

비탈면 綠化用 材料로서 山林 表層土의 適定 採取時期 및 利用方法¹⁾

金慶勳²⁾ · 禹保命³⁾

²⁾삼성에버랜드주식회사 환경개발사업부 · ³⁾서울大學校 農生大 山林資源學科

The Optimal Collecting Time and Methods of Utilization of Forest Topsoil as Revegetation Materials of Slopes¹⁾

Kim, Kyung-Hoon²⁾ and Woo, Bo-Myeong³⁾

²⁾Environmental Development Div., Samsung Everland INC

³⁾Department of Forest Resources, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University

ABSTRACT

This study was conducted to determine the optimal collecting time and methods of utilization of forest topsoil as a seed-bank source for revegetation materials of slopes. From April to November of 1998, nursery seedbeds in the greenhouse of Seoul National University were seeded with mixtures of forest topsoil and seeds. The nursery seedbeds were treated to evaluate the effect of depths of forest topsoil and seeding amounts. Seasonal experiments with 3×3 factorial design were conducted in April, June and August.

More than 40 seedlings/m² were observed as the naturally-emerged species in the plot, treated with the top-layer forest soil within the depth of 10cm. However, it was found, as seeding more seeds, the number of appearance of the naturally-emerged species reduced because of the heavy competition between the seeded and the naturally-emerged. According to the results of this research, it is recommended that seeding amount should be no more than 1,000 seeds/m² to avoid the severe competition. Also it was observed that the forest topsoil collected in spring(April) is better than that collected in summer. The more species of the naturally-emerged were found in the forest topsoil collected in spring.

Forest-topsoil-mixed-materials as a seed-bank source could significantly increase the plant diversity and productivity. Effective use of forest topsoil as a seed-bank source may become a valuable tool in future restoration of disturbed slopes for promoting plant community diversity and recycling of spoiled-soils from the slopes.

Key words : *forest topsoil, revegetation, seed-bank, seeded species, naturally-emerged species*

1) 이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 신진연구인력 연구장려금지원비로 수행된 것임

I. 서 론

절개 비탈면 및 훼손지는 식생의 생육기반이 불량하여 자연의 힘에 의하여 복원되기 위해서는 장기간이 소요된다(禹保命, 1997; 韓國道路公社, 1997). 이들 비탈면에는 조기 식생피복 및 녹화의 목적으로 파종 및 식재 등의 방법을 이용하고 있으며, 특히 급경사 암절개 비탈면의 녹화를 위해서는 기계력을 이용한 종비토 뽑어붙이기공법을 광범위하게 적용하고 있다(禹保命과 金慶勳, 1997).

그러나 지금까지 국내에 시공되고 있는 종비토 뽑어붙이기공법은 사용재료인 토양 자재의 부족 및 불량으로 시공 토층의 균열 및 붕괴, 토양 및 수질오염 등의 문제가 발생되고 있다. 또한 녹화시공지에서는 조기 식생피복을 위하여 사용하고 있는 외래도입초종의 번무에 따른 이질적인 경관, 주변식생과의 생태적 불연속성 등의 문제도 제기되고 있다(정태건, 1999).

최근에 들어서 훼손지의 생태 복원이라는 관점에서 주변식생과 조화를 이룰 수 있는 영속적인 식생군락의 조성(小橋 등, 1982), 자생식물을 이용한 한국적인 녹화방법(金南樞, 1997; 全起成, 1999) 등이 연구되고 있다. 이와 함께 자원의 재활용(朴容珍과 李基宣, 1991) 측면에서 주변의 산림 표층토를 이용하여, 표층토내에 함유된 잠재 종자원에 의한 자연복원력으로 조기에 주변 산림생태계와 유사하고 다양성이 풍부한 식생군락을 조성하기 위한 노력이 시도되고 있다(梅原 등, 1983; James, 1990; 禹保命과 金慶勳, 1998).

이들 표층토내의 종자는 상대적으로 비용이 저렴하고, 식생종이 다양하기 때문에(Iverson and Wali, 1982), 산림 표층토를 녹화에 이용할 경우 자연상태로 방치하는 것보다 천이가 빨리 진행되어 양호한 식생군락을 조성시킬 수 있다(永野와 梅原, 1980; Luken, 1990). 그러나 표층토내에 함유되어 있는 잠재 종자원만으로는 일시에 전면피복이 어려우므로 녹화용 식물종자를 동시에 파종하는 것이 효과적이다(Wade, 1989).

