한 개발을 들 수 있음

■ 산림파괴는 곧, 생물 다양성 감소

- ▶ 산림파괴에 의한 생물종의 소멸률이 산업혁명 이래 훨씬 더 빠르게 증가하고 있음
- ▶ 현재 생물종의 소멸률은 공룡이 사라지고 포유류가 나타난 65백만년 동안 발생한 소멸율과 비교가 되지 않을 정도로 많다고 함
- ▶ 세계의 몇몇 연구기관에서는 1980년 중반에 존재했던 세계의 동식물종 가운데 25%가 2015년 혹은 그 이후에 가서 곧 소멸될 것이라고 예측하고 있음

■ 지켜야 할 생물들의 보금자리

- ▶ 숲이 사라지는 것을 나무가 잘려나가는 정도로 대수롭지 않게 생각해서는 안 됨
- ▶ 최근에 숲을 파괴하고 아파트, 골프장과 같은 시설을 만든 곳을 중심으로 큰 홍수피해가 찾아지고 있음
- ▶ 숲이 사라진다는 것은 그 곳에서 살던 온갖 생물들의 먹이와 보금자리가 사라지는 것이며 어떤 종은 이 지구상에서 영원히 사라질 수도 있음

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	바른생활	• 동물원에 있는 동물들의 원래 집은 어디일까?
초등고학년	도덕, 과학, 국어	• 산림이 없어진다면 동물들은 어떻게 될까? • 가장 많은 동물들이 살고 있는 곳
중 학 교	사회, 과학	• 산림파괴 현황에 대해 조사 • 산림파괴의 원인 • 산림파괴는 생물다양성 감소와 직결됨을 이해
고등학교	사회, 과학	• 생물다양성 감소 동향과 그 대책 • 도시녹화와 조림사업을 통한 생물다양성 증진방안

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 도로개설을 위하여 산을 훼손한 사례, 골프장을 건설하기 위하여 산림을 훼손한 사례

사진 출처 : 산림청

■● 유의사항

- ▶ 생물다양성 감소의 원인에는 많은 여러 원인이 있다는 것을 설명하고, 그 중 산림파괴에 의한 생물다양성 감소를 강조한다.
- ▶ 가급적 통계자료를 활용하여 신뢰성을 더한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲은 수많은 생물들이 살아가는 터전임을 알고, 생물다양성이 높은 숲 생태계는 매우 안정된 생태계를 이룬다는 것을 이해한다.

3. 기본자료

■ 숲은 수많은 생물들의 보금자리

- ▶ 숲에는 몸집이 큰 동물로부터 눈에 보이지 않는 미생물에 이르기까지 그야말로 셀 수 없이 많은 생물들로 이루어져 있으며 이들은 서로 먹이사슬로 연결되어 있음
- ▶ 숲에 많은 생물들이 모여 살고 먹이 사슬이 잘 짜여진 것은 바로 나무가 있기 때문이므로 숲생태계의 중심은 크고 작은 나무들이라고 할 수 있음

■ 숲 속 생물들을 연결하는 먹이사슬

- ▶ 서로 연결된 먹이사슬 중 어느 하나가 사라지면 생태계가 제 역할을 하지 못하게 됨
- ▶ 만일 어떤 숲에 뱀이 한 마리도 살고 있지 않다면 생태적으로 온전한 숲이 아님
 - 그 숲에는 분명히 뱀의 먹이가 되는 개구리와 같은 생물도 없다는 뜻이기 때문임
 - 또한 그 숲은 개구리도 살수 없는 상태에 있다는 뜻이며, 개구리나 뱀 이상의 훨씬 폭넓은 먹이사슬이 파괴되어 있음을 알 수 있음

■ 생물 다양성은 안정된 생태계를 불러온다.

- ▶ 산림은 지구상에서 가장 복잡하고 안정된 생물사회를 구성하고 있으며, 오랜 세월을 걸쳐 생물 상호간에 긴밀한 관계를 유지하고 있음
- ▶ 따라서 어떤 낯선 종류의 이방충(異邦蟲)이 산림에 들어오더라도 바로 잡아 먹히므로 이방충은 자기 나라 산림에서 살던 것처럼 자리 잡고 살 수가 없음
- ▶ 그러나 도시의 가로수는 피해를 막기가 쉽지 않음
 - 도시의 가로수는 인간이 조성한 것으로서 드문드문 서있어서 생물 사회가 단순하고 상호관계가 불충분하여 불안정하기 때문임

〈자료출처 : 우리숲(2008). <http://www.woorisoop.org/>〉

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	산에서 본 동물이나 나무들 이야기하기
초등고학년	과학	- 숲 속 곤충 및 동물에 대해 이야기 - 숲 속 식물에 대해 이야기 - 숲 토양 동물 및 미생물에 대해 이야기
중 학 교	과학	- 생물다양성 개념 및 숲 속 먹이사슬 개념 - 자연생태계의 중심인 숲
고등학교	생물, 생태와 환경	- 생물들과 숲과의 상호작용 - 생물 다양성과 생태계의 안정성과의 관계

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 톱사슴벌레(좌), 큰오색딱따구리(우)

사진 출처 : 산림청

■● 유의사항

- ▶ 숲 속 동물 및 식물을 이야기할 때 숲 토양 생물도 함께 설명한다.
- ▶ 생물 다양성과 생태계의 안정성과의 관계를 생태적 지위 개념과 관련지어 설명한다.

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 숲의 구성원으로서의 곤충의 역할에 대해서 안다.

3. 기본자료

■ 곤충의 특징

- ▶ 몸은 머리, 가슴, 배의 3부분으로 나뉘며 머리에는 1쌍의 더듬이와 종류별로 특이한 형태로 발달된 구기(입틀)를 가지고 있음
- ▶ 다른 동물들과는 달리 외골격으로 이루어져 있으며 배는 일반적으로 유충시기에는 11마디로 이루어져 있는데 성충이 되면 기능을 가진 부속지가 없어짐
- ▶ 몸은 좌우대칭을 이루고 개방혈관계를 가지며, 소화기관은 전장, 중장, 후장 등 3부분으로 이루어져 있고 후장의 끝에 말피기관을 가짐

■ 숲 구성원으로서의 곤충

- ▶ 지구상에서 가장 진화에 성공한 생물이 바로 곤충임
- ▶ 곤충은 지구에서 살고 있는 생물 가운데 가장 많고 다양하게 분포하고 있으며, 숲 토양 1m²안에는 여러 종의 곤충이 적게는 수십 마리에서 많게는 수만 마리 정도 살고 있음
- ▶ 다양한 곤충들의 활동은 숲의 생명력과 생태적 구조를 더욱 건강하고 탄탄해지게 함
 - 나방 유충은 조류나 파충류의 먹이가 되어 단백질을 공급하고, 나비, 꽃등에, 벌은 꽃에서 꽃가루와 꿀을 가져가는 대신 꽃의 꽃가루받이를 도와 식물을 번식

■ 숲에서 곤충 찾기

- ▶ 꽃 : 벌, 꽃등에, 나비류, 나방류 등은 꽃이 만드는 꿀과 꽃가루로 탄수화물과 단백질을 비롯한 영양분을 공급받음
- ▶ 잎 : 진딧물의 무리, 나방 유충, 노린재, 메뚜기, 잎벌레 등 농작물에게 해를 주는 곤충도 있음
- ▶ 나무와 나뭇가지 : 낮에 활동하지 않는 나방이나 썩덩나무노린재 등 어두운 색 곤충을 볼 수 있음
- ▶ 버섯이나 흙이 있는 곳 : 축축한 흙에는 많은 곤충과 절지동물류가 살고 있음
- ▶ 개울 : 잠자리, 강도래, 날도래, 하루살이 등의 유충을 볼 수 있음

〈자료 출처 : 숲아카데미(생명의 숲)〉

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	• 우리 주위의 곤충의 모습과 이름 알기
초등고학년	과학	• 곤충의 특징과 이름 알기
중 학 교		• 해당사항 없음
고등학교		• 해당사항 없음

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 치열한 먹이싸움 장수풍뎅이(좌), 엉덩퀴에 앉아있는 호랑나비(우)

사진 출처 : 산림청

■● 유의사항

- ▶ 곤충을 찾을 때나 잡을 때는 최대한 조심스럽게 한다.
- ▶ 관찰하기 위해 잡았던 곤충은 반드시 놓아주는 시범을 보인다.
- ▶ 곤충을 잡아서 가져가지 못하게 한다. 가져가 키우기보다는 곤충에게 가장 좋은 환경이 바로 숲이라는 사실을 가르친다.
- ▶ 벌이나 노린재 같이 독침이나 뽀족한 주둥이를 가진 곤충이 쏘면 아프고 많이 붓게 되므로 손으로 곤충을 함부로 잡지 않도록 한다.
- ▶ 학생들이 자연체험이라는 명목하에 곤충을 상업적으로 사고파는 행위에 대해 생명존중의 의식을 갖도록 한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲 속에 있는 작은 생물들이 숲 생태계와 숲 토양에 미치는 긍정적인 영향에 대해 올바르게 이해한다.

3. 기본자료

■ 숲에 감추어진 보물 - 작은 생물들

- ▶ 육안으로 보이는 생물만 해도 1m²당 무려 수십 마리에서 수백 마리나 되며, 눈에 보이지 않는 진드기 같은 작은 생물을 합하면 토양에는 수만 마리의 생물이 살고 있음
- ▶ 만약에 이 많은 생물들이 나뭇잎을 먹어 치운다면 나무는 금세 앙상해져 버리겠지만, 흙 속의 생물들은 푸른 잎을 먹지 않음

■ 숲 토양을 좋게 하는 숲 속 작은 생물들의 역할

- ▶ 배설물
 - 숲 지면에 쌓여 있는 마른 낙엽 밑을 들춰보면, 촉촉하고 부들부들하며 구멍이 난 잎들을 볼 수 있는데 이것은 지렁이, 노래기, 쥐며느리, 진드기와 같은 생물들이 먹고 난 것임
 - 낙엽을 먹는 생물은 자기 체중의 수십 배에 해당하는 먹이를 먹어 치우고 많은 배설물을 쏟아 내는데 낙엽 사이나 표토에 구르고 있는 각양각색의 크고 작은 알갱이들은 땅 속에 사는 생물들의 배설물임
 - 이러한 다양한 크기의 배설물은 토양에 섞여 비가 많이 내릴 때 빗물을 저장하고 사이사이의 공간을 통해 물이 잘 배수되도록 하여 이상적인 토양을 만드는 역할을 함
- ▶ 토양 내 생물들의 이동
 - 흙 속에 사는 지렁이, 지네, 거미, 개미와 같은 생물들은 유기물을 먹으면서 돌아다니거나 몸을 숨기기 위해 작은 구멍을 만드는데 이 때문에 숲의 흙은 폭신평신했고 부드러워지게 됨
- ▶ 분해 작용
 - 토양 속에 있는 유기물은 다른 생물의 먹이가 되거나 미생물들이 이용하게 되며 결국 암모니아나 인(p)과 같은 무기물로 분해되고 이같은 양분을 식물이 다시 흡수하여 이용
 - 숲의 좋은 토양은 생물과 미생물의 공동 작업으로 만들어 지는 것이므로 토양 속에 사는 생물들은 숲의 보물인 셈임

〈자료 출처 : 우리숲(2008). <http://www.woorisoop.org/>〉

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	산에서 본 매우 작은 생물들 이야기하기
초등고학년	과학	- 숲에 감추어진 작은 생물들 - 숲 토양과 숲이 아닌 토양 비교하기 - 분해자의 역할 알기
중 학 교	과학	- 생물들의 배설물이 토양에 미치는 영향 - 토양 내 생물들의 이동이 토양에 미치는 영향 - 지렁이와 숲 토양
고등학교	과학(생물), 생태와 환경	- 토양생물 및 미생물의 분해작용 - 물질순환 과정 중에서의 미생물의 역할 - 숲 토양 생물과 숲 생태계



사진 출처 : 우리숲(2008). <http://www.woorisoop.org/>

- ▶ 생물이 토양에게 미치는 영향뿐만 아니라 토양이 생물들에게 미치는 영향에 대해서도 함께 설명한다.
- ▶ 토양 생물들의 역할을 전체 숲 생태계와 연관시켜 설명한다.
- ▶ 모든 토양 생물들이 토양과 숲 생태계에서 항상 긍정적인 역할만 하지 않는다는 것을 함께 설명한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 건강한 숲이 되었을 때 나타나는 특징을 알고, 건강한 숲의 개념을 파악한다.

3. 기본자료

■ 건강한 숲의 정의

- ▶ 생물적 요소와 무생물적 요소가 복합적으로 상호 작용을 하는 생태공간에서 물질 순환과 에너지 흐름이 동적이면서도 평형을 이루는 상태의 숲

■ 건강한 숲의 특징

- ▶ 다양한 생물종이 풍부
 - 생물적 요인과 무생물적 요인 간의 상호작용이 복잡하게 일어나면서 다양한 구성 요소가 작은 공간에서 생활을 유지하며 안정된 생태계 유지
 - 생산자인 식물의 종류와 양이 소비자인 곤충과 동물 등이 사용할 수 있을 만큼 다양하게 많고, 분해자인 버섯균이 죽은 나무와 동물의 사체를 분해하는 능력을 지니고 있음
- ▶ 침엽수와 활엽수가 함께 존재하는 숲
- ▶ 상층, 중층, 하층이 고르게 분포하여 숲을 이룸
 - 상층의 나무 : 유용한 목재 제공
 - 중층의 나무 : 상층의 나무가 사라진 뒤 새로운 상층을 차지
 - 하층의 나무 : 작은키나무와 풀 층은 토양이 흘러내려가는 것을 막고 토양 수분의 증발 방지
 - 하층목이 중요한 이유
 - 숲의 습도를 높여주고, 광선을 차단하여 나무의 줄기의 옷자람을 억제함
 - 종의 보존 측면에서 가치 있는 수종들이 많아지고 생태적으로 건강한 숲을 조성해 줌
- ▶ 토양이 잘 발달
 - 토양층이 깊고, 유기물층이 발달하여 지렁이와 같은 토양의 작은 동물이 많이 존재
 - 잘 발달한 토양은 나무와 풀에 양분과 물을 충분히 공급함으로써 나무가 병이나 해충에 내성을 가질 수 있게 해줌

■ 건강한 숲이 주는 혜택

- ▶ 다양한 용도로 사용할 수 있는 목재 및 각종 부산물을 생산
- ▶ 수원 함양 기능에 의한 가뭄과 홍수를 조절
- ▶ 다양한 생물이 자라게 하여 토양을 비옥하게 하고 종다양성을 유지

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 건강한 숲의 특징 알기
중 학 교	과학, 체육	• 건강한 숲일수록 종 다양성이 풍부하다는 사실 • 건강한 숲일수록 생태계 교란의 영향을 덜 받게 된다는 사실 이해
고등학교	사회, 체육	• 건강한 숲은 동 다양성이라는 생물적 가치와 경제자원으로서 가치가 높다는 사실 이해

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 경북 봉화 백천계곡의 건강한 숲(좌), 정선 이기령숲(우)

사진 출처 : 산림청

■● 유의사항

- ▶ 생물적요소와 무생물적요소의 개념과 상호작용에 대해 설명한다.
- ▶ 건강한 숲일수록 토양의 유기물층이 발달되었다는 것을 생태계 구성요소와 연결하여 설명한다.
- ▶ 나무가 빼곡하게 있는 숲이 건강한 숲이 아니라 나무가 성장하는데 일정한 공간이 확보되어야 건강한 숲이라는 것을 인식시켜 준다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 시간의 흐름에 따라 숲의 모습이 달라진다는 사실을 이해한다.

3. 기본자료

■ 숲의 천이

- ▶ 숲이 오랜 시간에 걸쳐 일어나는 자연적인 변화로 시간의 흐름에 따라 다른 모습과 군집으로 바뀌어 나중에 비교적 안정적인 상태로 진행되어 가는 현상을 말함
- ▶ 우리나라 중부 지방의 천이 과정
 - 맨땅 → 한해살이 풀(냉이, 꽃다지 등), 여러해살이 풀(망초, 쑥 등) → 많은 양의 빛을 필요로 하는 작은 키나무(개울나무, 버드나무 등) → 많은 양의 빛을 필요로 하는 큰키나무(참나무류) → 적은 양의 빛에서는 잘 자라는 나무(서어나무, 까치박달나무 등)
 - 천이의 과정은 식물에 의해서만이 아니라, 미생물, 동물에 의해서도 진행됨
 - 초기에 정착했던 생물들은 주변 환경과 상호 작용하면서 새로운 다른 생물들이 살아갈 수 있는 조건을 만들어내어 순차적으로 천이가 진행되는데, 이 과정이 100년~200년 정도 걸림

■ 천이의 분류와 종류

- ▶ 1차 천이 : 암반노두, 새로 형성된 삼각주, 사구, 새로 생긴 화산섬, 용암류 등과 같은 이전 군집이 존재하지 않은 곳에서 군집이 정착되는 것
- ▶ 2차 천이 : 이전 군집이 파괴된 곳에서 새로이 형성되는 군집이 정착하는 것으로 1차 천이와 유사하지만 천이 계열은 더욱 빠른 속도로 일어남

■ 천이의 경향

- ▶ 종다양성이 증가하는 경향이 있으며 생산량이 증가함
- ▶ 토양의 깊이 · 유기물 함량이 증가할 뿐만 아니라 토양 단면층의 분화가 일어남
- ▶ 식물군락의 계층 분화의 발달과 수고(樹高)가 커짐
- ▶ 식물의 크기가 작고 수명이 짧은 종에서 크기가 크고 다년생(多年生)인 종으로 바뀜
- ▶ 최종 식물군락은 안정되고 군락 구성에 직접적인 변화가 없는 한 그들의 집단을 유지하는데 오래 사는 식물이 우세해 짐

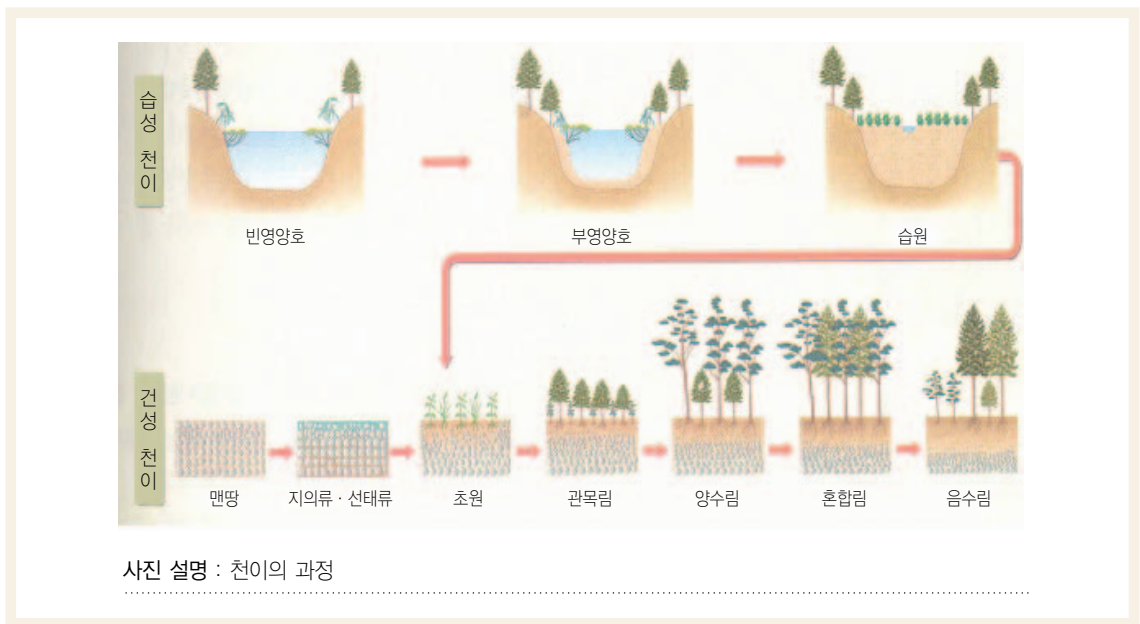
〈자료 출처 : 유진 오덤(2001). 생태학, 사이언스북스 고등학교 교육인적자원부(2004). 고등학교 숲과 인간, 교육인적자원부〉

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 숲의 천이과정 알기
중 학 교	과학	• 숲의 변화 과정에 대한 이해
고등학교	생물, 생태와 환경	• 천이 단계별로 보이는 특정 생물종에 관한 학습 • 생물과 환경 사이의 상호작용과 역동적인 변화과정으로서의 천이의 개념

■● 보조자료와 사진



■● 유의사항

- 모든 숲의 천이가 한 가지 방향으로 동일한 시간에 걸쳐 진행되는 것이 아니라 개입되는 교란의 강도 등에 의해서 달라질 수 있음을 유의하여 지도한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 자연적인 요인과 인위적인 요인이 천이의 과정을 역행하거나 가속화할 수 있다는 것을 안다.
- ▶ 인간의 간섭에 의한 부정적인 영향을 줄이고자 하는 마음을 갖는다.

