

임도사면에 있어서 미생물처리가 녹화식물의 초기생육에 미치는 영향

麻鎭燮* · 朴晋源

경상대학교 농업생명과학대학 환경산림과학부

Effects on the Early Growth of Revegetation Plants by Microorganisms in Slope of Forest Road

Ho-Seop Ma* and Jin-Won Park

Division of Environmental Forest Science, College of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

요약: 녹화식물의 조기녹화와 자연식생으로의 천이를 빠르게 유도하기 위하여 임도 비탈면에 미생물제재의 사용을 통한 산림토양의 개선효과 및 녹화식물의 초기생육 상태를 분석한 결과는 다음과 같다. 토양의 pH는 미생물 처리구에서 5.69로 많이 중화되어 약산성을 보였고, 치환성 양이온도 대조구에서의 1.59(me/kg)보다 처리구에서 비교적 높은 수치인 5.04(me/kg)로 나타났다. 전질소함량(T-N) 및 유기물 함량도 처리구에서 훨씬 높게 나타나 산림토양의 비옥도가 아주 높게 개선되었음을 알 수 있었다. 미생물제재로 처리된 실험구의 평균 피복율은 대조구보다 2.5배 높게 나타났으며, 각 소형방형구의 발아 평균본수는 미생물 처리구가 대조구보다 2.7배나 높은 발생율을 보였다. 처리구별 목본인 참싸리의 초기 평균 성장량의 차이는 없는 것으로 나타났으며, 참싸리의 초장은 발아 초기에 빠른 신장을 보이므로 외래초종과 혼파하면 사면안정 및 경관보전에 유리함을 알 수 있었다. 따라서 현재 외래종 위주의 단순한 종자뿌어붙이기공법의 녹화개념에서 초본 및 목본식물을 혼용한 외래종과 재래종의 사용과 미생물제재를 이용한 미생물 녹화공법의 도입은 산림토양의 개선과 사면안정 및 경관보전 효과를 높이면서 임도 비탈면의 조기녹화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: This study was carried out to investigate the early growth of revegetation plants by microorganisms in slope of forest road in Jinju area. The results were summarized as follows; The chemical properties of forest soil were changed by microorganisms. Soil pH, organic matter content, concentrations of total nitrogen, available phosphorus, exchangeable cations and CEC in treated plot were increased more than those of controlled plot in the surface soil. It showed that the availability of nutrients including nitrogen and phosphorus was increased by an application of microorganisms in the soil. The coverage rates showed statistically significant differences between plots ($p<0.05$). The germination rates of woody plants were better in treated plot than in controlled plot. The results indicate that the application of microorganisms would be significantly contributed for the early growth of revegetation plants on slope of forest road.

Key words : coverage, nutrients, germination rates, microorganisms

서론

각종 개발로 인하여 조성된 폐탄광지, 채석장, 단지건설, 절토 및 성토 비탈면 등 자연경관 훼손지역들은 주변에서 흔히 볼 수 있다. 21세기는 환경의 시대로서 환경과 생태를 중시하므로 녹화수종 및 녹화공법에 관한 연구가 중요하다. 우리나라의 사면녹화에 관한 기술은 상당한 수준에 있다고 할 수 있으나, 현재까지 사용된 사면녹화용 식물

재료는 외국에서 도입한 초종이 주류를 이루고 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 사면의 안정화와 함께 자생 식물 자원의 적극적인 활용으로 경관 및 생태적 가치를 부가하는 연구가 이 시점에서 필요하다고 할 수 있다.

자연 스스로의 힘으로 수백년 간에 걸쳐 만들어진 자연 생태계를 훼손하는 것은 복구하는 것보다 훨씬 쉽다. 최근 이러한 훼손지에 대하여 생물서식 공간 창출을 위한 새로운 관심이 고조되면서 다양한 노력들이 시도되고 있다. 훼손지의 녹화는 식물로 피복하여 토양의 침식과 비탈면의 붕괴를 방지하여 훼손된 자연경관을 조기에 복구

*Corresponding author
E-mail: mahoseop@nongae.gsnu.ac.kr

하기 위한 것이다. 생태적으로 건전하고 환경친화적인 복구사업을 추진하기 위해서는 생태계 전체를 중시하고 생물종의 다양성을 보존하는 등 생태계의 전반적인 이해가 필요하다.