산림 표층토를 이용한 훼손지 녹화의 성패는 훼손지의 입지조건, 토양의 이화학적 특성, 식생의 종류 및 특성에 영향을 받는다(Luken, 1990). 특히 표층토의 채취시기 및 장소가 식생의 출현에 영향을 미치기 때문에(Gross, 1990), 표층토를 이용한 녹화는 사전에 충분한 검토가 이루어져야 한다. 따라서 녹화에 이용하게 될 산림 표층토내에 함유된 잠재 종자원의 종류 및 특성을 파악하는 것은 사용되는 녹화자재의 양 및 녹화목표의 설정에 있어서 매우 중요한 사항이라 할 수 있다(小橋 등, 1982; Schuman et al., 1985).

표층토내에 함유된 잠재종자원의 분석을 위해서 浮選法(高柳 등, 1990), 종자염색법(Johnson and West, 1989), 직접발아시험법(Kellman, 1974) 등이 사용되고 있으며, 특히 Louise and Mohan(1982), Garcia(1995) 등은 표층토내에 활력종자의 수를 출현하는 유묘의 수로 측정한다. 녹화용 재료로 산림 표층토를 이용할 때는 계절이 중요한 변수가 되며(Davis et al., 1998), 일반적으로 표층토내에 함유된 종자원의 활력시키는 봄철(4~6월)로 보고 있다(Russi et al., 1992; 鈴木, 1994). 또한 표층토의 채취 깊이는 매장되어 있는 종자의 수에 영향을 미치기 때문에, 梅原 등(1983)은 수직분포 조사 결과를 고려할 때 30~40cm 이상으로 표층토를 채취하는 것이 적당하다고 하였다.

이와 같이 산림 표층토를 이용한 비탈면 및 훼손지 녹화 방법은 매우 효과적이며 종다양성 회복을 위한 적극적인 방법이지만, 국내의 경우 수목의 식재 및 이식 등에 부분적으로 응용되고 있는 실정이다. 그러므로 향후 비탈면 녹화를 위한 자재로서의 이용가능성, 산림 표층토를 이용한 녹화토의 조제 및 배합비율, 현장 적용에 따른 시공효과 등에 관한 깊이 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

따라서 이 연구에서는 비탈면 녹화용 재료로서 주변에서 구득할 수 있는 산림 표층토의 이용가능성 및 적정 이용방법을 실내실험을 통하여 구명하고자 한다.

II. 재료 및 방법

산림 표층토를 이용한 실험은 서울대학교 산림자원학과 묘포에 외부 종자의 유입을 막기 위하여(梅原 등, 1983) 설치한 비닐하우스(가로 6m×세로 10m×높이 3m)내에서 1998년 4월부터 11월까지 실시하였다. 묘포 비닐하우스내의 기상조건을 파악하기 위하여 최고최저온도계와 습도계를 설치하여 측정된 결과, 실험기간 중의 평균온도는 27.8℃, 평균상대습도는 67%였다.

실험은 산림 표층토의 채취깊이 처리 3수준, 식물종자의 파종량 처리 3수준을 각각 3반복으로 배치한 2요인의 완전임의배치법(3×3 요인 실험)을 이용하였다. 산림 표층토의 채취깊이 처리는 a1(0~10cm), a2(10~20cm), a3(20~30cm)의 3수준으로 하였다. 녹화용 식물종자의 파종량 처리는 발생기대본수 기준으로 b1(0본/m²), b2(1,000본/m²), b3(2,000본/m²)의 3수준으로 하였다. 또한 적정 이용시기를 파악하기 위하여(Davis et al., 1998) 1998년 4월, 6월, 8월에 산림 표층토의 채취시기별로 동일한 실험을 실시하였다.

실험에 사용할 녹화토의 배합재료로 산림 표층토, 마사토, 축분퇴비 및 피트모스를 선정하였다(山寺, 1994). 실험에 사용된 녹화토는 산림 표층토 30%, 마사토 30%, 축분퇴비 30%, 피트모스 10%를 부피비 기준으로 실내용 콘크리트교반기를 이용하여 종자와 함께 배합하였다.

