

岩切取 毀損비탈면에 대한 環境生態的으로 安定된 綠化工法에 關한 研究 (I)^{1*}

- 山林表層土를 利用한 綠化土의 效能分析을 위한 室內實驗 -
禹保命² · 金慶勳³

Studies on the Environmentally and Ecologically Stable Revegetation Measures on Rock Cut-Slopes^{1*}

- Availability of Forest Topsoil as a Hydroseeding Material in Greenhouse Experiment -
Bo-Myeong Woo² and Kyung-Hoon Kim³

要 約

岩切取 毀損비탈면에 적용할 수 있는 種肥土꺾어붙이기工法을 綠化土壤資材로서 山林表層土의 利用可能性을 파악하기 위하여, 1996년 3월부터 현지조사 및 파종실험을 실시하였다. 山林土壤의 類型 및 토양의 被覆두께에 따른 식생생육특성을 파악하기 위하여 分割區配置法(主區: 산림토양의 유형과 토양피복두께, 細區: 파종량)에 의한 要因實驗을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

山林土壤에 함유된 潛在種子源의 발아·생육으로 外來草種을 파종하지 않는 시험구에서는 5~9종/0.07m²이 자연적으로 발생하였다. 外래초종의 파종량을 증가시킬수록 초기에 우점된 外래초종의 영향으로 공시초종 3종외에 자연적으로 출현한 종은 2~6종/0.07m²으로 감소하였다. 식생의 총 출현개체수는 침엽수토양을 이용한 실험구에서 가장 높았으며, 자연적으로 발생한 종의 비율은 활엽수토양을 이용한 실험구에서 약 30%로서 가장 높게 나타났다.

潛在種子源을 함유한 산림토양을 생육기반으로 사용할 경우, 초기에 파종된 外來種과 자연적으로 발생한 종의 공생으로 기존의 종자 사용량을 1,000본/m²(발생기대본수) 수준으로 감소시켜도 초기에 다양한 식생을 조성할 수 있었다. 종비토꺾어붙이기공법에 적용시 파종한 종과 자연출현종과의 경쟁, 표층부의 건조, 하부에 매몰되는 종자원을 고려할 때 토양의 피복두께는 5cm 이상으로 하는 것이 다양한 식생의 생육에 적합한 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the availability of the forest topsoil as a source of the "Native-soil(seed-fertilizer-soil materials)" for the hydroseeding measures which are environmentally and ecologically stable revegetation measures on rock cut-slopes. Soil sampling and factorial experiments were used with a split plot design(main plot : forest soil type and soil spraying thickness, subplot : seeding rate) in 1996. Results obtained in this study were summarized as follows :

Because of the competition between the seeded(introduced) species and the native species, the number of naturally emerged species in the non-seeded plot and that of in the seeded plot were 5~9species/

¹ 接受 1998年 4月 1日 Received on April 1, 1998.

² 서울대학교 農業生命科學大學 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, College of Agri. and Life Sciences, Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Republic of Korea.

³ 서울대학교 農業生命科學大學 大學院生 Dept. of Forest Resources, College of Agri. and Life Sciences, Seoul Nat'l Univ.

* 이 연구는 1996년 한국과학재단 핵심전문연구 지원(KOSEF 961-0608-072-2)에 의한 연구결과임.

0.07m² and 2~6species/0.07m², respectively. As increasing the seeding rate(introduced species), the appearance ratio of naturally emerged species was decreased. The total number of individuals was high in the plot which used coniferous forest soil as a seed source, however the ratio of the individuals of naturally emerged species was high(30%) in the plot which used deciduous forest soil.

The usage of the forest topsoil as seed bank source onto the "Native-soil" materials for hydroseeding could be reduce the seeding rate to 1,000 seedlings/m². According to the several factors which are competition between seeded species and naturally emerged species, dryness of soil materials, and seed burial, spraying thickness with more than 5cm was suitable for the growth of plants in variety.

