

임목폐기물 파쇄칩을 활용한 녹화기술의 비탈면 적용성에 관한 연구*

고정현¹⁾ · 허영진¹⁾ · 이용구²⁾ · 김남춘³⁾

¹⁾ 일송환경복원(주) · ²⁾ 단국대학교 대학원 생명자원과학과 · ³⁾ 단국대학교 환경조경학과

A Study on the Use of Wood Waste for Slope Revegetation Techniques*

Koh, Jeung-Hyun¹⁾ · Hur, Young-Jin¹⁾ · Lee, Yong-Koo²⁾ and Kim, Nam-Choon³⁾

¹⁾ ILSONG ERT CO. Ltd.,

²⁾ Major in Environment Landscape Achitecture, Graduate School, Dankook Universty,

³⁾ Department of Landscape Achitecture, Dankook Universty.

ABSTRACT

The main objectives of this comparative study were 1) to quantify the potential contribution of wood chips to revegetation on the cut slope in a constructed area, 2) to compare the floristic similarity of species composition whether existing of wood chips in the soil media or not. Wood chips were combined with soil media in the ratio of 30%. The thin layer (1 cm, 3 cm) soil media revegetation methods and the thick layer (10 cm) soil media revegetation method were constructed on the cut slopes by machineries respectively. Also, comparative experiments the existence of wood chips in the soil media were conducted to evaluate the effects of wood chips on revegetation works. The total size of quadrat was 300 m² (100 m² × 3). The results of monitoring for 3 years on cut slopes were as follows : 1) All the quadrat existed in the proper range for vegetation. 2) Species richness of quadrat including wood chips was 10% more than those of commercial soil medias. 3) The coverage rates of quadrat including wood chips were similar or superior to those of conventional methods. It can be concluded that the use of wood chips would be effective to promote establishment of diverse landscape and

* 이 논문은 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업 “재해 및 개발로 훼손된 국토핵심생태녹지축 지역의 지형 및 수림복원 기술개발”(과제번호 051-081-032)의 지원을 받았음.

Corresponding author : Hur, Young-Jin, ILSONG ERT CO. Ltd.

Tel : +82-31-898-4971, E-mail : yjh1925@hanmail.net

Received : 29 December, 2009. Accepted : 15 January, 2010.

vegetation. However, it behooves to continue monitoring on succession of vegetation for ecological restoration. Finally, adequate wood chips deposit and gathering methods should be studied properly.

Key Words : *Wood chips, Revegetation works, Recycling, Restoration.*

I. 서 론

환경의 세기인 21세기에는 자연을 어떻게 보전하고 파괴된 자연을 어떤 식으로 회복시킬까 하는 것이 인류에 있어서 커다란 과제가 되고 있는 가운데, 녹화분야에 있어서도 지구환경문제의 하나로서 생태계 및 생물다양성 보전에의 공헌이 요구되고 있는 실정이다(中野裕司, 2000; 龜山章, 2003).

그동안 국내 비탈면 녹화공사는 외래종에 대한 의존도가 지나치게 높았고 자생목본종 위주의 녹화에는 소홀히 해온 경향이 있으며, 이들 외래종들은 지역의 생태적 침략종이 되어 재래종을 위협하는 등 생태계 교란 문제를 지속적으로 제기시켜 왔다(고정현 등, 2006). 앞으로는 환경친화적인 건설사업 수행과 지역 생태계 보존의 측면에서 외래초본류 보다는 지역 고유종을 적극 활용하는 녹화공법의 기술개발이 시급하게 요청되고 있다(국토해양부, 2009).

이러한 최근의 경향은 녹화공법의 질적인 개선을 요구하지만 국내의 경우, 비용이 저렴한 하수오니를 주로 사용하는 녹화공법들이 다수 존재하고 조기녹화용 외래도입초본을 과다 파종하는 사례가 빈번하여 시대적 요구에 부응하지 못하고 있다. 급경사 비탈면에서 일반적으로 시공되는 고압으로 뽑어 붙이는 식생기반재는 토양경도가 30mm 이상으로 매우 높고 물리성이 불량하여 식물의 근계가 침입이 곤란할 정도로 식물 생육에 문제점을 안고 있다. 이를 극복하기 위해서는 다양한 토양보조재를 혼합하여 물성을 개선하는 노력을 병행하여야 한다. 이러한 토양보조재로서 최근에는 현장에서 벌목, 벌근 등으로 발생하는 나무뿌리, 잔가지 등의 임목폐기물(건설교통부,

2007)을 현장에서 파쇄하여 식생기반재와 혼합하여 활용하는 방안이 시도되고 있다(김남춘 등, 2008).