3. 기본자료

■ 숲의 천이에 영향을 주는 요인

▶ 산불

- 산불은 숲 생태계에서 주요 제한 요인으로 작용하며, 산불의 생태학적 영향은 산불의 종류, 계절, 바람 등의 기상 조건, 경사도, 방위 등의 지형에 따라 다르게 나타남
- 산불은 안정된 숲 생태계를 교란시켜 식생 천이의 방향을 바꾸어 놓음
- 산불은 지상부는 태워버리지만 땅속 깊이 까지는 영향을 미치지 못해서 뿌리는 보존되며, 보존된 뿌리에서 맹아를 가진 나무들은 또 싹을 틔우고 새로운 개체를 형성함

▶ 동물

- 사슴이나 고라니가 풍부한 단백질을 함유하고 있는 어린 나무들의 눈을 따먹거나 나무껍질을 벗겨 먹는 과정에서 숲의 발달은 다시 원점으로 돌아가게 됨

▶ 곤충

- 사람의 필요에 의해 심어진 나무들로 인해 어느 특정한 곤충들이 대량으로 번식하게 되어 많은 나무들이 피해를 입는 경우도 있음

▶ 벌채

- 숲의 나무를 자르면 벌채로 인한 무기 양분의 유실이 급격히 증가하며 유역내의 수질이 급속히 나빠짐
- 벌채를 통해서 큰 나무들이 넘어지고 공간이 생기게 되면 빛이 들어오게 되고 빛을 좋아하는 식물들이 그 자리를 잡게 됨

▶ 이상기온

- 비교적 짧은 시간에 발생하는 극단적인 이상기온은 숲을 눈에 띄게 교란시키기도 하며, 지구 온난화와 같은 이상기온은 숲에 미치는 영향을 제대로 파악하기가 힘든 경우도 있음

▶ 인공조림

- 인공조림은 자연적인 천이 과정에 영향을 주게 됨

(자료 출처 : 산림청(2006). 숲을 보는 돋보기, 산림청)

4. 교과서 반영 제안

■● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 숲생태계에 영향을 주는 원인
중 학 교	과학	• 천이에 영향을 주는 요인들에 관한 학습
고등학교	생물, 생태와 환경	• 숲의 천이가 여러 가지 요인들에게 의해서 천이의 과정이 역행되거나 가속화됨을 안다. • 천이에 부정적인 영향을 미치는 인간의 간섭에 대해서 알고 이에 대한 자신의 입장을 정리해본다.

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 숲의 천이과정을 순차적으로 보여준 그림

사진 출처 : 산림청(2006), 숲을 보는 돋보기, 산림청

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 세계의 산림분포를 알고 세계의 산림이 감소하고 있다는 것을 안다.
- ▶ 기후변화와 관련하여 산림의 변화를 안다.

3. 기본자료

■ 세계의 수림대

- ▶ 산림은 자연적 조건(기후, 토양, 지형, 지리적 위치 등)과 인위적 조건에 의해 결정됨. 그 중 기후요소가 가장 기본적인 조건이며, 기후요소 중 온도와 강수량이 가장 중요
- ▶ 세계의 수림대 : 극지빙원, 툰드라, 북방침엽수림, 온대낙엽활엽수림, 관목림, 온대초원, 사막, 열대우림, 열대계절림, 열대사바나, 열대가시관목림, 고산지대
- ▶ 위도와 고도에 따른 수림대(적도→북극) : 적도우림, 열대우림, 사막건조지대, 온대낙엽 활엽수림, 북방침엽수림, 툰드라

■ 분포 현황 (FAO, 1990)

- ▶ 세계의 산림 면적은 34.4억ha(육지 면적의 27%)
 - 북반구 : 침엽수가 많음(스칸디나비아 반도~러시아, 캐나다 서부)
 - 남반구 : 적도를 사이에 두고 넓은 열대성 침활혼효림 주로 분포
- ▶ 산림축적은 약 3,100억m³로 추정. 이중 침엽수림은 전체 산림면적의 약 40%를 차지하며, 이중 80%가 러시아와 북미 대륙에 분포

■ 산림면적의 변화

- ▶ 1980년을 100으로 하면 1990년까지 전세계는 98.2로 감소하였음
 - 지역별로는 선진국은 101.7로 약간 증가, 열대지역은 91로 크게 감소
 - 열대림 면적 17억ha는 연평균 1천5백40만ha가 감소하고 있음(FAO, 1990)
- ▶ 세계의 허파라고 불리는 열대림의 감소는 계속 되고 있으며, 이는 지구에 큰 문제임

■ 기후변화와 산림

- ▶ 기후 변화로 인해 산림분포지역이 광범위하게 소멸하고 산림의 평형이 깨어짐
- ▶ 전반적으로 식생대가 중위도 기준 북극쪽으로 55~100km 이동 예정

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	사회, 과학	• 북반구에는 침엽수림, 남반구에는 활엽수림이 많음 • 지구의 허파인 열대림이 감소 • 기후변화로 인한 식생의 변화와 사막화
중 학 교	사회, 과학	• 위도와 고도에 따라 숲의 모습이 다양함 • 기후변화와 관련하여 숲의 평형이 깨지고 변화함
고등학교	세계지리, 과학	• 세계 수림대의 종류 • 세계 산림면적의 변화, 세계의 경제 정치 구조와 열대우림의 감소 • 기후변화와 산림의 변화, 대책

■● 보조자료와 사진

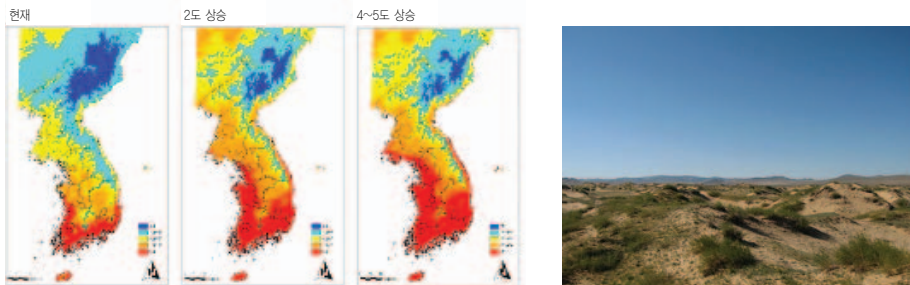


사진 설명 : 기후변화로 인한 우리나라 산림 식생대의 이동(좌), 기후변화로 인한 몽고의 사막화 모습(우)

사진 출처 : 산림청(2008), <http://www.forest.go.kr/>

■● 유의사항

- ④ 세계의 기후와 지형, 위도와 고도에 따라 그 지역에 가장 적합한 형태로 다양한 숲의 모습이 있음을 지도한다.
- ④ 열대우림이 있는 제3세계의 숲의 파괴 및 숲의 감소는 전 세계적으로 큰 문제임으로 제3세계 숲의 파괴 현상을 그 나라의 책임으로 돌리지 않도록 주의한다.
- ④ 열대우림의 파괴는 세계의 경제 정치와 연결되어 있고, 선진국은 이미 온대림을 파괴하여 경제적인 이익을 얻었음을 학생들에게 주지시켜 준다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 우리나라의 산림식생의 수평적, 수직적 분포를 안다.

3. 기본자료

■ 산림대

- ▶ 식생의 분포, 구조, 식물구계학적(식물의 분포에 따라 지역을 구분한 것) 한계 등은 여러 환경인자 중에서 기온과 강수량 등에 의해 일차적으로 제한 요인이 됨
- ▶ 같은 기후권내에서는 국소적인 지형과 토양조건이 중요한 역할을 함
- ▶ 식물과 환경은 서로 상호작용을 하며 식물이 환경의 변화를 초래하기도 함

■ 수평적 산림대

- ▶ 식생 생태학적인 측면에서 우리나라는 낙엽활엽수림대 또는 침 · 활엽혼합림대
- ▶ 지형적 특징
 - 북위 33° 06' 에서 43° 사이, 삼면이 바다와 접해 있음
 - 남북으로 대산맥이 뻗어 있어 기후 차이가 심하여 분포하는 수종도 다양함
- ▶ 산림의 구분 : 난대림, 온대림(남부, 중부, 북부), 한대림

산림대	위도(북위)	연평균기온	임상	특정수종
난대림	35° 이남 (해안 : 35° 30')	14℃ 이상	고유 상록활엽수 임상은 거의 파괴되고 낙엽활엽수, 침활혼합림, 소나무림화된 곳이 많음.	붉가시나무, 동백나무, 구실잣밤나무
온대림	35°~43° 내 고산 지대를 제외한 지역	5~14℃	고유의 낙엽활엽수 임상은 거의 파괴되고 소나무림화된 것이 많음.	참나무류, 느티나무, 소나무
한대림 (침엽수)	평안북도, 함경남북도의 고원 및 고산지대	5℃ 미만	고유의 침엽수림이 파괴되고 자작나무, 사시나무, 황철나무, 느릅나무 등의 활엽수 또는 침활혼합림이나 잎갈나무 순림	가문비나무, 분비나무, 잎갈나무

산림의 수직 분포

- ▶ 해발고도가 높은 산악에서는 산록에서 산정으로 올라갈수록 기온이 떨어져서 식생이 변화
 - 한라산 - 우리나라의 산 중 식생의 수직적 분포가 가장 잘 나타나는 산
 - 난대(남사면 600m, 북사면 400m이하), 온대(남사면 600m, 북사면 400m~1,500m), 한대(1,500m이상)
 - 1,800m 이상은 강한 바람 및 토양수분의 부족으로 작은 교목이나 관목 분포(한대림에 속함)
 - 고산대 : 낭림산 2,200m, 백두산 2,000m 이상부터 준초본대

4. 교과서 반영 제안

적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학, 사회	• 우리 동네 활엽수와 침엽수 관찰하기
중 학교	사회	• 우리 지역에 속한 나무 종류
고등학교	생물, 한국지리	• 기후와 산림식생대 • 위도별 산림식생대 • 고도별 산림식생대

보조자료와 사진



그림 1-2-11. 우리나라의 산림대

사진 설명 : 우리나라 산림대

사진 출처 : 산림청, 임업과 기술, 산림청

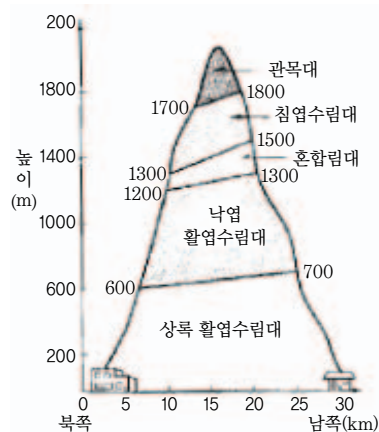


그림 1-2-12. 한라산의 수직적 산림대

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 우리나라 자연지리 · 인문지리를 고려한 산림생태권역의 구분과 식생분포를 안다.

3. 기본자료

■ 산림생태권역 : 자연지리 및 인문지리권까지 고려하여 구분

■ 산악권역

- ▶ 자연지리 : 태백산맥과 소백산맥 등 우리나라 골격산맥을 중심으로 구분
- ▶ 인문지리 : 역사적으로 오랫동안 문화 교류의 장애가 되었을 뿐 아니라 국내 · 외적인 전란의 피난처로서 뿌리 깊은 민족 신앙의 경배지

■ 남동산야권

- ▶ 자연지리 : 소백산맥으로 활처럼 둘러싸인 낙동강 유역으로 경상계의 퇴적암 지대
- ▶ 인문지리 : 삼국시대의 신라권으로 조선시대에 와서는 유교적이며 보수적인 뿌리가 깊은 지역

■ 중부산야권

- ▶ 자연지리 : 임진강과 한강 유역
- ▶ 인문지리 : 각지의 물자가 모이고 전국을 통치하던 중심 역할을 한 곳

■ 남서산야권

- ▶ 자연지리 : 금강, 만경강, 동진강, 영산강, 섬진강, 탐진강 유역으로 곡창지대
- ▶ 인문지리 : 삼국시대의 백제권으로 예술이 융성한 권역

■ 해안 및 도서권역

- ▶ 자연지리 : 반도의 특성상 해양성의 영향을 많이 받고 해안생태계의 중요한 특성을 지니고 있는 지역

■ 식생분포

- ▶ 구계구분(Hotta의 구분)
 - 동남아의 식물군을 생활형 · 지리적 분포 관점에서 ① 중국, 히말라야형 ② 만주, 한국, 일본형 ③ 사할린아프르형으로 구분

▶ 과별분포

- 북부형 : 한반도의 북부에서 분포하는 유형. 지모과와 꽃고비과
- 산지형 : 산지에만 분포하는 유형. 석송과와 산토끼과
- 저지부 : 해안에만 분포하고 있어 염색식물의 특성을 나타내는 유형. 갯길경과
- 남부형 : 한반도의 남부에 분포하는 유형. 감탕나무과, 나도밤나무과, 차나무과
- 난대형 : 우리나라 남도 다도해와 해안의 산록을 중심으로 하여 분포하며, 난류의 영향을 받는 서해 도서와 해안에 분포하는 유형. 풀고사리과, 실고사리과, 후추과
- 제주형 : 난대형에 속하는 것이나 제주도에 한해서 분포하는 분류군으로 난대성 양균식물이 많은 것이 특색. 솔잎란과, 새깃아재비과, 일엽아재비과, 물개구리밥과
- 격리형 : 지사적(地史的) 원인에 의하여 생긴 것. 시로미과

▶ 속별분포

- 울릉형 : 동해상에 고립되어 울릉형, • 중남부형 : 남방계식물의 북상에 의해 생김
- 중부(태백산맥의 북단인 금강산과 소백산맥의 남단인 지리산 사이의 지역)형 : 한반도 중부 지역에 형성된 것

4. 교과서 반영 제안

■● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 우리 동네에서 주로 볼 수 있는 나무 종류
중 학 교	사회	• 우리 지역이 속한 산림생태권역
고등학교	한국지리	• 산림생태권역에 따른 문화적 차이 • 산림생태권역과 역사 • 산림생태권역에 따른 수목 종류의 차이

■● 보조자료와 사진



그림 1-2-13, 한국의 산림생태권역
자료 : 산림과학논문집 54, 1996.

사진 설명 : 한국의 산림생태권역

사진 출처 : 산림청, 임업과 기술, 산림청

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 나무가 겨울을 나기위한 어려움과 이겨내는 방법을 안다.

3. 기본자료

■ 나무의 겨울준비

- ▶ 나무들이 겨울을 나려면 수분 공급이 급선무인데, 나무들의 겨울철 수분흡수력은 현저히 떨어짐
 - 그 이유는 토양수분의 점성이 증가하여 이동속도가 느려져서 물에 대한 뿌리의 투과성이 감소 되기 때문임
 - 겨울철에는 나무들이 잎을 떨구기 때문에 증산작용을 하지 않으므로 수분이 도관을 타고 잎으로 올라가는 수동흡수를 하지 못하고 뿌리의 삼투압에 의하여 능동흡수를 함
- ▶ 겨울철이 되면 잎의 증산작용은 더 이상 없게 되고(잎이 떨어졌으므로) 뿌리 속에 있던 무기염류는 도관을 타고 올라갈 수 없게 됨으로 뿌리의 농도가 높아져서 삼투압이 높아짐
- ▶ 나무들이 뿌리의 삼투압으로 물을 빨아들인다고 해도 많은 양의 물이 뿌리를 통하여 들어 오는 것은 아니기 때문에 나무들이 겨울을 이겨내려면 양분을 저장하고 있어야 함

■ 나무의 겨울나기

- ▶ 잎이 진 채 겨울을 나는 식물 : 단풍나무, 은행나무, 미루나무, 플라타너스, 버드나무, 목련, 감나무, 사과나무, 배나무, 복숭아나무 등
- ▶ 잎이 푸른 채로 겨울을 나는 식물 : 사철나무, 동백나무, 향나무, 소나무, 잣나무, 전나무, 측백나무, 대나무 등
- ▶ 두꺼운 잎으로 겨울을 나는 식물 : 상록수 중에서 사철나무, 동백나무
- ▶ 바늘 모양의 잎으로 겨울을 나는 식물 : 상록수 중에서 향나무, 소나무, 잣나무, 전나무
- ▶ 추운 겨울에도 꽃이 피는 식물 : 동백나무, 매화, 복수초 등

■ 겨울철 나무보호

- ▶ ‘보온소’는 동해(凍害, 추위로 인해 나무가 얼어 죽는 것) 방지를 위해 추위에 약한 배롱나무, 감나무, 장미 등을 감싸서 보온하는 짚 등을 말함
- ▶ ‘잠복소(潛伏巢)’란 월동을 위해 해충이 나무에서 땅 밑 은신처로 내려오게 되는데 이때 해충이 겨울을 날 수 있도록 짚이나 새끼 등으로 나무 기둥쪽에 만든 따뜻한 공간을 말함

- 수목의 지표면으로부터 1.2m 부분에 설치하며, 주로 가을철 흰불나방 및 솔나방 등의 방제를 위해 설치하는데 나뭇잎을 갉아먹던 벌레들이 겨울을 나기 위해 아래로 내려옴
- 벌레들이 아래로 내려오다가 잠복소를 만나면 그곳에 월동처를 마련하고 번데기 등이 되어 겨울을 나게 됨
- 그렇게 해충을 유인한 뒤 봄철에 잠복소를 거두어 일시에 태우면서 그 안에 있는 해충까지 함께 태워 버려 방제함

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학, 사회	• 겨울에 나무가 겪는 어려움을 안다
중 학 교	과학	• 나무가 겨울을 이겨내는 방법을 안다.
고등학교		• 해당사항 없음

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 나무의 월동피복(좌), 잠복소(우)

사진 출처 : 산림청

■● 유의사항

- ▶ 나무의 월동피복과 잠복소의 기능이 혼동하지 않도록 학생들에게 유의시킨다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 인공림과 자연림의 의미와 장단점을 알고, 자연림을 보존하려는 태도를 기른다.