잠재종자원으로 이용한 산림 표층토는 서울

대학교 수원수목원의 리기다소나무림 내에서 채취하였다. 리기다소나무림지에 20m×20m의 식생조사구를 설치하여 측정된 결과, 상층임판은 리기다소나무림으로, 중층임판은 벗나무로 구성되어 있었으며, 졸참나무와 목련이 일부 생육하고 있었다. 우점종을 이루고 있는 리기다소나무는 수령 4명급으로 수고 19/(15~22)m, 흉고직경 16/(10~22)cm, 임목밀도는 약 850본/ha이었다. 산림 표층토는 식생조사구내에 세부조사구(5m×5m)를 격자상으로 16개소 배치한 후, 세부조사구의 중앙에서 낙엽층을 제거한 후 깊이별로 각각 5ℓ씩 채취하였다. 채취한 산림 표층토의 토성은 사질식양토이었으며, 토양산도는 산성(pH 4.16)이었다.

혼합재료로 사용한 마사토는 배합된 녹화토내에 공극을 유지시켜주며, 배수와 수분이동을 원활하게 할 목적으로 사용하였다. 또한 유기질 자재로서 축산기술연구소에서 제조한 축분퇴비(토양산도 7.41, 총 유기물 함량 48%)를 이용하였다.

산림 표층토의 채취깊이별로 조제된 녹화토의 이화학성을 분석한 결과는 표 1과 같다.

토양분석결과 조제된 녹화토의 토성은 식양토였으며, 토양산도(pH)는 5.45~5.51로 약산성이었다. 또한 토양채취깊이에 따라 조성된 3가지 녹화토의 이화학적 특성은 큰 차이가 없었다.

녹화용 식물종자는 국내에서 비탈면 녹화용으로 널리 사용되고 있는 도입 목초류 중에서 tall fescue(*Festuca arundinacea*), perennial ryegrass(*Lolium perenne*), orchard grass(*Dactylis*

Table 1. Characteristics of forest-topsoil-mixed-materials

Mixed-materials	Particle size(%)			Soil texture	pH (H ₂ O) 1 : 5	Organic Matter (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	C.E.C. (me/100g)	Exchangeable cations (me/100g)			
	Sand	Silt	Clay							K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
a1 ¹⁾	35.0	34.6	30.4	CL	5.51	9.98	0.25	244.5	22.7	0.58	0.55	6.71	2.30
a2 ²⁾	41.6	31.6	26.8	CL	5.48	9.94	0.29	346.6	20.8	0.58	0.80	5.78	1.99
a3 ³⁾	40.2	33.0	26.8	CL	5.45	9.28	0.33	503.2	19.1	0.58	0.84	4.95	1.75

¹⁾ Mixed-material with topsoil collected from 0cm to 10cm

²⁾ Mixed-material with topsoil collected from 10cm to 20cm

³⁾ Mixed-material with topsoil collected from 20cm to 30cm

glomerata) 등 3종을 선정하였다(韓國道路公社, 1991). 배합비율은 발생기대본수 기준으로 1 : 1 : 1로 하였다. 공시종자는 파종량산정식(山寺, 1994)에 의거하여 발생기대본수 기준으로 b1(0립/m²), b2(1,000립/m² : tall fescue 4.7g/m² + perennial ryegrass 4.7g/m² + orchard grass 1.5g/m²), b3(2,000립/m² : tall fescue 9.4g/m² + perennial ryegrass 9.4g/m² + orchard grass 3.0g/m²) 수준의 파종량을 결정하였다.

실험용기는 가로 40cm × 세로 60cm × 깊이 8cm의 직사각형 파종상(면적 0.24m², 용량 20ℓ)을 이용하였다. 관수는 1주일 간격으로 실시하였으며, 측정은 실험 시작 후 1개월까지는 1주일 간격으로, 그 이후에는 1개월 간격으로 파종상 내에 발아 및 생육하고 있는 식생의 종수, 개체수를 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 산림 표층토의 채취깊이 효과

산림 표층토의 채취깊이에 따른 생육개체수 및 출현종수를 측정·분석한 결과는 표 2와 같다.

각 실험 1개월 후에 측정한 결과, 총 생육개체수는 산림 표층토 채취깊이 0~10cm과 10~20cm 실험구가 채취깊이 20~30cm 실험구보다 높았다. 자연출현 식생의 생육개체수는 채취깊이 0~10cm 실험구에서 44본/m²으로 20~30cm 실험구보다 약 2배 이상이 되었으며, 자연출현 식생의 종수는 채취깊이 0~10cm 실험구에서

0.24m²의 파종면적당 4종으로 가장 많았다.

