

원식생 복원을 위한 산림표토내의 매토종자 적정 활용방안 연구*

김남춘¹⁾ · 김호연²⁾ · 최미연²⁾

¹⁾ 단국대학교 녹지조경학과 · ²⁾ 단국대학교 대학원

The Study on the Utilization of Soil Seed Bank for the Restoration of Original Vegetation*

Kim, Nam-Choon¹⁾ · Kim, Hoyeon²⁾ and Choi Mi Yeon²⁾

¹⁾ Department of Landscape Architecture, Dankook University,

²⁾ Graduate School of Dankook University.

ABSTRACT

This study was conducted to identify forest topsoil's usefulness from July 2013 to Oct 2014. Generally, there are abundant seeds in topsoils and it can be used at restoration works. Mt. GARIWANG is famous for biodiversity in Korea. This study was aimed to find out the suitable utilization methods of natural topsoils for restoration works at sky-slopes construction sites. Test beds was made to identify suitable collecting times and suitable topsoil thickness. The main results are summarized as follows.

First, Mt. GARIWANG have diverse species and in topsoils we can find lots of burried seeds which can be used at restoration works.

Second, according to indoor experiment, as the depth of topsoil used thicker, the number of plants and coverage rates were increased. Also, there were no distinct differences in coverage rates between 5cm and 8cm thick topsoil plots and it can be possible to use at least 3cm thick topsoils even thou lower coverage rates.

* 이 연구는 단국대학교 2014년도 대학연구비의 지원을 받았음.

First author : Kim, Nam-Choon, Department of Landscape Architecture, Dankook University,
Tel : +82-41-550-3643, E-mail : namchoon@dankook.ac.kr

Corresponding author : Kim, Hoyeon, Major in Landscape Architecture, Department of Bio-Resoueces Science,
Graduate School of Dankook University,
Tel : +82-41-529-6271, E-mail : hoyeonk@naver.com

Received : 3 December, 2015. **Revised** : 28 December, 2015. **Accepted** : 24 December, 2015.

Third, as the results of research about indoor and outdoor experimental plots, there were difference in plant emergency. If we use the stabilizer to protect soil erosion, then we can get more increased results at sloped outdoor experimental plots.

Fourth, based on environmental impact assessment, there was 389 species in whole region of Mt. GARIWANG. Through this seed bank experiments, we can find 23 varieties, including 4 tree varieties and 19 herbaceous varieties. We can find lots of native herbaceous species from topsoils.

Fifth, this research was done at the specific area of Mt. GARIWANG and used limited topsoils. But we monitoring more longer periods, then there will be more useful outcomes.

Finally by researching topsoils of Mt. GARIWANG, we can find diverse native plants. Thus, we must reuse natural topsoils of Mt. Gariwang for restoration of original vegetation.

Key Words : *Mt. GARIWANG, Ski slope restoration, Seed bank, Germination test, Topsoil, Vegetation restoration.*

I. 서 론

표층토의 매토종자를 활용하는 복원연구는 다수 있으나(Leck et al., 1989; Miberg, 1993; Mitchell, 1998), 산림표토를 활용한 원식생 복원 방안 연구는 최근에 이루어지고 있다(Kim, 2007; Son, 2003). 2018 동계 올림픽의 개최지가 평창으로 확정되면서 산림유전자원보호구역을 포함한 가리왕산이 활강 경기(Alpine)예정지로 선정되었다. 가리왕산 지역은 우리나라 대표적인 원시림 지역으로, 왕사스레나무, 분비나무, 주목 등이 최대 자생 군락지를 형성하고 있으며, 높은 영급의 교목들이 분포하고 있다(Back, 1998; Paik et al., 1998; Forest Service, 2012). 이러한 교목들이 자연사나 교란으로 인해 고사하였을 때 숲 틈이 생겨나면 토양속의 매토종자가 발현되어 즉각적인 식생재생이 일어나지만(Koo, 2013; Lee, 2009; Yi, 2010; Bigwood and Inouye, 1988), 복원노력 없이 방치하면 다양한 원인에 의해 붕괴와 침식이 가속된다(Lee, 2007; Lee, 2011; Kim, 2008). 가리왕산은 온전히 보전된 침엽수와 활엽수의 혼합림을 가지고 있어 식물의 종류가 다양하고, 수직 분포가 뚜

렷하며(Ministry of Environment, 1999), 한국환경복원기술학회의 중봉알파인 자연환경조사에 의하면 동계올림픽 스키장 주변에서 96과 273 속 389종 총 449분류군이 조사되었다(KOSERT, 2013). 특히 스키슬로프 건설예정지에는 녹지자연도 9등급지역이 다수 포함되어 있다. 동계올림픽후에는 일부 훼손한 스키슬로프를 원식생으로 복원하는 계획이 수립되어 있어 장차 희귀·멸종위기종을 포함한 자생식물 위주의 복원 노력이 요구되고 있다.