3. 기본자료

■ 인공림과 자연림

- ▶ 인공림은 사람이 나무를 심어 인공적으로 만든 숲
- ▶ 자연림은 자연적으로 이루어진 숲으로 천연림이라고도 부름
 - 사람의 손길이 거의 닿지 않아 원형 그대로를 간직한 숲을 원시림 혹은 처녀림이라고 부름

■ 인공림의 장단점

- ▶ 생산성이 높은 나무를 심음으로써 자연림에 비하여 훨씬 높은 생산성을 보이며 적은 면적으로 다량의 목재를 공급함
- ▶ 인공림은 일시에 묘목을 심으므로 나이가 같은 동령림이 형성되며 자연림보다 나무 종의 다양성이 떨어짐
- ▶ 인공림은 병충해와 산성비에 대한 내성이 약해 한꺼번에 삼림이 고사될 수 있음(실제로 유럽의 산성비로 인한 피해는 자연림보다 인공림에서 훨씬 크다고 함)
- ▶ 수목의 생장 초기에는 질산염 흡수 작용이 활발하다가 일정 수령이 지나면 질산염 흡수 작용이 현저히 떨어져 오염원이 없는 산지 하천에서 조차 조류가 급속히 증식

■ 자연림의 장단점

- ▶ 자연 생태계가 가진 수많은 가치를 보존하고 있는 곳임
- ▶ 아마존의 열대우림 속에는 세계 어느 산림에서도 볼 수 없는 동, 식물들이 자라고 있음

■ 인공림의 조성이 필요한 경우

- ▶ 산불이 나거나 숲이 많이 훼손된 경우 인공림의 조성이 필요함
 - 자연림이 되기까지 너무 많은 시간이 필요하기 때문에 그 동안 산사태 및 각종 위험이 따름
- ▶ 인공림을 조성할 때에는 경제적인 동일 수종만을 심는 것이 아니라 다양한 연령의 다양한 종류의 나무를 심는 것이 더 건강하고 지속가능한 숲을 가꾸는 방법임

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	사회, 과학	• 자연림인 숲과 인공적인 숲의 특징
중 학 교	과학	• 자연림과 인공림의 장단점 • 자연림이 생태적으로 건강한 숲임
고등학교	과학, 사회, 기술 · 가정	• 인공림 조성이 필요한 경우 • 인공림 조성 시 유의할 점

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 경북 영양군 일월면 주곡리 (주실마을숲) (좌), 전남 보성군 웅치면 용반리 (용추마을숲) (우)

사진 출처 : 산림청

■● 유의사항

- ▶ 숲은 본래 자연림처럼 다양한 나무들이 더불어 살아야 건강하다는 것을 지도한다.
- ▶ 인공림은 자연림에 비해 생태적으로 취약한 구조로 많은 문제점을 가지고 있으나 여러 가지 원인으로 인한 자연림의 파괴로 어쩔 수 없이 조성되어야 함을 지도한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 세계의 유명한 인공림과 자연림을 알고, 건강한 숲을 가꾸기 위해 우리나라가 많은 노력을 하고 있음을 안다.

3. 기본자료

인공림과 자연림 가꾸기

▶ 인공림 가꾸기

- 풀베기 : 나무를 심은 다음 약 3~5년 동안 나무가 잘 자라도록 풀베기 작업을 실시
- 어린나무 가꾸기 : 풀베기를 한 다음 죽은 나무, 병충해를 입은 나무, 조림목 생육에 방해가 되는 나무 제거 및 조림목의 아랫가지를 잘라주어야 함
- 솎아베기 : 경쟁이 심하지 않도록 적당한 때에 솎아베기와 가지치기를 해 주어야 함

- ▶ 자연림 가꾸기 : 오랫동안 가꾸어야 할 나무(미래목)를 미리 선정하여 가지치기를 하고 선정된 나무가 자라는 데 방해가 되는 나무 및 덩굴 식물 등을 제거함

유명한 인공림

- ▶ 독일의 '흑림' : 아름답리 나무 때문에 하늘이 보이지 않는다고 해서 붙여진 이름

- 독일의 흑림은 숲 속에서 자행된 지나친 방목행위와 산업화로 인한 목재 수요의 증가로 산림이 황폐해지자 대대적인 국토녹화사업을 한 결과임(1800년부터 100년 동안)
- 원시상태의 천연림을 베어내고 빨리 자라는 가문비나무를 심어 목재로 이용함으로써 '독일 가문비나무'는 세계적으로 유명해졌고 역사상 가장 생산적인 숲을 만든 것임
- 침엽수 위주의 단순림을 인공적으로 만들어 자연생태계가 파괴되었음을 근래에 알게 됨

- ▶ 일본 도쿄 메이지진구의 숲 : 도쿄 한복판에 있는 이 숲은 약 80년 전에 만들어졌음

유명한 자연림

- ▶ 남아메리카의 아마존 : '지구의 허파' 라고 불리며 세계 산소의 30%를 만들어내는 아마존은 생태계의 보고이며 인류의 마지막 원시 지대임

■ 우리나라의 인공림과 자연림

- ▶ 우리나라의 숲은 침엽수 조림지와 천연림이 잘 공존해 건강함

(자료 출처 : 우리숲(2008), <http://www.woorisoop.org/>)

4. 교과서 반영 제안

■ 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년		• 해당사항 없음
중 학 교	과학, 사회	• 독일의 흑림을 통해 인공림의 문제점 이해 • 세계에는 많은 인공림이 조성되었고, 자연림을 보존하기 위해 노력하고 있음
고등학교	사회, 기술, 생태와 환경	• 자연림과 인공림의 공존을 위한 우리나라 산림청의 정책 • 자연림과 인공림 가꾸는 방법

■ 보조자료와 사진



사진 설명 : 산림사업 작업단이 각식재지를 이용하여 조림하는 모습(좌), 천연림보육 장면(우)

사진 출처 : 산림청(2008). 통합사진, <http://www.forest.go.kr/>

■ 유의사항

- ▶ 인공림은 여러 가지 이유로 조림되지만, 단순림 조림으로 많은 부작용을 가지고 있다.
- ▶ 우리나라 산림청에서는 여러 정책을 통하여 자연림과 인공림을 공존시켜 건강한 숲을 만들기 위하여 노력하고 있다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- 도시숲의 뜻과 필요성에 대해서 안다.

3. 기본자료

도시숲

- 도시에서 국민의 보건 휴양 · 정서함양 및 체험활동 등을 위하여 조성 · 관리하는 산림 또는 수목을 말함
- “도시숲”은 법적, 물리적 공간개념 이상으로 환경 · 생태적인 측면과 함께 문화적, 전통적, 공동체(community) 측면을 포괄하는 개념으로 사용할 수 있기 때문에 문화와 공동체라는 의미를 내포하며 일반 시민들에게 친근한 용어인 “숲”을 사용하는 것이 바람직함
- 도시숲은 일반시민들이 쉽게 접근할 수 있는 실천적, 문화적인 참여활동을 포괄한다는 측면에서 도시숲의 조성 및 보전 · 관리 과정에 시민들의 참여를 지향하는 용어로 사용

도시숲의 구분

- 자연적인 도시숲 : 도시 내 산림, 수목원 등 보전 및 관리 중심
- 인공적인 도시숲 : 학교숲, 마을숲, 비오톱, 가로숲, 특수공간숲 등

도시숲의 특징

- 도시숲은 도시민들의 위락활동과 건강증진을 위한 필수적인 장이기 때문에 접근성이 좋아야 함
- 도시숲은 그 형태와 질에 크게 좌우되어 기능을 발휘함
 - 도시숲의 형질은 지역 · 지질 · 형상 · 방위 등의 요소와 도시숲을 구성하는 대기 · 식물 · 동물, 녹지를 둘러싸는 주변건축물과 구조물 등에 의해 형성됨
 - 도시숲은 독립적으로 존재하는 것보다는 여러 개가 네트워크로 연결되었을 때 도시숲의 효용이 높기 때문에 크고 작은 도시숲들이 연결되어 상호보완적인 기능수행이 필요
- 도시숲은 비교적 다른 사람들과의 공동이용이 불가피하며(소비의 비배타성), 이용대가를 지불하지 않은 사람들을 배제하기 어려운(비배제성) 공공재화임
 - 따라서 시장에서 적절한 가격으로 거래되거나 민간이 도시숲을 통하여 유형의 경제적 이득을 실현하기가 용이하지 않은 특성을 가지고 있음

4. 교과서 반영 제안

■ ● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	국어, 재량활동	• 도시숲이 주는 기분
중 학 교	사회, 환경	• 도시숲이 가지는 기능에 대해 파악하여 중요성 인식 • 도시숲과 열대야, 열섬현상
고등학교	사회, 생태와 환경	• 도시숲의 중요성, 필요성 • 시민의 참여로 이루어지는 도시숲

■ ● 보조자료와 사진



사진 설명 : 도시숲 유형의 개념도

사진 출처 : 산림청

■ ● 유의사항

- 도시 숲의 2가지 유형인 자연적인 도시숲과 인공적인 도시숲을 혼동하지 않도록 학생들에게 자세히 설명해 준다.

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 시민참여를 통한 도시숲 조성과 유지관리의 중요성 및 가능성을 모색하여 향후 도시숲의 주인인 시민들의 역할을 이해한다.

3. 기본자료

도시숲 조성과 시민참여

▶ 재단의 설립

- 시민참여를 통해 도시숲을 조성하고 관리하기 위하여 중앙정부나 광역지자체를 중심으로 재단의 설립이 확대되고 있음
- 2003년 서울그린트러스트(서울시와 생명의 숲), 2004년 한국녹색문화재단(산림청산하), 2005년 경기녹지재단(경기도 산하), 2006년 푸른인천가꾸기운동본부(인천시) 등

▶ 시민참여의 동기와 운영

- 도시개발로 인해 훼손되는 도시숲을 보전하기 위한 시민운동으로 시작되는 경우도 있고, 도시숲의 환경교육적, 문화적 활용을 위해 진행되는 사례도 있음
- 도시숲 운동은 샅터인 지역의 자연환경을 지역구성원이 스스로 나서서 가꾸어 가는 일이라는 측면에서 '샅터 가꾸기'이며 지역공동체를 구성하는 역할도 하는데, 이러한 모습들은 살고 싶은 지역을 만들기 위한 시민들의 요구이자 희망이라고 평가받고 있기도 함

▶ 시민참여의 어려움

- 우리나라의 경우 시민참여에 의한 도시숲 관리를 여러 지자체에서 시도하여 왔지만 생각보다는 큰 실효를 거두지 못하고 있는 실정임
- 이러한 문제는 아직까지도 행정편의에 의해 시민 참여를 동원하는 낮은 수준의 참여방식과 시민들이 스스로 녹지관리에 대한 주인의식이 결여되어 있기 때문이기도 함

도시숲의 시민참여를 통한 기대효과

- ▶ 적극적인 시민 참여는 도시숲의 능동적인 관리와 감시 주체가 될 수 있음
- ▶ 시민참여는 다양성을 창조하고 민주적인 대화를 통해 지역공동체가 살아날 수 있음
- ▶ 시민참여형 도시숲 조성보전은 도시의 생태적 건강성을 높이고 지속가능한 도시가 될 수 있음
- ▶ 도시숲 관리정책이 환경보전이나 환경개선 차원에서 한단계 발전한 삶의 질 향상은 물론 사회·문화적인 가치와 연계되어 효과를 얻을 수 있음

4. 교과서 반영 제안

■● 적정 학교급

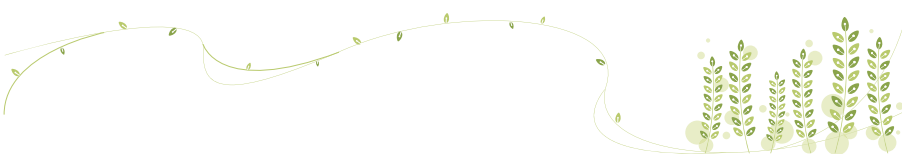
학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학, 사회	• 우리 동네에 있는 도시숲 알아보기 • 우리 동네의 가로수의 관리에 대해 알아보기 • 도시숲 운동과 관련된 시민단체의 활동 모습
중 학교	사회, 환경	• 도시숲 조성에 내가 할 수 있는 일
고등학교	사회, 생태와 환경	• 학교숲 조성을 위한 노력

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 산림문화작품 공모전 도시숲부문 수상작(좌), 가로수(우)

사진 출처 : 산림청



1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- 도시 숲의 조성은 새들이 녹지와 녹지를 이어주는 생태통로로 이용 될 수 있는 공간이며, 새들이 머물 수 있는 도시 숲이 건강한 숲이란 것을 알려준다.

3. 기본자료

■ 새들을 위한 도시숲 조성하기

- 자연숲은 큰 숲으로 연결되어 있어 다양한 조류가 서식할 수 있는 환경이 조성되어 있으나 도시숲은 단절되고 고립되어 있어 다양한 조류를 찾기 힘들
- 도시 지역에서 새들은 녹지와 녹지를 건너기 위하여 설 수 있는 공간이 필요
- 도시숲 뿐만 아니라 주변의 패치를 동시에 고려한 통합적 접근방식(integrated approach)으로 도시림을 연구하여 관리해야 할 것임
- 도시숲의 면적은 도시숲에 번식하는 야생조류의 종 수에 큰 영향을 미치므로 도시숲이 더 이상 다른 토지이용 형태로 전환되지 않도록 관리해야 함
- 대면적의 숲이 세분화될 경우 여름철새의 번식에 지장이 있을 수 있으므로 대면적 숲의 세분화를 막아야 하며, 가능한 한 생태통로(eco-corridor)로 세분화 된 숲을 연결
- 될 수 있는 대로 두 줄 가로수를 식재하는 것이 바람직함
- 도시 지역에서 옥상 또는 공공건물에 나무를 심어 새들이 생태 통로로 이용

■ 새들이 도시숲에 주는 도움

- 도시숲은 도시의 대기 환경을 개선시켜주고 도시 내 미기후 조절기능으로 인해 에너지 절감효과를 얻게 해주며, 시민들에게 쾌적한 휴식 공간을 제공
- 도시숲의 생태계 다양성이 풍부해져 더욱 건강한 숲으로 바뀌게 됨
- 조류는 식물의 종자를 먹이로 저장해 두거나, 배설하거나, 깃털에 부착하거나, 실수로 떨어뜨린 것 등의 방법에 의해 식물의 종자를 퍼트림
 - 보르네오 섬에서는 새로 인해 종자가 퍼지는 비율이 40%, 나이지리아의 열대림에서는 71%나 됨
- 해충을 먹음으로써 도시숲의 해충에 의한 피해를 줄임
 - 박새가 한 해 동안 잡아먹는 곤충과 애벌레의 숫자는 무려 85,000여 마리에 이르며, 뽕꾸기의 경우에는 송충이와 같은 모충을 약 90,000여 마리 이상 잡아먹는 것으로 알려짐

새들을 위한 숲 조성을 할 때 고려사항

- ▶ 새들은 자기들의 생활공간을 정하여 서로 자기 영역을 지키며 살고 있으며, 나무의 종류, 숲의 높낮이, 숲의 모습, 계절, 낮과 밤 등의 요인에 따라 생활공간이 이루어짐
- ▶ 도시숲에 다양한 환경이 조성되어야 다양한 새들이 도시숲에 모여들게 되므로 지역에 서식하는 새들의 생태를 파악하고 환경을 조성하는 것뿐만 아니라 지속적인 모니터링이 필요

〈자료 출처 : 교육인적 자원부 - 교육인적자원부(2004). 고등학교 숲과 인간, 교육인적자원부
생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005). 숲해설 아카데미, 현암사〉

4. 교과서 반영 제안

적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운생활, 국어	• 새들마다 생활하는 공간이 어떻게 다를까? • 내가 이제까지 본 새는 무엇이 있을까요?
초등고학년	국어, 과학, 실과	• 우리 동네에는 새들을 위한 공간이 마련되어 있는가? • 산에 사는 새와 집에서 기르는 새의 특성 알기
중 학교	사회, 환경	• 새와 도시숲의 관계 맺기
고등학교	사회, 생태와 환경	• 도시를 계획할 때 새들을 위한 공간 조성하기 • 도시에 사는 비둘기와 산에 사는 비둘기

보조자료와 사진



사진 설명 : 서울시 대공원의 숲길(좌), 부산 사하고등학교 학교숲 전경(우)

사진 출처 : 생명의 숲(2008). <http://www.forest.or.kr/>

유의사항

- ▶ 동물의 생존에 단절된 숲은 부정적 영향이 증대된다는 것을 알려준다.
- ▶ 도심지 비둘기의 문제를 들어 본래의 서식지를 잃은 새들의 모습에 대해 설명한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 새들을 위한 생활환경을 조성할 때 고려해야할 사항이 무엇인지 파악하여 이에 맞는 환경을 조성해 주어야 한다.

3. 기본자료

■ 새들을 위한 생활공간

- ▶ 각각의 새들마다 선호하는 생활공간이 있으므로 다양한 환경을 제공해 주어야 함
- ▶ 먹이대와 새집을 만들게 되면 새들을 위한 생활공간이 생기면서 새들을 관찰할 기회도 제공됨

■ 조류 먹이대 만들기

- ▶ 겨울이면 인가에서도 쉽게 여러 종류의 새를 볼 수 있는데 벌레가 죽거나 땅속으로 들어가고 나무열매나 씨앗도 적어져 먹이 찾기가 어렵기 때문임
- ▶ 이 때 도시숲에 먹이대를 만들면 새들의 겨울나기를 돕고 직접 새를 관찰할 수 있음
- ▶ 새들마다 곡물, 종자, 과일 등 선호하는 먹이가 있으며, 사람을 기준으로 맛있는 맛과 쓴맛이 있는 것을 좋아함
- ▶ 좋아하는 색깔은 붉은색(가막살나무, 마가목 등), 등색(호박, 감 등), 검은색(오디, 사철나무, 감탕나무, 사스레피나무 등)임
- ▶ 교목으로는 팔배나무, 산사나무, 음나무, 푸조나무 등의 열매를 좋아하고 관목으로는 작살나무, 화살나무, 쥐똥나무 등의 열매를 좋아하며, 풀 종류 중에서는 명아주의 열매를 좋아함

■ 새집 만들기

- ▶ 인공새집의 조성
 - 가을에 새 집을 만들어 주면 미처 집을 짓지 못한 새들이 겨울을 날 수 있도록 도와줄 수 있음
 - 지난해에 이미 새집을 만들어 주었다면 가을에 새집 안을 깨끗이 청소해주어야 새들이 다시 찾아들
 - 새집에는 새가 드나들 수 있는 구멍을 만들어야 하는데 박새류가 살 집이라면 지름이 약 3cm 정도면 됨(너무 클 경우 뱀이나 다른 조류가 이용할 수 있음)
- ▶ 새집을 달아주는 장소와 먹이대가 있는 곳은 떨어져 있어야 좋음
- ▶ 햇빛의 직사(直射) 또는 강풍이 불어오는 방향으로 출입구가 향하지 않도록 설치
- ▶ 새의 출입구의 방향은 약간 아래 방향으로 하는 것이 좋음

■ 물

- ▶ 물이 부족한 도시 숲에서 물을 지속적으로 공급해 줄 수 있는 소규모의 생태댐을 조성
- ▶ 물새를 위해 경사가 낮은 지역 및 일부 지역에 담수 습지를 만들어 주는 것도 다양한 조류를 유인할 수 있음

■ 모래 목욕장 만들기

- ▶ 꿩과 같은 새는 동물성 먹이를 섭취하므로 깃털에 기름때가 묻는 경우가 있는데, 이를 제거하기 위해서 모래 목욕장을 만들어 두면 새가 정기적으로 이용할 수 있음

(자료 출처 : 도시내 야생조류의 서식현황과 보호대책 - 서울시를 사례로)

4. 교과서 반영 제안

■ 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	바른생활, 국어	• 전봇대에 만들어진 까치집을 철거하는 이유와 까치는 어디로 가야할까? • 새들은 어떻게 집을 지을까?
초등고학년	실과, 국어, 미술	• 내가 만드는 새집과 먹이대 • 까치집의 재료에는 무엇이 사용될까?
중 학 교	환경	• 새집을 어떻게 만들어야 할까? • 새들이 겨울을 풍요롭게 지내는 방법
고등학교	생태와 환경	• 해당사항 없음

■ 보조자료와 사진



사진 설명 : 우면산 조류관찰 대(좌), 새먹이 대(우)

사진 출처 : 산림청

■ 유의사항

- ▶ 감나무의 감을 다 따지 않은 이유는 새들을 위한 고려였다는 것을 알려준다.
- ▶ 실제로 학교에 새집을 만들어 보자

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- 가로수의 특징 및 조건을 알고, 그 기능을 안다.