임목폐기물을 파쇄하여 비탈면녹화의 생육기반으로 재활용하는 녹화공법의 개발은 친환경적인 건설기술의 발전에 기여할 수 있다(건설교통부, 1997; 木村正信 等, 2005). 미분해 상태의 임목폐기물을 이용하는 것은 퇴비화하는데 소요되는 시간을 줄일 수 있으며, 현장에서 쉽게 이용할 수 있다는 장점이 있다(허영진 등, 2009). 한편 미분해 임목폐기물을 현장에서 바로 녹화재료로 사용할 경우 질소기아현상을 일으키게 되어 식물의 생육에 저해를 줄 수 있지만, 토양재료와 섞어서 사용하게 되면 질소기아현상을 방지할 수 있다(橫塚 享 等, 2000). 그리고 현장발생 임목폐기물 파쇄칩은 생육기반의 보강재로서 역할을 수행할 수 있으며, 급경사 비탈면의 침식을 방지하는 데에도 효과적으로 이용될 수 있고, 임목폐기물을 재활용하는 것은 자연분래의 시스템으로 되돌리는 것이므로 가장 바람직한 자원재활용이라고 할 수 있다(千秋曲里 · 大内公安, 2001). 또한 파쇄칩은 녹화토양의 근간이 될 수 있으며, 장차 부식되면 식물이 필요로 하는 영양소의 공급원이 될 수도 있다(小橋登治 等, 1997).

본 연구에서는 비탈면 녹화공법에서 사용되는 기존의 식생기반재와 도로건설공사현장에서 발생되는 임목폐기물을 파쇄하여 기존 식생기반재와 혼합한 식생기반재를 비탈면에 취부한 후 파종식물의 발아 및 생육특성을 분석하여 임목파쇄칩의 비탈면 녹화공법에 대한 현장 적용성을 검토하였다. 더불어 향후 임목폐기물의 사업장내 재활용 방안 및 생태적인 녹화기술에 대한 방향성을 모색하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

실험에 사용한 식생기반재는 비탈면의 토질별로 I사의 얇은 식생기반재와 두꺼운 식생기반재를 사용하였으며, 파쇄칩은 도로공사 현장에서 발생한 임목의 뿌리 부분을 I사의 임목파쇄기로 파쇄한 것을 사용하였다. 임목폐기물을 파쇄한 칩(이하 파쇄칩)의 크기는 얇은 식생기반재에는 25mm 이하의 칩을 사용하였으며, 두꺼운 식생기반재에는 50mm 이하의 칩을 사용하였다. 식생기반재와 파쇄칩은 7 : 3의 비율로 배합하여 실험구를 조성하였고, 대조구는 식생기반재만을 사용한 공법을 시공하여 비교 실험을 실시하였다.

1. 실험장소

1) 위치

실험장소는 전라북도의 학산-영동간 국도화 · 포장공사현장의 자연비탈면을 이용하였다.

2) 실험구 조성

실험구는 표 1에서와 같이 토질별로 유형을 다르게 적용하였으며, 각 처리구 마다 대조구를 조성하였다. 유형별 실험구는 각 100m²의 면적에 조성하였다.

3) 실험 기간

본 실험의 실험구 설치는 2007년 3월 22일부터 4월 4일까지 실시하였다. 식생조사는 시공 후 1, 2, 3개월경과 후(1년차) 및 13, 15, 17개월 후(2년차), 28, 31개월 후(3년차)에 실시하였으며(총 조사기간 : 2007년 4월 22일 ~ 2009년 10월 22일), 각 조사항목별로 생육의 초기단계와 중기단계 시점의 수치를 이용하여 평가하였다.

4) 공시 재료

(1) 공시 사용 재료

본 실험의 공시 사용 재료는 얇은 식생기반재

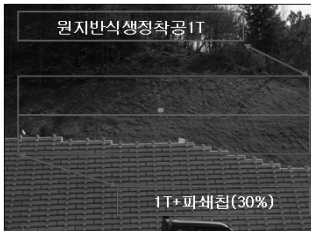


사진 1. 얇은 식생기반재 실험구 전경(시공두께 1cm).

사진 2. 얇은 식생기반재 실험구 전경(시공두께 3cm).

사진 3. 두꺼운 식생기반재 실험구 전경(시공두께 10cm).

표 1. 유형별 실험구 조성 및 시공방법.

| 구분 | 조성두께 | 유형 | 시공방법 |
|----------|------|-----------------------------|-------------------|
| 토사 | 1cm | 대조구 : 얇은식생기반재 | 면네트 설치 후 습식 취부 |
| | | 유형 A : 얇은식생기반재70% + 파쇄칩30% | |
| 리핑 · 풍화암 | 3cm | 대조구 : 얇은식생기반재 | |
| | | 유형 B : 얇은식생기반재70% + 파쇄칩30% | |
| 발파암 | 10cm | 대조구 : 두꺼운식생기반재 | 능형망 설치 후 건식 취부 |
| | | 유형 C : 두꺼운식생기반재70% + 파쇄칩30% | |

에는 생육보조제, 황토, 슌 화이버, 토양접착제, 천연면네트, 녹화용 식물 종자와 25mm 이하 크기의 파쇄칩을 사용하였으며, 두꺼운 식생기반재에는 슬러지 등을 주원료로 사용하는 인공토양과 PVC능형망 및 50mm 이하 크기의 파쇄칩을 사용하였다.