Key words : forest topsoil, hydroseeding, seed-fertilizer-soil materials, spraying thickness, seed bank source

緒 論

국내에서는 도로의 건설, 토목공사의 증대로 여러 가지 유형의 암절취비탈면 발생량이 증대되고 있다. 이러한 암절취비탈면은 구조적인 안정과 함께 장기적으로는 식생피복녹화를 통한 경관회복이라는 과제를 안고 있다(韓國道路公社, 1995; 禹保命, 1997; 山寺, 1992).

비탈면 녹화의 목적은 토양보전, 환경보전, 경관보전, 주변 자연환경과의 조화를 바탕으로 생태적으로 건전하고 영속성을 가진 식생을 조장하는데 있다(Luken, 1990; 龜山, 1976). 따라서 이러한 목표하에 비탈면의 입지·환경적인 조건을 고려하여 개별적인 녹화공법을 채택·시공하고 있으며, 토사비탈면일 경우에는 평폐불이기공법과 식재공법, 암절취비탈면에는 덩굴식물식재공법과 함께 암반의 특성에 따라서 연암비탈면에는 종자뿌어붙이기공법, 경암비탈면에는 종비토뿌어붙이기공법을 적용하고 있다(韓國道路公社, 1997; 禹保命과 金慶勳, 1997).

급경사 경암비탈면에 시공되는 종비토뿌어붙이기공법은 토양, 비료, 종자원을 함유한 식생생육기반을 인공적으로 조성해주는 방법으로서 급속녹화 및 피복안정을 위하여 적용하고 있으며(日本岩盤綠化工協會, 1995), 주로 외래초종을 이용하여 조기녹화를 도모하고 있다. 외래초본류는 초기의 표토안정에는 효과가 있지만, 그 생장특성에 따라서 자연적으로 쇠퇴하기 때문에 식생군락의 영속성이 단절된다(韓國道路公社, 1997; 李承炫, 1997). 특히, 초기에는 도입식생이 우세하지만, 시간이 경과할수록 도입식생은 쇠퇴하게 되고 침입종이 들어와서 천이가 진행됨에 따라서 자생종과의 조화가 더욱 중요시되고 있다(吉田,

1983; 江岐 等, 1986).

녹화소재에는 다양한 비료, 토양개량재가 혼합되고 있으며(Schoenholtz 등, 1992), 토양자재중 주변의 산림표층토를 이용함으로써, 식생의 조성을 빠르게 하고자하는 연구가 진행되고 있다. 또한 환경보전적 측면을 고려한 녹화공법의 개발과, 자원 재활용 측면에서 리사이클(recycle) 녹화라는 개념이 도입되고 있다(朴容珍과 李基諱譯, 1991). 리사이클 녹화는 토지조성과 녹지·리시에 폐기되는 식물과 토양을 녹화를 위한 사원으로서 재이용하는 것을 말한다.

이 연구에서 이용하고자 하는 산림표층토는 비옥할 뿐만 아니라 매장되어 있는 종자와 토양동물 및 미생물을 포함하고 있는 자원으로, 표층토의 보전과 재이용은 향토식물로의 천이를 기대하는데 있어서 최적이라고 할 수 있다(倉田, 1983; Luken, 1990). 식생생육 조건을 주변과 유사하게 조성해 주면 향토종 종자가 발아되어 천이가 진행되며, 1~3년이 경과되면 이전의 종구성 상태로 복원이 가능하고(Gross, 1990), 훼손되기 전의 산림 상태로 회복이 가능하다는 연구결과가 제시되어 있다(永野와 梅原, 1980).

암절취비탈면 녹화를 위하여 산림표층토를 이용할 경우에는 저장시간과 방법에 따라 큰 변이가 나타날 수 있으며(Wade, 1989), 준비단계에서 잠재된 종자원을 파악하기 위해서 부선법(高柳 등, 1990), 직접 발아시험법(Garcia, 1995) 등이 이용되고 있다. 또한 잠재된 종자의 발아·생육은 이용하고자 하는 토양의 채취두께 및 피복두께 등에 영향을 받는다. 현장 적용을 위하여 토양의 채취두께는 30~40cm 이상으로 하고, 객토두께는 3~5cm(山寺 등, 1976), 또는 20~30cm 이상(Bradshaw, 1984; 梅原 등, 1983)으로 하며, 잠재종자원으로는 일시에 전면피복이 어려우므로

향토종과 외래종을 동시에 파종하는 방법(Wade, 1989)을 이용하고 있다.