특히, 임도비탈면은 그동안 야생동물의 서식처 제공과 경관미에 대하여 충분한 고려를 하지 못하고 종자뿌어붙이기공법에 의하여 조기녹화를 많이 하여왔다. 비탈면녹화는 강우에 의한 우적충격(雨滴衝擊)을 감소시켜 표면침식 및 토사유출을 방지하는 효과가 인정되어 비탈면의 붕괴를 방지하며(Walderon & Dakessian, 1982), 대기오염 및 소음감소, 재해방지 등에도 적극적인 대응책이 될 수 있다(江崎, 1976; 山寺, 1975). 또한, 콘크리트나 석재를 사용하는 토목공학적 공법에 비하여 시공비가 저렴하고 미관상 자연성이 높은 장점이 있다. 그러나 종자뿌어붙이기공법에 의한 임도비탈면의 녹화는 외래초종의 과다한 파종으로 발아 초기부터 밀생되면서 중간 생육경쟁이 심하고, 단순 초본군락이 형성되므로 초기에는 주변으로부터 식생의 침입이 어렵게 되어 초본 및 목본의 조화로운 생육을 기대하기 어렵게 하고 있다. 임도는 자연성이 높은 곳에 개설되므로 주변경관과의 조화가 중요하다. 이러한 점에서는 그 지역의 자생식물을 이용하는 것이 주변경관의 조화나 사면의 안정 등 유지관리 면에서 아주 바람직하다(우보명과 손두식, 1980; 우보명, 1983; 小林과 山口, 1988; 江岐 등, 1986; 장한성 등, 1994).

따라서 본 연구는 초본 및 목본식물의 혼합에 의한 녹화용 식물의 조기녹화와 주변경관과의 빠른 조화를 유도하기 위하여 임도비탈면에 미생물제재를 사용하고 산림 토양의 개선효과 및 녹화용 식물의 초기생육 상태를 분석하여 임도비탈면의 새로운 조기녹화 기법을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 조사지의 임도는 행정 구역상 경상남도 진주시 집현면 정수리로서 집현면과 미천면의 경계지역에 위치하고 있으며, 해발고도 140~300m에 걸쳐 시공되어 있다. 본 지역의 임도는 최근 임도 절토비탈면 피복녹화에 가장 많이 적용되고 있는 종자뿌어붙이기공법으로 시공되었으며, 임도 총 연장은 1.8 km이다. 조사 대상지의 위치 및 입지적 특성은 Figure 1 및 Table 1과 같다.

Table 1에서 보면 임도의 입지적 특성중 절토 비탈면의 평균 경사는 38°이며, 비탈면 주 방향은 남동쪽(SE), 절토 비탈면의 길이는 5.6m, 사면형은 평형사면(□), 토양의 평균경도는 11 mm이며, 사면의 위치는 산복상에 위치하고 있다.

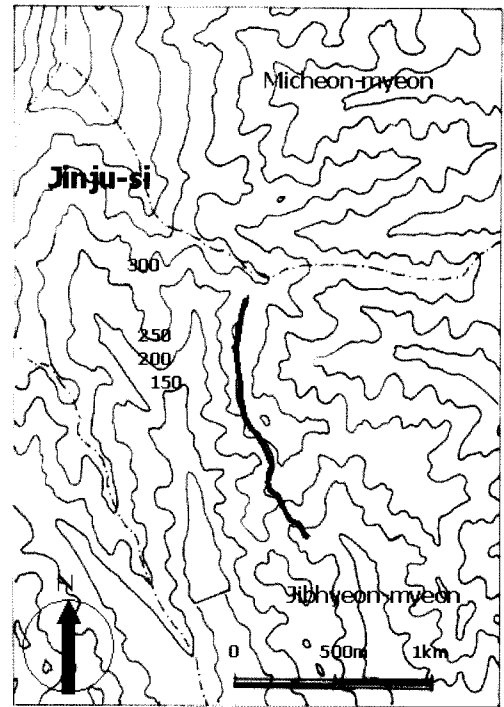


Figure 1. Location map of investigated area on cut slope of forest road.

Table 1. General characteristics of investigated area on slope of forest road.

Slope position	Slope aspect	Slope length (m)	Degree of slope (°)	Shape of Slope	Soil hardness (mm)
Hill	SE	5.6	38	Straight	11

2. 실험구 설치 및 조사분석

1) 실험구 처리용 미생물제재

본 실험에 사용된 미생물은 *Bacillus* 속이며, 식물생육에 미치는 유의한 작용으로는 비질소질유기물의 분해변화, 암모니아 화성작용, 질산화작용, 유리질소의 고정, 가용성무기성분의 동화, 미생물에 의한 무기성분의 변화, 미생물간의 길항작용, 안정응집체의 생성 또는 입단의 생성, 생장촉진물질 생성 등으로 알려져 있다. 실험에 사용한 균주는 *Bacillus subtilis*(KCTC 3006)로 생명공학연구원 유전자원센터로부터 분양받아 사용하였다.

