

식재 침엽수 숲길과 숲 가장자리 분포 식생 및 매토종자 비교¹

조선희² · 김기대^{2*}

Comparisons between a Forest Road with a Coniferous Plantation and Distributed Vegetation on the Edge of a Forest, and Reclaimed Soil Seed Bank¹

Sun-Hee Joe², Kee Dae Kim^{2*}

요 약

본 연구는 숲길에 대한 생태학적 접근을 통하여 숲길과 숲 가장자리의 상부와 지하부식생을 비교하고 그 특성을 밝히는 것을 목적으로 하고 있다. 연구 장소는 잣나무와 전나무를 식재한 숲으로, 해발 고도는 45m이다(36°36'23"N 127°21'45"E). 숲길의 폭은 3.2m이며, 숲 가장자리는 숲 길가로부터 5m로 정하였다. 2006년 9월부터 2007년 8월까지 총 5번의 식생조사가 이루어졌다. 매토종자 분석을 위해 숲길과 숲 가장자리에서 각각 18곳의 방형구를 정하였다. 각각의 방형구마다 토양 샘플러로 600cm³ 토양을 채취하였고 저온처리를 위하여 한 달간 냉장 보관하였다. 포트에 토양을 골고루 얇게 펼친 후 4~5일마다 급수하였으며, 더 이상 발아가 일어나지 않는 상태가 될 때까지 실험을 6개월 동안 실시하였다. 출현한 유식물의 이용하여 종과 발아개체수를 확인하였다. 연구 결과, 전체적으로 지상부식생과 지하부식생 사이의 유사도지수는 낮았다. 숲길과 숲 가장자리의 지상부식생간의 상관계수는 0.36으로 상관관계가 있었다(p<0.05). 매토종자 분석을 통한 지하부식생간의 상관계수는 0.20로, 서로 상관관계가 없었다(p>0.05). 귀화식물 조사결과, 목본을 포함하였을 경우 숲길 귀화식물은 7종, 귀화율은 12.50%이었으며, 도시화율은 2.61%이었다. 숲 가장자리 귀화식물은 6종, 귀화율은 11.11%이었으며, 도시화율은 2.24%이었다. 귀화식물 중 목본을 포함하지 않았을 경우 숲길의 귀화율은 12.50%이나 숲 가장자리의 귀화율은 9.09%이었다.

주요어 : 식재림, 지상부식생, 지하부식생

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare the differences in aboveground flora and underground flora between a forest road and a forest edge and to clarify each characteristic through ecological approach to a forest road. The study site was the forest planted with *Pinus koraiensis* and *Abies holophylla*, and located at an altitude of 45m(36°36'23"N 127°21'45"E). The width of the forest road is 3.2m. This research set the forest edge within the areas 5m away from the forest road and also conducted a survey on vegetation 5 times from september 2006 to August 2007. In addition, it installed thirty six quadrats to make an analysis of reclaimed soil seed bank. Soil amounting to 600cm³ was collected from each quadrat using soil samplers(100cm³), which was preserved in low temperature refrigeration for a month. Soil was thinly strewed evenly on trays and watered every four or five

1 접수 2월 14일 Received on Feb. 14, 2008

2 한국교원대학교 환경교육과 Department of Environmental Education, Korea National University of Education, Gangnaemyeon Cheongwongun, ChungBuk(363-791), Korea

* 교신저자, Corresponding author(kdkim@knue.ac.kr)

days; then, this research did experiment for six months until no more germination took place. Through this process, this research identified species and counted the number of germinating individuals by using emerging seedlings. The research result showed that on the whole, the similarity index between aboveground flora and underground flora was low. The correlation coefficient between the aboveground flora vegetations both on the forest road and on its edge was found to be 0.36, showing a correlation with each other($p < 0.05$). On the other hand, the correlation coefficient between underground flora vegetations through the analysis of reclaimed soil seed bank was 0.20, showing no correlation with each other($p > 0.05$). As the survey result of naturalized plants, there existed 7 species of naturalized plants on the forest road in case woody plants were included, showing 11.11% naturalization rate and 2.61% urbanization index(UI). On the other hand in case woody plants were not included among the naturalized plants, the naturalization rate on the forest road was 12.50% while the naturalization rate on the edge of the forest was 9.09%.

KEY WORDS : PLANTATION, ABOVEGROUND FLORA, UNDERGROUND FLORA

서론

숲길은 오랜 시간동안 사람이 숲을 자원으로 이용하고, 이동로로 사용하면서 자연적, 인공적으로 만들어진 통행로이다. 전 세계에서 산림사업, 생물다양성 조사, 휴양수요 대응, 산림의 효율적 관리, 산불발생시 진화통로 확보 등의 이유로 숲길의 건설이 현재 많이 이루어지고 있다(산림청, 2006). 그러나 생태계의 교란, 서식지 파괴, 서식지 단편화, 생물 다양성의 변화 및 감소 등의 문제는 숲길 건설에 대한 논쟁의 여지를 불러일으키고 있다. 식생에 한정하여 예를 들면, 숲길이 사람에 의해 영향을 받는 경우는 신발이나 옷에 의해 외부 식생 유입이 일어나 교란이 일어나는 경우(산림청, 2006), 통행으로 인한 토양 압박으로 흙 속의 매토종자 발아에 피해를 주는 경우, 등산로나 산책로를 인위적으로 관리하는 경우 등이 있다. 자연적인 영향으로는 길 양쪽 나무의 수관층이 이어지지 못하고 열리어 빛이 들어오는 곳에서 교란이 일어나는 경우(김은숙, 2000), 바람의 이동이 이전보다 더 활발하게 되어 외부로부터 새로운 종이 들어오는 기회가 늘어나는 경우(Parendes and Jones, 2000) 등 이러한 여러 가지 원인의 영향으로 인하여 숲길의 식생은 변화하게 된다. 실제 숲길 생태계의 식생 등에 대한 과학적이고 객관적인 자료를 제공해 줄 수 있는 구체적인 연구는 미비하다(산림청, 2006). 따라서 숲길과 숲 가장자리의 식생조사를 통하여, 숲길을 만들고 이용함으로써 인하여 숲과 숲길이 받는 영향을 과학적이고 객관적인 자료로 제공할 수 있는 연구의 필요성이 크다. 특히 숲길과 숲 가장자리 식생 현황에 대하여 식생 조사와 매토종자 발아실험을 통하여 제시한 구체적인 연구는 거의 없는 상태이다. 본 연구에