11월에 측정한 결과, 총 생육개체수는 산림 표층토 채취깊이 0~10cm 실험구에서 가장 낮았으며, 자연출현 식생의 생육개체수는 산림 표층토 채취깊이 0~10cm과 10~20cm 실험구가 20~30cm 실험구보다 높았다. 또한 자연출현 식생의 종수는 산림 표층토의 채취깊이가 깊어질수록 감소하였으며, 채취깊이 0~10cm 실험구가 다른 채취깊이 실험구보다 자연출현 식생의 종수가 상대적으로 많았다.

산림 표층토의 채취깊이에 따른 녹화용 식생의 초기 생육개체수는 큰 차이가 없었다. 그러나 시간이 경과함에 따라 자연출현 식생의 발아 및 생육으로 인하여 녹화용 식생의 생육개체수는 0~10cm 깊이에서 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구가 다른 깊이의 실험구보다 상대적으로 낮았다. 자연출현 식생의 경우 0~10cm 깊이에서 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서 발생량이 가장 높았다.

따라서 잠재 종자원에 의하여 발아된 자연출현 식생의 생육개체수는 산림 표층토의 채취깊이에 따라서 영향을 많이 받으며(梅原 등, 1983; Schuman et al., 1985), 0~10cm 깊이에서 채취한 산림 표층토내에 잠재 종자원이 가장 많이 함유되어 있는 것으로 판단된다.

산림 표층토의 채취깊이에 따른 생육개체수 및 출현종수를 분석한 결과는 그림 1과 같다.

산림 표층토의 채취깊이에 따른 생육개체수의 분석결과(A) $Y=35.792e^{-0.0567X}$ (Y; 생육개체수, X; 토양채취깊이)의 회귀식이 유도되었다. 이

Table 2. Effects of depths of forest topsoil on number of individuals and species

Depths of forest topsoil (cm)	1 month later				November			
	Number of individuals (No./m ²)		Number of species (No./0.24m ²)		Number of individuals (No./m ²)		Number of species (No./0.24m ²)	
	Total	N.S. ¹⁾ only	Total	N.S. only	Total	N.S. only	Total	N.S. only
0~10	812 ^{a2)}	44 ^a	7 ^a	4 ^a	285 ^b	25 ^a	8 ^a	5 ^a
10~20	780 ^a	30 ^b	6 ^b	3 ^b	326 ^a	25 ^a	7 ^a	4 ^a
20~30	725 ^b	21 ^c	5 ^b	2 ^b	313 ^{a,b}	10 ^b	5 ^b	2 ^b

¹⁾ N.S. ; Naturally-emerged species

²⁾ Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN's multiple range test

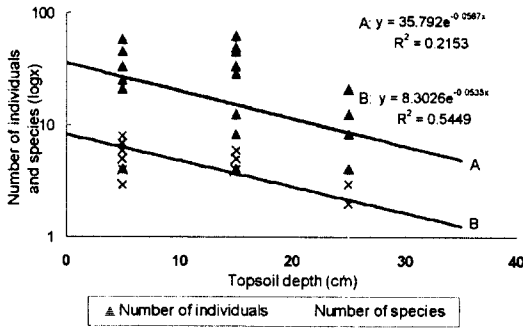


Fig. 1. Number of individuals and species associated with depths of forest topsoil

는 표토부근 7.5cm에서 잠재종자원의 95% 이상이 분포한다는 Louise and Mohan(1982)의 연구결과와 유사하였다.

또한 산림 표층토 채취깊이에 따른 자연출현 식생의 종수에 대한 분석 결과(B) $Y=8.3026e^{-0.0535x}$ (Y; 출현종수, X; 표층토 채취깊이)의 회귀식이 유도되었으며, 표층부에 근접할수록 잠재종자원의 수는 상대적으로 높았다. 이 결과는 산림 표층토의 채취깊이에 따른 잠재종자원의 수를 파악한 梅原 등(1983)의 식($Y=35e^{-0.13x}$)과 유사하였으나, 상기의 식은 잠재종자원을 실내 발아상에서 발아시켰을 때의 측정 결과이기 때문에 이 연구에서의 측정값과 약간의 차이점이 있는 것으로 판단된다.