일반적으로 국내의 스키장, 골프장 등 개발현장에서는 부지조성 시 귀중한 표토 자원을 무분별하게 제거되거나 깊숙하게 매몰하여 버리는 일이 발생한다. 강원랜드 스키스로드 공사 시에도 이러한 문제가 이슈화되었으며, 하천 범람지, 공사현장 등에서도 유사한 사례가 빈번하다(Kim, 2005; Cho et al., 2013)). 표토는 매우 유익한 자연자원이며, 원식생복원공사시에는 꼭 사용되어야 할 귀중한 자연자원이다(Morrison, 1996; Kim, 2008, 2007; Nam, 2004). 즉, 오랜 시간에 걸쳐 생성된 표토자원을 수거하지 않고 토목·건설 공사 시에 공사의 편의를 핑계로 부지조성공사시 단순 매립하거나 일부 수거한

것을 단순하게 식재지의 토양재로 사용하는 것은 바람직하지 못하다(Lee, 2013). 복원은 훼손되기 이전의 상태로 되돌리거나 도와주는 과정이며(Bradshaw, 1984; Morrison, 1996, Kim, 1988, Cho, 2011), 가리왕산 스키슬로프 건설지 주변 훼손지와 원식생복원 예정지에서는 자생종 위주로 계획되어야 하고, 공사시에 표층토 수거를 언제, 어떻게 수거하여 보관하다가 활용할 것인가에 대한 계획 수립이 요구된다.

산림 표층토를 이용한 시드뱅크 공법은 표층토에 함유된 잠재종자의 발아에 있어서 유전자 교란의 문제가 없는 장점이 있으며(Koh, 2007), 시공방법으로는 조경식재지 복토재로 사용하는 방법과 식생기반재와 혼합하여 뿔어붙이기하는 방법이 있을 수 있다(Nam, 1998). 산림표층토에서는 원식생의 식물이 발현할 가능성이 높지만 원식생의 식생구조에 따라 다른 결과가 예상된다(Archibold, 1989; Lee, 2009), 가리왕산의 표층토는 생물다양성이 매우 풍부한 지역에서 채취한 매우 귀중한 자연자원이므로 수거와 보관에 특별한 주의가 필요하다. 일반적으로 산림 표층토를 채취할 때는 표층 5~10cm 정도의 깊이로 채취하고, 한 해 낙과한 종자가 많이 포함되어 있는 늦가을에 정성스럽게 채취하는 것이 바람직하다(Koh, 2007).

이들 표층토 내의 매토종자는 상대적으로 비용이 저렴하고, 출현하는 식물종이 다양하기 때문에(Dougall and Dodd, 1997; Cho, 2011), 산림 표층토를 녹화에 이용할 경우, 훼손된 비탈면에 두껍게 피복하여 주는 것이 가장 바람직하다.

가리왕산 산림훼손 예정지의 복원에 표토를 활용하기 위해서는 표토수거방법, 표토수거시기, 표토 저장방법 등에 대한 계획 수립이 요망된다. 수거한 표토를 활용하기 위한 야외실험과 현장실험을 통한 검증과정도 요구된다(Archibold, 1989a, 1989b). 표토활용실험은 일반적으로 주변 종자의 자연 침입이 배제된 온실조건에서 수행한 결과와 현지에서 수행한 결과를 비교하는

방식으로 진행한다(Koh, 2007). 즉, 수거한 산림표토에서 발현하는 실내실험과 표토와 식생기반재와 혼합한 매토종자 함유 식생기반재를 활용하는 야외 시험을 동시에 진행할 필요가 있다.

본 연구는 생물다양성이 풍부한 가리왕산 내 유전자보호림내의 표토를 수거하여 표토 내 매토종자의 출현과 이들에 의한 피복율을 조사하여 표토의 활용 필요성을 파악하고, 표토 활용을 위한 최적피복두께에 대한 실험을 병행함으로써 표토를 활용한 원산림식생의 복원 방안을 제시할 목적으로 수행되었다. 본 연구결과는 가리왕산과 같은 생물다양성이 풍부한 산림지역에서 부득이하게 생성하는 훼손지를 생태복원 하고자 할 때, 표토를 활용하는 복원계획수립 시 중요한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

II. 연구범위 및 방법

표토활용가능성을 파악하기 위해 가리왕산에서 채취시기를 달리하여 수거한 산림표층토를 대상으로 온실조건에서 표토 내 식물의 발아와 생육경향을 조사하였고, 인위적인 비탈면을 조성한 다음 표층토 피복두께에 따른 출현종과 생육경향을 분석하였다.

1. 표층토 수거지 주변 식물상

표토수거지 주변의 식물상을 파악하기 위해 우선 조사지역 내에서 출현하는 종을 기록하고 문헌과 비교하여 동정하였고(Koh and Jeon, 2003), 중봉알파인 환경영향평가서의 조사내용을 참조하였다(The Korea Society for Environmental Restoration Technology, 2013). 산림표토 수거지역은 교목류로써 신갈나무, 사스레나무, 거제수나무, 물푸레나무, 당단풍, 함박꽃나무 등이 나타나고, 지피류로써는 단풍취, 죽도풀, 관중, 병풍쌈, 노루오줌, 노루귀, 곰취, 연영풀, 말나

리, 너도바람꽃 등이 출현하는 녹지자연도 9등급지역이다(Paik et al., 1998). 조사지점의 식생에 대한 동정은 한국환경복원기술학회에서 수행한 가리왕산 스키슬로프 예정지 자연환경분야 조사 학술용역(2013)에 참여한 자연식생 조사자의 도움과 관련 도감(Lee, 2003)을 활용하여 검증하였다.