서는 지상부식생을 토양 표면 상층 식생으로 지하부식생은 매토종자에서 발아하는 식생으로 정의하였다. 가시적으로 보이는 지상부식생 조사뿐만 아니라, 매토종자에 의한 지하부식생 조사를 통하여 식생 현황을 분석하고, 바람직한 변화 방향을 예측하는 연구가 우리나라에도 이루어져야 한다. 또한 날로 높아지고 있는 귀화식물에 대한 관심을 반영하여 숲길과 숲 가장자리의 귀화식물의 현황 파악 또한 필요하다. 이와 같은 필요성에 따라 본 연구는 숲길에 대한 생태학적 접근을 통하여 숲길과 숲 가장자리의 지상부식생과 지하부식생을 조사하고 그 의의를 밝히는 것을 목적으로 한다.

재료 및 방법

1. 연구 장소

연구 장소는 충북 청원군 강내면에 위치한 한국교원대학교 교내 숲을 선택하였다(Figure 1). 이곳의 높이는 해발

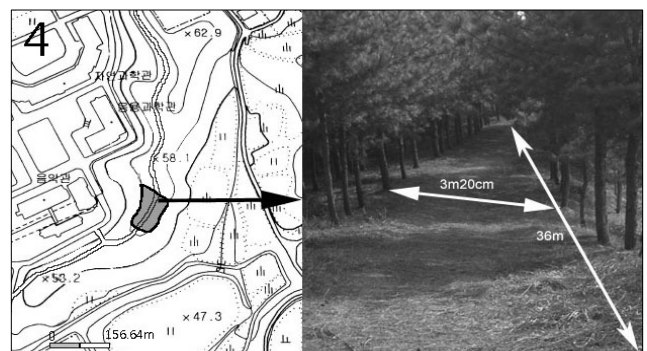


Figure 1. Study site

55m 이고 위치는 36°36'23"N 127°21'45"E 이다. 연구 장소는 인공적으로 조성한 잣나무(*Pinus koraiensis*)와 전나무(*Abies holophylla*)가 식재된 숲으로 잣나무는 남동방향 140°, 전나무는 북서사면 320° 사면방향에 위치해 있다. 잣나무 숲의 평균 리터층의 깊이는 6.90±3.46cm 이며, 전나무 숲의 평균 리터층의 깊이는 2.10±1.46cm이다.

2. 실험 방법

가. 지상부식생 조사

연구 장소의 기준이 되는 숲길은 폭이 3.2m인 길이다. 숲길의 가운데에 해당하는 부분을 숲길 중앙으로 정하고, 나무가 자라기 시작하는 경계부분에서 길 쪽으로 1m 안에 해당되는 부분을 숲길 가장자리로 정하였다. 전체 숲길 중, 길이 35m만을 지정하여 이를 대상으로 조사가 이루어졌다. 숲 가장자리는 지정된 35m의 숲길 양쪽으로, 숲길의 양 옆에 각각 식재되어 있는 잣나무 숲과 전나무 숲 안으로 정하였다. 숲 가장자리 식생 조사는 나무가 자라기 시작하는 경계 부분에서 숲 안에 해당하는 부분 중 5m내의 범위에 1m 간격으로 1×1 m 크기의 방형구를 설치하였다(Figure 2). 방형구내의 모든 종과 피도를 기록하였다. 숲길은 a1부터 a18까지의 번호에 해당되는 부분으로 숲길 안쪽은 a1에서부터

a9까지이며, 숲길 가장자리는 a10부터 a18까지이다. 숲 가장자리는 b1부터 b18까지이다. 이중 b1부터 b9까지는 잣나무 숲 쪽의 숲 가장자리이며, b10부터 b18까지는 전나무 숲 쪽의 가장자리이다.

연구 장소에서는 귀화식물에 유의하면서 봄, 여름, 가을에 걸쳐 총 5번의 식생조사가 이루어졌다. 2006년 9월, 2007년 4, 6, 7, 8월에 숲길 식생조사를 하였으며 2007년 6, 7, 8월에 숲 가장자리 식생조사를 하였다. 2007년 5월과 9월에 조사지 주위 제초 작업에 의해 식생의 10cm 이상의 상층부가 제거되었다. 이창복(2003), 박수현(2001), 국립환경과학원의 한국의 외래식물 종합검색시스템 목록을 사용하여 식물을 동정하였다.

나. 매토종자 발아 실험

토양 채취는 측구법(plot sampling method)으로 실시하였다. 먼저 연구 장소에 1m×1m 크기의 방형구를 이용하여 36군데 채취 구획을 정하고(Figure 2), 각 구획마다 토양 샘플러(Eijkelpamp Agrisearch Equipment, The Netherlands; 깊이 5cm, 지름 5cm, 부피 100cm³)로 매토종자 분석을 위한 토양을 채취하였다. 토양 채취는 한 방형구 내에서 무작위로 6곳을 선택하여 방형구당 총 600cm³를 채취하였다. 채취한 총 토양의 양인 600cm³는 초지에서 해당지역의 종 구성을 결정하기 위한 최소의 양이다(Hayashi and Numata, 1971). 채취한 토양은 발아 실험을 하기 전에 종자의 휴면타파를 돕는 저온처리를 위하여 5°C로 유지되는 냉장고에 한 달간 냉장 보관 한 다음, 발아실험을 하였다(Gross, 1990).