잠재종자원의 수는 산림 표층토내에 함유되어 있는 발생가능종자원의 수로 나타나고 있지만, 현장실험에서는 각 종자의 발아 및 생육에 적합한 온도 및 수분조건 등이 개별적으로 제공되지 못하기 때문에(Roberts, 1981; Schuman

et al., 1985; Russi et al., 1992), 실제 발아된 개체수와는 차이가 있다. 이 실험에서는 산림 표층토의 채취깊이에 따른 자연출현 식생의 종수, 생육개체수는 큰 차이를 보였으며, 표층부근의 산림 표층토를 이용할수록 자연출현 식생의 생육개체수가 증가하는 경향을 보였다. 따라서 산림 표층토내에 함유된 잠재종자원을 활용하기 위해서는 가급적 표층부에 근접한 산림 표층토를 채취하여 이용하는 것이 효과적이라고 판단된다.

2. 식물종자의 파종량 효과

녹화용 식물종자의 초기 파종량에 따른 생육개체수 및 출현종수를 측정·분석한 결과는 표 3과 같다.

각 실험 1개월 후에 측정한 결과, 파종량을 증가시킬수록 총 생육개체수는 증가한 반면, 자연출현 식생의 생육개체수는 녹화용 식물종자를 파종하지 않은 실험구에서 47본/m²로 가장 높았다. 총 출현종수는 파종량에 따른 차이가 크게 나타나지 않았지만, 자연출현 식생의 종수는 녹화용 식물종자를 파종하지 않은 실험구에서 0.24m²의 파종면적당 4종으로 가장 높았다.

11월에 측정한 결과는 실험 초기와 유사한 경향을 보였다. 총 생육개체수는 파종량 2,000본/m² 실험구에서, 자연출현 식생의 생육개체수는 녹화용 식물종자를 파종하지 않은 실험구에서 각각 높게 나타났다(Abdul-Kareem and McRae, 1984). 또한 총 출현종수는 파종량 1,000본/m²

Table 3. Effects of seeding amounts on number of individuals and species

Seeding amounts (No./m ²)	1 month later				November			
	Number of individuals (No./m ²)		Number of species (No./0.24m ²)		Number of individuals (No./m ²)		Number of species (No./0.24m ²)	
	Total	N.S. ¹⁾ only	Total	N.S. only	Total	N.S. only	Total	N.S. only
0	47 ^{c2)}	47 ^a	4 ^b	4 ^a	24 ^c	24 ^a	4 ^b	4 ^a
1,000	864 ^b	25 ^b	6 ^a	3 ^b	296 ^b	19 ^b	7 ^a	4 ^a
2,000	1,405 ^a	24 ^c	5 ^a	2 ^b	571 ^a	19 ^b	6 ^a	3 ^b

1) N.S.; Naturally-emerged species

2) Means in each column followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN's multiple range test

실험구에서 가장 높았으며, 자연출현 식생의 종수는 파종량 1,000본/m² 이하 실험구에서 가장 낮았다.

따라서 자연출현 식생의 개체수는 녹화용 식물종자의 파종량에 큰 영향을 받고 있으며, 녹화용 식물종자의 파종량을 감소시킬수록 자연출현 식생의 발아 및 생육은 양호한 것으로 판단된다.

3. 산림 표층토의 채취시기에 따른 생육특성

각 조사구내에 출현한 생육개체수를 녹화용 식물종자의 파종량 조건을 배제하고 산림 표층토의 채취시기 처리에 따라 분석한 결과는 그림 2와 같다.

4월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서 실험 1개월 후(5월) 생육개체수는 녹화용 식생이 평균 721본/m², 자연출현 식생이 평균 71본/m²이었으며, 7개월 후인 11월에는 녹화용 식생이 평균 400본/m², 자연출현 식생은 평균 25본/m²으로 감소하였다. 4월 실험구에서는 산림 표층토내에 매장되어 있던 종자의 발아 및 생육에 적합한 환경조건이 제공되었기 때문에 자연출현 식생의 생육개체수가 초기 단계에서부터 가장 높았다(Russi et al., 1992; 鈴木, 1994).