2. 표층토 수거 및 발아율 조사

1) 표층토 채취

본 실험에 사용된, 잠재종자원으로 이용한, 산림 표층토는 가리왕산의 강원도 정선군 가리왕산의 자작나무군락, 주목군락, 분비나무군락, 신갈나무군락, 사스레나무군락 등의 수림대 중에서 신갈나무군락과 사스레나무군락의 수림대 내에서 채취하였다. 대부분의 종자가 2~5cm 토양 깊이에 집중되어 있다는 기존 연구내용(Roberts, 1981; Koh, 2007)을 토대로 각 군락별 세부조사구 (3m × 3m)를 10개소 배치한 후 조사구의 중앙에서 부식되지 않은 낙엽층을 걷어낸 뒤 매토종자가 있을 가능성이 높은 5cm(±2) 깊이까지의 표층토(A0~A1층)를 대상으로 삼을 이용하여 인력으로 채취하였다(그림. 1). 채취 시기는 2013년 봄(5월), 가을(10월), 2014년 봄(4월) 3회 채취하였으며, 2013년 봄(5월)에 채취한 토양은 운반한 후 포트에 옮겨 발아 실험을 하였고, 가을(10월)에 채취한 토양은 저온고(-2~3°)에 보관·저장 후 2014년(봄) 4월에 채취한 토양과 함께 포트에 옮겨 매토종자 발아 실험과 비탈면 실험에 사용하였다.



Figure 1. View of collecting topsoils at Mt. Gariwang ski-slope construction sites.

2) 표층토 보관

본 실험에 사용된 가을 채취표층토(2013년 10월)는 강원도 강릉에 위치하는 저온고에 보관 저장하였으며, 매토종자의 발아 여건 및 변형, 온도와 습도를 고려하여야 하는 조건들을(Koh, 2007) 고려하여 보관하였다.

3) 산림표토의 채취 시기별 발아율 조사

본 실험은 산림 표층토내에 잠재하고 있는 매토종자를 이용하여 훼손되기 이전의 원식생과 유사한 식생형으로 복원하기 위한 것이므로 우선 채취시기에 따른 발아율 차이를 확인하고자 하였고, 표층토의 적용 두께에 대한 발아율 조사를 하였다.

4) 기반토양

공시 기반 토양재료는 산림 표층토, S사의 식생 기반재(식양토, 펄라이트, 코코피트, 분쇄바크 혼합)를 사용하였다. 녹화토에 혼합재료로 사용된 식양토는 토양 유기물과 잡초종자에 의한 실험의 오차를 줄이기 위하여, 심토를 2mm 체에 거르고 150°C에서 3시간 동안 훈증 살균하여 이용하였다. 식생기반재는 무종자 상태의 토양을 만들어 사용하였다.

5) 표층토 채취 시기별 발아율 실험

실험구는 단국대학교내의 연구포지에 조성하였으며, 주변 식생의 침입을 차단하기 위하여 연구포지내의 비닐하우스 안에 방초망을 깔고 설치하였다. 실험구의 배치는 위치에 따른 실험의 오차를 줄이기 위하여 완전임의배치법으로 배치하였으며, 평지에 40cm × 60cm × 20cm의 직사각형 모양의 파종틀에 식생 기반재를 8cm 포설 후 그 위에 표층토를 덮어서 조성하였다. 식생기반재 8cm를 포설한 것은 파종틀이 깊이를 고려하였고, 이 두께면 실험에 사용한 표층토가 마르지 않을 것이라 생각하였으며, 원지반의 역할을 할 수 있을 것으로 판단하였기 때문이다.

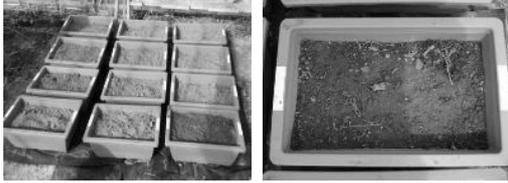


Figure 2. View of experimental plots.

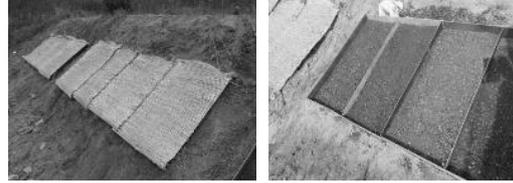


Figure 4. View of exterior experimental site.



Figure 3. View of emerged plants after 80days.

실험에 사용된 표층토는 2013년 봄(5월)에 채취한 표층토와 2013년 가을(10월)에 채취한 표층토로써, A-S type(식생기반재 + 봄철 수거 표층토 1cm), B-S type(식생기반재 + 봄철 수거 표층토 3cm), C-S type(식생기반재 + 봄철 수거 표층토 5cm), D-S type(식생기반재 + 봄철 수거 표층토 8cm), A-F type(식생기반재 + 가을철 수거 표층토 1cm), B-F type(식생기반재 + 가을철 수거 표층토 3cm), C-F type(식생기반재 + 가을철 수거 표층토 5cm), D-F type(식생기반재 + 가을철 수거 표층토 8cm)의 8수준을 3반복하여 총 24개의 실험구를 조성하였다. 식생 기반재의 토양 배합은 배수성과 통기성의 향상을 위하여 식양토, 펄라이트, 코코피트, 바크의 비율을 용적 비율(3 : 3 : 3 : 1)로 혼합하여 처리하였다.

실험구 조성 후에는 발아와 생육을 돕기 위해 인위적인 관수를 실시하였다.

3. 경사면 실험구조성

경사면에서 표층토의 발아 경향과 피복율을 파악하기 위해 1 : 1.2의 경사면에 100cm × 50cm × 30cm 모양의 직사각형 모양의 파종틀에, 식생 기반재를 15cm 포설 후, 그 위에 표층토를 덮어서 조성하였다.

식생기반재 15cm를 포설한 것은 식생기반재

에는접착제가 혼합되어 있어 경사면에 접촉될 수 있고, 실험기간 중에는 원지반에 있는 매토종자의 출현에 의한 교란을 막을 수 있는 두께라고 생각하였기 때문이다.