준비된 포트(크기 52cm×36cm×10cm)에 신문지를 깔고 질석을 8cm깊이로 채운 다음, 그 위에 채취한 토양을 골고루 얇게 펼친 후 향온양생상(Growth chamber)안에 넣어 두었다. 향온양생상 1, 2기의 온도를 20°C 낮/15°C 밤으로 설정하고, 낮과 밤으로 변하는 적응 시간을 두 시간을 두고 낮은 12시간, 밤은 10시간으로 설정하였다(Moore and Chapman, 1986). 향온양생상 내 광도(포트의 윗부분에서 측정)는 약 10000lux로 측정되었다. 급수는 4~5일에 한번씩 전체가 충분히 적셔지도록 하였으며, 더 이상 발아가 일어나지 않는 상태가 될 때까지 6개월 간 실험을 하였다. 유식물 출현법(seedling emergence method)을 이용하여 매토종자에서 발아한 개체를 2주 간격으로 종을 동정하고 동정이 끝난 종은 제거하며, 그 제거한 개수를 세어 기록하였다.

다. 토양 분석

실험 조사지의 토양 환경을 분석하기 위하여 매토종자 채취가 이루어진 숲길 중앙, 숲길 가장자리 및 숲 가장자리에서 토양 1kg을 따로 채취하였다.

토양함수량 측정을 위하여 먼저 토양 채취 후, 플라스틱

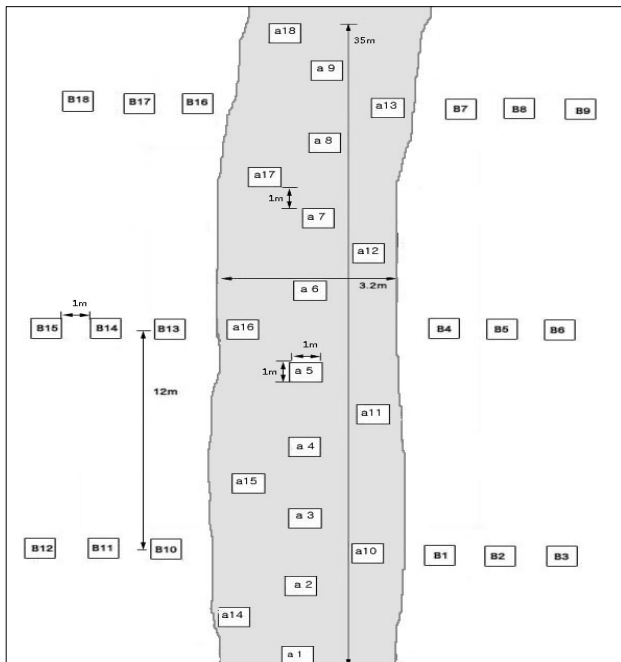


Figure 2. Location(Rectangles) of vegetation survey and soil sampling at the forest road and edge

주머니에 밀봉하여 실험실로 가져온 일부의 하위표본을 측량병에 넣고 덮개를 덮은 채 토양의 무게를 달았다. 무게를 단 다음 덮개를 열고 105°C에서 무게가 변하지 않을 때까지 건조시켰다. 건조시킨 다음 토양의 무게를 측정하여 계산하였다(Moore and Chapman, 1986).

토양 pH를 측정하기 위하여 먼저 비커에 토양 25g을 넣고 25ml의 증류수를 첨가하여 흔든 다음 20분간 침전시켰다. 표준 완충용액을 이용하여 표본과 동일한 온도에서 pH meter의 영점을 조절하고, 침전시킨 비커의 상등액의 pH를 pH meter로 측정하였다(Moore and Chapman, 1986).

토성을 측정하기 위하여 토양 중 sand, silt, clay의 비율을 분석하였다. 먼저 sand보다 큰 자갈을 제외하기 위하여 토양을 2mm의 체로 쳐서 분리하였다. 비커에 토양 40g에 50% 메타인산나트륨(Na_2PO_4)₆; sodium metaphosphate 또는 sodium hexametaphosphate, 상품명 Calgon) 용액 100ml와 증류수 400ml를 넣고 진탕기로 진탕하였다. 진탕된 토양 현탁액을 1000ml 메스실린더에 옮겨 증류수로 정용하고 혼합하였다. 혼합된 토양현탁액 속에 비중계를 넣고 40초와 7시간 후에 비중을 측정하여 모래, 미사, 점토의 함량을 구하였다(Sheldrick and Wang, 1993).

라. 자료 분석

통계 처리에서 독립변인은 숲길과 숲길 중앙, 숲길 가장자리이며, 숲 가장자리와 잣나무 숲 가장자리, 전나무 숲 가장자리이다. 종속변인은 그에 따른 매토종자 발아 종수와 개체 수, 식물 종수와 피도, 유사도 지수이다. 2006년 9월부터 2007년 10월 사이에 연구 장소에 출현한 지상부식생과 매토종자 발아 실험 결과로 나타난 지하부식생에 대하여 통계분석을 실시하였다.

먼저 지상부식생과 지하부식생 사이의 유사도 분석을 실시하였다. 유사도 분석은 Sørensen계수를 이용하였다. 식생조사를 통해 기록된 지상부식생 종수와 매토종자가 발아된 유식물의 지하부식생 종수의 합에서 공통된 종수의 비율을 구하였다. 유사도지수가 집단 간에 20%미만의 값일 때는 서로 이질적인 집단이고 80%이상일 때는 서로 동질적인 집단이다(Buell et al., 1966).

각 방형구별로 구해진 유사도 지수 값을 바탕으로 하여, 숲길의 지상부식생과 지하부식생의 유사도와 숲 가장자리의 지상부식생과 지하부식생의 유사도 지수의 평균값이 유의미한 차이가 있어서 어느 쪽이 더 높다고 말할 수 있는지 알아보기 위하여 검정을 하였다. 각각의 유사도 지수 값은 독립표본이고 표본의 수가 50미만이며 비모수 검정이므로, 윌콕슨(Wilcoxon)의 순위합 검정으로 확인하였다.

토양 분석 결과 얻은 값은 숲길 중앙과 숲길 가장자리 그리고 잣나무 숲 가장자리와 전나무 숲 가장자리를 비교하

기 위하여 검정을 하였다. 토양 함수율 값은 먼저 숲길 중앙과 숲길 가장자리의 값을 그리고 잣나무 숲 가장자리와 전나무 숲 가장자리의 값을 윌콕슨의 순위합 검정으로 확인하였다. 토양pH 값 또한 이와 마찬가지로 확인하였다.