6월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서는 실험 1개월 후(7월) 생육개체수는 녹화용 식생이 평균 900본/m², 자연출현 식생이 평균 13본/m²이었다. 그러나 녹화용 식생의 경우 11월에는 평균 101본/m²으로 급격히 감소하였다. 6월 실험구에서는 산림 표층토내에 함유되어 있는 잠재 종자원이 대부분 발아된 상태의 표층토를 이용하였기 때문에 자연출현 식생의 생육개체수가 상대적으로 감소하였다. 또한 녹화용 식물종자의 발아에 적합한 온도조건이 제공되었기 때문에 초기에 녹화용 식생의 생육개체수가 급격히 증가하였다. 6월 실험구에서는 생육개체수의 감소폭이 다른 실험구에 비하여 상대적으로 높았으며, 이는 여름철에 일시에 발아한 녹화용 식생이 건조에 의한 피해로 대부분이 고사하였기 때문인 것으로 판단된다(韓

國道路公社, 1991).

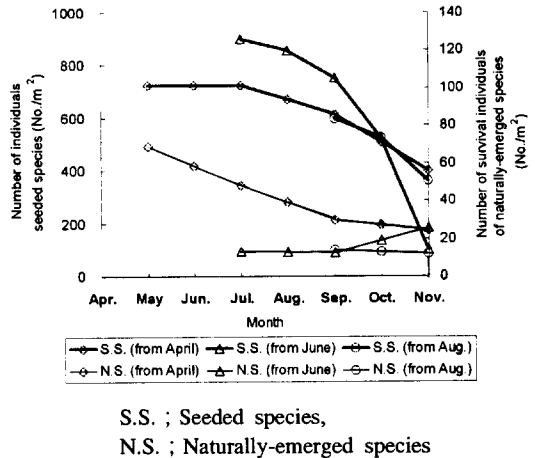


Fig. 2. Monthly changes in number of individuals between seeded species and naturally-emerged species

반면 8월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서는 실험 1개월 후(9월) 생육개체수는 녹화용 식생이 평균 596본/m², 자연출현 식생 13본/m²이었다. 8월에는 기온이 높기 때문에 한 지형 초종으로 조합된 녹화용 식물종자의 발아 조건이 적합하지 않고, 또한 발아된 유묘의 건조피해현상으로 인하여 초기 생육개체수는 상대적으로 적었다. 11월에 측정된 결과 녹화용 식생의 생육개체수는 평균 358본/m²으로 급격히 감소하였다.

따라서 자연출현 식생은 산림 표층토의 채취시기에 따라서 영향을 받으며(Gross, 1990), 자연출현 식생의 발아 및 생육특성을 고려할 때 여름철 이후보다는 봄철(4월)에 산림 표층토를 채취하여 이용하는 것이 효과적이었다(Russi et al., 1992; 鈴木, 1994).

산림 표층토의 채취시기에 따른 채취깊이 및 파종량의 처리효과를 분석한 결과는 표 4와 같다. 실험 1개월 후에 측정된 결과 산림 표층토의 채취시기별 자연출현 식생의 종수는 녹화용 식물종자의 파종량과 산림 표층토 채취깊이에 영향을 많이 받고 있었다. 녹화용 식물종자를 초기에 파종하지 않은 경우에 자연출현 식생의

Table 4. Effects of depths of forest topsoil and seeding amounts on number of species between seeded species and naturally-emerged species (unit ; No./0.24 m²)

Topsoil collecting months	Depths of forest topsoil(cm)	After 1 month						November					
		0/m ²		1,000/m ²		2,000/m ²		0/m ²		1,000/m ²		2,000/m ²	
		S.S.	N.S.	S.S.	N.S.	S.S.	N.S.	S.S.	N.S.	S.S.	N.S.	S.S.	N.S.
April	0~10	-	5	3	4	3	4	-	8	3	5	3	4
	10~20	-	3	3	2	3	2	-	4	3	4	3	2
	20~30	-	2	3	1	3	0	-	1	3	1	3	1
June	0~10	-	5	3	4	3	3	-	4	3	5	3	3
	10~20	-	3	3	2	3	2	-	5	3	3	3	3
	20~30	-	2	3	1	3	1	-	2	3	3	3	3
August	0~10	-	6	3	3	3	4	-	6	3	5	3	5
	10~20	-	5	3	3	3	3	-	6	3	4	3	3
	20~30	-	3	3	3	3	2	-	3	3	3	3	3

1) S.S. ; Seeded species, 2) N.S. ; Naturally-emerged species

종수는 0.24 m²의 파종면적에서 2~6종으로 가장 높았다.