(2) 공시 식물 선정

공시 식물은 자생목본(자귀나무, 붉나무, 참싸리, 낭아초) 4종과, 자생초본(비수리, 별노랑이, 안고초, 억새, 쭉) 5종, 한지형 잔디(Tall fescue, Kentucky bluegrass, Perennial ryegrass, Creeping red fescue) 4종 등 총 13종을 선정하였다. 실험에 사용된 식물은 국내에서 비탈면 녹화용으로 널리 사용되고 있는 재래 초·목본류와 최근 녹화용 종자로 많이 이용되고 시중에서 쉽게 구할 수 있는 종자 중에서 발아율이 비교적 우수한 것들을 선발하였다.

5) 종자 배합

(1) 종자 배합

실험에 사용된 종자의 배합비는 ‘비탈면 녹화

설계 및 시공 잠정지침(건설교통부, 2005)’의 ‘환경녹화지역별 녹화공법 및 종자배합량 조건표’를 기준으로 하여 목본군락형에서 경관형의 종자배합비를 사용하였으며, 선행연구(김정훈, 2004)에 의한 원지반식생정착공에서 사용하는 종자의 적정 파종량을 적용하였다.

(2) 종자 배합량

실험에 사용된 종자별 배합량은 표 2와 같다.

6) 조사분석 방법

(1) 토양의 이화학적 분석

토양화학분석법(농업과학기술원, 2000)에 의거하여 시험시공지에서 식물체의 뿌리부분을 제거한 뒤 인력으로 식생기반 토양을 채취하여 실내로 운반 후 외부 분석기관인 서울대학교 농생명과학공동기기원에 의뢰하여 분석하였다.

(2) 토양의 입지 특성조사

비탈면의 토양인자 중에서는 ‘도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침(국토해양부, 2009)’에서 정하는 조사항목인 토양경도, 토양산도와

표 2. 식물별 종자배합량.

| 구 분 | | 식 물 명 | 단 위 | 목본군락형 | | |
|----------|-------|---------------------|-----|-------|-----|------|
| | | | | 1cm | 3cm | 10cm |
| 재래 목본 | 교 목 류 | 자귀나무 | g | 1.5 | 2.0 | 3.5 |
| | | 붉나무 | g | 0.9 | 1.2 | 2.1 |
| | 관 목 류 | 참싸리 | g | 5.4 | 7.2 | 12.6 |
| | | 낭아초 | g | 4.2 | 5.6 | 9.8 |
| 재래 초본 | 콩 과 류 | 비수리 | g | 4.2 | 5.6 | 9.8 |
| | | 별노랑이 | g | 6.3 | 8.4 | 14.7 |
| | 벼 과 류 | 안고초 | g | 0.6 | 0.8 | 1.4 |
| | | 억새 | g | 0.6 | 0.8 | 1.4 |
| | | 국화과류 | 쭉 | g | 0.3 | 0.4 |
| 외래 초본 | 외 래 종 | Tall fescue | g | 1.8 | 2.4 | 4.2 |
| | | Kentucky bluegrass | g | 1.8 | 2.4 | 4.2 |
| | | Perennial ryegrass | g | 1.2 | 1.6 | 2.8 |
| | | Creeping red fescue | g | 1.2 | 1.6 | 2.8 |
| 계 | | 총 13 종 | g | 30 | 40 | 70 |

토양습도를 측정하였다. 토양경도(mm)는 토양경도계(Soil hardness tester, yamanaka 식), 토양산도(pH)와 토양습도(%)는 토양산습도계(E. M. System Soil Tester, DEMETRA 식)를 이용하여 측정하였고, 각 실험구별로 각 5회씩 측정한 후 산술 평균치를 사용하였다.

(3) 식생조사

조사대상 비탈면에서 1.0m×1.0m규격의 방형구를 실험구당 3개씩 총 18개소를 설치하였으며, 각 실험에 이용한 녹화 식물의 출현종 및 성장량은 초기에는 시공 후부터 4주 간격으로 조사하였으며, 1년이 경과한 후부터는 3회/년의 빈도로 조사하였다. 측정은 각 식물의 출현종과 피복율을 조사하였다. 출현종은 초본과 목본의 도입종과 주변으로부터의 침입종을 조사하였으며, 피복율은 각 실험구를 사진 촬영한 후 실험실에서 모눈종이에 비추어 면적을 환산하여 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식생기반재의 토양 이화학적 특성

표 3은 시공직후와 시공 후 17개월이 경과한 시점에서 토양의 이화학적 특성을 분석한 결과이다. 두 시점간의 수치를 비교하였을 때 토양의 pH는 변화가 거의 없었으며, 유기물 함량은 감소하였고 전질소량은 증가하였으며, C/N비는 낮아지면서 안정화 되었다. 이들 분석 결과치는 ‘비탈

면 녹화설계 및 시공 지침’상의 식생기반재 기준을 상회하여 파쇄칩을 혼합한 식생기반재를 적용할 경우 식물이 발아하여 생육하기에는 적당한 조건을 갖추었음을 보여주고 있다. 특히 토양유기물 함량이 높게 분석되어 향후 식물이 장시간 동안 생육하기에 좋은 토양조건을 형성하고 있다고 판단된다.