중요도를 구할 때 상대피도 값은 각각의 방형구에서 얻어진 상대피도 값의 합을 각 출현 방형구 수로 나누어 준 평균 상대피도 값을 이용하였다(Curtis and McIntosh, 1951; Bray and Curtis, 1957). 상대빈도와 상대밀도 값 또한 상대피도 값과 마찬가지로 구하였다. 여기에서는 지상부식생으로 조사된 종별 피도와 출현 방형구 수로부터 상대피도와 상대빈도를 구하고 이 두 값의 평균값으로 각 종의 중요도를 구하였다. 지하부식생의 중요도는 유식물 출현법으로 식생조사를 할 경우, 상대 피도를 구할 수 없으므로 상대밀도와 상대빈도를 구하고 이 두 값의 평균값으로 각 종의 중요도를 구하였다(Kim and Lee, 2005). 숲길과 숲 가장자리의 중요도를 구할 때 목본의 피도, 빈도, 밀도는 포함하지 않았다.

식생의 교란정도를 나타내는 귀화율은 총 출현 종수에 대한 귀화식물의 비율로 산정하였다(김준민 등, 2001). 도시화율은 우리나라 현재 귀화식물의 총 종수에 대한 본 조사에 출현하는 귀화식물의 총 종수의 비율로 산정하였다(김준민 등, 2001). 귀화식물 총 종수는 268종으로 하였다(길지현 등, 2006).

결과 및 고찰

1. 숲길과 숲 가장자리의 식생

가. 숲길과 숲 가장자리의 지상부식생

숲길 지상부식생 조사 결과, 숲길에서는 조록싸리(*Lespedeza maximowiczii*)와 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*) 두 종의 목본이 발견되었으며 이를 포함한 20과 56종이 발견되었다(Table 1). 목본을 제외하였을 때, 20과 54종 중에서 국화과(12%)의 비율이 가장 높았으며 그 다음으로 벼과(11%), 콩과(11%)이었다. 귀화식물은 개망초(*Erigeron annuus*), 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia*), 미국쑥부쟁이(*Aster pilosus*), 소리쟁이(*Rumex crispus*), 선개불알풀(*Veronica arvensis*), 토끼풀(*Trifolium repens*), 콩다닥냉이(*Lepidium virginicum*)로 7종이 있었다. 중요도가 높은 종은 돼지풀(4.09%), 개망초(3.97%), 나도개피(*Eriochloa villosa*: 3.95%) 이었다(Figure 3). 교란된 개방지에서 쉽게 볼 수 있는 귀화식물인 돼지풀과 개망초는 연구 장소인 숲길에서도 쉽게 볼 수 있었다.

숲 가장자리 지상부식생 조사 결과, 숲 가장자리에서는 29과 54종이 발견되었다(Table 1). 목본은 잣나무, 전나무,

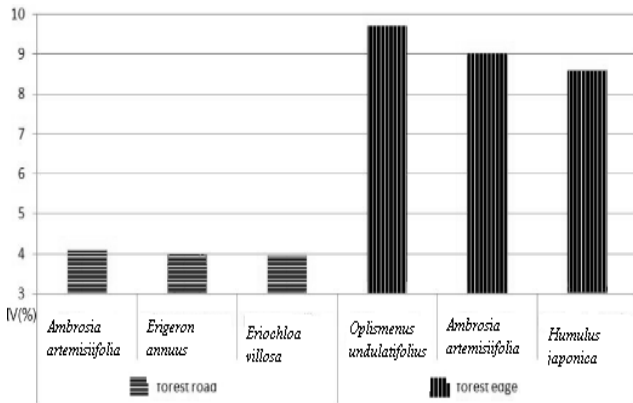


Figure 3. Importance value of aboveground flora

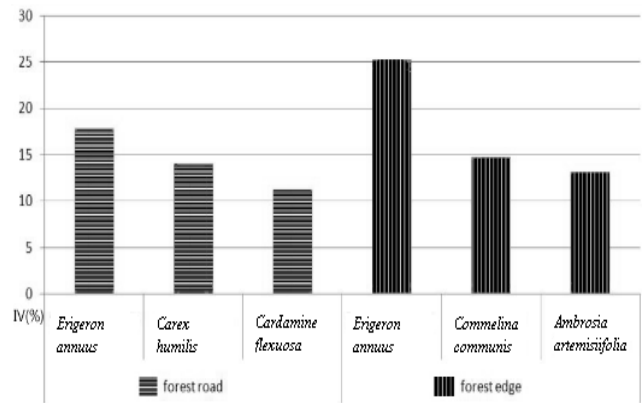


Figure 4. Importance value of underground flora

가중나무(*Ailanthus altissima*), 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium*), 졸참나무(*Quercus serrata*), 은행나무(*Ginkgo biloba*), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 자귀나무(*Albizia julibrissin*), 조록싸리, 참싸리로 총 6과 10종이 발견되었으며 잣나무와 전나무 두 종은 식재종이었다. 목본을 제외한 24과 44종 중 장미과(14%)의 비율이 가장 높았으며 그 다음으로 벼과(11%)이었다.

귀화식물은 개망초, 돼지풀, 가중나무, 미국자리공(*Phytolacca americana*), 자리공(*Phytolacca esculenta*), 아까시나무 6종이 있었다. 목본은 초본에 비해 피도가 높아서 한 종이 존재하더라도 중요도가 높게 나타날 수 있기 때문에 이 조사에서는 목본을 제외하고 초본을 대상으로 한 중요도를 구하였다. 중요도가 높은 종은 주름조개풀(*Opismenus undulatifolius*: 9.71%), 돼지풀(9.02%), 환삼덩굴(*Humulus japonica*: 8.60%)이었다(Figure 3). 주름조개풀은 주로 그늘진 응달에서 많이 자라므로 숲 가장자리에서는 상대빈도와 상대 피도가 높아서 중요도가 높은 종이었으나, 양지바

른 곳이 대부분인 숲길에서는 발견되지 않았다.