11월에 측정한 결과는 각 실험의 1개월 후에 측정한 결과와 동일한 경향을 보였다. 일반적으로 종자의 활력시기는 봄철이 가장 좋은 것으로 평가되고 있으나(Russi et al., 1992 ; 鈴木, 1994), 이 실험에서는 8월에 산림 표층토를 채취한 실험구에서 출현종수가 가장 높았다. 자연출현 식생의 생육개체수의 경우 4월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서 가장 높았던 반면, 8월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서는 11월까지의 생육기간이 상대적으로 짧기 때문에 자연출현 식생의 종수는 가장 높게 유지되었다.

각 실험구내에서는 초기에 파종한 녹화용 식생 외에 자연출현 식생이 다양하게 출현하였다(永野와 梅原, 1980 ; Johnson and West, 1989). 4월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서는 초기에 명아주, 쇠별꽃, 쑥 등이 출현하였으나 시간이 경과함에 따라서 경쟁에 의하여 쇠퇴하고 바랭이, 까마중 등의 초본이 왕성하게 생육하였다. 또한 산림표층토 채취지의 우점종인 소나무의 치수가 출현하였으나, 초본에 비하여 초기 성장속도가 늦었다.

6월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서는 다양한 종이 출현하지는 않았지만 실험 초기에 바랭이, 새, 까마중 등의 생육이 두드러

졌으며, 8월에 채취한 산림 표층토를 이용한 경우 4월에 실시한 실험구와 출현종의 양상은 비슷하였지만, 바랭이 등 일부종이 우점되는 경향을 보였다(Wade, 1989).

자연출현 식생의 총 출현종수는 4월 실험구에서 0.24 m²의 파종면적당 16종으로 가장 높았으며, 6월과 8월에 채취한 산림 표층토를 이용한 실험구에서는 각각 11종과 10종이었다. 자연출현 식생의 종수는 산림 표층토의 채취시기에 따른 차이가 크지 않았지만, 출현한 식생은 산림 표층토 채취지의 식생구성 상태에 영향을 받는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

비탈면 녹화용 재료로서 산림 표층토의 이용 가능성 및 적정 이용방법을 구명하기 위하여, 산림 표층토의 채취깊이 및 녹화용 식물종자의 파종량에 따른 계절별 실험을 1998년 4월부터 11월까지 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 산림 표층토의 채취깊이가 깊어질수록 함유되어 있는 잠재 종자원의 수 및 발아 가능성이 적었으며, 표토 부근 0~10cm 내외에서 산림 표층토를 채취하였을 경우 자연출현 식생의 개체수는 44본/m²으로 가장 많았다. 따라서 다양한 종의 출현 및 생육개체수를 고려할 때 표

토 부근 10cm 이내에서 채취하는 것이 효과적이었다.

2. 녹화용 식물종자의 파종량을 증가시킬수록 자연출현 식생의 발아 및 생육 기회가 감소하였으며, 자연출현 식생과의 적절한 생육을 고려할 때 녹화용 식물종자의 파종량은 발생기 대분수를 기준으로 1,000본/m² 정도로 조절하는 것이 효과적이었다.

3. 자연출현 식생의 중수 및 개체수는 산림 표층토의 채취시기에 영향을 받고 있으며, 6월 이후에 산림 표층토를 채취할 경우에는 잠재 종자원의 발아가 상대적으로 늦고 초기 생육단계에서 녹화용식생과의 경쟁으로 쇠퇴할 위험성이 있기 때문에, 산림 표층토의 채취 및 시공은 여름철(6월)과 가을철(8월)보다 봄철(4월)에 실시하는 것이 효과적이었다.

따라서 비탈면 녹화용 재료로 산림 표층토를 이용하면 표층토내에 함유되어 있는 식물종자원에 의하여 발아된 자연출현 식생과 녹화용 식생의 공존으로 조기에 다양한 식생구조를 형성할 수 있으며, 주변 산림생태계와의 조화와 점진적인 천이 및 안정을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 산림 표층토를 녹화용 재료로 이용하기 위해서는 산림 표층토의 양적·질적 특성, 잠재된 종자원의 특성에 대한 분석과 함께, 녹화 대상지의 조건에 부합되는 적절한 방법을 선택해야 할 것이다.