사용된 표층토는 2014년 봄(5월)에 채취한 토양으로 A-S type(식생기반재 + 표층토 1cm), B-S type(식생기반재 + 표층토 3cm), C-S type(식생기반재 + 표층토 5cm), D-S type(식생기반재 + 표층토 8cm)으로 4수준과 표층토가 포설되지 않은 대조구를 포함하여 3반복함으로써 총 15개의 실험구를 조성하였다.

식생 기반재의 토양 배합은 배수성과 통기성의 향상을 위하여 식양토, 펄라이트, 코코피트, 바크의 비율을 3 : 3 : 3 : 1 비율의 용적비로 혼합 처리하였다. 실험구 조성후 발아가 이루어지기 까지 인위적인 관수를 실시하였다.

4. 분석 방법

1) 출현종과 피복율 분석

각 방형구에서 출현종과 피복율을 조사하였다. 전수조사를 원칙으로 하고 방형구를 육안으로 관찰하면서 출현종을 동정하였다. 피복율을 방형틀을 활용하여 조사한 후 조사구 면적으로 환산하였고, 사진을 찍어 기록한 피복율과 실험실에서 비교·분석하였다.

2) 피복율과 조성, 출현종수의 상관관계 분석

조사지역 식물군락 유형의 식물사회학적인 조사방법은 각 계층별 출현식물을 우점도(Dominance)와 군도(Sociability)에 의한 전추정법(Braun-Blanquet)에 따라 피도(Cover)와 군도

(Sociability)를 측정하고, 피육율과 출현종수의 상관관계를 분석하였다(Cho, 2011).

III. 연구 결과 및 고찰

1. 표층토의 토양 분석

표층토의 이화학적 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

토양의 이화학적 특성에 있어 유기물함량(O.M.; organic matter)은 양이온 치환용량, 보수력, 토양구조 등에 큰 영향을 미치며, 전질소(T.N.; total nitrogen)와 유효인산(P_2O_5)을 대부분 공급하는데, 2013년 05월 10.49%로 분석되었고, 2013년 10월에는 8.74%, 2014년 4월에는 9.21%로 조사되었다. 본 실험에 사용된 표층토에는 유기물함량이 일반적인 산림토양에 비해 상대적으로 높아 식물생육에 적합한 토양으로 분석되었다.

2. 표층토의 채취 시기별 발아율과 출현종, 피복율 경향

본 연구에서의 가을 표토 평지 방형구 두께 1cm에서는 총 6종이 출현하였으며, 3cm에서는 총 12종이, 5cm에서는 총 18종이, 8cm에서는 총 25종이 출현하였다. 두께별 평균피복율은 최종 평가 당시 1cm에서는 24.3%, 3cm에서는 70%, 5cm에

서는 93.3%, 8cm에서는 92.6%였다(Figure 6).

1cm와 3cm의 두께에 비해 5cm와 8cm의 두께에서 평균피복율이 월등히 높은 수치를 나타내었다. 가을표토 평지 방형구의 피도·군도 분석 결과 모든 방형구에서 산딸기가 피도·군도가 높은 것으로 확인되었으며, 산딸기 다음으로 피도·군도가 높은 봄여뀌도 모든 방형구에서 똑같이 나온 것으로 확인되었다(Table 2).

봄 표토 방형구의 두께별 1cm에서는 총 5종이 출현하였으며, 3cm에서는 총 10종이, 5cm에서는 총 16종이, 8cm에서는 총 19종이 출현하였다. 두께별 평균피복율은 최종 평가 당시 1cm에서는 25%, 3cm에서는 60%, 5cm에서는 73.3%, 8cm에서는 81.6%였다. 1cm와 3cm의 두께에 비해 5cm와 8cm의 두께에서 평균피복율이 높은 수치를 나타내었고, 특히 8cm의 두께에서 평균피복율이 가장 높았다(Figure 5).

봄 표토 방형구의 피도·군도 분석 결과 가을 표토와는 달리 봄여뀌의 피도·군도가 높은 것으로 확인되었고, 산딸기는 봄여뀌의 피도·군도에 못 미치는 것으로 나타났다. 또한, 표층토의 두께가 높아짐에 따라 초종의 출현 횟수가 증가하였으며, 피복율 또한 증가하였다(Table 2).

가을표토, 봄표토의 방형구를 비교해 볼 때, 가을표토의 두께별 피복율이 높았으며, 5cm와 8cm의 두께에서 출현종수가 많았다.

Table 1. Physical and chemical analysis of topsoils collected at ski slope construction site of Mt. GARIWANG.

Classification	2013.05	2013.10	2014.04
Acidity (1 : 5, pH)	4.72	5.62	5.59
Organic meter (g/kg, OM)	10.49	8.74	9.21
Available phosphate (mg/kg, Av.P205)	21.59	25.09	15.99
Total nitrogen(%, T-N)	0.61	0.43	0.52
Cation exchange capacity (C.E.C)	26.04	28.75	29.57
Ex. cation of Calcium (cmol/kg, Ca^{2+})	5.42	5.36	4.30
Ex. cation of Potassium (cmol/kg, K^+)	0.78	0.94	1.85
Ex. cation of Magnesium (cmol/kg, Mg^{2+})	0.84	0.96	1.27

Table 2. Emerged species and dominant plants of indoor experimental plots established by topsoil collecting time and topsoil thickness.