나. 숲길과 숲 가장자리의 지하부식생

발아 실험을 실시한 결과 숲길 지하부식생은 16과 31종 1059개체가 기록되었다(Table 1). 31종은 모두 자생종이었으며, 국화과(16%)의 비율이 가장 높았고 그 다음이 벼과(13%)이었다. 목본은 없었으며, 귀화식물은 돼지풀, 개망초, 소리쟁이 3종이었다. 숲길 지하부식생에서 개체수의 비율이 높았던 종은 개망초, 산거울(*Carex humilis*), 황새냉이(*Cardamine flexuosa*)이었다. 이들은 포트(pot)당 평균 22, 14, 9개가 존재하였다(n=18). 매토종자 실험을 위한 흙 채취가 이루어진 9월은 연구 장소인 숲에서의 황새냉이의 개화 시기였기 때문에 이의 영향으로 황새냉이의 비율이 높았다. 중요도가 높은 종은 개망초(17.81%), 산거울(13.96%), 황새냉이(11.27%)로 개체수의 비율이 가장 많은 종과 일치하였으며, 다른 종에 비해 그 중요도가 차이가 나게 높았다(Figure 4).

Table 1. Aboveground flora appeared in forest road and forest edge

N P: Naturalized plant, A F: Aboveground flora, U F: underground Flora

Scientific name	Korean name	N P	forest road		forest edge	
			A F	U F	A F	U F
Equisetaceae						
<i>Equisetum arvense</i> L.	쇠뜨기			0		
Gingkoaceae						
<i>Ginkgo biloba</i> L.	은행나무				0	
Pinaceae						
<i>Abies holophylla</i> Maxim.	전나무				0	
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	잣나무				0	
Fagaceae						
<i>Quercus serrata</i> Thunb.	졸참나무				0	
Cannabinaceae						

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	N P	forest road		forest edge	
			A F	U F	A F	U F
<i>Vicia amoena</i> Fisch	갈퀴나물		0	0		
Oxalidaceae						
<i>Oxalis corniculata</i> L.	괘이밥		0			
Rutaceae						
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> S. et Z.	산초나무				0	
Simaroubaceae						
<i>Ailanthus altissima</i> Swingle	가중나무	√			0	
Euphorbiaceae						
<i>Acalypha australis</i> L.	깨풀		0			
<i>Phyllanthus ussuriensis</i> Purr. et Maxim.	여우주머니		0	0	0	
Violaceae						
<i>Viola mandshurica</i> W. Becker	제비꽃			0		
Onagraceae						
<i>Oenothera biennis</i> L.	겹달맞이꽃	√	0		0	
Primulaceae						
<i>Androsace umbellata</i> (Lour.) Merr.	봄맞이			0		
Asclepiadaceae						
<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino	박주가리				0	
Convolvulaceae						
<i>Cuscuta australis</i> R.Br.	실새삼				0	
Boraginaceae						
<i>Trigonotis peduncularis</i> Benth.	꽃마리		0	0		
Labiatae						
<i>Isodon inflexus</i> Thunb. Kudo	산박하				0	
<i>Isodon japonicus</i> (Burm.) Hara	방아풀		0		0	0
<i>Mosia dianthera</i> Maxim.	쥐깨풀			0		
<i>Mosla punctulata</i> (Gmelin.) Nakai	들깨풀				0	
<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i> Nakai	꿀풀		0	0		
Scrophulariaceae						
<i>Mazus pumilus</i> (Burm. f.) Van Steenis	주름잎		0			
<i>Mazus miquelii</i> Makino	누운주름잎			0		
<i>Melampyrum roseum</i> Maxim.	꽃머느리밥풀		0		0	
<i>Veronica arvensis</i> L.	선개불알풀	√	0			
Acanthaceae						
<i>Justicia procumbens</i> L.	쥐꼬리망초		0			0
Plantaginaceae						
<i>Plantago asiatica</i> L.	질경이		0		0	
Rubiaceae						
<i>Galium dahuricum</i> Turcz.	큰잎갈퀴			0		
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i> Nakai	솔나물		0			
<i>Rubia akane</i> Nakai	꼭두서니				0	
Compositae						
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> Descourtils	돼지풀	√	0		0	0
<i>Artemisia montana</i> Pampan.	산쭯		0			
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (Pampan.) Hara	쭯		0	0	0	0
<i>Aster pilosus</i> Willd.	미국쭯부쟁이	√	0			
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> Kitamura	영경귀				0	

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	N P	forest road		forest edge	
			A F	U F	A F	U F
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	개망초	✓	0	0	0	0
<i>Erigeron bonariensis</i> L.	실망초	✓	0			
<i>Ixeris dentata</i> (Thunb.) Nakai	썸바귀			0		
<i>Ixeris stolonitera</i> A. Gray	썸썸바귀			0		
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> (O. Kuntze) Hara	왕고들빼기		0			
Gramineae						
<i>Alopecurus aequalis</i> var. <i>Amurensis</i> (Kom.) Ohwi	독새풀			0		
<i>Arundinella hirta</i> var. <i>ciliata</i> (Thunb.) Koidz.	새		0	0	0	0
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	실새풀					0
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	바랭이			0		0
<i>Eriochloa villosa</i> (Thunb.) Kunth	나도개피		0			
<i>Microstegium vimineum</i> A. Camus	나도바랭이새				0	
<i>Miscanthus sinensis</i> for. <i>purpurascens</i> NaKai	참억새		0			
<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	억새		0			
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) Roem. et Schult.	주름조개풀		0		0	
<i>Panicum bisulcatum</i> Thunb.	개기장				0	
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	강아지풀		0	0	0	0
Cyperaceae						
<i>Carex humilis</i> Leyss.	산거울		0	0		0
<i>Carex neurocarpa</i> Maxim.	괭이사초			0		
<i>Cyperus amuricus</i> Maxim.	방동사니		0			
<i>Fimbristylis dichotoma</i> Vahl.	하늘지기		0	0	0	0
Commelinaceae						
<i>Commelina communis</i> L.	닭의장풀				0	0
Liliaceae						
<i>Smilax china</i> L.	청미래덩굴				0	
Dioscoreaceae						
<i>Dioscorea batatas</i> Decne.	마		0		0	
Juncaceae						
<i>Juncus papillosus</i> Fr. et Sav.	청비녀골풀		0			