식생기반재의 습도는 비교적 높게 조사되어 파종된 식물종자가 발아 생육하는데 적절한 수분을 공급할 수 있는 양호한 값을 나타내는 것으로 분석되었다.

2. 식생기반재의 토양 물리적 특성

2005년 발간된 건설교통부의 「비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침」에서는 식물의 근계생장에 가장 적당한 토양의 경도는 18mm~23mm로 제시하고 있다. 총 4회의 현장조사결과를 살펴보면 표 4에서와 같이 얇은 식생기반재 실험구에서는 토양경도가 식물의 생육에 적합한 값을 보이고 있는 것으로 조사되었다. 하지만 파쇄칩을 혼합하지 않고 두꺼운 식생기반재를 10cm두께로 시공한 실험구는 초기의 토양경도가 비교적 높은 값(23mm 이상)을 나타내는 것으로 나타났다. 이 수치를 감안해 볼 때 식물이 발아 생육과 지표면을 피복하는데 있어서 어느 정도 장애를 받았을 것으로 판단된다.

모든 실험구에서 토양경도 변화는 크지 않기 때문에 얇게 취부 하였을 경우, 파쇄칩의 유무가

표 3. 실험구별 식생기반재의 토양이화학성(분석항목의 좌측은 시공직후, 우측은 17개월 후의 수치).

| 구 분 | pH | | 유기물 (%) | | T-N (%) | | C/N | | 토양습도 (%) | |
|------------------|-----|-----|---------|-----|---------|------|-------|-------|----------|----|
| | | | | | | | | | | |
| 얇은식생기반재1cm | 7.3 | 5.1 | 24.7 | 3.5 | 1.49 | 2.03 | 9.97 | 4.61 | 53 | 51 |
| 얇은식생기반재1cm+파쇄칩 | 7.7 | 6.3 | 14.9 | 4.0 | 0.61 | 2.31 | 14.21 | 4.28 | 54 | 52 |
| 얇은식생기반재3cm | 7.5 | 7.3 | 20.9 | 3.6 | 0.56 | 2.13 | 21.55 | 3.87 | 50 | 58 |
| 얇은식생기반재3cm+파쇄칩 | 7.8 | 8.1 | 27.9 | 8.1 | 0.78 | 4.74 | 20.64 | 8.94 | 66 | 55 |
| 두꺼운식생기반재10cm | 8.5 | 8.2 | 8.1 | 8.6 | 0.49 | 5.03 | 9.48 | 10.06 | 46 | 61 |
| 두꺼운식생기반재10cm+파쇄칩 | 8.3 | 5.1 | 10.7 | 3.1 | 0.43 | 1.79 | 14.48 | 3.65 | 100 | 65 |

표 4. 실험구별 식생기반재의 경도 분석.

(단위 : mm)

| 취부두께 및 처리 | | | 4주후 | 12주후 | 13개월후 | 28개월후 | 31개월후 |
|-----------|------|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| 얇은식생기반재 | 1cm | 대조구 | 17 | 20 | 18 | 18 | 17 |
| | | 유형A | 15 | 17 | 18 | 18 | 18 |
| | 3cm | 대조구 | 20 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| | | 유형B | 21 | 16 | 17 | 18 | 15 |
| 두꺼운식생기반재 | 10cm | 대조구 | 23 | 26 | 20 | 20 | 17 |
| | | 유형C | 21 | 25 | 18 | 17 | 18 |

토양경도에 미치는 영향은 적다고 판단된다. 단, 식생기반 표층부에 파쇄칩 일부가 피복되기 때문에 기반층의 균열과 일부 수분증발을 막아주는 역할을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

얇은 식생기반재를 3cm로 취부 했을 때 토양 경도는 하부에 리핑암이 있기 때문에 시공방식에서는 큰 의미가 없으며, 파쇄칩을 혼합하였을 경우 표층부의 균열에 의한 수축 등이 중요한 역할을 수행하고 있다고 판단된다. 파쇄칩을 혼합할 경우 상대적으로 크고 작은 섬유질이 혼합되므로 시공재료가 건조에 의한 수축 시 인장력을 증대시켜주는 역할을 할 수 있다고 판단된다.

두꺼운 식생기반재 10cm 실험구에서 토양경도는 식물의 생육에 중요한 영향을 미치며 파쇄칩을 혼합함으로써 토양경도가 개선되는 것을 알 수 있었다. 파쇄칩을 혼합하지 않은 경우 큰 균열이 발생하는 반면, 파쇄칩을 혼합할 경우 미세한 균열이 전면적으로 발생하면서 균열부위가 작아진 것을 확인할 수 있었다.