따라서 이 연구는 자원재활용 및 자연생태계 회복의 측면에서 각종 유형의 암절취비탈면에 적용할 수 있는 환경녹화공학적인 녹화기술을 개발하고자 하며, 그 일환으로서 Hydroseeding工法의 綠化土壤資材로서 산림표층토의 效果를 검토하고자 수행하였다.

材料 및 方法

1. 供試材料의 選定

1) 調査對象비탈면 周邊 山林地의 植生特性

이 연구를 수행하기 위하여 경기도 일대에 개설된 신갈안산고속도로, 제2경인고속도로, 서해안고속도로의 3개 노선을 대상으로 조사대상 절취비탈면을 16개소 선정하였으며, 주변 산림지의 임상 조건에 따라서 침엽수림 5개소, 활엽수림 6개소, 혼효림 5개소로 구분하였다. 조사대상 절취비탈면 상부 주변 산림지의 임상조건별 목본종의 중요도 상위 4개 수종은 표 1에서와 같다.

2) 山林土壤의 採取

산림표층토는 각각의 고속도로 절취비탈면 상부의 주변부를 대상으로 비탈어깨 중앙에서 1m 떨어진 곳에 위치한 토양채취구(30cm×30cm, 3개소씩)에서 낙엽층을 조심스럽게 제거한 뒤 표층부 30cm까지의 토양(A, B층 포함)을 20cm씩 채취하였다. 채취한 토양은 비닐백에 담아서 5℃

이하의 냉암장소에 보관하였다(山寺 등, 1976; Wade, 1989).

3) 供試種子의 選定

이 연구를 위하여 현재 우리나라 비탈면 녹화 공사에 가장 널리 이용되고 있는 한지형 외래초종 2종(Tall fescue, Perennial ryegrass)과 난지형 외래초종 1종(Weeping lovegrass)을 선정하였다(韓國道路公社, 1995, 1997).

발아실험은 실내실험실의 발아상을 이용하여 1996년 3월에 실시하였다. Petridish(87×115mm)에 거름종이를 3장씩 깔고, 그 위에 공시종자를 100립씩 5반복으로 발아상에 치사하였으며, 발아율과 발아세를 측정하였다. 또한 발아상의 온도는 23℃로 조절하였으며, 발아실험기간은 20일간이었다. 각 공시종자의 발아율 및 순도는 표 2에 서와 같다.

3. 實驗의 配置 및 分析

1) 山林土壤의 類型에 따른 生育實驗

산림토양의 유형에 따라 조제한 실험토양과 파종량에 따른 식생의 생육특성을 파악하기 위하여 비닐하우스내에서 Pot(직경 30cm×높이 30cm의 PVC pot)를 이용하여 1996년 4월 11일에 실험을 실시하였다.

실험은 산림토양 4수준을 주구에, 파종량 3수준을 세구에 각각 3반복으로 배치한 분할구배치법을 이용하였다. 실험토양은 산림토양내 종자원의 발아 특성을 고려하여 침엽수림토양(a1), 활

Table 1. Importance values of four major woody species from the 3 types of forest

Coniferous forest		Mixed forest		Deciduous forest	
Scientific name	Importance value	Scientific name	Importance value	Scientific name	Importance value
<i>Pinus densiflora</i>	0.1850	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	0.1855	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	0.2050
<i>Quercus mongolica</i>	0.0450	<i>Pinus densiflora</i>	0.0866	<i>Quercus mongolica</i>	0.0321
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	0.0425	<i>Quercus acutissima</i>	0.0355	<i>Populus tomentiglandulosa</i>	0.0314
<i>Quercus mongolica</i>	0.0375	<i>Quercus serrata</i>	0.0288	<i>Pinus densiflora</i>	0.0300

Table 2. General characteristics of seeds of 3 sample species used in the experiments

Common name	Scientific name	No./g	Purity (%)	Germination ratio(%) at 23℃
Tall fescue	<i>Festuca arundinaceae</i>	500	98	90
Perennial ryegrass	<i>Lolium perenne</i>	500	98	76
Weeping lovegrass	<i>Eragrostis curbula</i>	3,300	97	78