3. 기본자료

■ 가로수의 선정조건

- 미적 측면에서 수형, 잎의 모양, 잎의 색채, 단풍색 등이 아름다워야 하며 낙엽수일 경우 신초(햇가지)의 색깔, 여름의 녹음, 가을의 단풍색이 좋아야 함
- 기능적 측면에서는 대기정화 및 소음경감, 토양침식방지, 건강증진을 위하여 잎의 지속 기간이 길어야 하고, 겨울에도 푸르름을 유지할 수 있는 상록성 수종, 내충성, 내병성 수종, 열매가 있어 야생동물을 유인할 수 있어야 함
- 생장력, 맹아력이 강해 생장에 지장이 없고 바람에도 강해 잘 쓰러지지 않아야 하며, 도시 근교 야산에 자생하는 향토수종과 환경오염에 강한 수종이어야 함

■ 우리나라 대표 가로수

- 은행나무, 버즘나무, 뽕나무, 메타세콰이아, 누브라참나무(대왕참나무), 회화나무, 이팝나무 등
- 우리나라의 경우 도로의 결빙이 되지 않는 지역에서는 상록수를 심어도 무방하며 후박나무, 구실잣밤나무, 모밀잣밤나무, 굴거리나무, 먼나무, 동백나무, 차나무 등도 가로수로 유용

■ 가로수의 기능

- 보행자나 운전자, 그리고 기타 사람들에게 쾌적한 느낌과 심리적 안정감을 제공
- 태양열을 흡수하고 눈·비·안개 등을 차단하거나 감소시키며, 바람의 영향을 완화시켜 미세기후(微細氣候) 조절효과를 제공
- 가지와 잎이 먼지와 분진 등을 흡착하고 유해가스를 흡수하여 공기를 정화
- 조형물체로서 아름다운 선형미(線形美)를 지니고 수벽(樹壁)과 배경용으로 사용하여 장식 효과를 지니며 도시 건축물의 육중한 느낌을 부드럽게 함
- 건축효과로서 생활공간을 주위의 다른 지역으로부터 분리시켜 사생활을 보호
- 공학적 효과로서 토양 안정화에 따른 침식을 방지하고 소음을 차단하여 방음효과를 주며, 방화대(防火帶)의 기능도 갖고 있음

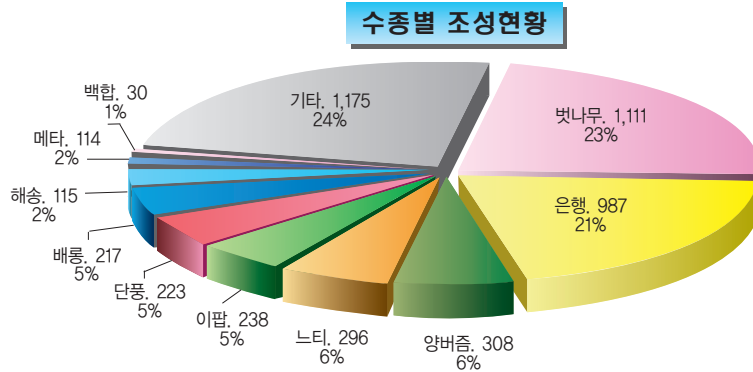
우리나라 가로수 현황 (2008년말 기준)

관리현황 : 본수(4,819천본), 거리(32,508km)

※ 전국 도로연장 103,000km 중 32%에 조성됨

수종별 현황

- '08년 현재, 총 4,819천본 중 벚나무(1,111천본, 23%), 은행나무(987천본, 20%), 양버즘나무(308천본, 6%), 느티나무(296천본, 6%), 이팝나무(238천본, 5%)등 순으로 조성되어 있음



4. 교과서 반영 제안

적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년		• 해당사항 없음
중 학교	과학	• 잣나무의 생김새와 특징을 안다.
고등학교	과학, 사회	• 우리나라 잣나무가 세계적으로 관심을 받게 되는 이유를 안다.

보조자료와 사진



사진 설명 : 전남 담양의 메타세콰이어 가로수(좌), 가로수 식재 모습(우)

사진 출처 : 산림청

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 토양의 구성과 그 생성 과정에 대해 안다.

3. 기본자료

■ 토양이란?

- ▶ 토양의 사전적인 의미는 “바위(암석)가 분해되어 지구의 외각(外殼)을 이루는 가루”라고도 함
- ▶ 학문적인 의미로는 “암석이 풍화작용(물리적·화학적·생물학적)을 받아 부스러지고 분해된 물질을 모재(母材)라 하고, 이 모재가 다시 토양생성작용을 받아 토양 층위가 분화됨으로서 비로소 토양”이라 함

■ 토양의 구성

- ▶ 지구표면에서 대략 75%는 물로 차있고 25% 정도만 토양으로 되어 있음
- ▶ 일반적으로 토양은 공기(기상)와 물(액상)이 각각 25%정도이며, 그 외 50%정도가 고형물(고상, 무기물과 유기물)로 구성되어 있으나, 토양의 종류에 따라 그 상대적인 비율은 약간씩 다를 수 있음

■ 토양의 탄생

- ▶ 식물들이 심어져 자라는 흙은 언뜻 보면 늘 그대로인 것 같지만 사실은 끊임없이 변화하고 있는데 흙이 생기는 과정은 크게 두 가지로 나뉘 볼 수 있음
 - 첫째로 일반적인 경우로서 큰 바위가 오랜 세월을 거쳐 비, 바람, 기온, 생물 등의 작용을 받아 부서져 쪼개지고 또 쪼개져서 가루가 되며, 이 가루가 모여서 흙이 생기는 것임
 - 둘째는 여러 해 동안 나뭇잎이나 나뭇가지, 여러 생물들의 죽은 잔해들이 쌓이고 쌓여 지속적인 압력을 받아 그 안의 수분이 전부 빠져나가서 유기물이 모여서 생기는 흙임
 - 바위가 부서져 돌, 자갈, 모래나 더 가는 가루가 모여 흙이 되는 경우에 흙이 되는 최초의 바위를 가리켜 모암(母岩)이라고 부르며, 흙이라고 부를 수 있을 정도로 작아진 것을 모재(母材)라고 하는데, 이 모재가 여러 작용에 의하여 비로소 흙으로 탄생하는 것임

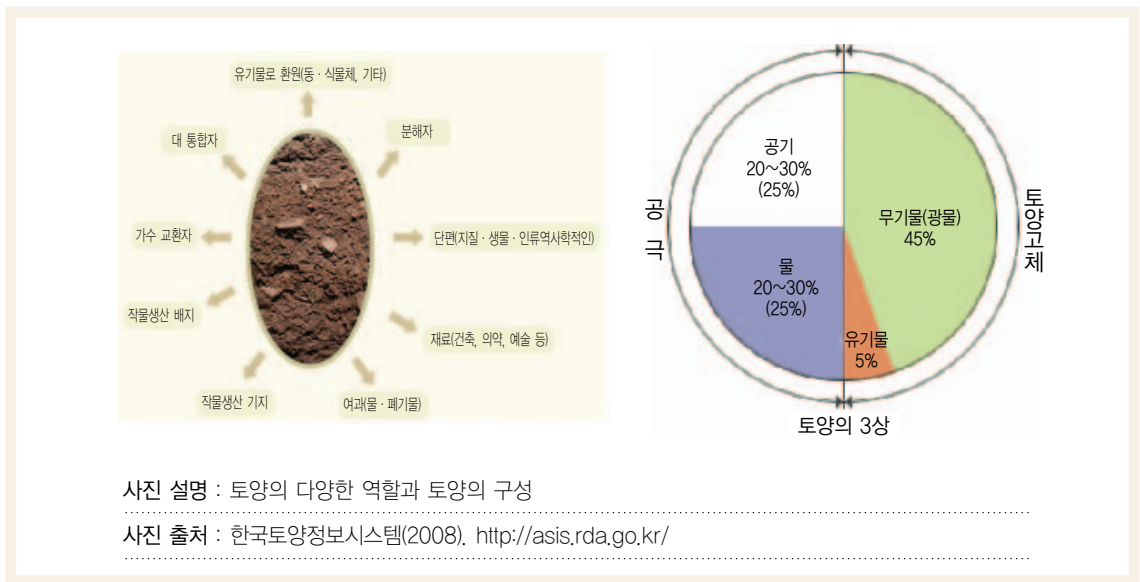
(자료 출처 : 한국토양정보시스템(2008). <http://asis.rda.go.kr/>)

4. 교과서 반영 제안

■●● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운생활	흙이 만들어지기 까지 시간이 오래 걸린다는 것을 안다.
초등고학년	과학	흙이 우리의 삶에 어떻게 영향을 미치는지 생각해보고 흙이 없다면 어떻게 될지 생각해본다.
중 학 교	과학	토양의 생성 과정에 대해 알아보고 그 생성에 영향을 미치는 요인들에 대해 생각해본다.
고등학교	과학, 지구과학	토양의 특성을 알아보고 각 특성이 우리의 삶에 미치는 영향에 대해 생각해 본다.

■●● 보조자료와 사진



1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 토양에 번식하는 다양한 미생물 및 소동물의 역할에 대해 알아본다.

3. 기본자료

■ 토양미생물의 역할

- ▶ 토양은 지상부의 대기, 식수자원, 활동공간, 식량자원이 충분히 내재되어 있는 또 하나의 생활권으로 토양에 서식하는 생물군은 매우 다양함
 - 세균, 곰팡이, 미시적 조류(藻類), 원생동물, 바이러스와 같은 미생물들이 수적으로 가장 우세
- ▶ 토양생물이 토양생태계에서 하는 일은 크게 생산과 분해작용으로 요약할 수 있음
 - 토양생태계의 생산은 지상부의 녹색식물에 의하여 이루어지고 생산된 유기물이 최초로 동물, 미생물에 의하여 해체되면서 먹고 먹히는 먹이사슬로 이어짐
 - 토양생태계는 기능생물군의 분포와 역할이 중요한데 그들은 생산의 역할을 담당하는 식물 이외에는 크게 미생물과 소동물로 구분되며, 생태계 내의 분해 역할을 수행
- ▶ 토양미생물의 으뜸가는 기능은 무엇보다 분해작용으로 동물의 시체, 식물의 잔재를 분해하여 재생산을 위한 원료로 공급하는 것임
- ▶ 이외에도 토양미생물들이 하는 일은 참으로 다양함
 - 여러 가지 무기원소를 산화·환원작용을 통하여 식물들이 쉽게 이용할 수 있는 형태로 변모시키는 생물지화학적작용(biogeochemical cycle), 대기 중에 존재하는 질소를 고정하여 토양에 공급하는 질소고정작용, 식물의 생장에 도움을 주는 식물 성장 호르몬을 분비하는 일, 세포 밖으로 효소를 분비하여 토양의 비옥도를 높이는 작용 등이 있음

■ 토양 소동물의 생태적 기능

- ▶ 토양미생물에 비하여 다소 크기가 큰 분해자인 토양소동물의 생태적 기능도 다양함
 - 토양소동물의 생태적 기능은 토양으로 유입되는 동식물의 유기물을 부수고 먹어서 소화하고 배설함으로써 유기질을 무기질로 전환시켜 재생산을 위한 분해작용을 수행함
 - 또한 토양을 뒤섞고 터널을 만들어 공기의 유통을 원활하게 함으로써 다른 동물과 미생물의 서식과 번성을 돕기도 하며, 더 나아가 부식토 형성 및 토양 형성에 이바지함

〈자료출처 : 조흥범(2007) 제5기 숲해설가 양성 교육교재, 태백생명의숲〉

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	• 땅에 사는 동물들에 대해 안다.
초등고학년	과학	• 땅에 사는 지렁이가 토양에 미치는 영향에 대해 알아본다.
중 학 교	과학	• 토양에 사는 동물의 종류와 역할에 대해 알아본다.
고등학교	생물생태와 환경	• 토양 미생물 및 소동물의 중요성에 대해 안다.

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 토양속의 소동물

사진 출처 : 산림과학정보관(2008). <http://book.kfri.go.kr/>

<읽을거리 : 개간의 역군 - 지렁이>

영국의 어느 잔디 테니스 코트에 비가 내린 다음 날 흰색 경계선이 지워졌다. 지워진 경계를 구획짓고자 석회로 백색선을 그렸다. 그러나 이틀날 아침 이 백색 선은 또 대부분 사라져 버리고 선이 그려져 있던 자리의 토양이 부풀어 올라 있었다. 찬찬히 조사해 보았더니 그곳 테니스 코트의 토양은 원래 산성을 띠고 있어 지렁이가 살기에 적당하지 못한 환경이었다. 그러나 석회로 선을 그은 그 자리의 토양은 산성이 중화되어 지렁이에게 살기 좋은 환경으로 바뀌었기 때문에 주변에 있던 지렁이가 모두 백색 선 밑으로 모여들었다. 그러자 이 석회 선 아래에 모여든 지렁이를 잡아먹기 위해 두더지가 땅굴을 파고 들어갔기 때문에 석회로 그린 선을 따라 토양이 부풀어 올랐던 것이다.

이처럼 지렁이는 온대의 낙엽수림이나 초원 등 살아있는 토양에는 어디든지 생존하며, 자신이 살고 있는 토양을 갈아엎어 비옥한 토양으로 만든다. 그보다 지상의 경작토는 한번 이상 지렁이의 몸을 통과해서 새로 생겨났다고 해도 과언이 아니다.

지렁이는 주로 씹어가는 식물체를 먹는데 하루에 자신의 체중만큼 먹어치우는 대식가이다. 특히 좋아하는 먹이는 우마(牛馬)의 분뇨이며, 때로는 육류나 지방까지 먹기도 하며, 죽은 동물의 시체마저도 먹어치운다.

〈자료 출처 : 최정(경북대 교수), 1999〉

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 산림 토양이 무엇이며 생기는 과정과 특징에 대해 알아본다.

3. 기본자료

■ 산림 토양이란?

- ▶ 영어 표기인 soil은 고대 프랑스어와 라틴어의 solum이란 말에서 유래된 것으로서 바닥 또는 지면에 해당하는 것이 곧 토양단면에서 암석이 풍화된 상층 부분의 토양을 말함
- ▶ 산림토양은 다양한 동·식물들이 살아가는 생활 터전이 되며, 이들이 생명을 유지하는데 필요한 물과 양분을 저장하고 공급하는 중요한 역할을 담당하게 됨

■ 토양 생성인자

- ▶ 지표면의 암석은 풍화작용에 따라서 점점 잘게 부서져 다시 식물과 물의 작용으로 부서지는 과정이 계속되어 토양이 형성되며, 이 과정에서 암석 중의 여러 성분이 유출되기도 함
- ▶ 이와 같은 작용은 기상조건과 지형, 생물, 모암에 따라 다양한 형태로 나타나 많은 종류의 토양이 형성됨
- ▶ 토양생성에 관계된 인자는 기후, 모재, 지형, 생물, 시간, 인위 등인데 이들 인자가 서로 작용하여 토양을 만들며, 이를 토양생성작용이라 함

■ 산림토양의 화학적 특징

- ▶ 토양의 화학적 성질은 물리성보다 임목생장에 미치는 영향은 적으나 최근에 관심이 높아짐
- ▶ 나무는 산림토양의 토심이 깊고 뿌리가 넓게 분포하여 양분을 많이 흡수하고 양분순환도 증진될 수 있을 만큼의 양분만 있다면 나무 성장에는 큰 지장이 없음
- ▶ 토양의 화학성에 관여하는 주 요인으로는 탄소, 질소, 인산, 칼륨, 마그네슘, 칼슘 등임
- ▶ 축고 습한 유기질토양에서 임목생장이 빈약한 이유는 토양 내 양분부족 때문이 아니라 양분순환이 느려져 이용도가 낮고 뿌리의 발달이 제한되어 있기 때문이며, 반면 풍화가 심한 토양이나 사토, 알칼리성 토양에서 임목생장이 느린 것은 화학적 요인 때문임

■ 산림토양의 생물학적 특징

- ▶ 산림 토양계는 많은 유기질과 무기질을 포함하고 있으며 생물들이 살아갈 수 있는 다양하고 적합한 물리적인 환경을 구성하고 있음

- ▶ 산림토양은 세균으로부터 대형동물에 이르기까지 다양한 생물들이 서식하면서 양분의 순환, 전환, 토양구조의 발달에 있어서 중요한 역할을 함
- ▶ 토양생물의 종류나 개체수는 너무 복잡하고 광범위하여 이것들을 분류한다는 것은 간단하지 않으나 일반적으로는 토양식물계와 토양동물계로 분류할 수 있음
- ▶ 여러 가지 토양환경 조건에 따라 분류하는 것도 관심의 대상이 되는데, 이와 같이 기능에 따른 분류는 토양생성이나 토양생산성에 미치는 산림사업의 영향을 예측하는데 도움을 줌

4. 교과서 반영 제언

■ 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년		• 해당사항 없음
중 학 교	과학	• 산림토양의 생성에 영향을 주는 요인
고등학교	지구과학	• 산림토양의 생성에 영향을 주는 요인과 그에 따른 산림 토양의 특징

■ 보조자료와 사진



사진 설명 : 토양체와 토양 단위체(좌), 산림 토양의 기능(우)

사진 출처 : 산림과학정보관(2008). <http://book.kfri.go.kr/>

■ 유의사항

- ▶ 우리나라처럼 강수량의 70% 가까이가 여름에 집중되는 환경에서 수해를 덜 입고 농작물이 자랄 수 있는 이유는 토양이 스펀지와 같은 구조를 가져서 최대한 물을 머금기 때문이다.

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 토양 침식의 원인과 그 대책에 대해 알아본다.

3. 기본자료

■ 토양의 침식과 대책

- ▶ 자연상태의 지표면에서는 토양 생성작용이 동시에 일어나고 있는데, 생성속도보다 침식 속도가 빠른 경우를 토양침식이라고 정의함
- ▶ 자연침식
 - 바람에 의한 토양침식은 일반적으로 식생의 피복이 빈약한 건조지방이나 습윤지역의 건기에 이루어지며, 바람이 강할수록 토양침식이 활발히 이루어짐
 - 중국에서는 황하유역의 흩들이 건기 동안 편서풍을 타고 우리나라나 일본으로 이동하는데 이러한 황사현상은 중국의 입장에서 보면 심각한 토양침식의 피해인 것임
 - 물에 의한 토양침식은 각종 식물의 생육에 필요한 가용성 염류나 유기물 등의 영양분을 함께 유실시키기 때문에 토양의 비옥도와 보수력을 감소시킴
- ▶ 인위적 침식
 - 자연에 의한 토양의 침식은 현재 전세계 토양 유실량의 일부에 지나지 않으며, 농목지 개간 및 화전 개간에 따른 삼림의 파괴, 계속적인 단일 경작, 대규모의 기계화된 기업적인 농업 등 인간 활동으로 인하여 더 많은 토양이 침식되어 광대한 토지가 황폐화됨
 - 역사적으로 인간은 늘어나는 농작물 수요를 충족하기 위해 관개기술이나 계단식 농작지 등을 개발하여 식량 증산에 노력을 하여 왔으나, 이러한 식량 공급량의 증가 속도는 인구의 폭발적 증가와 생활의 풍요에 따른 식량수요를 충족시킬 수가 없게 되었음
 - 그 결과 토양비옥도의 회복을 위한 적절한 휴경과 이동경작의 사이클을 지킬 수 없게 되었고, 계단식 조성 없이 급경사면에 직접 경작을 함으로써 토양의 유실을 자초하였으며, 값싼 질소 비료의 사용을 통하여 일시적으로 곡물 생산량을 늘릴 수 있었기 때문에 윤작을 포기하고 특정 작물만을 연작(단일경작)함으로써 토양의 비옥도도 상실되었음
 - 결과적으로 농경지에서의 토양침식 속도는 토양생성 속도의 약 20~100배에 이르게 되었고, 1990년대에 접어들어서는 매년 약 240억 톤이나 되는 표토층이 유실되고 있으며, 이것은 900만 톤의 식량이 감소하는 효과를 나타냄

▶ 토양침식에 대한 대책

- 인간활동에 의한 토양침식의 원인은 과도한 방목, 무계획적인 산림개발과 도시개발, 도로망 확충 등 다양하지만 가장 주된 요인은 농업에 있음
- 우리 국토의 70%는 산악지대로서 비옥한 농경지의 면적은 제한되어 있어서 경사지 경작에 우리 식량의 상당부분을 의존하고 있는데, 동고서저의 지형과 강우의 계절적 집중성으로 인해 토양 침식의 정도가 매우 심함
- 완만한 경사지에서의 토양침식은 등고선 농경법에 의하여 30~50% 까지 감소시킬 수 있음
- 경작지는 바람과 물에 지표면이 쉽게 노출되기 때문에 휴경기에는 벚짚, 풀, 거적, 나뭇잎 등으로 표토를 피복하는 것이 토양 침식력을 약화시킬 수 있음

(자료출처 : 조흥범(2007) 제5기 숲해설가 양성 교육교재, 태백생명의숲)

4. 교과서 반영 제안

■ **적정 학교급**

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 피복된 토양과 그냥 토양 사이에 토양의 유실 정도에 대해 비교한다.
중 학 교	사회	• 우리나라의 역사의 흐름상 토양 유실이 일어날 수 밖에 없었던 배경에 대해 알아본다.
고등학교	지구과학	• 우리나라의 토양 유실 실태와 그 대책에 대해 알아본다.