3. 녹화공 시공지의 식물 생육특성

1) 출현종 분석

(1) 얇은 식생기반재 1cm 실험구의 출현종 변화

얇은 식생기반재 1cm 실험구에서 대조구와 파쇄칩 처리구의 출현종수는 시공을 실시하고 4주경과 후 및 8주경과 시점까지는 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 12주경과 후에는 각각 4.4종과 5.3종으로 1종의 차이가 나며, 16주가 지나

면서 각각 4.7종과 7.0종으로 2종 이상의 차이를 보였다.

시공 후 13개월이 경과한 시점에서는 각각 3.7종과 6.0종으로 1종씩 감소하였으나, 2종 이상의 차이를 보이며 15개월 후에는 3.4종과 4.7종으로 1종의 차이가 있었다. 17개월경과 시점의 대조구에는 자귀나무, 낭아초, 비수리, 벌노랑이, 쑥, 한지형잔디가 생육하여, 평균출현종수가 4.7종이고, 파쇄칩 처리구에는 대조구의 출현종 이외에 붉나무, 참싸리가 생육하며 평균출현종수는 6.4종으로 대조구에 비하여 1.7종이 많았다. 31개월 후에는 1.3종씩 평균출현종수와 재래목 본류의 차이가 있었으며, 파쇄칩을 처리한 경우 대조구보다 목본류의 출현이 많은 것을 확인할 수 있었다.

한편 시공 후 31개월이 경과한 시점에서의 상대우점도를 비교한 결과, 파쇄칩 처리구의 경우 툼hes큐가 우점치가 가장 높았는데 그 이유는 툼hes큐의 특성상 개체수가 많아서 상대우점도가 높게 나타난 것으로 보이며, 그다음으로 낭아초와 비수리, 벌노랑이의 순으로 높게 나타났다. 대조구의 경우에도 툼hes큐가 상대우점도가 가장 높았으며, 그다음으로 비수리, 벌노랑이, 낭아초 순으로 상대우점도가 높게 나타났다. 파쇄칩 처리구의 상대우점도와 비교해보면 대조구의 경우에는 낭아초의 상대우점도가 낮게 나타난 것을 알 수 있었다. 식생의 구성면에서 볼 때 파쇄칩을 혼합하지 않은 경우에는 양잔디의 비율이 80% 이상으로 단일 식생이 우점 되는 경향을 나

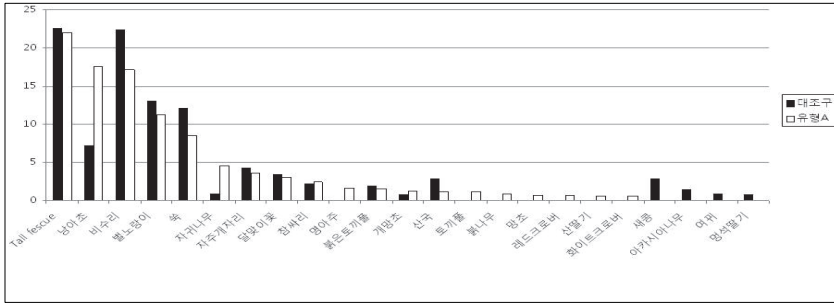


그림 1. 얇은 식생기반재 1cm 처리구의 상대우점도.

타내는 반면, 파쇄칩을 혼합한 실험구의 경우 양 잔디 외에 다양한 자생초본 및 목본의 생육이 두드러지게 나타났다.

(2) 얇은 식생기반재 3cm 실험구의 출현종 변화

얇은 식생기반재 3cm 실험구에서 대조구와 파쇄칩 처리구의 출현종수는 시공을 실시하고 4주 경과 후에 각각 3.4종과 3.7종으로 차이가 없었다. 시공 실시 후 8주가 경과한 시점부터 16주 경과시점까지는 1종의 차이가 있었다.

그러나, 시공 13개월 후에는 각각 5.7종과 6.0종으로 차이가 없었으며, 15개월 후에도 각각 4.4종과 4.3종으로 차이가 나타나지 않았다. 17개월 경과 시점의 대조구에는 자귀나무, 풀나무, 낭아초, 비수리, 벌노랑이, 썩, 한지형잔디가 생육하여 평균출현종수가 5.7종이고, 파쇄칩 처리구에는 대조구의 출현종 이외에 참싸리가 생육하며 평균출현종수는 6.4종으로 대조구에 비하여 0.7종이 많았다. 시공 후 2년이 지난 시점에서 파쇄

칩 처리구의 경우 파종한 재래목분류 4종이 모두 출현한 것을 확인할 수 있었으며, 대조구와 비교해서 재래목본이나 재래초본의 출현종이 많은 것을 확인할 수 있었다. 또한 29개월이 지난 후 1.0종의 차이를 보이며, 31개월 후는 출현종수는 같았지만 재래목본의 평균출현종수가 높은 것을 알 수 있었다.