염수림토양(a2), 혼효림토양(a3), 묘포토양(a4)을 각 처리별로 부피비의 50%씩 혼합하였으며, 발토양과 모래는 토양의 점착성과 배수상태를 고려하여 각각 부피비의 30%, 20%를 첨가하여 혼합하였다. 발토양과 모래는 발생가능 종자원을 소멸시키기 위하여 훈증을 실시한 뒤 사용하였다. 파종량은 각 종자의 발아율과 순도 등을 고려하여 b1(0립/m²), b2(1,000립/m²: Tall fescue 0.75g, Perennial ryegrass 0.99g, Weeping lovegrass 0.13g), b3(2,000립/m²: Tall fescue 1.50g, Perennial ryegrass 1.98g, Weeping lovegrass 0.26g)의 파종량을 결정하였다. 실험토양은 녹화토양 재료와 종자 등이 골고루 섞일 수 있도록 실내용 콘크리트교반기(용량 50ℓ, 모델 JI-359)를 이용하여 혼합하였으며, 시비는 각 처리별로 복합비료(N:P:K=15:17:15)를 300g/m² 기준으로 실시하였다.

2) 土壤의 被覆두께에 따른 生育實驗

암절취비탈면의 식생생육기반 확보를 위하여 뿔어붙여지는(종비토뿔어붙이기공법) 녹화토양의 피복두께와 파종량에 따른 식생의 생육특성을 파악하기 위하여, 비닐하우스내에서 Pot(전실험과 동일)를 이용하여 1996년 5월 9일에 실험을 실시하였다.

실험은 산림토양 4수준을 주구에, 파종량 3수준을 세구에 각각 3반복으로 배치한 분할구배치법을 이용하였으며, 실험토양은 산림토양:발토양:모래=1:1:1의 부피비 기준으로 종자와 함께 교반기를 이용하여 배합하였다. 토양의 피복두께처리는 0cm(a1), 2cm(a2), 5cm(a3), 10cm(a4) 기준으로 배합된 실험토양을 Pot 위에 일정한 두께로 붙였으며, 파종량은 0립/m²(b1), 1,000립/m²(b2), 2,000립/m²(b3)을 발생기대본수 기준으로 전실험과 동일하게 각각의 파종량을 결정하였다.

각 실험에서는 처리별 효과를 파악하기 위하여 발아율, 생육개체수, 초고, 초폭 등을 측정하였으며, 측정된 자료는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 package를 이용하여 분산분석, 처리평균간 다중검정을 실시하였다.

結果 및 考察

1. 山林土壤의 類型에 따른 生育實驗 結果

조사대상지로 선정된 고속도로 절개비탈면 상

Table 3. Effect of soil type on the number of individuals after four months of treatments. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN test

Treatment* Seeding rate	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 4
0	12.0 a	11.7 a	6.7 a	4.7 a
1,000/m ²	23.0 a	18.3 a,b	15.7 b,c	12.3 c
2,000/m ²	27.3 a	18.7 b	16.3 b	16.0 b

* Tr. 1: Soil collected from coniferous forests, Tr. 2: Soil collected from deciduous forests, Tr. 3: Soil collected from mixed forests, and Tr. 4: Soil collected from field

부에 있는 주변산림부의 임상조건에 따른 토양유형 및 파종량별 식생의 생육실험을 실시하였다. 파종 4개월 후 생육개체수에 대한 각 처리별 효과의 분산분석 결과 토양처리효과, 파종량처리효과는 유의성이 높게 나타났으나, 토양*파종량의 상호효과가 인정되지 않았다. 이들 각 처리별 효과를 파악하기 위하여 처리평균간 다중검정을 실시한 결과는 표 3에서와 같다.