Scientific name	Thickness of topsoils								contrast plot
	1cm		3cm		5cm		8cm		
	A-F ¹⁾	A-S ²⁾	A-F	A-S	A-F	A-S	A-F	A-S	
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	● ³⁾	●	●	●	●	●	●	●	
<i>Persicaria vulgaris</i> (봄여뀌)	●	●	●	●	●	●	●	●	
<i>Spodiopogon cotulifer</i> (기름새)	●	●	○	●	○		●	●	
<i>Carex siderosticta</i> Hance (대사초)	○ ⁴⁾	○	○	○	●	●	○	●	
<i>Viola rossii</i> Hems l (고갈제비꽃)			○	○	●	○	○	○	
<i>Viola patrinii</i> (흰제비꽃)			○		○				
<i>Phtheirospermum japonicum</i> (나도송이풀)			○	○	○		○		
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	○	○	○		○	●	●	○	
<i>Taraxacum officinale</i> (서양민들레)			○		○	○	○	●	
<i>Oenothera biennis</i> (달맞이꽃)					○		○	●	
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (참싸리)					○		●	●	
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)					○	○	○	○	
<i>Erythronium japonicum</i> (얼레지)					○		○	○	
<i>Artemisia montana</i> (산쑥)					○	●	○	○	
<i>Cirsium setidens</i> (고려영경귀)					○	●	○		
<i>Aralia elata</i> (두릅)					○	○			
<i>Corydalis remota</i> (현호색)							○	○	
<i>Amaranthus lividus</i> (개비름)							●	○	
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)							○	○	
<i>Isodon inflexus</i> (산박하)							○	○	
<i>Phellodendron amurense</i> (황벽나무)					○	○		○	
<i>Erythronium japonicum</i> (얼레지)							●		
<i>Paris verticillata</i> (삿갓나물)							○		
<i>Digitaria sanguinalis</i> (바랭이)									●
<i>Poa compressa</i> (좁포아풀)									○
<i>Humulus japonicus</i> (환삼덩굴)									●
<i>Trifolium repens</i> (토끼풀)									●
<i>Artemisia princeps</i> (쑥)									●
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (참싸리)						●			●
<i>Erigeron canadensis</i> (망초)									●
<i>Potentilla fragarioides</i> (양지꽃)							○		
Total	5	5	9	6	17	12	21	17	7

¹⁾ A-F Topsoils Collected in Fall season

²⁾ A-S Topsoils collected in Spring season

³⁾ ● Occured species shows above 25-50% coverage

⁴⁾ ○ Occured species shows below 25% coverage

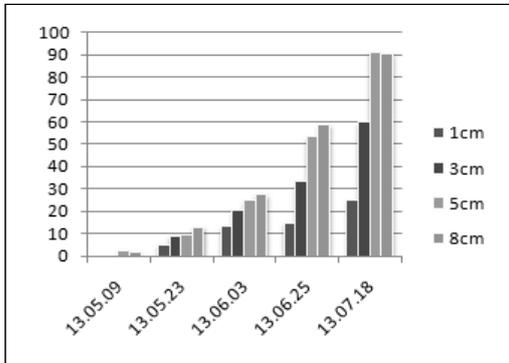


Figure 5. Coverage rates of A-S type. (topsoil was collected at spring season)

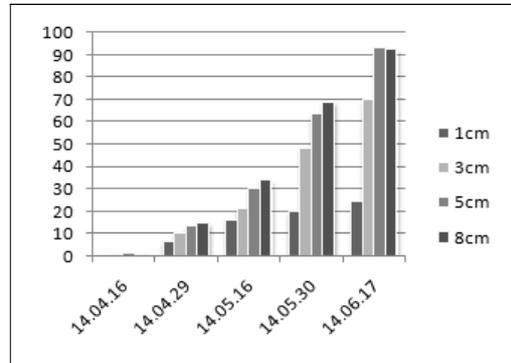


Figure 6. Coverage rates of A-F type. (topsoil was collected at Fall season)

3. 경사면 실험구에서의 출현종과 피복율

본 비탈면 실험구 두께 1cm에서는 총 5과 5종이 출현하였다(Table 3). 2번 출현한 종은 산딸기, 봄여뀌, 기름새, 대사초, 개망초였다. 3cm에서는 7과 9종이 출현하였으며, 3번 출현한 종은 산딸기, 서양민들레이며, 2번 출현한 종은 봄여뀌, 기름새, 고깔제비꽃, 흰제비꽃, 나도송이풀, 개망초이며, 1번 출현한 종은 대사초였다. 비탈면 방형구 5cm 출현종 분석 결과 8과 12종이 출현하였으며, 3번 출현한 종은 산딸기, 아까시나무, 서양민들레이며, 2번 출현한 종은 봄여뀌, 고깔제비꽃, 나도송이풀, 달맞이꽃, 얼레지, 산썩, 고려엉겅퀴, 개망초였다. 비탈면 방형구 8cm 출현종 분석 결과 14과 16종이 출현하였으며, 3번 출현한 종은 산딸기, 현호색, 서양민들레이며, 2번 출현한 종은 봄여뀌, 기름새, 대사초, 달맞이꽃, 참싸리, 두릅, 개비름, 진달래, 산박하, 황벽나무, 얼레지, 산썩, 개망초였다.

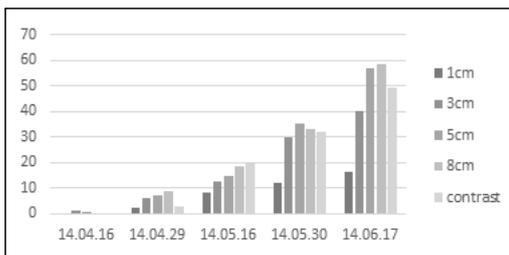


Figure 7. Coverage rates of slope experimental plots.