상대우점도의 비교에서는 파쇄칩 처리구의 경우 툼스큐, 낭아초, 비수리, 벌노랑이, 썩 순으로 상대우점도가 높게 나타났다. 툼스큐를 제외하면 낭아초가 3cm에서도 높은 우점도를 보이는 것을 알 수 있었으며, 또한 비수리, 벌노랑이도 1cm 에서와 같이 높게 나타난 것을 알 수 있었다.

대조구의 경우에도 툼스큐가 가장 많이 나타났다. 그 뒤를 비수리, 썩, 낭아초, 벌노랑이, 자귀나무 순으로 나타났다. 칩입종의 경우에는 자주개자리가 상대우점도가 높았으며, 그 뒤를 망초와 강아지풀이 높았다. 목본류는 낭아초와 자귀나무가 높게 나타난 것을 알 수 있었다.

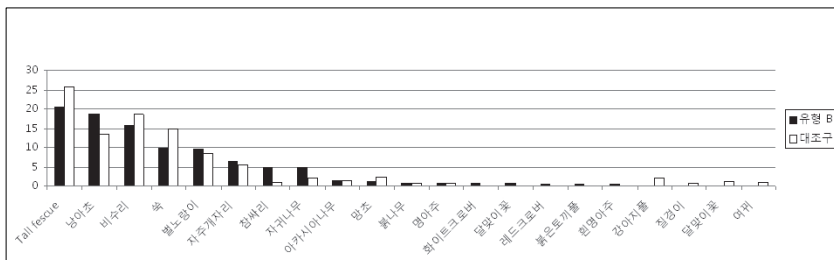


그림 2. 얇은 식생기반재 3cm 처리구의 상대우점도.

(3) 두꺼운식생기반재 10cm 실험구의 출현종 변화

두꺼운식생기반재 10cm 실험구의 대조구와 파쇄칩 처리구의 출현종수는 4주경과 후부터 처리구간에 1종 이상의 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 시공을 실시하고 4주경과 후 출현종은 각각 1.3종과 3.0종으로 나타났으며, 8주가 경과한 후에는 각각 4.0종과 5.0종으로 조사되었다. 12주가 경과한 후에는 각각 4.3종과 5.7종으로 나타났으며, 16주 후에는 각각 6.3종과 7.0종으로 조사되었다.

시공 후 13개월 후에는 각각 4.0종과 3.6종으로 감소하였으며, 대조구와 파쇄칩 처리구와는 차이가 없었다. 15개월 후에는 3.6종과 5.0종으로 1종의 차이를 보였다. 17개월경과 시점에서 대조구에는 자귀나무, 붉나무, 참싸리, 낭아초, 비수리, 벌노랑이, 썩, 한지형잔디가 생육하여 평균출현종수가 4.0종이었고, 파쇄칩 처리구에는 대조구의 출현종 이외에 붉은토끼풀이 생육하며 평균출현종수는 5.3종으로 대조구에 비하여 1.3종이 많았다. 31개월이 지난 후에는 대조구와의 평균출현종수가 1.2종의 차이를 보였다. 시공 후 2년이 지난 시점에서 대조구와 파쇄칩의 평균출현종수의 차이가 나는 것을 확인 할 수 있었으며, 이러한 차이는 파쇄칩이 식물의 활착이나 생육하는데 좋은 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

한편, 파쇄칩 처리구의 상대우점도의 경우 툴웬스큐가 가장 높았고, 그 뒤를 붉나무, 벌노랑이, 비수리, 낭아초, 자귀나무순으로 나타났으며,

대조구와 비교하여 붉나무, 낭아초, 자귀나무가 우점하는 비율이 높은 것을 알 수 있었다. 이는 파쇄칩이 목본이 활착을 하는데 도움을 주었기 때문이라고 판단된다. 대조구의 상대우점도의 경우 툴웬스큐가 가장 높았고, 그 뒤로 비수리, 벌노랑이, 썩, 낭아초, 자귀나무순으로 나타났다. 대조구의 경우에는 초본류가 많이 우점하고 있는 것을 확인할 수 있었고, 또한 칩입종의 경우 자주개자리가 우점하고 있었다. 木村正信 등(2005)은 목질칩을 녹화기반재에 사용하는 경우 기반의 질소 함유율의 저하가 초기단계에서의 목초류의 번무를 억제하는 요인이 되어 싸리류의 성장을 촉진한다고 하였으며, 그 반면 싸리류 이외의 식물은 생육이 지연되는 환경하에 있게 된다고 하였는바, 이는 본 연구의 결과와 일치한다고 할 수 있다.