■ **보조자료와 사진**

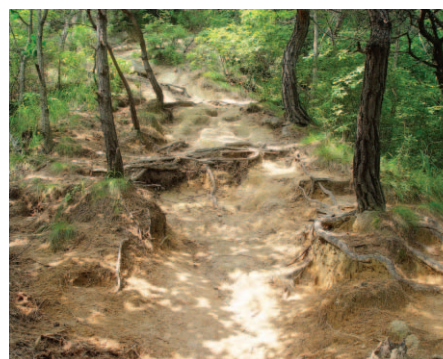


사진 설명 : 간월산(좌), 뿌리노출사진(우)

사진 출처 : 산림청

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 연어는 숲과 바다를 오가며 숲과 바다를 살찌우는 양분과 에너지가 된다. 연어와 숲의 생장과의 상호관계를 파악하고, 생태적 중요성을 인식한다.

3. 기본자료

■ 연어와 숲의 관계 맺기

- ▶ 새끼 연어는 바다로 나가기 전 1~2년 동안 개울에서 유년 시절을 보내는데 연어는 찬물에서 자라는 물고기이기 때문에 개울가에서 자라는 숲이 그들을 만들어 개울물의 수온을 적당히 차게 만들어 연어가 살기에 알맞은 수온을 유지함
- ▶ 쓰러진 나무들이 만드는 그늘은 새끼 연어가 새나 다른 포식자들로부터 자신을 은신하고 보호하는 역할을 하며, 어린 새끼 연어가 개울에서 유년 시절을 보내는데 숲은 매우 중요한 요소임

■ 연어가 숲에게 도움을 주는 과학적 증거

- ▶ 대기 중이나 육상에 존재하는 정상적인 질소는 원자핵을 구성하는 양성자와 중성자 수가 14인데 비해 연어의 신체를 이루고 있는 해양성 질소는 N15임
- ▶ 연어 산란 개울 근처의 나무들로부터 N15가 훨씬 많이 발견되었고 나무의 생장도 월등하게 높음

■ 죽어서도 아낌없이 주는 연어

- ▶ 곰의 먹이원
 - 곰은 연어 암컷의 알 등 제일 맛있는 부분만 먹기 때문에 나머지가 숲 속에서 부패하면서 토양을 비옥하게 함
 - 연어 회귀는 바다의 양분을 대량으로 육상으로 이동시키는 중요한 역할을 함
 - 숲 속으로 이동되지 않고 강가에 남아 있던 연어 시체는 부패되면서 산란한 개울을 살찌게 하는 양분으로 환원되어 새로 자라는 새끼 연어들의 생장을 도와줌
- ▶ 독수리, 갈매기, 까마귀, 늑대, 곰, 수달 등 수많은 동물의 식량 공급원임

■ 사라지는 숲 돌아오지 않는 연어

- ▶ 하천 주변의 숲을 베어내어 빗물에 씻긴 모래와 자갈로 인해 산란하천이 파괴되어 연어가 사라지면서 북미대륙의 서북해안에서 살고 있는 곰과 독수리의 수가 줄어들고 있음
- ▶ 연어가 사라짐에 따라 고래도 사라질 수 있으므로 생태계의 순환에도 문제가 생김

■ 우리나라의 연어

- ▶ 어린 연어새끼는 바다로 나간 후 북태평양의 알래스카와 베링해에서 3~5년 후에 성어로 자라 산란을 위해 자기가 태어난 하천으로 회귀함
- ▶ 우리나라 하천을 찾는 연어 70% 이상이 양양군 남대천으로 모천회귀하고 있으며 어린 연어의 70% 이상이 양양군 남대천에서 바다로 나감

〈자료 출처 : 탁광일(2003). 숲과 물 그리고 문화, 수문출판사 탁광일(2003). 숲은 연어를 키우고 연어는 숲을 만든다, 넥서스 박봉수(2003). 숲과 물, 그리고 연어과의 물고기, 수문출판사〉

4. 교과서 반영 제안

■ 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	국어	• 연어의 생태
초등고학년	국어, 과학	• 연어가 숲과 바다에 미치는 영향 • 우리나라에서 발견되는 연어들
중 학 교	환경	• 육지 생태계와 바다 생태계의 연결과 순환의 연어 • 연어와 숲의 상호관계
고등학교	생태와 환경	• 하천지역 숲의 파괴가 연어에게 미치는 영향 • 연어의 개체수가 줄어든 경우 생겨나는 문제점

■ 보조자료와 사진



사진 설명 : 강원도 양양군 남대천에 연어가 회귀하는 모습(좌), 동물들이 먹고 숲속에 남긴 연어의 시체(우)

사진 출처 : 환경부(2008). 강원도 양양군 남대천에 연어가 회귀하는 모습. www.me.go.kr

탁광일(2003). 숲은 연어를 키우고 연어는 숲을 만든다, 넥서스

■ 유의사항

- ▶ 생태계의 순환 고리를 이해할 수 있게 한다.
- ▶ 숲이 파괴되면 연어가 다시 돌아오지 않는다는 것을 통해 숲과 연어의 상호관계를 설명한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 해안림과 바다의 상호작용을 이해하고 해안림이 보호해야할 존재임을 인식한다.

3. 기본자료

■ 해안림

- ▶ 우리나라의 해안림은 바닷가 모래톱이나 하천의 제방변에 느티나무, 느릅나무, 소나무 등의 수종으로 조성하여 해풍이나 풍수해를 막아 각종 재해로부터 가옥 및 농경지를 보호

■ 해안림의 기능

- ▶ 방조효과
 - 바닷바람, 해일 등을 막아 비사와 염분이 내륙까지 이동하는 것을 막음으로써 내륙의 환경을 다스려 농작물과 사람의 주거환경에 도움을 줌
 - 파도 등 각종 소음을 줄여주거나 대기 정화의 기능도 더불어 가지고 있음
- ▶ 해안사구의 보호
 - 해안사구도 해안림과 마찬가지로 해안생태계의 유기적 시스템 중의 하나로서 중요한 기능을 하는데 자연 방파제 역할, 지하수 저장과 정화 역할도 함
 - 해안림은 해안사구의 모래가 유실되는 것을 막아줌
- ▶ 농작물의 보호
 - 해안림은 연안재해로부터 가옥과 농경지를 보호하는데, 높이와 길이에 따라 10배에서 25배의 효력을 가지며, 수확량도 20% 정도 증가시키는 것으로 알려짐
 - 이것은 바다로부터 날아오는 염기와 바람을 줄여주기 때문이며 건조한 지역에서는 수분의 증발을 억제하고 한해의 피해를 줄여줌
- ▶ 생물 다양성
 - 해안림은 산림→농경지→해안림→해변→해양으로 이어지는 해양과 육상생태계 사이의 다리 역할을 함
 - 해양과 육상이 만나는 곳에는 양쪽 생태계의 구성생물종이 동시에 서식하여 생물다양성이 높게 나타나며, 동식물에게 서식처를 제공함
- ▶ 여가적 기능
 - 최근에는 여가시간이 늘어나면서 해안림은 해안경관과 휴양공간으로 여기게 되었으며, 대부분의 해수욕장 해안림 내에 벤치, 샤워장, 화장실 등의 편의시설이 늘어지게 됨

4. 교과서 반영 제안

■● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학, 국어, 사회	• 바닷가에 숲이 사라진다는 가정 • 해안림의 기능
중 학 교	사회, 국사	• 조상들의 생각하는 숲 • 삼면의 바다와 해안림
고등학교	한국지리, 생태와 환경	• 해안림을 통해 알 수 있는 숲의 기능 • 해안생태계 보존과 해안림 • 해안림의 파괴와 피해

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 천연기념물 제 150호 남해물건리방조어부림(좌), 지방문화재 제 116호 월정리 해안방풍림(우)

사진 출처 : 문화재청(2008). www.cha.go.kr/ 고흥군청(2008). www.goheung.go.kr

■● 유의사항

- ▶ 인도네시아의 망그로브숲이 파괴되면서 쓰나미에 대한 피해가 커졌듯이 해안림이 중요한 기능을 하고 있다는 사실.
- ▶ 어부림은 옛 조상들이 숲의 중요성을 인식하여 직접 식재하였다는 것을 강조한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲의 순환에 대한 이론적인 지식이 아닌 실제적인 현상을 보며, 실제 숲의 순환 모습에 대해 생각해 볼 수 있다.

3. 기본자료

■ 숲의 순환

▶ 초기

- 나무들도 나이가 들어감에 따라 기운이 약해지면 병충해나 비바람에도 쉽게 쓰러지고, 쓰러진 나무로 인해 숲에 갑자기 큰 틈이 생기게 되면서 일시적으로 빛이 쏟아지게 됨
- 이 틈을 이용하여 그동안 큰 나무에 가려져 제대로 자라지 못하던 옆의 나무들이 급속하게 자라기 시작함
- 또한 땅속에 묻혀 있던 종자들은 햇빛에 자극되어 일제히 싹을 틔우면서 숲의 생명이 일시적으로 충만하게 됨
- 몇 년을 간격으로 큰 나무들이 쓰러질 때마다 이러한 현상은 되풀이 되어 숲은 부분적으로 구조가 변하게 됨
- 이렇듯 건강한 숲은 여러 층의 나무들로 얹혀 있어 자리가 비더라도 재빨리 다른 나무들로 채워지므로 여간해서 숲은 그 맨살을 드러내지 않음
- 만일 단일 식물로만 이루어진 단순한 구조로 되어 있다면 숲은 한 가지의 해충에도 쉽게 파괴될 것이며 숲에 틈이 생겨도 이를 대신해 줄 다른 나무들이 없어 오랫동안 방치될 것임

▶ 중기

- 부러져 누운 나무는 많은 토양생물들의 먹이가 되는데 일차적으로 큰 나무좀벌레들이 나무의 구석구석을 갉아 먹으며, 어떤 종류는 목질 사이에 알을 낳기도 함
- 수많은 종류의 벌레들이 나무를 갉아먹는 동안 나무는 푸석푸석해지고 마치 스펀지와 같이 되며, 최종적으로는 곰팡이나 바이러스에 의해 철저하게 분해됨
- 부러진 나무기둥의 주를 이루는 성분은 셀룰로오스나 리그닌 등으로 분해율과 소화 흡수율이 낮은 반면에, 비록 적은 양이지만 나무속에 들어있는 단백질이나 지질 성분은 우선적으로 분해자의 표적이 되며 리그닌만 남게 되면 분해의 속도는 더욱 느려짐
- 나무 조직에 질소 성분이 많으면 빨리 분해되지만 탄소 성분이 많으면 분해 속도가 느린데 이것을 식물학에서는 '탄소·질소비율' 이라고 함
- 일반적으로 참나무와 같은 활엽수들은 소나무, 잣나무와 같은 침엽수에 비해 질소의 함량이 높기 때문에 분해되는 데는 30년 정도면 되지만 소나무 숲에서는 100년 이상이 걸림

▶ 말기

- 나무는 필요 이상의 종자를 만들어내는데 이들 종자가 모두 싹을 틔운다면 숲은 과도한 나무로 인해 오히려 건전성이 떨어지기 때문에 흙에 성공적으로 뿌리를 내린 나무들은 건전하게 성장을 하고 뿌리를 내리는데 게을리 했던 나무들은 다시 쓰러짐으로써 새로운 숲의 영양분을 만들어 주는 것임
- 이렇게 쓰러진 나무도 많고 이를 이용하는 생물들도 많은 숲은 매우 건강하다고 볼 수 있으며, 쓰러진 나무들을 둘러싼 이끼용단은 스펀지와 같이 빗물을 가두어 숲의 식물들에게 수분을 제공
- 숲은 사람의 간섭 없이 스스로 일구어가는 생명 순환체계를 갖추고 있는 것임

(자료 출처 : 차윤정(1999). 신갈나무 투쟁기, 지성사)

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활, 국어	• 숲은 가만히 있지 않고 계속 적으로 변하고 있음
초등고학년	과학	• 숲은 가만히 있지 않고 계속 적으로 변하고 있음
중 학 교	과학	• 숲의 순환의 개념
고등학교	과학	• 숲의 순환의 개념과 건강한 숲의 관계에 대해 알고 우리 주변의 숲과 비교

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 새로운 생명 새싹(좌), 생명이 다한 나무(우)

사진 출처 : 산림청

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲에서 일어나는 질소와 물의 순환에 대해 안다.

3. 기본자료

■ 질소의 순환

- ▶ 질소는 생물의 몸을 구성하는 단백질, 핵산 등의 중요한 성분이며 대기를 구성하는 기체의 약 78%에 해당함
 - 대부분의 생물은 이 질소를 직접 이용할 수 없으며, 대기 중의 질소는 질소 고정 세균에 의해 암모늄태질소로 고정되거나 번개 등 공중 방전으로 산화질소를 형성한 후 빗물에 녹아 땅 속으로 들어가서 질산태질소가 됨
 - 암모늄태질소와 질산태질소는 녹색 식물의 질소동화작용으로 단백질과 같은 유기 질소 화합물이 되며, 이것을 동물이 먹고 먹이사슬을 따라 이동함
 - 유기 질소 화합물은 생물의 사체나 배설물이 분해자에 의해 분해되면서 암모니아가 되는데 대부분의 식물은 이 암모니아를 직접 이용할 수 없고 세균이 암모늄태질소(NH_4^+)나 질산태질소(NO_3^-)로 만들고 나면 흡수하여 다시 사용함

■ 물의 순환

- ▶ 생물체의 대부분은 물로 이루어져 있다고 말할 수 있을 정도로 물은 생명의 기반이 될 뿐만 아니라 많은 생물이 살아가고 있는 강, 호수, 바다와 같은 서식처를 제공
- ▶ 강이나 바다의 물은 태양열에 의해 증발되어 구름이 되고, 이것은 다시 비, 눈, 이슬, 서리 등이 되어 지상으로 떨어지며, 생물이 취한 물은 체액의 성분으로 이용되거나 식물의 광합성에 쓰이고 호흡에 의해 생긴 물은 식물의 경우에는 증산을 통해, 동물의 경우에는 호흡을 통해 대기 중으로 나가게 됨
- ▶ 동물은 배설물로도 수분을 자연계로 되돌려 보내는데 이 모두가 다시 구름이 되어 순환함

(자료출처 : 생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005). 숲해설 아카데미, 현암사)

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 물방울의 여행
중 학교	과학	• 숲에서 일어나는 다양한 물질의 순환에 대해 알아본다.
고등학교	과학, 생물	• 숲의 물질 순환과 생태계의 안정에 대해 알아보고 숲의 중요성에 대해 알아본다.

■● 보조자료와 사진

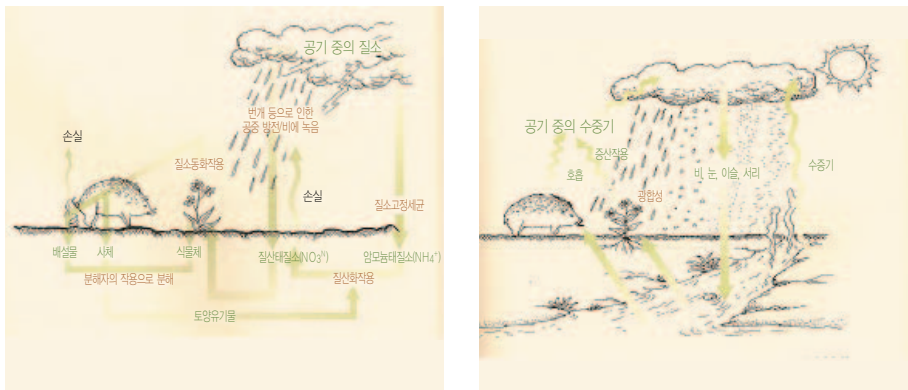


사진 설명 : 숲의 질소 순환과 물 순환모형

사진 출처 : 생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005). 숲해설 아카데미, 현암사

■● 유의사항

- 나무가 자라는 데 필요한 요소 중 질소의 중요성을 학생들에게 인지시킨 후 질소의 순환을 설명한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲이 도시기후를 조절하고 열섬현상을 방지하는 기능을 한다는 것을 안다.

3. 기본자료

■ 열섬현상이란?

- ▶ 인구가 밀집되어 있고 고층건물이 뽀뽀하게 들어선 도시 중심지는 인접한 교외지역에 비하여 평균기온이 높은 현상을 나타내는데 이것을 도시열섬(Heat Island)현상이라 함

■ 열섬현상의 원인

- ▶ 도심의 열섬현상의 원인은 1차적으로 콘크리트 빌딩의 밀집과 아스팔트 도로 포장 등 도시 구조에서 비롯되며, 자동차에서 배출되는 배기가스가 열섬현상을 가속화 시킴
 - 자동차 배기관을 통해 유출되는 배기가스는 100℃ 수준임.

■ 숲(녹지)의 온도 조절

- ▶ 숲에 가면 여름에는 시원하고 겨울에는 포근한 이유가 여름에는 빛을 받아 증산 작용을 하면서 주위의 열을 빼앗고 잎과 가지가 일정량의 햇빛을 차단하며, 겨울에는 땅에서 방출하는 열을 차단하여 온실의 역할을 하기 때문임
- ▶ 나무가 있는 지역이 여름에는 평균 3~4℃ 낮고 겨울에는 평균 2~3℃ 높아 적절한 기후 조건을 조성함

■ 열섬현상을 극복하기 위한 연구 및 사례(대책)

- ▶ 대구시의 녹지조성으로 가장 더운 도시가 다른 지역으로 바뀜
- ▶ 서울시가 도심 기온이 주변 산림지역보다 최대 13.1도가 높다는 조사결과를 발표함으로써 도시 내에 녹지가 얼마나 부족하고 또 필요한지를 말해주는 근거가 됨
- ▶ 대전시는 '녹지형 중앙분리대가 아스팔트 복사열을 흡수하는데 효과가 있다.'는 조사결과를 발표(녹지형 중앙분리대가 조성된 구간과 미조성 구간의 지표면 온도를 측정한 결과 평균 10℃정도의 온도차이가 발생)

- ▶ 열섬현상을 극복하는 또 하나의 방법으로 옥상녹화 사업을 추진하는 지자체들도 늘어나고 있는데 옥상녹화는 부족한 도심의 녹지 공간을 확충함과 동시에 건물 온도 상승을 억제

(자료 출처 : 조경신문 「열섬현상, 나무 심어서 잡는다.」배석희 기자 생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005). 숲해설 아카데미, 현암사 p.56)

4. 교과서 반영 제안

■ 적점 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	사회, 과학	• 실제 경험했던 열대야 현상에 대해 이야기 해본다. • 열섬현상을 알고 극복하기 위한 방법 알기 • 도시 기온과 인접한 교외지역의 온도 차이를 알아본다.
중 학교	사회, 과학	• 열섬현상의 원인을 알아본다. • 산림의 온도 조절 기작에 대해 안다.
고등학교	사회, 과학	• 지구온난화와 열섬현상과의 관계에 대해 알아본다. • 열섬현상을 극복하기 위한 대책 및 성공 사례를 조사한다. • 열섬현상과 지구온난화와의 관계에 대해 알아본다.

■ 보조자료와 사진



사진 설명 : 숲을 통한 열섬현상 감소

사진 출처 : 산림청



1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 산림이 공기를 정화하고 산소를 제공하는 것을 안다.