균주는 YPD broth에 접종하여 37°C에서 overnight시킨 후 그 배양액 0.5l를 fresh YPD배지에 접종하여 2시간 동안 배양하였다. 상기 배양액 10 ml는 다시 일정량의 YPD 배지에 접종하여 2일동안 배양한 후 1,000배 용액으로 조제하여 실험에 사용하였다.

2) 토양 화학성 분석

임도 비탈면에 처리한 미생물제재 시용에 의한 토양의 화학성변화와 그에 따른 식생의 피복 및 생육관계에 미치

는 영향을 분석하였다. 토양 시료는 실험초기와 실험후반기인 4월과 9월에 각 처리구의 방형구 중앙에서 표층토를 채취하였으며, 각 처리구에서 채취한 시료는 그늘에 건조시켜, 2 mm체(sieve)를 통과시킨 후에 측정에서 사용하였다. 채취한 토양의 유기물함량(OM), 유효인산(P₂O₅), 산도(pH), 양이온치환용량(CEC), 전질소(T-N), 치환성 양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺)을 농업과학기술원 토양화학성 분석법에 의해 분석하였다.

3) 종자의 선정 및 파종

종자의 선정은 기존 연구자료(마호섭 등, 2005; 우보명, 1989; 김남춘 등, 1998; 전기성, 1999; 정원옥 등, 2000; 김경훈, 1994; 박문수, 1996; 서병수 등, 1991)를 기준으로 해당지역에 자생하며, 손쉽게 종자를 구입할 수 있고, 비교적 피복과 생육 효과가 높은 Weeping lovegrass, Tall fescue, Perennial ryegrass, 억새, 비수리, 사방오리나무, 참싸리 7종을 선정하였다.

비탈면 녹화용 목본과 초본식물의 혼파특성, 발아 및 생육특성, 재래종과 외래초종의 경쟁상태 및 지표면의 토양침식상태 등을 종합하여 볼 때 사면 녹화식물 종자의 파종은 초기 성립 기득 본수를 m²당 1,000본 내지 2,000본을 기준으로 하는 것이 적당하고(山井, 1975; 山田 등, 1995), 초본과 목본의 혼파비는 32:1이하로 조정하는 것이 효과적(전기성, 1999)이라는 기존 연구를 바탕으로 본 조사에서는 초기 성립 기득 본수를 2,000본, 목본과 초본의 혼파비를 32:1로 조정하여 파종하였다. 선정된 종자 1g당 평균입수, 순도, 발아율, 파종량은 Table 2와 같다.

4) 조사구 설정 및 녹화효과 분석

임도 절토비탈면 내의 미생물제제의 사용을 통한 녹화효과를 분석하기 위하여 2003년도 신설한 임도 비탈면에 종자뿌어붙이기 공법을 실시하였다. 1m×1m의 미생물처리구와 무처리구(대조구)를 상하로 서로 교대로 구분하여 4개소를 3반복으로 총 조사구를 12개(4×3) 설치하고 조사하였다. 녹화효과를 분석하기 위하여 파종종자의 발아에 의한 피복율을 조사하고, 처리구간 식생피복율의 차이를 검증하기 위하여 t-test를 실시하였다. 특히, 목본식물은 사면의 안정 등 녹화효과를 높이는 중요한 역할을 하므로 목본의 발아본수 및 수고생장을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 산림토양의 화학성 변화

임도 비탈면에 미생물제제의 처리에 의한 산림토양의 화학성변화를 분석하기 위하여 미생물 처리 전과 후의 각 처리구별 산림토양을 채취하여 토양의 화학적 성질을 조사한 바 그 결과는 Table 3과 같다.

우리나라 산림토양의 pH는 비교적 4.5~5.5 범위에 있지만, Table 3에서 보면 대조구의 pH는 4.84로서 강한산성을 보여주고 있으며, 미생물제제가 처리된 처리구의 pH는 5.69로 많이 중화되어 약산성을 보이고 있다. 미생물의 활동에 의하여 pH를 변화되므로(구자공 등, 2001), 본 연구에서도 미생물에 의해서 주로 유기물 분해과정에서 생산된 유기산에 의하여 염기포화도가 높게 나타나 토양이 많이 중화되어 중성을 보이게 된 것으로 생각된다. 일반적으로 묘포나 임지의 생산력을 충분히 높이기 위해서는

Table 2. The seeding amount and characteristics of seed used for experiments.