비탈면 출현종 분석 결과 출현종은 두께가 증가함에 따라 출현종도 증가하는 것으로 나타났다. 출현빈도는 수종별 2번의 출현빈도가 가장 높았다.

피복율에서는 3cm에서 40%, 5cm에서는 57%, 8cm에서는 58%였다. 1cm와 3cm의 두께에 비해 5cm와 8cm의 두께에서 평균피복율이 비교적 높은 수치를 나타내었다. (Figure 7)

비탈면 방형구의 피도·군도 분석 결과 모든 방형구에서 산딸기가 피도·군도가 높은 것으로 확인되었으며, 산딸기 다음으로는 봄여뀌, 기름새, 대사초가 높은 것을 확인할 수 있었다.

비탈면 대조구 방형구에서는 총 7종이 출현하였다.

출현종 중에서는 제비꽃류, 얼레지, 엉겅퀴, 삿갓나물 등 현지 자생종이 다수 포함되었다 (Table 3).

4. 피복율과 두께, 출현종수와의 상관관계

이상의 표층토 실험결과를 총괄하여(Table 4 참조) 표층토의 두께, 출현종수, 피복율에 대해 F-검정 결과 P값이 0.000으로 0.05보다 현저히 낮아 각 대상지 간의 두께, 출현종수, 피복율은 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다(Table 5). 이에 Table 6에서는 두께, 출현종수, 피복율과의 상관계수를 나타냈다. 두께와 종수의 상관계

Table 3. Emerged species of slope experimental plots established by topsoil thickness.

Scientific name	Thickness of topsoils				Control plot
	1cm	3cm	5cm	8cm	
	A-F	A-F	A-F	A-F	
<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	● ¹⁾	●	●	●	
<i>Persicaria vulgaris</i> (봄여뀌)	●	●	●	●	
<i>Spodiopogon cotulifer</i> (기름새)	●	●		●	
<i>Carex siderosticta</i> Hance (대사초)	●	●	●	●	
<i>Viola rossii</i> Hems l (고갈제비꽃)		○ ²⁾	●		
<i>Viola patrinii</i> (흰제비꽃)		●	●		
<i>Phtheirospermum japonicum</i> (나도송이풀)		●	●	○	
<i>Erigeron annuus</i> (개망초)	●	●	●	●	
<i>Taraxacum officinale</i> (서양민들레)		●	●	●	
<i>Oenothera biennis</i> (달맞이꽃)		●	●	●	
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (참싸리)			○	●	
<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)			●	○	
<i>Erythronium japonicum</i> (얼레지)			●	○	
<i>Artemisia montana</i> (산쑥)			●	●	
<i>Cirsium setidens</i> (고려엉겅퀴)			●	○	
<i>Aralia elata</i> (두릅)			○	●	
<i>Corydalis remota</i> (현호색)				●	
<i>Amaranthus lividus</i> (개비름)				●	
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)				○	
<i>Isodon inflexus</i> (산박하)				●	
<i>Phellodendron amurense</i> (황벽나무)			○	●	
<i>Erythronium japonicum</i> (얼레지)				●	
<i>Paris verticillata</i> (삿갓나물)					
<i>Digitaria sanguinalis</i> (바랭이)					○
<i>Poa compressa</i> (좁포아풀)					●
<i>Humulus japonicus</i> (환삼덩굴)					●
<i>Trifolium repens</i> (토끼풀)					●
<i>Artemisia princeps</i> (쑥)					●
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (참싸리)					●
<i>Erigeron canadensis</i> (망초)					●
<i>Potentilla fragarioides</i> (양지꽃)					
Total	5	9	17	21	7

¹⁾ ● Occured species shows above 25-50% coverage

²⁾ ○ Occured species shows below 25% coverage

수는 0.907로 매우 강한 양의 상관관계수가 나타났다. 따라서 두께가 깊을수록 종수도 많아진다는 것을 확인할 수 있었다.

비탈면 실험구에서도 얼레지, 고려엉겅퀴, 황벽나무, 제비꽃류등의 자생종이 출현하였으며 표층토 8cm 피복 실험구에서 가장 다양한 종이

나타났다(Table 3).

그리고 두께와 피복율의 상관관계는 0.739로 강한 양의 상관관계가 있었다. 이는 두께가 깊어질수록 피복율도 높아지는 것을 나타낸다. 종수와 피복율 간의 상관관계수는 0.863로 매우 강한 양의 상관관계로 확인되었다. 이는 종수가

Table 4. Cover rates and number of emerged species according to collecting time and topsoil depth in experimental plots.

Classification	Topsoil depth	Clause	Quadrat1	Quadrat2	Quadrat3
Fall topsoil	1cm	cover rate	28	25	20
		a number of emerged species	4	4	5
	3cm	cover rate	75	70	65
		a number of emerged species	8	9	8
	5cm	cover rate	91	96	93
		a number of emerged species	12	14	13
	8cm	cover rate	95	92	91
		a number of emerged species	18	19	19
Spring topsoil	1cm	cover rate	30	20	25
		a number of emerged species	3	3	4
	3cm	cover rate	60	55	65
		a number of emerged species	6	7	7
	5cm	cover rate	80	70	70
		a number of emerged species	11	13	12
	8cm	cover rate	90	80	75
		a number of emerged species	14	14	15
Slop experimental site	1cm	cover rate	15	18	15
		a number of emerged species	3	3	4
	3cm	cover rate	40	35	45
		a number of emerged species	5	6	7
	5cm	cover rate	65	49	57
		a number of emerged species	8	9	9
	8cm	cover rate	60	50	65
		a number of emerged species	11	11	13
Contrast site	cover rate	43	65	40	
	a number of emerged species	4	4	5	

Table 5. F-test of topsoil depths, emerged species number, coverage rates.