초기에 공시초종을 파종하지 않은 시험구에서는 토양처리에 따른 생육개체수의 차이는 없는 것으로 분석되었다. 그러나 공시초종(외래종 3종)의 파종량 1,000본/m²(이하 발생기대본수) 시험구에서는 침엽수림토양과 활엽수림토양을 이용한 시험구에서 혼효림토양, 묘포토양을 이용한 시험구와의 유의차가 인정되었으며, 침엽수림토양을 이용한 시험구에서 생육개체수가 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 공시초종의 파종량 2,000본/m² 시험구에서는 침엽수림토양을 이용한 시험구와 다른 토양처리구에서의 유의차가 인정되었다.

산림토양의 유형과 파종량에 따른 출현종수와 개체수의 측정결과는 표 4에서와 같다.

시험구내에 출현한 종수는 공시초종(외래종)을 파종하지 않은 시험구에서 단위 시험구(0.07m²)당 5~9종이 산림토양내 함유된 종자원에 의하여 자연적으로 출현하였으며, 파종을 실시한 시험구에서는 초기에 파종한 3종의 공시초종 외에 2~6종이 자연적으로 출현하였다. 자연적으로 발생한 종의 출현종수는 침엽수림토양을 이용한 시험구에서 5~8종으로 가장 많았으며, 혼효림, 활엽수림, 묘포토양의 순으로 적게 나타났다. 산림토양 내에서 자연적으로 출현한 종은 침엽수림토양에

Table 4. Number of species and individuals between the seeded species and the naturally emerged species

Soil type	Seeding rate (No./m ²)	Number of species (No./0.07m ²)			Number of individuals (No./m ²)			Ratio of individuals(%)	
		N.S. ¹⁾	S.S. ²⁾	Total	N.S.	S.S.	Total	N.S.	S.S.
Coniferous forest soil	0	8	—	8	2,400	—	2,400	100	—
	1,000	6	3	9	529	4,071	4,600	11.5	88.5
	2,000	5	3	8	661	4,799	5,460	12.1	87.9
Deciduous forest soil	0	6	—	6	2,320	—	2,320	100	—
	1,000	2	3	5	1,050	2,610	3,660	28.7	71.3
	2,000	3	3	6	1,198	2,522	3,720	32.2	67.8
Mixed forest soil	0	9	—	9	1,320	—	1,320	100	—
	1,000	5	3	8	733	2,387	3,120	23.5	76.5
	2,000	2	3	5	267	2,993	3,260	8.2	91.8
Field soil	0	4	—	4	920	—	920	100	—
	1,000	4	3	7	534	1,926	2,460	21.7	78.3
	2,000	4	3	7	398	2,922	3,320	12.0	88.0

1) N.S. : Naturally emerged species 2) S.S. : Seeded species

서는 소나무, 활엽수림 및 혼효림토양에서는 참나무가 출현하였으며, 초본류로는 바랭이, 달맞이꽃 등이 발아하여 생육하였다.

각 처리별 출현개체수를 측정한 결과 총 출현개체수는 침엽수림토양(2,400~5,460본/m²)을 이용한 실험구에서 가장 높았으며, 활엽수, 혼효림, 그리고 묘포토양을 이용한 실험구의 순으로 적게 나타났다. 그러나 자연적으로 출현한 개체수의 비율은 활엽수림토양(1,050~2,320본/m²)을 이용한 실험구에서 개체수의 약 30%로서 가장 높게 나타났으며, 침엽수림토양을 이용한 실험구에서는 약 12%로 가장 낮았다. 따라서 산림토양을 녹화자재로 이용할 경우 산림토양원의 특성에 따라서 출현 종수 및 개체수의 변이가 많았다. 산림의 임상별로는 침엽수림토양에서 자생종의 출현종수가 많았으며, 활엽수림토양에서는 출현개체수중 자생종의 비율이 높아서 산림토양의 이용 가능성이 높았다.