3. 기본자료

■ 숲은 천연 공기정화기

- ▶ 도시의 공기 1리터에는 자그마치 10만개에서 40만개에는 이르는 먼지가 들어 있으나, 숲 속의 공기 속에 있는 먼지는 도시 공기의 몇 천분의 일 정도밖에 되지 않음
- ▶ 그 이유는 나뭇잎은 공기 중의 먼지를 잎 뒷면에 있는 기공을 통해 흡수하거나 이파리에 부착시키는 방식으로 분진을 흡수하기 때문임
 - 침엽수로 이루어진 1헥타르(축구장 크기정도)의 숲은 연간 30~40톤의 먼지를, 활엽수로 이루어진 숲은 무려 68톤의 먼지를 걸러 내고 그렇게 쌓여 있던 먼지들은 빗물에 씻겨 땅으로 흘러 들어가게 되면서 공기를 정화하는 것임
 - 이렇게 숲이 먼지를 걸러 내는 효과는 나무가 없는 풀밭의 1백배 정도라고 하니 우리가 들이 마시거나 매일 쓸고 닦아야 할 먼지의 상당량을 숲이 대신 청소해 주는 셈임

■ 숲은 산소 공장

- ▶ 숲속의 공기가 항상 상쾌한 이유는 나무들이 광합성 작용을 통해 산소를 방출하기 때문임
- ▶ 잘 가꾸어진 숲 1ha는 탄산가스 16톤을 흡수하고 12톤의 산소를 배출함
 - 한 사람이 하루에 0.75kg의 산소를 필요로 하므로 숲 1ha에서 44명이 숨 쉴 수 있는 산소를 공급해 주는 셈임

〈자료 출처 : 맑은바람(2008). [Natural Story] 숲, 영원한 생명의 보고-축구장만한 숲이 먼지 68톤을 정화합니다
 숲생태지도자협회. 청소년을 위한 숲과 더불어 하나되기, 교보생명 p.08〉

4. 교과서 반영 제언

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	즐거운생활	• 숲에 갔을 때 느끼는 느낌에 대해 이야기 해 본다.
초등고학년	과학	• 나무에서 내뿜는 산소의 양이 얼마나 될지 생각해 본다. • 나무에서 흡수하는 이산화탄소의 양을 알아본다.
중 학 교	과학, 사회	• 숲에서 마시는 공기와 도시에서 마시는 공기의 차이점에 대해 이야기 해 본다. • 숲에서 보는 공기 색깔과 도시에서 보는 공기의 색깔이 어떻게 다른지 알아본다. • 도시의 공기를 깨끗하게 하는 도시숲의 기능에 대해 안다.
고등학교	사회, 과학	• 기후변화협약과 산림과의 관계를 알아본다.

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 숲의 공기정화 기능

사진 출처 : 숲에 On(2008). www.foreston.go.kr

■● 유의사항

- ▶ 숲에서 느껴본 공기와 도심 속에서 느낀 공기를 이야기해보는 시간을 갖는다.
- ▶ 지구온난화와 산림과의 관계를 이산화탄소와 함께 생각해 볼 수 있다.

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 산림을 통한 물의 순환에 대하여 올바르게 이해한다.

3. 기본자료

■ 식물체나 낙엽층에서의 증발을 통해 대기로 귀환

- ▶ 증발을 통해 대기로 귀환
 - 비가 오게 되면 나무의 잎이나 가지에 붙어 있던 물 중 일부는 시간이 지나면서 다시 증발하여 대기로 돌아가게 됨
- ▶ 낙엽층에서의 물의 흡수 및 증발
 - 비가 오면 마른 수건이 물을 흡수하는 것처럼 말라 있는 낙엽층에서 빗물을 흡수 보유하게 됨
 - 낙엽층이 흡수하게 되는 빗물의 양은 보통 낙엽 말린 무게의 2~3배 정도의 많은 양의 물을 흡착 보유하게 되며, 이 후에 증발을 통해 일부가 다시 대기로 돌아감
- ▶ 토양에 흡수된 물의 증발
 - 토양입자 표면의 정전기적인 인력과 물분자간의 응집력에 의해 토양입자는 물을 흡인하게 되는데 토양 내 물은 지역간에 이러한 장력의 차이에 의해 이동함
 - 이렇게 토양에 흡수된 물은 후에 증발을 통해 일부가 대기로 돌아감
- ▶ 토양에 흡수된 물의 증산
 - 토양 내에 있던 물은 뿌리에 흡수되었다가 식물체에 쓰이거나 또는 나무 잎의 기공 등을 통하여 대기 중으로 증산하게 됨

■ 유거수와 배수에 의한 계곡 및 하천으로의 이동

- ▶ 유거수 발생
 - 토양의 구조와 견밀도가 매우 나쁜 곳에서는 투수성이 나쁘고 표층토보다 심토에서 물의 투수는 매우 어려움으로 인해서 토양표면 위에는 흐르는 물, 즉 유거수가 발생되며 토양에 흡수되지 않고 지표로 흘러서 가까운 계곡이나 하천으로 이동하게 됨
- ▶ 토양 내 물의 이동
 - 비가 계속 되면 토양의 공극에 물이 전부 채워지게 되며 계속적으로 표층에서 유입되는 물은 토양이 끝나는 지점, 즉 암석이나 약간의 풍화는 되었지만 단단하여 물이 더 이상 침투하지 못하는 지점에서 경사를 따라서 이동하여 산지의 계곡부 등으로 빠져나가게 됨

(자료 출처 : 이성필(2003). 숲과 물 그리고 문화, 수문출판사 p.114~117)

4. 교과서 반영 제안

■ ● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	- 물을 먹는 산림의 모습을 생각해 본다. - 비온 뒤에 산림의 모습은 어떻게 알아본다.
초등고학년	과학	- 물의 특성과 식물이 살아갈 수 있는 이유는 무엇인지 알아본다. - 건강한 숲과 그렇지 않은 숲에서의 물의 이동 비교
중 학 교	과학, 사회	- 물이 순환하는데 산림이 미치는 영향에 대해 알아본다. - 사막의 물 순환과 열대우림의 물 순환의 차이를 알아본다.
고등학교	과학	- 물의 이화학적 반응에 의한 산림토양의 풍화의 과정에 대해 알아본다. - 산림 토양(부식토)의 물의 함수 관계를 안다. - 산림이 가지고 있는 증발산 특성이 가져오는 효과에 대해 안다.

■ ● 보조자료와 사진

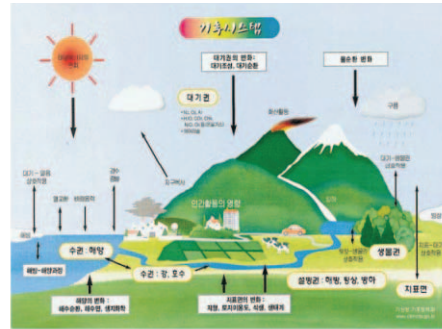
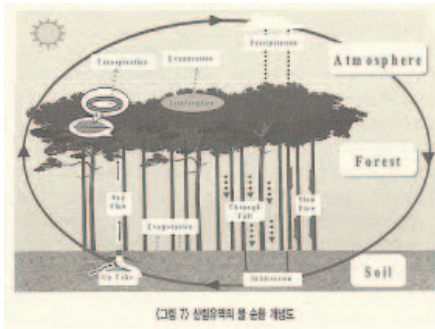


사진 설명 : 물의 순환(좌), 기후변화(우)

사진 출처 : 이성필(2003). 숲과 물 그리고 문화, 수문출판사 p. 247 그림7
산림청

■ ● 유의사항

- ▶ 전체적인 물 순환고리를 그림이나 도표를 통해 설명한다.
- ▶ 숲 토양이 물을 흡수하는 것과 비가 오면 운동장에 물이 흐르는 것을 비교하면서 숲 토양이 흡수성이 좋다는 것을 설명한다.
- ▶ 비가 계속됨으로써 공극을 다 채우게 되면 장력이 없어지게 되고, 물이 토양 밖으로 나오게 되는 현상을 스펀지를 이용하여 설명한다.

1. 명역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 녹색댐이란 무엇이며, 녹색댐의 기능이 무엇인지 알아본다.

3. 기본자료

■ 녹색댐이란?

- ▶ 산을「녹색댐」이라고 부르는 것은 산이 빗물을 머금었다가 서서히 흘려보내는 유출조절 기능이 높는데 이는 인공댐과 같은 기능을 한다고 하여 붙여진 이름임

■ 우리나라 9개의 다목적댐에 저장된 물의 양과 숲에 저장된 물의 양

- ▶ 숲이 저장할 수 있는 물의 양은 우리나라에 있는 9개의 다목적댐이 저장하고 있는 물의 양보다 약 1.6배나 더 많은 약 180억 톤이다

■ 녹색댐의 기능

- ▶ 홍수조절 · 갈수완화 기능
 - 건강한 숲은 수관 차단량과 증발산량이 적고 토양의 이화학성이 좋으며 공극이 잘 발달되어 빗물이 잘 흡수되고 토양 깊숙이 저류하게 되므로 계류 유출수는 강우 직후에 급증하지 않고 쉽게 줄어들지 않게 됨
- ▶ 수질정화 기능
 - 오염된 강수가 산림생태계를 통과하면 강수에 포함된 물질의 농도가 낮아지는데, 이와 같은 수질정화기능 역시 토양 때문에 이루어짐
 - 숲이 만드는 토양은 활성이온을 흡수하거나 교환하고 불용화시키는 기능이 높으며, 숲은 질소나 인과 같은 물질의 농도를 낮추고 산성비의 산도(pH)를 중성에 가깝게 하는 기능을 함
- ▶ 토사유출 억제
 - 숲은 토사유출을 억제하는 기능이 있고 인위적인 숲가꾸기를 통해 이 기능이 강한 구조로 조성할 수 있음
 - 1년에 ha당 토사유출량은 활엽수림지의 경우 0.7톤이고, 침엽수림지에서는 1.0톤, 사방지에서는 2.2톤이나 나무가 없는 황폐지에서의 ha당 토사유출량은 1년에 118.3톤으로 손질이 양호한 숲보다 무려 130배가량이나 많음

〈자료 출처 : 이성필(2003). 숲과 물 그리고 문화, 수문출판사 p.241~255〉

4. 교과서 반영 제언

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		해당사항 없음
초등고학년	과학, 국어	- 녹색댐과 인공댐의 차이점을 안다. - 수원확보와 녹색댐의 기능을 이해한다.
중 학 교	과학, 사회	- 우리나라 5대 강과 녹색댐을 연관시켜 알아본다. - 인공댐과 녹색댐의 조화로운 운영을 위한 방법을 알아본다. - 깨끗한 물과 녹색댐의 관계에 대해 알아본다.
고등학교	과학, 한국지리	- 숲이 파괴됨으로써 생겨난 홍수 피해 사례를 알아본다. - 우리나라 인공댐의 저수량과 녹색댐 비교해본다. - 물 부족국가와 녹색댐의 역할에 대해 알아본다. - 여름철 장마와 녹색댐의 기능을 연관시켜 생각해 본다.

■● 보조자료와 사진

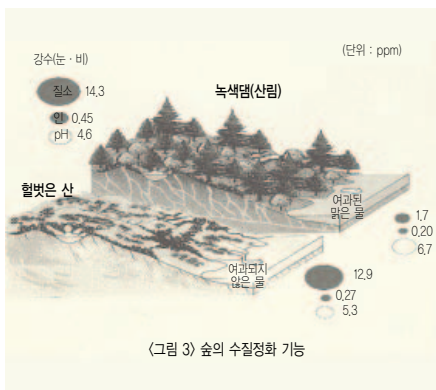


사진 설명 : 숲과 물 그리고 문화

사진 출처 : 산림청(2008), <http://www.forest.go.kr/>

■● 유의사항

- 산을 녹색댐이라 불리는 것을 일반적인 인공댐의 기능과 혼동하지 않도록 학생들에게 주의 시킨다.
- 녹색댐이 인공댐보다 탁월한 점이 많지만 인공댐은 나름대로의 다양한 기능이 있음을 인지 하도록 한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 산림 생태계를 유지시키는 물의 기능 및 성질을 안다.

3. 기본자료

■ 물과 생명

▶ 물은 모든 생명의 기초단위임

- 생명의 최소 단위인 세포(cell)에는 물이 가장 많이 포함되어 있는데 이는 식물을 포함한 모든 생명체가 생명을 유지하기 위해서는 물이 반드시 필요하다는 것을 의미함

▶ 물은 좋은 용매로써 역할을 함

- 물 분자가 강한 극성을 가지고 있다는 사실은 다양한 극성 분자들을 안정화시켜주는 역할을 하기 때문에 물은 여러 다양한 화학물질들을 녹이는 좋은 용매가 됨
- 즉, 숲 속 식물이 필요로 하는 무기영양물질들을 물에 녹일 수 있기 때문에 물은 숲 속 생태계를 유지시키는데 꼭 필요한 존재임

▶ 물은 4℃에서 밀도가 가장 큼

- 4℃의 물은 얼음보다 밀도가 크기 때문에 얼음은 물 위에 뜨게 되는데 숲 속 수중 생태계는 이러한 물의 성질 때문에 유지될 수 있는 것임
- 만일 그렇지 않는다면 호수와 강의 물은 겨울에 수면으로부터 바닥까지 모든 부분이 얼어붙게 되고 결과적으로 모든 수중생물들을 얼어 죽게 만들 것임

▶ 물은 얼 때 부피가 팽창함

- 이러한 성질은 단단한 바위 사이에 물이 스며들어 틈을 만들고 토양 풍화작용에 도움을 주는 등 식물이 살아가기 적합한 토양환경을 만들어 줌

▶ 물은 모세관현상을 일으킴

- 모세관현상은 모든 생명체의 각 조직에 영양을 공급할 수 있음
- 즉, 식물의 뿌리에서 각 조직까지 모세관현상에 의해 물이 공급되면서 영양원들도 함께 순환할 수 있게 됨

〈자료 출처 : 이성필(2003). 숲과 물 그리고 문화, 수문출판사 p.44~48〉

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 거대한 생명의 원천인 우리나라 4대 강은 한강, 금강, 낙동강, 영산강으로 그 발원지는 산으로 생명의 시작이 산에 있음을 알려준다.

3. 기본자료

■ **한강의 발원지 - 태백시 창죽동 금대봉골 '검룡소'**

- ▶ 검룡소는 우리나라에서 가장 큰 강인 한강의 발원지로서 1987년 국립지리원에 의해 한강의 최상 발원지로 공식 인정됨
 - 둘레 약 20m이고 깊이는 알 수 없으며, 사계절 9℃의 지하수가 하루 2,000~3,000t씩 석회암반을 뚫고 솟아 폭포를 이루며 쏟아짐

■ **금강의 발원지 - 전라북도 장수군 장수읍 수분리 마을 '뜯봉샘'**

- ▶ 태조 이성계와 얽힌 설화로 유명한데 하늘의 계시를 들은 단 옆에 상이암을 짓고 웅달샘 물을 제수로 만들어 천제를 모셨다하며 웅달샘의 봉황새가 떴다고 해서 뜯봉샘이라고 했음
- ▶ 뜯봉샘은 우리나라에서 세 번째로 큰 강인 금강이 되어 서해바다 하구까지 397.25km를 흐름

■ **낙동강의 발원지 - 강원도 태백시의 '황지연못'**

- ▶ 황지연못은 길이 525km의 낙동강 발원지로 <동국여지승람>, <척주지>, <대동지지> 등에서 낙동강의 근원지라고 밝혀 놓고 있음
- ▶ 처음에는 '하늘못'이라는 의미로 천황(天潢)이라 했고, 황지(潢池)라고도 했으며, 태백시내 중심지에 있는 황지공원의 커다란 비석 아래 깊이를 알 수 없는 상지·중지·하지로 이루어진 둘레 100m의 소(沼)에서 하루 5,000t의 물이 쏟아져 나오고 있음

■ **영산강의 발원지 - 전라남도 담양군 용면 용연리 용추봉 가마골 '용소'**

- ▶ 호남의 젖줄이라고 하는 영산강은 전남 담양군의 '용소'에서 시작되는데 "용소"는 계곡을 따라 흐르는 시냇물이 이곳 암반으로 형성된 물목을 통과하는 동안 억만겁의 세월을 통해 암반을 깎고 깎아 마치 용이 꿈틀거리며 지나간 자국 마냥 흠을 이루었음
- ▶ 이 흠이 중간에서 석질이 강한 암반에 걸려 이를 뚫지 못하자 공중으로 솟구쳐 오르고 분수 처럼 솟구친 물이 암반 밑에 쏟아져 시퍼런 용소를 이루어 놓았음

(자료 출처 : 담양군청(2008). www.damyang.go.kr 태백시청(2008). taebaek.go.kr 금강유역환경청(2008). <http://gg.me.go.kr/>)

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	국어, 사회	• 강물의 시작은 어떨지 상상해 보기
중 학 교	사회	• 지도를 보며 강물의 발원지 추측해보고 알아보기
고등학교	사회	• 강물의 발원지가 가지고 있는 의의에 대해 알아보기

■● 보조자료와 사진



용소비석

사진 설명 : 검룡소(상좌), 뜬봉샘(상우), 황지연못(하좌), 용소(하우)

사진 출처 : 담양군청(2008), www.damyang.go.kr 태백시청(2008), taebaek.go.kr

금강유역환경청(2008), <http://gg.me.go.kr/>

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ♻ 숲이 우리에게 주는 공익적 가치에 대해 알아 본다.

3. 기본자료

■ 산림의 공익적 기능

- ♻ 산림휴양기능 : 울창한 숲은 쾌적한 생활환경을 제공하며 피톤치드(phytoncide)라는 방향성 물질을 많이 발산하기 때문에 마음의 안정을 가져오고 건강에 효과가 매우 큼
- ♻ 대기정화기능 : 산림은 사람의 호흡에 필요한 산소를 배출하고 지구온난화 현상을 일으키는 이산화탄소 및 인간생활에 해로운 대기오염물질을 흡수
 - 나뭇잎은 공기 중의 먼지, 아황산가스 등 오염물질을 흡착시키는 공기정화의 역할을 함
- ♻ 수원함양기능 : 산림은 수해를 예방하고 깨끗한 물을 서서히 공급하여 인간생활에 절대적으로 중요한 역할을 수행함
 - 산림이 갖는 물의 저장 능력은 연간 179.7억톤으로서 ha당 2,780톤 분량임
- ♻ 야생동물 보호기능 : 야생동물의 서식처를 제공하고, 야생조수에게는 풍부한 해충을 먹이로 제공하여야 산림이나 농작물에 끼치는 많은 피해를 감소시킴
 - 조류에 의한 연간 해충방제 효과 면적은 약 2,042천ha에 상당함
- ♻ 토사유출 방지기능 : 나무뿌리 등에 의하여 비가 올 때나 물이 흘러갈 때 토사가 유출되는 것을 막아주어 농경지 매몰이나 하천의 바닥이 높아지는 것을 방지함
 - 1ha당 토사가 흘러내리는 양은 나무가 없는 산이 울창한 산보다 약 277배나 많음
- ♻ 토사붕괴 방지기능 : 산사태 등의 재해를 방지하는 기능으로 인명 피해, 농경지 유실 등을 막아줌(울창한 숲의 연간 토사붕괴 방지량은 약 5억 m^3 이나 됨)

■ 산림의 공익적 기능에 대한 평가

- ♻ 숲의 공익적 혜택을 평가할 수 있는 대표적인 기능은 수원함양, 대기정화, 토사유출방지, 산림휴양, 수질정화, 토사붕괴방지, 야생동물 보호 등 7가지 기능으로 최근 산림청 국립산림과학원에 따르면 우리나라 산림의 공익적 가치가 66조 원, 국민 1인당 136만원씩 혜택이 돌아감

- 이 평가액에는 소음방지, 기상완화, 방풍, 생물종 보전 등의 환경가치와 문학, 예술, 교육, 종교 등 문화가치는 포함하지 않았으므로 사실상 산림으로부터 받는 혜택은 훨씬 더 클 것임
- 이러한 산림의 공익기능을 늘리고 잘 발휘될 수 있도록 하기 위해서는 산림의 난개발 방지 등 산림보전 뿐만 아니라, 나무를 많이 심고 적극적으로 숲을 가꾸며, 산불 및 병충해 방지 등 산림을 잘 관리하는 것이 매우 중요함

〈자료 출처 : 새로운 임업기술(산림청)〉

4. 교과서 반영 제언

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	사회, 국어, 도덕	• 산림이 우리에게 주는 혜택
중 학교	사회	• 산림이 주는 공익적 가치의 뜻을 알고 그 기능을 안다.
고등학교	사회, 생태와 환경	• 산림이 주는 경제적 가치와 공익적 가치를 구분

■● 보조자료와 사진



■● 유의사항

- 숲이 제공해 주는 공익적 가치는 시장에서 결정할 수는 없으나 그 가치가 높다고 할 수 있다.
- 이외에도 숲의 공익적 가치는 다양한 혜택이 있음을 알려준다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- 기후변화를 막는 산림의 역할에 대해서 안다.