2) 피복율 분석

얇은 식생기반재 1cm 실험구의 경우, 대조구와 파쇄칩 처리구에서 피복율의 차이는 크게 나타나지 않았다. 얇은 식생기반재 3cm 실험구의 경우 두 가지 실험구에서 식생의 차이는 크게 나타나지 않았으며 파쇄칩 혼합 유무에 상관없이 시공 후 12주되는 시점에서 피복율이 40% 이상으로 나타났고, 피복율의 증가는 계절적 요인에 따라 13개월이 경과하는 시점에서 낮아지는 경향을 보이다 다시 점차적으로 증가하여 시공 후 17개월 경과시점에는 파쇄칩의 혼합 유무에 관계없이 90% 이상의 피복이 이루어지고 있었다.

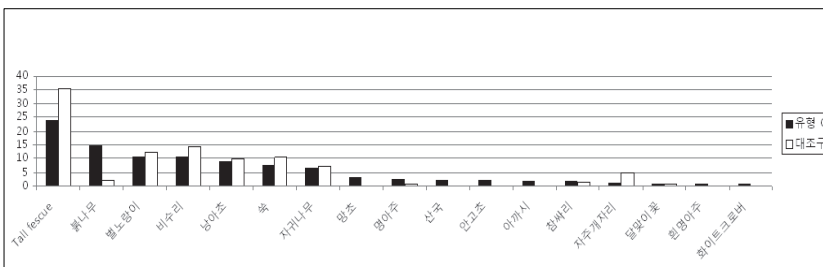


그림 3. 두꺼운 식생기반재 10cm 처리구의 상대우점도.

표 5. 시간경과에 따른 실험구별 피복을 변화.

(단위 : %)

| 취부두께 및 유형 | | 4주후 | 12주후 | 13개월후 | 28개월후 | 31개월후 |
|--------------|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| 얇은식생기반재1cm | 대조구 | 10 | 75 | 80 | 80 | 85 |
| | 유형A | 20 | 80 | 90 | 90 | 95 |
| 얇은식생기반재3cm | 대조구 | 5 | 45 | 67 | 85 | 90 |
| | 유형B | 5 | 50 | 81 | 90 | 90 |
| 두꺼운식생기반재10cm | 대조구 | 1 | 5 | 50 | 70 | 90 |
| | 유형C | 1 | 80 | 90 | 90 | 100 |

28개월 후에도 대조구와 파쇄칩 처리구의 경우 85%와 90%로 근소한 차이가 나는 것을 확인 할 수 있었다.

두꺼운 식생기반재 10cm 실험구에서 시공초기인 4주까지는 피복율에 큰 차이가 나타나지 않았지만, 8주 후부터 발아 및 생육의 차이가 나타나면서 파쇄칩을 혼합하지 않은 경우와 혼합한 경우의 차이가 확연히 나타나고 있었다. 시공 후 13개월이 지난 시점에서 대조구의 피복율이 50% 이상이 되었으며, 17개월경과 시점의 대조구는 85%, 파쇄칩 처리구는 95%로 차이를 보였다. 또한 28개월 후 대조구와 파쇄칩 처리구의 경우에도 70%와 90%로 큰 차이를 보였으며, 31개월 후에는 90%와 100%의 차이를 보였는데 이는 두꺼운 식생기반재 취부공에서 파쇄칩이 식물의 발아 및 생육에 큰 영향을 미쳐 나타나는 현상으로 판단된다. 木村正信 등(2005)은 목질칩이 취부된 녹화사면에서의 식물생육상태를 조사한 바, 취부 후 2년 경과시점에서 초본류의 피복율이 50 ~ 70%를, 싸리류가 50 ~ 100%를 점하고 있어 파쇄칩을 혼합한 실험구는 목본류의 생육이 우수한 것으로 나타났고 하였는데, 본 실험결과도 비슷한 양상을 보여주고 있었다. 아래 표 5는 시간경과에 따른 실험구의 피복을 변화를 나타낸 것이다.

파쇄칩 혼합 유무에 의한 실험구의 시간 경과에 따른 시각적 변화를 조사한 결과, 초기에는 초본류가 우점하다가 시간이 지남에 따라 목본류에 의한 식생구조로 변화되었으며, 특히 파쇄칩의

적용 여부에 따라 식물의 피복정도와 식생상태가 많이 다르다는 것을 알 수 있었다. 28개월이 지난 시점에서 볼 때 파쇄칩을 넣은 경우 식생의 활착이나 식물의 생육상태가 양호한 것을 알 수 있었으며, 식물의 다양성 부분에서도 파쇄칩을 혼합한 처리구가 보다 다양한 것을 확인할 수 있었다.

두꺼운 식생기반재 10cm 실험구의 경우, 시공 후 2개월 경과시점부터 파쇄칩의 혼합 유무에 따라 피복율이 확연히 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 또한 17개월 경과시점에는 초기 우점종인 외래초본종이 쇠퇴하고 목본종에 의해 비탈면이 피복된 것을 확인할 수 있었다. 28개월이 지난 후에는 파쇄칩을 넣은 경우에는 불나무, 자귀나무, 낭아초 등 다양한 재래목본이 주를 이루었으며, 대조구와 비교하여 종다양성이 매우 높은 것을 알 수 있었다. 또한 대조구와 비교하여 식물의 생장면에서도 초장, 초폭 등을 비교해봤을 때 월등히 좋은 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

건설공사현장에서 발생하는 임목폐기물을 파쇄하여 만든 파쇄칩을 재활용하여 비탈면 녹화용 식생기반재의 대체 효과를 알아보기 위하여 처리별로 시험시공을 실시하고 3년이 지난 시점에서의 식생조사를 통하여 다음과 결과를 얻었다.