파종량에 따른 실험 결과 공시초종(외래종)의 파종량을 증가시킬수록 초기에 우점된 외래종이 자연적으로 발생하는 자생종의 생육을 억제함에 따라서 출현종수는 감소하는 것으로 나타났다. 공시초종을 파종하지 않은 경우에는 초기의 재래종 자연발생비율은 높아지지만, 시험구내의 전체 생육개체수가 줄어들게 되므로 이들 요인을 동시에 고려하여야 할 것이다. 따라서 외래종을 초기

에 파종하지 않고 산림토양만을 이용하여 식생회복을 도모하기는 어렵지만, 외래종의 초기 파종량을 발생기대본수 1,000본/m²로 감소시켜도 자생종의 발아에 의하여 초기에 녹화안정을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 土壤의 被覆두께에 따른 生育實驗

암절취비탈면 표면에 뿔어붙여지는 식생생육기반은 토양자재와 종자가 혼합된 상태로 부착된다. 이때 동일한 양의 종자를 혼합할 경우 뿔어붙여지는 토양의 두께가 두꺼울 경우 표층부에 있는 종자는 발아가 가능하지만 깊숙이 매몰된 종자의 발아가능성은 상대적으로 줄어들게 된다. 일반적으로 표층부의 종자 발아 가능 두께를 2cm로 보고 있다(日本岩盤綠化工協會, 1995).

파종 4개월 후 생육개체수에 대한 각 처리별 분산분석결과 토양의 피복두께효과, 파종량효과, 피복두께*파종량의 상호효과는 모두 유의성이 인정되었으며, 각 처리별 효과를 파악하기 위하여 처리평균별 다중검정을 실시한 결과는 표 5에서와 같다.

생육개체수는 초기에 공시초종을 파종하지 않은 시험구에서 토양의 피복두께 10cm 시험구와 5cm 이하의 시험구와의 유의차가 인정되었다. 생육개체수는 토양의 피복두께를 2cm로 할 경우에 17.7본/m²으로 가장 높았으며, 피복두께가 10cm

Table 5. Effect of soil thickness on the number of individuals after four months of treatments. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN test

Treatment* Seeding rate	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 4
0	16.3 a	17.7 a	14.3 a	12.0 b
1,000/m ²	22.3 a	30.7 a	19.0 b	14.0 b
2,000/m ²	40.0 a	31.3 a	17.3 b	19.0 b

* Tr. 1 : Spraying thickness with 0cm,
Tr. 2 : Spraying thickness with 2cm,
Tr. 3 : Spraying thickness with 5cm, and
Tr. 4 : Spraying thickness with 10cm

일 경우에는 12.0본/m²으로 가장 낮았다.

공시초종의 파종량을 1,000본/m², 2,000본/m²으로 증가시켰을 경우에는 피복두께 2cm 이하의 시험구와 5cm 이상의 시험구에서 각각 유의차가 인정되었다.

토양의 두께 0cm, 2cm 시험구에서는 표층부에 집중된 종자가 발아하여 생존개체수가 많았으나, 표층부 건조에 의하여 발아된 개체가 고사되는 등의 문제가 발생하였다. 또한 토양의 피복두께가 5cm 이상이 되면 파종된 종자가 매몰되어 표층부 두께 2cm 이하의 종자는 발아가 곤란하기 때문에 상대적으로 생존개체수는 적은 것으로 분석되었다.

녹화토양내에 종자가 고르게 혼합된다고 가정할 때, 예상성립본수 2,000본/m² 기준의 경우 발아가능 피복두께를 2cm로 계산한다면, 그림 1에서와 같이 피복두께 0cm, 2cm에서는 100% (2,000본/m²)가 발아되지만, 피복두께를 5cm로 한다면 2/5(40%, 800본/m²), 피복두께 10cm에서는 2/10(20%, 400본/m²)로 발아가능비율이 감소하게 된다(그림 1).

피복두께 2cm의 경우에는 예상성립본수가 100%인 2,000본/m²이지만, 자연적으로 출현한 종

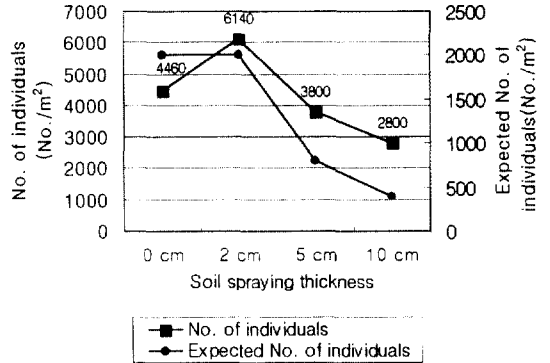


Fig. 1. Density(D, in number m⁻¹) of expected and estimated plants emerged from the plots under seeding rate treatments(in case of seeding rate was 2,000/m²)

들의 추가로 총 생존개체수는 3배 이상 증가하여 6,140본/m²으로 가장 높았다. 그러나 토양피복두께가 5cm 이상으로 될 경우에 발아생육개체수는 표층부 2cm 이하에 대부분의 종자가 매몰되기 때문에 초기 발아생육개체수가 감소하였지만, 예상성립본수 보다는 높은 값을 나타내었다.