밭아 실험을 실시한 결과, 밭아된 숲 가장자리의 지하부 식생은 10과 17종 84개체가 기록되었다(Table 1). 이 중에서 목본은 콩과의 싸리(*Lwspezea bicolor*) 1종이 밭아되었으나, 매토종자가 아니라 식물의 조직이 밭아된 매토아(Budbank)로 추정되어 이를 제외한 나머지 10과 16종 83개체를 지하부식생으로 기록하였다. 17종은 모두 자생종이었으며, 싸리를 제외한 16종은 벼과(25%)의 비율이 가장 높았고 그 다음이 국화과(19%) 이었다. 귀화식물은 돼지풀과 개망초, 2종이 있었다. 지하부식생에서 개체수의 비율이 높았던 종은 개망초, 닭의장풀이었다. 이들은 두 종 모두 포트(pot)당 평균 2.06개가 존재하였다(n=18). 중요도가 높은 종은 개망초(25.23%), 닭의장풀(*Commelina communis*: 14.72%), 돼지풀(13.16%)이었다(Figure 4).

2. 유사도와 상관관계 분석

가. 숲길과 숲 가장자리의 지상부식생과 지하부식생의 유사도 분석

숲길에서의 지상부식생과 지하부식생의 유사도 분석을 실시한 결과, 유사도 지수의 값은 평균 20.5±5.85%을 나타냈다. 지상부식생의 종수와 지하부식생의 종수는 비슷하지만 공통종 수가 적어 유사도 값이 낮았다. 이는 숲길의 흠속에 외부에서 유입되어 잠재되어 있으나, 자연환경에서는 실제 지상부식생으로 밭아하지 못한 매토종자의 수가 많음을 알 수 있었다.

숲 가장자리에서의 지상부식생과 지하부식생의 유사도 분석을 실시한 결과, 유사도지수 값은 평균 13.80±6.30%을 나타냈다. 숲길과 같은 조건에서 밭아시킨 숲 가장자리의

매토종자의 경우, 발아된 매토종자 중 수 자체가 적어 공통된 종 수 또한 적으므로 유사도 값이 낮은 것으로 보였다. 조립지의 숲 가장자리에 잠재된 매토종자의 수가 숲길에 비해 적은 것으로도 볼 수 있었다.

숲길과 숲 가장자리의 지상부식생과 지하부식생의 유사도 지수를 윌콕슨의 순위합 검정을 한 결과 숲길의 유사도 지수 값이 더 높았으나 숲길과 숲 가장자리의 유사도의 차이가 있다고 할 수 없었다($P>0.05$). 전체적으로 지상부식생과 지하부식생 사이의 유사도가 낮았으며, 유사도가 20% 미만인 경우 이질적인 집단이라고 할 때, 지상부식생과 지하부식생은 이질적인 집단에 가깝다고 할 수 있다. 다년생 초본의 경우, 매년 상부와 하부에 출현하므로 유사도를 낮추는데 기여하였다고 생각된다.

나. 숲길과 숲 가장자리 식생의 상관관계 분석

숲길과 숲 가장자리의 지상부식생을 비교 분석한 결과 숲길은 56종, 숲 가장자리는 52종이며 공통종은 29종이었다. 숲길과 숲 가장자리의 지상부식생에 대하여 식생의 상관관계 분석을 하였을 때 상관계수는 0.36이었다. 따라서 상관관계가 있으나, 다소 낮은 것으로 판명되었다($p<0.05$).

숲길과 숲 가장자리의 지하부식생을 비교 분석한 결과, 숲길은 31종, 숲 가장자리는 12종이며 공통종은 7종이었다. 상관관계 분석을 하였을 때 상관계수는 0.20이었고 통계적으로 의미가 없었다($p>0.05$).

3. 숲길과 숲 가장자리의 귀화식물 비교

숲길의 귀화식물은 7종이 있었다. 귀화율은 12.50%이었으며, 도시화율은 2.61%이었다. 숲 가장자리 귀화식물은 6종이 있었다. 목본 귀화식물이 나온 경우 귀화율을 구할 때 전체 종수에 목본을 포함하였다. 식재종인 잣나무와 전나무 2종을 제외하고 자생종 목본을 포함한 54종을 기준으로 구하였을 때 귀화율은 11.11%이었으며, 도시화율은 2.24%이었다. 목본을 포함한 경우 숲 가장자리는 숲길의 귀화율과 도시화율보다 약간 낮은 값을 가지나 큰 차이는 없었다($p>0.05$). 그러나 숲 가장자리의 귀화율을 초본에 대하여 구하였을 때, 교내의 초본 귀화식물 16종(김기대 등, 2007)중에 숲길에서는 7종이, 숲 가장자리에서는 4종이 발견되었다고 볼 수 있었다. 이때 숲길의 귀화율은 12.50%이지만, 숲 가장자리의 귀화율은 9.09%의 비율을 가지므로, 숲길의 귀화율이 더 높다고 볼 수 있었으나 통계적으로 의미있는 차이는 없었다($p>0.05$).

지상부식생과 지하부식생간의 유사성은 적으나, 귀화식물의 경우 지하부식생으로 나타난 귀화식물은 해당 지역의

귀화식물에서 모두 찾아볼 수 있었다. 따라서 이 경우 귀화식물은 지상부식생의 영향을 받아 매토종자가 만들어졌으며 이것이 발아한 경우로 추측된다.