Cause of change	ss	df	rs	F ratio	p-value	F critical value
Process	67788.05	2	33894.03	148.88	0.000	3.08
Residual	25953.95	114	227.67			
Sum	93742	116				

Table 6. Correlation of topsoil depth, species number and cover rates.

	Topsoil depth	Species number	Cover rate
Topsoil depth	1		
Species number	0.907	1	
Cover rate	0.739	0.863	1

Table 7. Regression analysis of species number and topsoil depth.

Independent variable	A factor	Standard error	p-value
Topsoil	1.546	0.117	0.01 less than

많아질수록 피복율이 올라가는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 두께와 종수간의 상관관계가 1에서 가장 가깝기 때문에 두께와 종수간의 상관관계가 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다.

출현종수를 종속변수로, 두께를 독립변수로 설정하여 회귀분석을 실시한 결과 두께가 출현종수에 유의한 영향을 미치며, 두께가 깊을수록 출현종수는 많아 질 것으로 판단된다(Table 7).

이상의 결과를 보아 두께와 출현종수와의 관계를 파악하였으며, 두께가 깊을수록 더 많은 종이 발아하는 것으로 나타났다. 또한 출현종이 많아질수록 피복율이 더 높아지는 것을 알 수 있는데, 표토를 활용하는 생태복원 시에 표토의 두께를 두텁게 할수록 원식생으로 복원하는데 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

IV. 결 론

산림표층토의 두께가 두터워 질수록 출현종이 많아지는 것을 확인할 수 있었다. 1cm와 3cm의 표토에서 수종별 출현빈도의 차이가 컸

으나, 5cm와 8cm의 표토에서는 출현빈도의 차이가 점차 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 이는 두께가 두꺼운 표토 일수록 표토 내 매토종자가 얇은 두께의 표토 보다 많이 포함되어 있고, 수종별 출현빈도 차이가 적어지는 것을 판단할 수 있다.

최종 평가의 평균피복율은 두께 1cm에서 24.3%, 3cm에서 70%, 5cm에서 93.3%, 8cm에서 92.6%의 피복율을 확인할 수 있었다.

출현종수를 종속변수로, 두께를 독립변수로 설정하여 회귀분석을 실시한 결과 두께가 출현종수에 유의한 영향을 미치며, 두께가 깊을수록 출현종수는 많아 질것으로 판단된다.

위와 같은 결과를 토대로 본 연구에서 다음과 같은 결론을 유추할 수 있겠다.

첫째, 종다양성이 우수한 가리왕산의 경우 표토내에 많은 매토종자를 포함하고 있으므로 산림표층토를 이용하여 녹화공사를 할 경우 일반적으로 사용되는 녹화용 식물종자를 함께 사용하지 않아도 우수한 녹화 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 표토채취에 따른 출현종 분석 결과 가을에 채취한 표토가 봄에 채취한 표토보다 출현종과 피복율이 우수한 것으로 분석되었다. 이는 산림표층토를 이용하여 녹화공사 시 봄에 채취한 토양 보다 가을에 채취한 토양을 인용하면 우수한 녹화효과를 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

셋째, 표층토 피복 두께가 두터워 질수록 출현종과 피복율이 높아지는 것을 알 수 있었으며, 5cm와 8cm 간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 표층토 수거 및 보관의 어려움을 고려해 볼 때 피복효과는 다소 떨어지지만 최소 3cm이상으로 표층토를 사용하여도 원하는 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대되었다. 하지만 강우에 유실되지 않도록 비탈면 녹화장비로 침식방지제와 함께 분사 취부하여야 사용가능할 것으로 판단된다.

넷째, 실내 온실의 평지와 야외 비탈면에 조성한 실험을 비교한 결과 평지 방형구가 비탈면 방형구 보다 출현종이 많이 출현하였고, 피복률도 높은 것을 확인 할 수 있었다. 비탈면은 평지보다 경사가 있어 토양이 쓸려 내려와 생육이 불안정 하였기 때문으로 판단되며, 비탈면 녹화공사시 사용하는 토양 침식 방지제를 혼용하여야 할 것으로 판단된다.

다섯째, 가리왕산의 전체 식물상과 실험구에서 출현한 종을 분석한 결과, 환경영향조사 보고서상 가리왕산 전체 식물종 총 389개 종 중에서 본 실험구에서 23개 종이 출현하는 것이 확인되었다. 23종 중에는 교목·관목류는 4종(17.3%) 이었고, 초화류는 19종으로 82.7%였다. 본 실험구에서 출현한 종은 초화류가 대부분이었다. 본 연구는 특정 기간 동안의 결과이므로 시간을 길게 관찰 해보면 보다 다양한 종의 출현이 기대된다.

여섯째, 본 연구는 공간상 가리왕산이라는 특정지역에 한정하여 실험을 수행하였고, 가리왕산에서 현장 실험한 데이터와 비교고찰하지 못한 한계가 있다. 본 연구와 관련하여 가리왕산

현장실험을 시도하였으나 조사를 위한 접근의 어려움과 실험구의 일부 훼손으로 현장야외실험 결과를 도출하지 못한 아쉬움이 있다.