1. 시공 후 17개월이 지난 시점에서 토양의 이화학적 특성을 분석한 결과 토양의 pH는 시공초기와 변화가 거의 없었으며, 유기물 함량은 감소

하였고 전질소량은 증가하였으며 C/N비는 낮아지면서 안정화 되었다. 이들 분석 결과치는 국내 녹화용 지킴의 식생기반재 기준을 상회하여 파쇄칩을 혼합한 식생기반재를 적용할 경우 식물이 발아하여 생육하기에는 적당한 조건을 갖추었음을 보여주고 있었다.

2. 시험구별 토양경도의 수치는 대조구와 파쇄칩 처리구의 전 실험구에서 식물의 생육에 양호한 것으로 확인되었다. 식생기반재 산도분석의 경우 시공초기 pH5.7~6.8로 조사되었고, 시공 후 31개월이 지난 시점에서 산도는 pH6.6~7.0으로 식물이 생육하는데 양호한 것으로 나타났다. 식생기반재 습도 분석의 경우에도 시공 초기의 습도값은 높았으나 식생이 안정되면서 일정한 습도값을 유지하는 것을 확인할 수 있었는데 이는 식물이 생육하는데 적합한 것으로 확인되었다.

3. 파쇄칩을 넣은 것과 대조구를 비교해 봤을 때 식물종수에서는 차이가 있었으며, 파쇄칩 처리구의 목본의 상대우점도가 높았으며, 이는 파쇄칩이 목본식물이 생육하는데 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

4. 피복율의 경우, 대조구와 파쇄칩 처리구를 비교해봤을 때 파쇄칩을 넣은 처리구에서의 피복율이 동등하거나 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었는데 이는 파쇄칩이 식물의 발아 및 생육에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

5. 이상을 종합해 본다면, 파쇄칩을 혼합한 실험구가 혼합하지 않은 실험구보다 출현종, 피복율이 우수한 것을 알 수 있었다. 시공 후 조사시점까지의 상황에서는 파쇄칩을 식생기반재의 일부로 대체하여 사용하여도 토양경도 및 녹화 식물의 생육적인 면에 있어서 긍정적인 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

6. 향후 비탈면 녹화에 있어서 파쇄칩을 식생기반재의 일부로 대체하는 것이 가능할 것으로 보이며, 시간이 경과함에 따라 파쇄칩이 토양과 녹화 식물의 생육과 주변 식생과의 천이에 어떠

한 작용을 하는지에 대해 지속적인 모니터링과 연구가 필요할 것으로 판단된다.

인용문헌

- 건설교통부. 1997. 환경친화적인 건설사업 수행요령.
- 건설교통부. 2005. 비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정지침.
- 건설교통부. 2007. 임목폐기물 재활용 방안.
- 고정현 · 吉田 寛 · 김남춘. 2006. 일본의 비탈면 녹화공법 발전과정과 전망. 한국환경복원녹화기술학회지 9(1) : 100-108.
- 국토해양부. 2009. 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침.
- 김남춘 · 이정호 · 이태욱 · 허영진. 2008. 비탈면 녹화에서 임목폐기물의 활용에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 11(4) : 119-128.
- 김정훈. 2004. 비탈면 녹화를 위한 식생배합 개선 방안 연구. 단국대학교 대학원 석사학위논문.
- 농업과학기술원. 2000. 토양화학분석법.
- 허영진 · 고정현 · 주 백 · 안태영. 2009. 임목폐기물의 현장 재활용을 위한 퇴비화기술. 한국환경복원녹화기술학회지 12(4) : 1-9.
- 龜山 章. 2003. 生態工學. ソフトサイエンス社.
- 小橋登治 · 材井 宏 · 龜山 章. 1997. 環境綠化工學.
- 中野裕司. 2000. 切土法面の綠化現場からの郷土種問題, 日本綠化工學會誌 26(2) : 92-100.
- 横塚 享 · 小林 正宏 · 齊藤 茂 · 細江 清二. 2000. 未分解チップ施用土壤による法面綠化事例. 日本綠化工學會誌 25(4) : 471-474.
- 木村正信 · 肥後睦輝 · 篠田善彦. 2005. チップ吹付け斜面でのハギ類の生育と基盤の養分特性. 日本綠化工學會誌 31(1) : 175-178.
- 千秋曲里 · 大内公安. 2001. 木質系チップを利用した綠化基盤材の配合検討. 日本綠化工學會誌 27(1) : 178-180.