3. 기본자료

■ 산림생태계

- 식물은 광합성을 통하여 온난화의 주요 원인인 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하는 과정에서 나무와 토양에 탄소를 저장하며, 저장된 탄소는 다시 식물의 호흡이나 유기물의 분해를 통하여 대기 중으로 방출됨
- 숲속의 식물은 잎으로 햇빛과 빗물이 지표면에 직접 도달하지 않도록 걸러주고 식물은 광합성 작용과 증산작용을 통해 토양의 물을 대기 중으로 내보냄

■ 탄소의 배출과 흡수

- 1990년대에 전 세계는 화석연료 사용으로 매년 63억톤의 탄소를 배출하였고, 산림 훼손으로 16억톤의 탄소를 배출한 반면에, 산림에서의 생장으로 30억톤의 탄소를 흡수하여, 현재 산림생태계에 저장되어 있는 탄소량은 5,500억톤 정도임
- 매년 대기와 교환되는 광합성량은 1,200억 탄소톤으로 저장량의 22% 정도가 교환되고 있는 사실로도 산림생태계가 지구탄소순환에 있어 매우 중요하고 민감한 작용을 함
- 산림은 온실가스를 흡수/저장하고 다시 배출하는 과정으로 지구 기후시스템에 영향을 주는 동시에 지구의 물순환 과정도 조절함으로써 에너지 분배에 영향을 미치고 결국 지구의 기후상태에 영향을 미침

■ 탄소저장소로서의 숲

- 산림생태계의 주요 탄소저장고는 나무와 토양이기 때문에 산림을 어떻게 관리하고 가꾸고 보전하느냐에 따라 지구온난화는 달라질 수 있음
- 즉, 숲을 잘 가꾸고 보전하면 나무와 토양에 더 많은 탄소를 저장할 수 있으나 숲이 훼손되거나 온난화로 온도가 높아지면 나무와 토양에 있는 탄소가 대기 중으로 배출됨
- 지구온난화에 대응하기 위해서는 우선 산림의 훼손 및 타 용도로의 변경을 억제하고 훼손된 산림생태계는 복원하며 산불, 산사태와 같은 산림재해는 예방해야 함

〈자료 출처 : 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>〉

4. 교과서 반영 제안

■● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 식물이 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출하는 것을 안다. • 식물의 광합성 원리를 안다.
중 학교	과학	• 기후변화에 관련된 기체의 배출과정을 안다.
고등학교	지구과학	• 산림파괴의 원인과 지구온난화를 막기 위한 산림 보호 정책을 안다.

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 식물 광합성의 조직도

사진 출처 : 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>

■● 유의사항

- ▶ 식물은 낮에는 호흡량보다 광합성량이 많아 이산화탄소를 배출하며, 밤에는 광합성량보다 호흡량이 많아 이산화탄소를 배출하는 점을 지도하여 준다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲과 관련된 재해나 환경문제의 원인과 해결 방안을 숲에서 찾아보고 숲을 가꾸고 보전하고자 하는 의지를 가진다.

3. 기본자료

■ 숲의 일반적인 재해방지 기능

- ▶ 숲의 토사유출 방지 능력은 황폐한 지대와 비교하여 227배에 큼
 - 우리나라 숲의 토사붕괴 방지량은 488.5백만 m^3 임. 토사붕괴 방지량을 산지사방 복구비용으로 환산하여 숲의 토사붕괴 방지기능을 평가하면 약 4조 243억원이 됨
- ▶ 나무뿌리의 기능을 통해 산사태를 방지함
 - 나무뿌리의 말뚝효과는 나무의 굵은 뿌리가 암반층까지 침투하여 말뚝과 같은 역할을 하여 산사태 발생을 줄이는 것이며, 그물효과는 나무의 가는 뿌리들이 서로 얹혀 그물망을 형성하여 흙이 쉽게 움직이지 않도록 하는 효과를 말함
- ▶ 비가 오지 않아 가뭄이 든다 해도 울창한 숲이 많다면 그 피해를 줄일 수 있음
 - 스펀지에 물을 뿌리면 많은 구멍 속으로 물이 스며드는 것처럼 숲의 토양에 있는 다양하고 풍부한 공극들에 물이 저장되었다가 지하수로 되거나 서서히 계곡으로 흘러나오게 됨
- ▶ 온도조절능력과 강한 바람을 막아주는 효과가 있어서 기후를 알맞게 조절해 줌
 - 잘 가꾸어진 방풍림은 나무 높이의 35배의 거리까지 바람의 피해를 막아줌

■ 전 지구적 환경문제와 숲의 역할

- ▶ 토양 유실과 산림의 역할
 - 고대 문명 발생지나 그리스 로마 문명이 몰락한 이유는 숲의 파괴로 인한 토양 침식이 농업적 기반을 무너뜨렸기 때문임
- ▶ 사막의 확장과 숲의 역할
 - 인구 증가에 의한 무분별한 숲의 벌채는 사막의 확장에 많은 영향을 미침
- ▶ 지구 온난화와 숲의 역할
 - 대기 중의 이산화탄소의 농도는 산림 벌채의 감소, 집약적인 경영과 보호로 숲의 생산성 향상, 새로운 숲 조성 등으로 감소시킬 수 있음
- ▶ 생물 다양성과 숲의 역할
 - 지구상의 생물종이 50% 이상 서식하는 열대림이 해마다 감소하여 생물 다양성을 위협하고 있음

숲을 재해방지 파수꾼으로 만들기

사방 사업

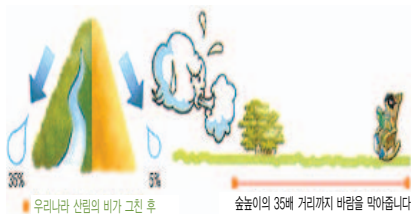
- 큰 나무들이 있는 좋은 숲에서 1ha당 1년에 강으로 바다로 흘러 들어가는 흙은 약 700kg이고, 어린 소나무숲에서는 약 1,000kg 이지만, 헐벗은 산에서는 무려 118,300kg 으로서 좋은 숲보다 약130배나 많은 흙을 바다로 흘러보냄
- 헐벗은 산을 푸르게 하는 일을 사방사업이라고 하는데, 사방사업을 한 곳에서는 1년에 약 2,200kg을 흘려보내므로 헐벗은 산을 푸르게 하는 일은 재해방지에 매우 중요

4. 교과서 반영 제안

적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년	슬기로운 생활	• 뜨거운 여름날, 나뭇잎이 많은 나무 그늘에 들어가서 햇볕이 비치는 곳과의 온도 차이 느껴보기
초등고학년	과학 사회	• 홍수나 가뭄이 있을 때 나무가 많은 지역과 나무가 거의 없는 지역의 차이점 알아보기 • 방풍림이 하는 역할 조사해 보기
중 학 교	환경	• 전 지구적인 환경문제 생각해 보기
고등학교	생태와 환경	• 숲을 활용한 환경문제 해결방안 찾아보기

보조자료와 사진



산사태가 일어난 모습



사방사업을 실시한 헐벗은 산



사진 설명 : 오랫동안 비가 오지 않아도 계곡에 물이 마르지 않는 이유, 산사태가 일어난 산과 사방 사업을 실시한 산, 숲은 튼튼한 재해방지센터

사진 출처 : 국립산림과학원(2008). www.kfri.go.kr/ 산림청(2008). <http://www.forest.go.kr/>, 산림청 어린이 홈페이지(2008). <http://kids.foa.go.kr/>

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 숲이 가지는 탄소순환 기능과 그에 따른 기후변화에 미치는 영향에 대해 알아본다.

3. 기본자료

■ 숲과 탄소순환

- ▶ 탄소는 생물체를 구성하는 원소 중에서 약 20%를 차지함
- ▶ 대기 중의 이산화탄소는 생산자인 식물에 의해 유기물이 되며, 유기물은 먹이사슬을 따라 소비자를 거쳐 이동하고 그 동안 유기물의 일부가 호흡에 의해 이산화탄소가 되어 배출됨
- ▶ 동식물의 사체나 배설물 속의 유기물은 분해자에 의해 분해되며 탄소는 다시 이산화탄소의 형태로 대기중이나 물속으로 되돌아가는데, 대기 중의 이산화탄소의 농도는 약 0.03%밖에 되지 않으나 녹색식물이 광합성으로 흡수하는 이산화탄소의 양과 생물이 호흡으로 방출하는 이산화탄소의 양은 대체로 같기 때문에 대기 중의 탄소는 생태계를 순환하면서 평형을 이룸

■ 산림생태계가 지구 탄소순환에 미치는 영향

- ▶ 현재 산림생태계에 저장되어 있는 탄소량은 5,500억톤 정도로서 매년 대기와 교환되는 광합성량은 1,200억 탄소톤으로 저장량의 22% 정도가 교환되고 있는 사실로도 산림생태계가 지구탄소순환에 있어서 매우 중요하고 민감한 작용을 한다는 것을 알 수 있음
- ▶ 한편, 광합성량의 50% 정도는 호흡으로 배출되며 나머지는 유기물 분해 및 산불 등으로 다시 공기 중으로 배출되거나 산림에 축적되는데, 이러한 탄소의 양은 약 20~30억톤이 됨
- ▶ 산림은 온실가스를 흡수/저장하고 다시 배출하는 과정으로 지구 기후시스템에 영향을 주는 동시에 지구의 물순환 과정도 조절함으로써 에너지 분배에 영향을 미치고, 결국 지구의 기후상태에 영향을 미치게 됨

■ 이산화탄소의 흡수원이자 배출원인 산림

- ▶ 산림생태계의 주요 탄소저장고는 나무와 토양임. 즉, 숲을 잘 가꾸고 보전하면 나무와 토양에 더 많은 탄소를 저장할 수 있으나 숲이 훼손되거나 온난화로 온도가 높아지면 나무와 토양에 있는 탄소가 대기 중으로 배출됨

- ▶ 지구온난화에 대응하기 위해서는 우선 산림의 훼손 및 타 용도로의 변경을 억제하여야 하며, 산불이나 산사태와 같은 산림재해는 예방하도록 노력해야 함

(자료 출처 : 생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005). 숲해설 아카데미, 현암사. 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>)

4. 교과서 반영 제안

■ ■ ■ **적정 학교급**

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	국어	• 산림의 중요성
중 학 교	과학	• 숲에서의 물질 순환 중 탄소 순환에 대해 알아보고 지구 온난화와 어떠한 관계를 가지는지 알아본다.
고등학교	지구과학	• 숲의 탄소 순환과 지구 온난화의 관계에 대해 알아보고 앞으로 문제되는 지구환경문제에 대처하기 위한 산림의 관리 방안의 방향에 대해 생각해 본다.

■ ■ ■ **보조자료와 사진**

결국, 지구온난화에 대응하기 위해서는 우선 산림의 훼손 및 타 용도로의 변경을 억제하여야 합니다. 또한 훼손된 산림생태계는 복원하거나 복구하도록 하고, 산불이나 산사태 같은 산림재해는 예방하도록 해야 합니다. 더불어 산림경관을 통한 현존 산림의 보존이나 이산화탄소의 흡수/저장 능력의 향상을 위한 조치도 필요합니다.

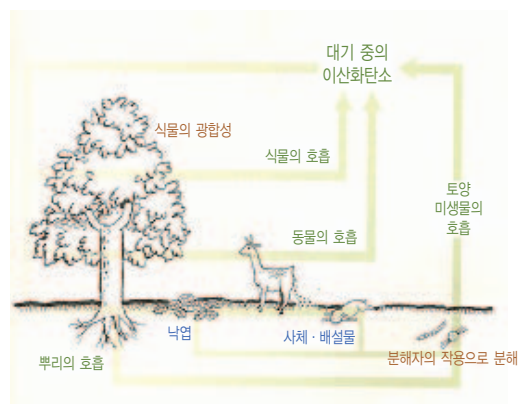
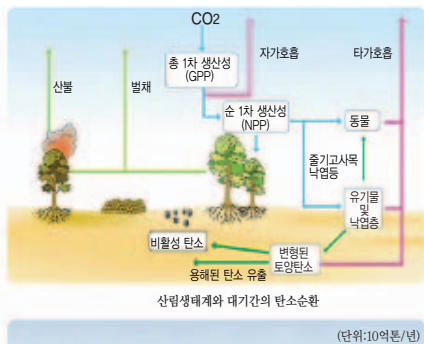


사진 설명 : 산림생태계와 대기간의 탄소순환(좌), 숲의 탄소순환 모형(우)

사진 출처 : 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>, 생명의숲 숲해설가 교재편찬팀(2005).

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 기후변화가 산림생태계에 미치는 영향에 대해 알아본다.

3. 기본자료

■ 기후변화란?

- ▶ 기후변화란 기후 시스템이 자연적 요인과 인위적 요인에 의하여 점차 변화하는 것을 말하며, 일반적으로 인간의 활동에 의한 온실가스 효과와 화산폭발로 인한 성층권에 에어로졸 증가 등의 자연적인 원인들을 포함한 전체 자연의 평균 기후변동을 말함

■ 기후변화의 원인

- ▶ 기후를 변화시키는 요인에는 다음과 같은 것들이 있습니다. 자연적 요인에는 대기, 육지, 해양, 설빙, 생물권 등의 내적 요인 이외에, 화산분화에 의한 성층권의 에어로졸 증가, 태양 활동의 변화, 태양과 지구의 천문학적 상대위치 관계 등의 외적 요인이 있음

■ 지구온난화(Global Warming)란?

- ▶ 지구온난화란 인간의 활동으로 인하여 발생한 이산화탄소, 메탄가스, 아산화질소, 오존 및 프레온가스 등으로 인하여 대기 중의 온실가스 농도가 증가함에 따라 지구에서 방출되는 열이 우주로 빠져 나가지 못하고 온실가스에 과다하게 흡수되어 지구의 열 균형에 변화가 발생하므로써 '자연적 온실효과'에 의한 적절한 온도보다 지나치게 더워지는 현상을 말함

■ 산림의 탄소순환

– 산림생태계는 지구 탄소순환의 중추 역할을 담당

- ▶ 식물은 광합성을 통하여 온난화의 주요 원인인 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하는 과정에서 나무와 토양에 탄소를 저장, 이렇게 저장된 탄소는 다시 식물의 호흡이나 유기물의 분해를 통하여 대기 중으로 방출되고 또한 식물은 에너지 흐름과 관련이 있는 물의 이동에도 중요한 역할을 함

■ 산불, 산사태 그리고 병해충 발생 증가

- ▶ 지구온난화로 기온이나 강수량이 단순히 증가하는 것이 아니라 변동의 폭이 커지면서 예전에 없던 폭우 등의 이상기후가 나타날 확률이 높아지고 있음

- ▶ 최근 우리나라에서도 겨울철의 이상 고온이나 여름철 아열대 계절성 폭우, 태풍, 봄철 가뭄과 심해지는 황사 등 심각한 사건들이 발생하고 있음
- ▶ 지구온난화로 인하여 수목병원균의 하나인 열대지방의 푸사리움가지마름병이 우리나라에서 발견되거나 우리대벌레와 대벌레의 피해가 확산되는 등 아열대성 병해충이 유입

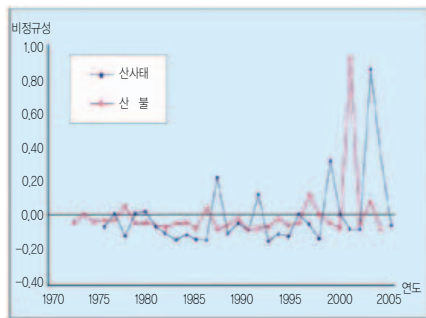
(자료 출처 : 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>)

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학, 사회	• 기후변화로 인한 지역에 따른 생물종의 변화
중 학 교	과학	• 기후변화가 우리나라에 미칠 영향 알아보기
고등학교	지구과학	• 단풍과 낙엽이 지는 계절이 매년 늦어지는 이유에 대하여 설명하기

■● 보조자료와 사진



자료 : 임업통계연보(각년차)

우리나라의 주요산림교란 발생면적의 비정규성

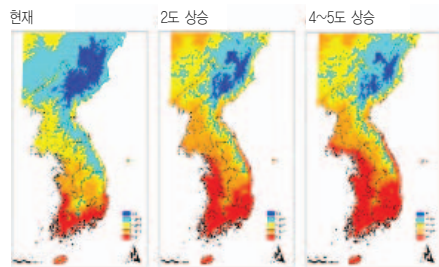


사진 설명 : 우리나라 주요 산림교란 발생면적의 비정규성(좌), 우리나라의 기온 상승에 대한 산림생태계(우)

사진 출처 : 산림청(2008), <http://www.forest.go.kr/>

■● 유의사항

- ▶ 기후변화에 관련된 다양한 자료(영화, 만화, 도표 등)를 활용하여 학생의 이해를 돕는다.

1. 명역 : 산림환경교육

2. 목표

- 기후변화를 막는 데 있어서 숲이 중요한 자원임을 인식하고, 숲가꾸기와 바이오에너지 사용 확대를 통해 실천할 수 있음을 안다.

3. 기본자료

■ 지구온난화와 숲의 역할

- 산림은 지구탄소순환의 중추적 역할
 - 산림은 탄소흡수원(Carbon Sink)이자 동시에 탄소배출원(Carbon Source)임
 - 국내 산림의 순 탄소흡수량은 3700만 CO₂t 이며, 이는 국내 온실가스 총 배출량의 6.2%임
 - 지구의 산림은 육지면적의 약 1/3정도이며 지구 전체 광합성의 2/3가량을 담당
 - 산림이 보유하고 있는 탄소는 육상생태계의 80%와 토양의 40%를 차지
 - 산림에 저장된 탄소는 다시 식물의 호흡이나 토양내 유기물 분해를 통해 대기중으로 방출되어 지구 탄소순환 역할
 - 증산작용을 통해 기온을 낮추는 등 미세기후 조절 역할 등 지구기후시스템의 중요한 역할
- 산림은 커다란 탄소흡수원
 - 숲을 확대하고 건강하게 가꾸므로써 더 잘 자라게 하여 숲의 온실가스 흡수원으로서의 역할을 수행하게 할 수 있음
 - 현재 전 지구 산림생태계에 저장되어 있는 탄소량은 약5,500억톤이며, 매년 광합성에 의해 대기와 교환되고 있는 탄소의 양은 약 1,200억톤으로 추정
 - 산림에서 벌채된 나무는 부패되거나 연소되지 않는 한 장기적으로 이산화탄소를 저장할 수 있으며, 벌채된 지역은 재조림을 통해 탄소흡수원을 확충

■ 지구온난화를 극복하기 위한 숲의 활용방안

- 대규모 신규 조림지는 아니더라도 부실초지와 한계농지, 소규모 자투리땅도 찾아 나무를 심는 것이 필요함을 알고 실천해 가야 함
- 도시지역에 도시숲, 마을숲, 학교숲을 조성하여 탄소흡수원으로서 기능도 하고 도시 온도를 낮추는 효과를 유발시킴
- 해외조림을 통해 탄소배출권을 확보하고, 목재를 이용한 바이오에너지 사용을 확대

지구온난화에 대한 근본적인 대응책

- ▶ 지구온난화에 대응하기 위해서는 우선 산림의 훼손 및 타 용도로의 변경을 억제
- ▶ 훼손된 산림생태계는 복원·복구하고 산불이나 산사태와 같은 산림재해 예방
- ▶ 숲가꾸기 등 산림경영을 통한 현존 산림의 보전

〈자료 출처 : 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>〉

4. 교과서 반영 제안

적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 지구온난화에 이산화탄소가 미치는 영향이 크다는 사실 알기 • 나무는 이산화탄소를 흡수도 하고 방출도 한다는 사실 알기
중 학 교	과학, 사회	• 기후변화협약에 따른 온실가스 감축 노력이 의무라는 사실을 이해 • 조림을 활용한 온실가스 감축 효과가 효율적이라는 사실
고등학교	과학, 사회	• 교토의정서에 따른 탄소배출권 확보를 위해 해외 조림 활동을 한다는 사실 • 숲가꾸기를 통해 이산화탄소 감축에 기여할 수 있다는 점을 이해 • 목재 사용이 탄소 고정 효과를 유발하여 지구온난화 방지에 긍정적인 효과를 유발한다는 측면 이해

보조자료와 사진

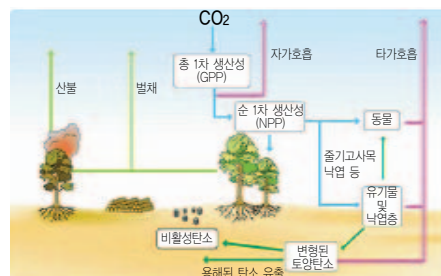
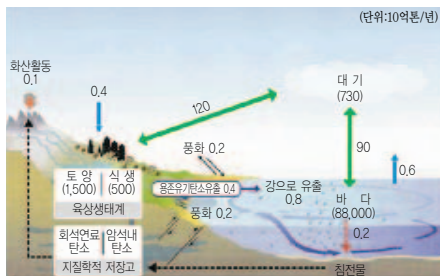


사진 설명 : 지구탄소 순환(좌), 산림생태계와 대기간의 탄소 순환(우)

사진 출처 : 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>

유의사항

- ▶ 이산화탄소 감축 방법은 숲 가꾸기 외에도 여러 방법이 있음을 간접적으로 제시한다.
- ▶ 지구온난화와 산림생태계가 갖는 상호 관계를 학생이 잘 인식하도록 한다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ▶ 탄소나무 계산기를 이용하여 에너지 소비량에 따라 심어야 하는 나무그루 수를 알고 환경에 미치는 부담 정도를 알아보도록 한다.