인용문헌

1. 金南椿. 1997. 主要 草本植物의 비탈면 播種 適期에 關한 研究. 韓國造景學會誌 25(2) : 62-72.
2. 朴容珍 · 李基宣 譯. 1991. 최신 환경녹화. 강원대학교 출판부.
3. 禹保命. 1997. 改正 砂防工學. 鄉文社.
4. 禹保命 · 金慶勳. 1997. 高速道路 切開비탈면에서 綠化工法 選定基準 設定에 關한 研究. 韓國林學會誌 86(4) : 476-488.
5. 禹保命 · 金慶勳. 1998. 岩切取 毀損비탈면에 대한 環境生態의 安定된 綠化工法에 關한 研究(I) - 山林表層土를 이용한 綠化土의 效能分析을 위한 室內實驗 -. 韓國林學會誌 87(2) : 308-315.
6. 全起成. 1999. 斜面 綠化用 外來草種과 在來 木 · 草本植物의 適正播種量 및 混播比에 關한 研究. 서울大學校 博士學位論文.
7. 정태건. 1999. 비탈면 녹화현황의 문제점 및 대책. 환경과 조경 130 : 106-115.
8. 韓國道路公社. 1991. 高速道路 切 · 盛土 비탈면 綠化 잔디 品種 選定 研究.
9. 韓國道路公社. 1997. 導入草種이 周邊植生에 미치는 影響에 關한 研究.
10. 高柳繁 · 中谷敬子 · 草莖得一 · 松永順子 · 野口勝可. 1990. 浮選法による土壤中雜草種子分離回收裝置の試作. 雜草研究 35(2) : 189-191.
11. 梅原徹 · 永野正弘 · 麻生順子. 1983. 森林表土のまきだしによる先驗植生の回復法. 綠化工技術 9(3) : 1-8.
12. 山寺喜成. 1994. テクソル・グリーン工法. 理工圖書.
13. 小橋澄治 · 吉田博宣 · 森本幸裕. 1982. 斜面 綠化. 鹿島出版會.
14. 鈴木光喜. 1994. 25年間地中30cmに埋土した數種畑雜草種子の發芽力. 雜草研究 39(1) : 34-39.
15. 永野正浩 · 梅原徹. 1980. 森林表土のまきだしによる植生回復法の検討. 大阪府.
16. Abdul-Kareem, A. W. and S. G. McRae. 1984. The effects on topsoil of long term storage in stockpiles. Plant & Soil 76 : 357-363.
17. Davis, M. R., E. R. Langer and C. W. Ross. 1998. Rehabilitation of native forest species after mining in Westland. New Zealand Journal of Forest Science 27(1) : 51-68.
18. Garcia M. A. 1995. Relationships between weed community and soil seed bank in a tropical agroecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment 55 : 139-146.
19. Gross, K. A. 1990. A comparison of methods

- for estimating seed numbers in the soil. *Journal of Ecology* 78(4) : 1079-1093.
20. Johnson, C. K. and N. E. West. 1989. Seed reserves in stockpiled topsoil on a coal strip-mine near Kemmerer, Wyoming. *Landscape and Urban Planning* 17 : 169-173.
21. Kellman, M. C. 1974. The viable weed seed content of some tropical agricultural soils. *Journal of Applied Ecology* 11(2) : 669-677.
22. Louise, R. I. and K. W. Mohan, 1982, Buried, viable seeds and their relation to revegetation after surface mining. *Journal of Range Management* 35(5) : 648-652.
23. Luken, J. O. 1990. *Directing Ecological Succession*. Chapman and Hall.
24. Roberts, H. A. 1981. Seed banks in soil. Advanced in *Applied Biology* 6 : 1-55.
25. Russi, L., P. S. Cocks and E. H. Roberts. 1992. Seed bank dynamics in a Mediterranean grassland. *Journal of Applied Ecology* 29(3) : 763-771.
26. Schuman, G. E., E. M. Taylor Jr., F. Rauzi and B. A. Pinchak. 1985. Revegetation of mined land : influence of topsoil depth and mulching method. *Journal of Soil and Water Conservation* 40(2) : 249-252.
27. Wade, G. L. 1989. Grass competition and establishment of native species from forest soil seed banks. *Landscape Urban Planning* 17 : 135-149.

接受 1999年 6月 3日