4. 숲길과 숲 가장자리 토양 분석 결과

숲길을 중앙과 가장자리로 나누어 토양 함수율을 분석한 결과 숲길 중앙은 $22.10\pm 2.78(\%)$ 이었으며 숲길 가장자리는 $17.50\pm 3.63(\%)$ 이었다. 윌콕슨의 순위합 검정을 한 결과 숲길 중앙과 숲길 가장자리의 함수율의 차이는 숲길 중앙의 함수율이 가장자리에 비하여 더 높다고 볼 수 있었다($p<0.05$). 숲길 중앙의 pH는 5.00 ± 0.14 이며, 숲길 가장자리의 pH는 4.80 ± 0.21 로, pH4~6의 범위가 약산성이므로 숲길의 토양은 약산성을 띠고 있음을 알 수 있었다. 윌콕슨의 순위합 검정을 한 결과 숲길 중앙과 숲길 가장자리의 pH 차이는 없다고 볼 수 있었다($p>0.05$). 토성 분석 결과 숲길 중앙의 토양은 Clay가 48.75%이었고 Silt는 13.75%이며, Sand는 37.50%이었다. 이는 양토(loam)에 해당하는 토양이었다. 숲길 가장자리의 토양은 Clay가 61.25%이었고 Silt는 11.25%이며, Sand는 27.50%로 미사질 양토(Silty loam)에 해당하는 토양이었다.

숲 가장자리의 토양 함수율을 분석한 결과 $18.90\pm 3.83(\%)$ 이었다. 이는 숲길 가장자리의 토양 함수율과 비슷한 결과를 나타내었다. 토양 pH는 4.90 ± 0.03 로 숲 가장자리 토양 또한 숲길과 마찬가지로 약산성을 띠고 있음을 알 수 있었다. 숲 가장자리의 토양은 Clay가 10.00%이었고 Silt는 60.00%이며, Sand는 30.00%이었다. 숲길 가장자리와 마찬가지로 미사질 양토에 해당하는 토양이었다.

결론 및 제언

숲길과 숲 가장자리에서 지상부식생과 지하부식생의 유사도 분석을 실시한 결과, 지상부식생과 지하부식생 사이의 유사도는 숲길과 숲 가장자리 모두에서 낮았으며, 특히 유사도가 20% 미만인 숲 가장자리는 지상부식생과 지하부식생이 이질적인 집단이라고 할 수 있었다. 이처럼 지하부식생인 매토종자와 현존하는 지상부식생의 유사성이 높지 못한 것은 드문 현상이 아니다(Kirkman and Sharitz, 1994; Hanlon *et al.*, 1998; Goodson *et al.*, 2001; 조정진, 2004).

지상부식생과 지하부식생의 유사도가 낮은 이유는 부분적으로 식물의 생식 전략과 관련이 있다(Goodson *et al.*, 2001). 숲길의 경우 지상부식생의 종수와 지하부식생의 종수는 비슷하지만 공통종 수가 적어 유사도 값이 낮았다. 이는 숲길의 토양 속에는 지상부식생에게 제공받거나 외부에서 유입되어 잠재되어 있는 매토종자 중에서는 개망초와

같이 주변 환경에 적응하여, 쉽게 발아 가능한 많은 종자를 퍼트리는 생식 전략을 펼쳐서 지상부식생과 지하부식생 모두 중요도가 높게 나오는 종이 있는 반면, 종자는 존재하고 있으나 쉽게 지상부식생으로 발아되지 못하고 잠재되어 있는 매토종자의 수가 많음을 알 수 있었다.

대부분의 매토종자는 숲의 가장자리나, 수관층이 열리는 부분에서 숲 내부로 종이 다양하게 유입된다(Marks, 1983). 그럼에도 이번 연구 장소인 숲 가장자리의 매토종자의 경우, 숲길과 같은 조건에서 발아시켰으나, 발아된 매토종자 종수는 매우 적었으며, 숲길과 공통된 종수 또한 적었으므로 숲길과 숲 가장자리는 유사도가 낮았다. 숲 가장자리는 숲길과는 거리상으로 매우 가까운 장소이며 토양 분석 결과도 숲길 가장자리와 숲 가장자리는 큰 차이가 없었다. 각 장소의 지상부식생은 다소 낮으나 상관관계가 있는 것으로 판명되었으며 또한 같은 시기에 제초작업이 이루어지는 장소이다. 따라서 비슷한 토양 환경과 지상부식생에도 불구하고 숲길에 비해 숲 가장자리에 매토종자가 적은 이유는, 숲길이 산책로로 이용되면서 직접적으로 얻는 종자 유입의 효과가 크다는 것으로 보인다.

숲길과 숲 가장자리의 지상부식생은 다소 낮으나 상관관계가 있다는 것은 길과 길 양쪽이라는 공간적인 위치로 인하여 종자번식과 발아가 용이하여 중요도가 높은 귀화식물이 서로에게 종 유입에 영향을 주기 때문으로 보인다. 그러나 그 이외의 지상부식생은 숲길과 숲 가장자리에 따라 차이가 났다. 초본의 경우, 숲 가장자리에서 발견된 종 보다 주로 양지에서 자라는 썩(숲길18/숲 가장자리5)이나 매듭풀(숲길17/숲 가장자리1) 등의 출현 횟수가 많고, 양지식물인 꿀풀, 꽃다지를 포함한 10종이 길에서 더 많이 발견되었다. 따라서 숲길에는 숲 가장자리와는 다른 환경요인이 작용하고 있는 것으로 알 수 있었다. 숲 가장자리의 매토종자의 수가 적은 이유와 마찬가지로, 빛이나 바람 등에 의한 물리적 환경과, 사람들이 숲길을 이용하면서 유입된 종자로 인해 숲길과 숲 가장자리의 지상부식생이 차이가 나게 된 것으로 보인다.