3. 기본자료

■ 탄소나무 계산기란?

- ▶ 산림청 국립산림과학원에서 개발한 것으로 일반가정에서 에너지 소비량에 따라 1인이 1년간 배출하는 이산화탄소의 총 배출량과, 배출한 이산화탄소의 흡수를 위하여 심어야 할 나무그루 수를 계산하여 주는 프로그램

■ 주요 기능

- ▶ 월별 이산화탄소 배출량 및 식재 요구 본수 계산
 - 사용자 가정에서의 월별 에너지 사용량에 따라 가정에서 배출하는 이산화탄소 배출량과 그에 따른 식재본수를 계산할 수 있음
- ▶ 월별/계절별 에너지 이용에 따른 효과 분석
 - 사용자는 여름과 겨울의 월별 에너지 사용량을 입력 한 후 계절별 이산화탄소 배출량과 식재요구 본수를 비교하여 볼 수 있음
- ▶ 연년 동일 월의 에너지 사용량 비교
 - 작년과 올해의 동일 계절(월)의 에너지 사용량을 입력하여 이산화탄소 배출량을 비교하여 볼 수 있음
- ▶ 에너지원별 이산화탄소 배출량 비교
 - 가정에서 여러 에너지원을 동일 금액만큼 사용할 경우, 에너지원별 이산화탄소 배출량을 산출하여 가장 이산화탄소의 배출량이 많은 에너지원을 찾아볼 수 있음
 - 예시 : 전기, 난방유, 도시가스, 지역난방, LPG 등의 사용량을 2만원으로 고정하여 입력한 후 이산화탄소의 배출량을 계산하여 보면 도시가스 사용에 따른 이산화탄소 배출량이 가장 높다는 것을 알 수 있음

4. 교과서 반영 제안

■● 적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 일상생활에 에너지를 사용하면 그로 인해 이산화탄소가 발생 되는 것을 알기 • 나무의 광합성 작용으로 이산화탄소를 없앨 수 있음
중 학 교	과학	• 우리가 일상생활에서 사용하는 에너지에 의해서 이산화탄소가 발생하는 과정을 이해 • 과도한 이산화탄소의 발생으로 인해 기후변화가 일어난다는 사실 • 광합성 작용과 이산화탄소의 조절에 대해 알기
고등학교	지구과학	• 지구 기후변화와 에너지 사용과의 관계 • 기후변화를 막기 위해서 나무를 심는 행위가 어떤 의미인지 알기 • 실제로 현재 일어나고 있는 기후변화를 대처하기 위한 방법

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 월별 이산화탄소 배출량 및 식재요구 본수 계산(좌), 에너지원별 이산화탄소 배출량 비교(우)

사진 출처 : 산림청(2008), <http://www.forest.go.kr/>

유의사항

- ▶ 인터넷 상에서만 그치는 것이 아닌 실제로 줄이기 위한 우리의 자세나 행위에 대해 생각해 본다.

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- ♻️ 숲은 지구온난화의 원인 중의 하나인 탄소를 흡수하는 탄소청정기의 역할에 대해 알아본다.

3. 기본자료

■ 숲의 기능

- ♻️ 잘 가꾸어진 숲은 방치된 숲에 비해 1ha당 연간 10.4t의 탄소를 더 흡수하고 14.4t의 물을 더 저장하는데 이는 2000cc 승용차가 연간 배출하는 이산화탄소량의 5~7배에 해당하는 양이며, 이산화탄소를 흡수한 나무는 다시 평균 10t의 산소를 생산해 낸
 - 다시 말해 도로마다 넘치는 자동차와 아파트 난방, 우리가 부족한 줄 모르고 소비하는 화석 에너지가 배출하는 엄청난 양의 이산화탄소를 나무와 숲이 처리해 주는 것임
- ♻️ 산림청은 숲가꾸기와 함께 도시녹화 사업 등을 통해 2017년까지 우리나라 온실가스 총배출량의 3.7%에 해당하는 2200만t 규모의 CO₂ 탄소흡수원을 확충한다는 계획이며, 기후변화협약에 따라 탄소흡수원을 확충하기 위한 산림부문의 해외 정책도 대폭 확충됨
 - 탄소배출의 20% 이상을 차지하는 개발도상국의 산림전용 방지를 위해 인도네시아와 50만ha 조림 협력사업 등 해외사업을 통해 신규 탄소흡수원을 확충하게 됨

■ 탄소상쇄(Carbon Offset)를 위한 나무심기 - 소나무 묘목 기준

- ♻️ 1tCO₂ 배출 상쇄를 위한 산림조성 면적 및 식재 본수

배출 유형	산림조성면적 ¹	식재 그루수 ²
연간 1tCO ₂ 일상적 배출(가정, 승용차 등)	1,200m ²	360그루
한번 1tCO ₂ 일회성 배출(결혼식, 여행 등)	30m ²	9그루

주) 1. 1,200m² → 농구코트(28m x 15m, 410m²) 약 3면의 크기

2. 1ha(10,000m²)당 어린나무 3,000그루 식재 기준

4. 교과서 반영 제언

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	사회, 과학	• 탄소나무 계산기를 활용한다.
중 학 교	사회, 과학	• 탄소중립프로그램에 대해 이해하고, 자신의 생활속에서 탄소저감을 위해 실천할 수 있는 일을 찾아본다.
고등학교	생물, 생태와 환경	• 탄소중립프로그램, 탄소나무계산 등 지구온난화를 극복 하기 위해 실천을 위한 전략을 구상한다.

■● 보조자료와 사진

우리 가족의 지난 달 에너지 사용량을 입력하여봅시다

가정에서의 에너지사용량

전기	난방유
도시가스	지역난방
LPG	연탄

국립산림과학원

우리나라의 산림 1ha는(100m×100m) 연평균 약 7.3톤의 이산화탄소를 흡수합니다. 이는 일반 주택 4가구의 연간 이산화탄소 배출량이며, 일반 승용차 1대의 연간 이산화탄소 배출량입니다.

사진 설명 : 탄소계산기 실행 모습

사진 출처 : 국립산림과학원 기후변화 산림홈페이지(<http://carbon.kfri.go.kr>)

■● 유의사항

- ▶ 숲의 경제적 기능은 투자의 장기성에 비해서 상대적으로 성과가 적은 특징이 있다.
- ▶ 경제 생활이 향상됨에 따라 수원 함양 기능과 국토보전기능 등이 증대될 것이며, 경제 생활이 향상됨에 따라 산림 휴양의 인구는 증가할 것으로 예상되므로, 숲의 공익적 기능 평가액은 계속 늘어날 것으로 전망되고 있다.

1. 명역 : 산림환경교육

2. 목표

- 기후변화 대응을 위해 학교숲의 중요한 탄소저장소 역할에 대해 이해하고, 이를 위해 학교숲 조성 필요성을 이해한다.

3. 기본자료

■ 교토의정서의 발표

- 세계 141개국이 비준한 교토의정서는 2008~2012년 선진국의 이산화탄소(CO_2)배출량을 1990년 배출량보다 5.2% 줄이도록 규정하고 있으며, 2013년 이후 새로운 기준을 충족시키지 못하는 국가에는 벌칙이 부과될 것으로 예상됨
- 기후변화협약의 실천지침인 교토의정서가 발효됨에 따라 앞으로 온실가스 감축을 위한 산업계의 부담이 크게 증가될 것으로 예상됨

■ 교토의정서의 내용

- 교토의정서는 기후변화협약의 실질적인 이행을 위해 선진국의 온실가스 감축의무를 규정하고 있으며, 선진국들로 하여금 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFC), 과불화탄소(PFC), 육불화황(SF_6) 등 6종류의 온실가스 배출량을 2008년부터 2012년까지, 90년 배출량 대비 평균 5.2% 이상을 줄이도록 요구하고 있음
- 학교숲은 그동안 정서적인 측면, 교육적 측면 등 교육·심리적인 측면이 강조되었지만, 최근 교토의정서 발효를 통해 학교숲의 여러 가지 역할 중에서도 탄소배출권과 관련하여 중요한 탄소흡수원으로 탄소순환형 사회를 구축하는데 많은 기회를 줄 것으로 기대됨

■ 학교숲의 효과

- 2003년 서울시 초·중등학교에서 1년간 소비하는 에너지(전기, 도시가스, 유류, 집단에너지, 상수도 등)를 탄소배출로 환원하면 연간 학교당 약 165탄소톤을 배출하는 것으로 조사됨
- 기존 학교에 조성된 학교숲 면적을 서울시 조례에 의거한 15%의 면적으로 계산하여 탄소흡수원으로 환산하면 학교당 4탄소톤 정도를 흡수하는 것으로 조사되었는데 향후 학교숲을 30% 확대하면 총 12.6탄소톤이 축소되어 배출량에 비해 적은 양을 흡수하지만 앞으로 학교숲 확대를 위한 노력이 절실하다는 것을 시사하는 바가 큼
- 학교숲 조성·관리와 함께 더욱 중요한 것은 에너지절약이 학교현장에서 실천되어야 하며, 에너지 소비의 건전화를 통해 탄소배출 최소화를 위한 실천 활동이 필요

학교숲의 조성

- 기존 학교숲의 유형은 학교 옥외공간 일부에 나무 식재 중심의 사업으로 진행되어 왔으나, 저탄소 녹색성장시대에 효과적으로 대처하기 위해서는 친환경학교(Eco·School)라는 측면에서 적극적인 학교숲 조성을 위해 노력해야 함
- 즉, 학교 운동장 자투리땅에 나무를 심는 소극적 학교숲에서 학교 탄소중립 프로그램(School Carbon Neutral Program)을 위한 숲 속 학교를 꿈꿔야 함

4. 교과서 반영 제안

적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	재량활동	• 학교 숲에 대해 관심 갖기
중 학 교	사회	• 학교에 숲이 있을 경우 숲의 역할에 대해 생각
고등학교	사회, 과학	• 지구온난화에 대응하는 학교숲의 조성을 통한 것과 그 이외의 이득에 대해 생각

보조자료와 사진



사진 설명 : 학교구성원의 참여, 교육적 활용이라는 학교숲 운동의 핵심 전략을 실천하여 조성한 포천 추산초의 자연학습원 모습(좌), 학교숲은 일상적이고 지속적인 체험학습의 장이다. 인천구월서초등학교의 비오톱(biotope)을 활용한 야외수업 모습(우)



사진 설명 : 산업화 과정의 도시확대를 통한 숲훼손, 산불, 화석연료 사용 증가 등으로 인한 지구온난화 과정(좌), 숲조성, 숲관리, 화석연료사용억제, 신재생에너지의 활용 등의 저탄소 녹색성장시대의 대책(우)

사진 출처 : 산림청

1. 영 역 : 산림환경교육

2. 목 표

- 기후변화가 산림 생태계의 먹이 그물의 균형을 어떻게 해치는지 그 상관관계에 대해 알 수 있다.

3. 기본자료

기후변화로 인한 생태계 변화

산림식생대의 이동

- 기온이 상승하게 되면 북반구의 식생대는 남에서 북으로, 그리고 저지대에서 고지대로 이동
- 과거 수십, 수백만 년 전의 지질학적 시대에 수종의 이동 속도는 100년 동안에 약 4~200km이었으며, 평균 기온이 1℃ 상승하면 중위도지역의 경우 현재의 기후대는 북극 쪽으로 약 150km, 고도는 위쪽으로 150m정도 이동하게 됨

숲의 구조와 생산성이 변화

- 향후 기후변화 시나리오에 따르면, 한반도의 경우 기온이 상승하면서 강수량과 대기 중의 이산화탄소 농도가 늘어나게 되며, 식물의 생장기간이 늘어나고 수분이용 효율도 증가하여 산림의 생산성도 증가하고 산림생태계에 저장하는 탄소량도 증가하게 됨
- 이러한 현상에 의해 지구온난화가 지속되면 식물의 호흡량이 증가하고 토양과 산림유기물의 분해 속도가 빨라져 탄소의 배출량이 많아질 것으로 예측됨
- 기후가 달라지면 수종별로 다른 생리적 반응을 나타내게 되고, 현재의 식물 군집구조와는 다른 구조로 변하게 되며 수종의 구성이 바뀌게 될 것으로 예상됨
- 상층을 구성하는 수종들은 대부분 수령이 길고, 점진적인 기후변화에 대해서는 적응해 나갈 수 있는 능력이 있기 때문에 곧바로 상층에서 우세하던 종까지 바뀌지는 않을 것임
- 그래서 이미 중상층을 점유하고 있는 수목들은 살아남을 수 있을 것이나 이런 경우 그 숲의 생산성은 저하될 것임

생물계절(phenology)과 생물다양성의 변화

- 현재 우리나라를 포함한 온대지역을 관찰해 보면, 대체로 평균기온 1℃가 상승할 때 개화시기가 약 5~7일정도 빨라지고, 나비류와 같은 곤충류의 발생시기가 앞당겨 짐
- 최근 영국에서의 예로 양서류가 17년 동안 연평균기온이 1℃ 상승함에 따라 연못에 출현한 시기가 9일 내지 10일 정도 빨라졌다는 연구결과가 있음(Beebee, 1995)
- 조류의 부화일수도 25년 사이에 9일 가량 줄어든 경우(Crick et al, 1997)도 알려지고 있음

- 생태계는 생산자와 소비자 및 분해자가 상호 관련되어 먹이사슬을 이루고 있기 때문에 식생대가 달라지고 식물과 곤충 등의 계절적 특성이 변화하면 야생동물의 행동 특성에도 영향을 미치게 되며, 생물 종별로 기후에 대한 반응이 다르고 잎이 나오고 곤충이 변태하는 것과 같은 현상에 영향을 미치는 요인이 기온 이외의 것도 있을 수 있음
- 따라서 이러한 다양한 차이들로 인하여 먹이사슬과 생물다양성이 훼손될 수 있음

〈자료 출처 : 기후변화와 산림(2008). <http://carbon.kfri.go.kr/>〉

4. 교과서 반영 제안

■● 걱정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		• 해당사항 없음
초등고학년	과학	• 지구온난화의 개념과 지구온난화 방지를 위해 우리가 할 수 있는 일 알기
중 학 교	과학	• 지구 기온이 올라감에 따라 생길 수 있는 문제
고등학교	생물	• 지구 온난화와 숲속의 생태계 교란과의 상관관계

■● 보조자료와 사진



사진 설명 : 여름철인 중대백로가 지구온난화로 텃새화 됨(좌). 주홍날개매미(우)

사진 출처 : 산림청

유의사항

- 우리나라의 기후가 아열대로 변해 가는 것의 영향으로 그 환경에서 사는 동물이나 곤충의 개체수가 기하급수적으로 증가하고 있음을 알려준다.

1. 영역 : 산림환경교육

2. 목표

- ▶ 목재의 친환경적 특징과 지속가능한 목재사용에 대하여 안다.

3. 기본자료

■ 목재와 환경

- ▶ 인간의 모든 활동은 이산화탄소를 방출하지만 나무는 유일하게 대기 중의 이산화탄소를 제거하는 기능을 갖기 때문에 일부에서는 목재를 이용하는 것이 지구환경을 파괴하는 행위로 규정하기도 함
- ▶ 나무는 생명체이기 때문에 무한정으로 성장할 수는 없고 일정한 시기가 지나면 성장이 둔화되어 이산화탄소 흡수 능력도 감소하게 됨
 - 이러한 나무를 벌채하여 목재로 사용하고 다시 나무를 심어 새롭게 이산화탄소 흡수 능력을 키움으로서 공기정화기능을 높은 수준으로 유지하는 것이 환경보호라 할 수 있음

■ 목재의 친환경적인 특징

- ▶ 효율적인 에너지 사용으로서의 목재
 - 목재는 가공에 필요한 에너지의 양이 다른 재료들의 양보다는 매우 적음
 - 적은 에너지로 재활용할 수 있어 폐기물량이 매우 적고 폐기 시에는 쉽게 썩으며, 썩은 후에는 다른 식물의 거름 역할을 하게 됨
 - 또한 목재는 태워서 폐기할 수 있으며 이 경우 에너지의 회수도 가능함
 - 오늘날 폭발적인 인구의 증가로 원자재 수요가 증가되는 현실에서 목재의 이용 확대로 다른 자원들의 사용을 줄인다면 환경의 파괴를 방지할 수 있어 환경보호에 유리함
- ▶ 재생산이 가능한 목재
 - 나무는 지구상의 천연자원들 중에서 유일하게 짧은 기간 내에 대량으로 재생산이 가능한 천연자원으로 이는 앞으로도 영구적으로 우리생활에 사용할 수 있다는 것을 의미함
- ▶ 건축재료로서의 환경적인 목재
 - 건축에 있어서도 재료의 생산, 가공, 사용, 재활용 및 폐기의 전 과정을 통하여 지구 환경에 미치는 영향을 최소화할 수 있도록 재료의 선택에 신중을 기하여야 할 것임
 - 목조건물은 단열성능이 우수함으로 에너지의 절약이 가능하며, 수명이 길기 때문에 건축에 소요되는 재료의 낭비를 줄일 수 있음

환경보호를 위한 목재의 사용

- 목재의 사용에 있어서 다른 한가지 전제조건은 나무를 벌채한 다음에는 반드시 새롭게 조림을 하고 철저한 육림관리를 통하여 새로운 산림자원을 조성함으로써 공기 중의 이산화탄소 흡수능력을 최고로 유지시키면서 끊임없이 자원을 공급할 수 있는 기반을 마련하여야 한다는 것임

〈자료 출처 : 한국목조건축협회(2008). <http://www.kwca.co.kr> 장상식 교수, 충남대학교 임산공학과〉

4. 교과서 반영 제안

적정 학교급

학교급	주요 관련 교과	반영 내용
초등저학년		해당사항 없음
초등고학년	과학	나무가 이산화탄소를 흡수하는 원리를 안다.
중 학 교	과학, 환경	목재의 효율적 에너지 사용과 지구온난화의 상관관계를 이해한다.
고등학교	사회, 생태와 환경	친환경적 목재사용을 위한 전제조건을 안다.

보조자료와 사진



사진 설명 : 목재로 만든 라디오(좌), 파이프오르간(우)

사진 출처 : 산림청

유의사항

- 친환경적 목재사용을 위해서는 철저한 육림관리가 필요함을 학생들에게 지도해주어야 한다.