식생의 특성을 파악하기 위하여 식생의 개체수와 초목, 초고 등을 고려한 생육지수(초고×초폭×개체수; 江岐, 1984)를 이용한 분산분석 결과 토양의 피복두께효과, 토양의 피복두께*파종량의 상호효과는 인정되었으나, 파종량의 효과는 인정되지 못하였다. 파종량처리의 경우는 생육개체수의 분석결과에서는 효과가 인정되었으나, 자연적으로 발생한 재래종의 왕성한 생육으로 인하여 파종량에 따른 생육지수의 차이는 인정되지 못하였다. 각 처리별 평균간 차이를 파악하기 위하여 다중검정을 실시한 결과는 표 6에서와 같다.

파종량을 1,000본/m², 2,000본/m² 수준으로 처리하였을 경우에는 생육지수는 각 토양의 두께에 따른 유의차가 없는 것으로 분석되었다. 그러나 초기에 공시초종을 파종하지 않은 시험구에서

Table 6. Effect of soil thickness on the growing index after four months of treatments. Means in each row followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 in DUNCAN test(growing index=Sum of each plant height(cm)×width(cm)×no. of individuals)

Treatment* Seeding rate	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 4
0	88.5 c	326.6 b,c	833.3 a	574.3 a,b
1,000/m ²	249.5 a	655.3 a	429.1 a	447.2 a
2,000/m ²	332.3 a	588.7 a	533.7 a	646.5 a

* Refer to the Table 5.

는 토양의 피복두께를 증가시킬수록 식생의 생육 지수는 증가하는 것으로 나타났다. 또한 공시초종을 파종하지 않은 시험구에서 토양의 피복두께를 0cm(표층부에 파종)로 할 경우에는 식생생육 지수가 88.5로 매우 낮았으며, 이는 표층부의 건조에 의하여 발아된 식생의 생육이 상대적으로 저조하기 때문인 것으로 판단된다.

토양의 피복두께처리별 생육지수는 피복두께 5cm 이상의 시험구에서 상대적으로 가장 높았으며, 토양의 피복두께를 10cm 이상으로 처리할 경우에는 하부에 매몰되는 종자에 의하여 발아·생육하는 개체수가 적기 때문에 생육지수는 상대적으로 약간 낮게 나타났다. 따라서 종자의 발아특성과 생육특성을 감안할 때 표층부의 조건에 따라서 5cm 이상으로 시공해야 하거나, 속층과 겹층의 배합을 달리하여 겹층토양에만 종자를 넣고 파종하도록 시공기술을 개발해야 할 것이다.

結 論

岩切取 毀損비탈면에 적용할 수 있는 種肥土흙어붙이기工法용 綠化土壤資材로서 山林表層土의 利用可能性 및 效果를 파악하기 위하여, 1996년 3월부터 현지실험 및 파종실험을 실시한 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 山林土壤에 함유된 自生種子源의 발아·생육 특성을 파악한 결과, 외래종을 파종하지 않은 시험구에서는 5~9종/0.07m²이 자연적으로 발생하였으며, 외래종의 파종을 실시한 시험구에서는 초기에 파종한 3종의 공시초종 외에 2~6종/0.07m²이 자연적으로 출현하였다.
2. 식생의 총 出現個體數는 침엽수림토양을 이용한 시험구에서 가장 높았으며, 활엽수림, 혼효림, 그리고 묘포토양을 이용한 시험구의 순으로 적게 나타났다. 또한 자연적으로 출현한 식생의 개체수는 활엽수토양을 이용한 시험구에서 가장 높았으며 약 30%를 차지하는 것으로 나타났다.
3. 潛在種子源을 함유한 산림토양을 식생생육기반으로 사용할 경우, 초기에 파종된 外來種과 자연적으로 발생한 종과의 공생으로 기존의 종자 사용량을 1,000본/m² 수준으로 감소시켜도 초기에 다양한 식생을 조성할 수 있었다.