유사도 분석 결과 지상부식생과 지하부식생간의 유사성은 적었으나, 지하부식생 중에 나타난 귀화식물은 해당 지역의 지상부식생으로 조사된 귀화식물에서 모두 찾아볼 수 있었다. 따라서 귀화식물은 지상부식생의 영향을 받아 매토종자가 만들어졌으며 이것이 발아한 경우로 보인다. 숲길의 식생은 귀화식물인 개망초와 돼지풀의 중요도 비율이 높으며, 숲 가장자리 또한 대부분의 방형구에서 두 종이 높은 중요도를 가지고 있었다. 지상부식생뿐만 아니라 지하부식생에서도 숲길과 숲 가장자리 모두에서 개망초의 중요도 비율이 높았다. 교원대 전체 귀화율(7%; 김기대 등, 2007) 보다 숲길과 숲 가장자리에서 귀화율의 비율이 높은 것을

통하여 숲 전체가 귀화식물의 영향 많이 받고 있다고 예상할 수 있다. 인접 숲 매토종자의 유입 효과는 주로 숲 가장자리에 의존하고 있다(Landenberger and McGraw, 2004). 따라서 숲 가장자리는 인접한 숲 내부에 귀화식물의 종자를 전해주는 유입 효과가 있으므로 숲길과 숲 가장자리에서 귀화식물이 발견되고 숲 교목층 임상이 빈약한 경우 내부에 귀화식물이 퍼질 수 있다는 것을 예상할 수 있다.

숲길 식생 현황 분석을 통하여 숲길의 관리와 이용 과정에서 교란이 일어나 귀화식물의 비율이 커지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 가능한 한 숲길의 식생을 가장자리원충 작용이 가능하도록 유지시켜주고, 숲길 이용에 이용자가 귀화식물 종자 유입이 일어나지 않도록 주의를 기울여 사람에 의한 영향을 줄이는 것이 요구됨을 보여주고 있다.

자연에 대한 관심 증가로 점점 늘어나는 숲길의 조성에 앞서서, 조성된 숲길의 길과 길에 인접한 숲 가장자리의 식생에 대하여, 앞으로의 식생 변화 방향을 예측하는데 필요한 측면에서 연구를 하였으나 추가적 연구의 필요성을 느낀다. 숲길과 숲 가장자리는 여러 가지 측면에서 비교해 볼 수 있는 장소이다. 그러므로 변화 방향을 예측하는데 필요한 추후 연구를 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 숲길이 조성된 상태에 따른 숲길과 숲 가장자리를 비교하는 연구를 할 수 있을 것이다. 둘째, 식생의 상태뿐만 아니라 숲길과 숲 가장자리의 물리적 환경의 차이 또한 앞으로 고려해야 할 점으로 연구할 가치가 있을 것으로 생각된다. 셋째, 여러 물리적 환경의 영향과 사람의 발길이 숲길에 식물의 종자를 옮기며, 이로 인해 귀화식물이 차지하는 비율이 점차 늘어나게 되었다고 볼 수 있다. 숲길에 유입된 귀화식물이 숲 가장자리에 이어 숲 전체에 퍼지는 경로와 이를 방지하기 위한 조치 등에 대하여 자세한 연구가 이루어져야 한다고 생각된다.

숲길의 조성이 생물상에 미치는 영향을 단기간에 정확히 파악하기는 어렵다. 따라서 지속적인 관심을 가지고 장기적인 모니터링 하는 것이 숲길이 생물상에 미치는 영향을 보다 정확하게 파악할 수 있을 것이다.

인용문헌

- 길지현, 박수현, 고강석(2006) 울릉도의 귀화식물 분포. 한국자원식물학회지 19: 237-242.
- 김기대, 조선희, 박미화(2007) 한국교원대학교 교내 식물상. 환경학교육연구 11: 71-82.
- 김은숙(2000) 도로에 인접한 숲 가장자리의 미기후 변화에 대한 완충제로서 하층 식생의 역할. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 59쪽.
- 김준민, 임양재, 전의식(2001) 한국의 귀화식물. 사이언스북스, 서

- 울, 281쪽.
- 산림청(2006) 임도의 건설로 인한 생물다양성 변화와 복원기술개발에 관한 연구. 산림청, 114쪽.
- 박수현(2001) 한국귀화식물원색도감(보유편). 일조각, 서울, 371쪽.
- 이창복(2003) 원색대안식물도감. 향문사, 서울, 910쪽.
- 조정진(2004) 청미천에서 홍수 교란에 대한 하안 식생의 반응. 인하대학교석사학위논문, 47쪽.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis(1957) An ordination of the upland forest community of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27(4): 325-349.
- Buell, M.F., A.N. Langford, D.W. Dacidson, and L.F. Ohman (1966) The upland forest continuum in northern New Jersey *Ecology* 47(3): 416-432.
- Curtis and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Goodson J.M., A.M. Gurnell, P.G. Angold, I.P. Morrissey(2001) Riparian seed banks: structure, process and implication for riparian management. *Prog.Phys.Geog.*25: 301-325.
- Gross K.L.(1990) A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *J.Ecol.* 78: 1079-1093.
- Hanlon T.J., C.E. Williams and W.J. Moriarity(1998) Species composition of soil seed banks of Allegheny Plateau riparian forests. *J. Torrey Bot. Soc.*125: 119-215.
- Hayashi, I. and M. Numata(1971) Viable buried-seed population in the *Miscanthus* and *Zoysia*-type grasslands in Japan-ecological studies on the buried-seed population in the soil related to plant succession VI. *Jap. J. Ecol.* 20: 243-252.
- Kirkman L.K. and R.R. Sharitz(1994) Vegetation disturbance and maintenance of diversity in intermittently flooded carolina boys in South Carolina. *Ecol. Appl.* 4: 177-188.
- Kim K.D. and E.J. Lee (2005) Soil seed bank of the waste landfills in South Korea. *Plant Soil* 271: 109-121.
- Landenberger R.E. and J.B. McGraw(2004) Seed-bank characteristics in ixed-mesophytic forest clearcuts and edges: Does "edge effect" extend to the seed bank?. *Can. J. Botany* 82: 992-1000.
- Marks P.L.(1983) On the origin of the field plants of the northeastern United States.*Am. Nat.*122: 210-228.
- Moore, P.D. and S.B. Chapman(1986) *Methods in Plant Ecology.* Blackwell Scientific. 390pp.
- Parendes, L.A. and J.A. Jones(2000) Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and stream in the H.J. Andrews experimental forest, Oregon. *Conserv. Biol.* 14(1): 64-75.
- Sheldrick B.H. and C. Wang(1993) Particle size distribution. In: M.R. Carter(ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Lewis Publishers, Florida, pp.499-511,