References

- Archibold, O. W. 1989a. Seed banks and vegetation processes in coniferous forests, *Applied Geography* 2(3): 240.
- Archibold, O. W. 1989b. Structure and function of northern coniferous forests-an ecosystem study. *Applied Geography* 2(3): 240.
- Back WK. 1998. Flora and Vegetation of Resources Plants in the Mt. Gariwang(Kangwon-do). The plant resources society of Korea. 11(2).
- Bigwood, D. W. and D. W. Inouye (1988) Spatial pattern analysis of seed banks: An improved method and optimized sampling. *Ecology* 69: 497-507.
- Bradshaw, A. D. 1984. Ecological principles and land reclamation practice. *Landscape Planning* 11: 35-48.
- Byeon JK. 2013. The Flora of Mt. Gariwang Protected Area for Forest Genetic Resource, in Jeongseon-gun, Gangwon-do, Korea. The plant resources society of Korea. 26(5). P. 566-588
- Cho DG. 2011. Eco restoration planing, design, Nexus-design, Seoul.
- Cho YH et al. 2013. A Study on the Actual Condition of Topsoil Management at River Restoration Projects, *J. of Korean Institute of Landscape Architecture* 41(1): 34-43.
- Dougall T. A. G. and J. C. Dodd. 1997. A study of species richness and diversity in seed-banks and its use for the environmental mitigation of a proposed holiday village development in a coniferized woodland in Southeast

- England Biodiversity Conservation. Biodiversity and Conservation 6(10): 1423-1428.
- Forest Service. 2012. Preservation and restoration methods of genetic resources conservation zone in Mt. Gariwangsan.
- Koh KS and Jeon YS. 2003. Ferns, fern-allies and seed-bearing plants of Korea, Iljinsa.
- Koh JH. 2007. A Study on the potential contribution of soil seed bank to the revegetation. The Korea Society for Environmental Restoration Technology 1(1): 72-84.
- Koh JH. 2007. The environment-friendly technology for ecological restoration on cut slope, Korean Jeosynthetics Society, 6(4): 11-18.
- The Korea Society for Environmental Restoration Technology(KOSERT). 2013. Environmental impact assessment of Jung-Bong Alpine skislope in Mt. Gariyansan.
- Koo BY. 2013. Soil seed bank diversity and relationship with ground vegetation in Gwangneung old-growth forest The Korea Institute of Forest Recreation Welfare. 2013, pp. 258-260.
- Kim NC. 1998. Articles: A Study on the ecological restoration strategies for the disturbed Landscapes. The Korea Society for Environmental Restoration Technology 1(1): 28-44.
- Kim NC · Nam UJ and Shin KJ. 2008. A Study on the slope ecological restoration and revegetation models of the Baekdu-Mountain Range. The Korea Society for Environmental Restoration Technology 11(1): 72-84.
- Kim YM. 2007. Buried seeds and the emergent species in a natural hardwood stand and plantations of *Larix kaempferi* and *Pinus koraiensis* in Mt. Jungwang, Pyeongchang-gun, Gangwon Province, M.S. thesis, Seoul National University.
- Kim JS. 2005. A study on the ecological alternate technique for the pre-arrangement area of the forest damage in resort development: A case study of oak valley resort in Wolsong-li, Wonju city. M.S. thesis, University of Seoul.
- Lee CB. 2003. Coloured flora of Korea, Hyeangmunsa.
- Lee DG · Kil SH · Cho MH and Yang BE. 2011. study on the factors affecting vegetation cover after slope revegetation. J. of the Korea Society for Environmental Restoration Technology 14(5): 127-136.
- Lee MH · Kim YS and Shin HT. 2009. Similarity index between seed bank and actual vegetation. J. of the Korean Society of Environment and Ecology, proceeding 2: 260-263.
- Leck M. A. · V. T. Parker and R. L. Simpson. 1989. Ecology of Soil Seed Banks, Academic Press, San Diego, p. 107-122.
- Lee JM. 2013. A study on topsoil management practices in development projects. M.S. Thesis, Konju National University.
- Lee HJ. 2007. A Study on stabilization and restoration of degraded forest area using soil bioengineering techniques
- Ministry of Environment. 1999. The nature resources of Pyeongchang and Jeongseon (1-20).
- Mitchell, R. J. · R. H. Marrs and M. H. D. AULD. 1998. A comparative study of the seed bank of heathland and successional habitats in Dorest, Southern England. Journal of Ecology 86: 588-596
- Morrison, D. G. 1996. Design, restoration and management. Dept. of Landscape Architecture, University of Geogia, Athens.
- Nam SJ · Yeo HJ · Choi JY and Kim NC. 2004.

- Technical articles: Development of revegetation method using forest topsoils for ecological restoration of the slopes. J. of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology 7(4): 110-119.
- Nam SJ and Kim NC. 1998. Technical Notes: A Study on the Seeding of *Zoysia japonica* and Woody Plants for the Revegetation of Rock-exposed-slopes by Natural Topsoil Restoration Methods: J. of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology 1(1): 141-150.
- Paik WK · Park WG and Lee WT. 1998. Flora and Vegetation of Resources Plants in the Mt. Kariwang(Kangwon-do), J. of the Plant Resources Society of Korea 11(2): 217-243.
- Roberts, H. A. 1981. Seed banks in soils. *Advances in Applied Biology* 6: 1-55.
- Son WJ. 2003. Study on the vegetation restoration of disturbed slopes with forest topsoil. M.S. Thesis. Dankook University.
- Yi MH. 2010. The relation between soil seed bank and actual vegetation. M.S. Thesis. Yeungnam University.