4. 岩切取비탈면에 뿔어붙여지는 토양의 두께를 고려할 때 被覆두께 2cm 이하로 처리할 경우에 생육개체수가 가장 높았지만, 출현개체수, 초목, 초고 등을 고려한 生育指數는 자연적으로 발생한 종자와 초기에 파종한 외래종과의 공생으로 인하여 5cm 두께 이상으로 처리할 경우가 가장 높았다. 따라서 種肥土 뿔어붙이기工法에 적용시 표층부의 건조, 자연 발아종, 하부에 매몰되는 종자원을 고려할 때, 토양의 피복두께는 5cm 이상이 적합한 것으로 나타났다.

향후 산림토양을 綠化土壤資材로 이용할 경우 초기에 파종된 외래초종과 산림토양내 함유된 自生種子源의 발아·생육으로 인하여 초기에 식생 조성을 도모할 수 있을 것이며, 자생종으로의 遷移를 가속화시킬 수 있을 것으로 판단된다.

引用文獻

1. 朴容珍·李基宣 譯. 1991. 최신 환경녹화. 강원대학교 출판부. p.360.
2. 禹保命. 1997. 改正 砂防工學. 郷文社. p.310.
3. 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.
4. 李承炫. 1997. 高速道路 비탈面 綠化施工地의 環境因子와 經過年數에 따른 植生構造 變化. 서울大 碩士學位論文. p.53.
5. 韓國道路公社. 1995. 高速道路 切土비탈면 綠化工法 研究. 韓國道路公社. p.355.
6. 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. 韓國道路公社. p.280.
7. 江岐次夫. 1984. 林道のり面の保全に關する 研究. 愛媛大演習林報告 21 : 1-116.
8. 江岐次夫·藤久正文·山本正男·河野修一. 1986. 林道のり面の植生遷移に關する研究(IV) - 暖溫帶地域の盛土のり面における木本植物の侵入と推移とについて. 愛媛大演習林報告 24 : 111-128.
9. 高柳繁·中谷敬子·草得一·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.
10. 龜山章. 1976. 高速道路による周邊植生への 影響. 應用植物社會學研究 5 : 75-93.

11. 吉田博宣. 1983. 道路切取りのり面の植生景觀に関する研究. 造園雜誌 47(1): 46-51.
12. 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.
13. 山寺喜成・堀江保夫・倉田益二郎. 1976. 亞高山地帯における綠化復元に関する實驗的研究 - 富士スバルライン沿線の綠化復元の實驗 -. 綠化工技術 3(2): 1-32.
14. 山寺喜成. 1992. これからの綠化工技術. 日本綠化工學會誌. 17(2): 114.
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 6-113.
16. 日本岩盤綠化工協會. 1995. 有機質系吹附岩盤綠化工法 技術資料. 日本岩盤綠化工協會. p.47.
17. 倉田益二郎. 1983. 原點に立つての植物の選定. 綠化工技術 10(1): 29-30.
18. Bradshaw, A.D. 1984. Ecological principles and land reclamation practice. Landscape Planning 11: 35-48.
19. Garcia, M.A. 1995. Relationships between weed community and soil seed bank in a tropical agroecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment 55: 139-146.
20. Gross, K.L. 1990. Comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. Journal of Ecology 78(3): 1079-1093.
21. Luken, J.O. 1990. Directing Ecological Succession. Chapman and Hall. p.251.
22. Schoenholtz, S.H., J.A. Burger, and R.E. Kreh. 1992. Fertilizer and organic amendment effects on mine soil properties and revegetation success. Soil Science Society of American Journal 56(4): 1177-1184.
23. Wade, G.L. 1989. Grass competition and establishment of native species from soil seed banks. Landscape and Urban Planning 17: 135-149.