Scientific name	Korean name	No. of seeds (No./g)	Germination rate (%)	Purity (%)	Seeding amount (g/m ²)
<i>Lolium perenne</i>	페레니얼라이그래스	500	80	98	0.99
<i>Festuca arundinacea</i>	톨 웨스큐	400	85	95	1.12
<i>Eragrostis curvula</i>	위핑러브그래스	3,500	80	98	0.14
<i>Miscanthus sinensis</i>	억새	2,000	50	80	0.48
<i>Lespedeza cuneata</i>	비수리	700	85	98	0.66
<i>Alnus firma</i>	사방오리나무	900	60	70	0.08
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	참싸리	100	70	90	0.50

Table 3. The chemical characteristics of soil in plots.

plots	pH	OM (g/kg)	T-N (%)	Ave (mg/kg)	CEC (me/kg)	Exch. (me/kg)			
						K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
T	5.69	20.5	1.4	4.4	10.1	0.17	3.56	1.05	0.26
C	4.84	7.7	0.9	2.3	7.2	0.11	0.48	0.81	0.19

note) T : treated plot with *Bacillus* (*Bacillus*: B. sub. broth)
C : controlled plot

토양은 약산성 내지 미산성을 보유할 필요가 있다.

양이온치환용량(CEC)은 pH가 낮은 경우 보다는 높을 때 양이온의 흡착량이 많아지며, 주요 토양 교질물의 양이온 치환용량은 음전하의 생성량이 많은 것 일수록 양이온 치환용량이 크다. 치환성 양이온은 처리구에서 비교적 높은 수치인 5.04를 나타내었으나, 대조구에서는 1.59로 낮게 나타났다. 토양콜로이드에 흡착된 양이온 중에서 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 등 일반적으로 염기라 부르는 금속이온의 양은 토양의 성질 및 비옥도와 밀접한 관계가 있다. 미생물제제 처리구에서 전질소함량(T-N)은 1.4%로 나타났고, 무처리구에서 0.9로 낮게 나타났으며, 유기물 함량은 처리구에서 20.5로서 무처리구의 7.7보다 훨씬 높게 나타났다.

따라서 본 조사지의 미생물제제가 처리된 처리구는 무처리구보다 토양이 많이 비옥하게 변하여 녹화식물의 발아 및 생장에 다소 유리하게 되었음을 알 수 있다.

2. 식생의 피복율과 목본의 발아특성

초본의 피복율에는 실험지역 임도비탈면의 주 방향이 남동방향이므로 난지형식물인 Weeping lovegrass가 많은 영향을 미쳤으며, Perennial ryegrass 및 Tall fescue는 축구 주변 수분이 많이 있는 지점이나 음지쪽에서 비교적 높은 생육을 보였다.

특히, Figure 2에서 피복율을 보면 5월 및 6월의 기상인자는 평년과 별다른 차이가 없었으나 강수량이 예년의 1/3 정도에 불과하여 4월 초에 파종하였음에도 불구하고 파종직후인 5월과 6월에는 피복율이 10%에도 미치지 못하였다. 6월 이후부터 강우가 많아지면서 7월에는 45%로서 피복율에 많은 변화가 있었지만, 7월 이후부터 10월까지는 하고현상이 심하게 나타나 초장의 성장이 부진하여 피복율의 변화는 별로 없었다. 미생물제제가 처리된 처리구와 대조구에 대한 평균 피복율을 보면 처리구에서는 46.2%의 피복율을 보였으며, 대조구는 18.6%로 나타났다.

Table 4에서 보면 처리구별 피복율에 대한 T-Test 결과 5% 수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났고, 미생물 처

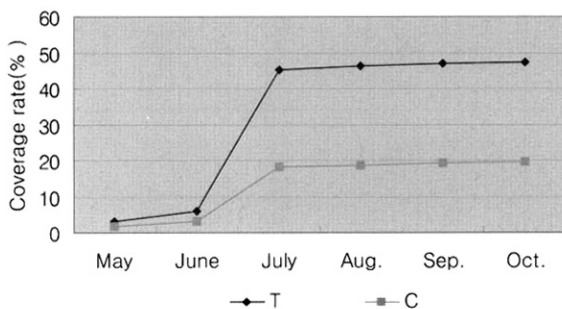


Figure 2. Monthly changes of coverage rates on plots.
note) T : treated plot with *Bacillus* (*Bacillus*: *B. sub.* broth)
C : controlled plot

Table 4. The t-test results for coverage rates on plots.

Plots	Mean	N	S.D.	S.E.	t	Sig.
T - C	46.1800 18.6175	2	8.6959 8.7730	4.3480 4.3865	4.822	0.017

note) T : treated plot with *Bacillus* (*Bacillus*: *B. sub.* broth)
C : controlled plot

리가 대조구보다 2.5배의 높은 피복율을 보여 미생물제제의 사용에 의한 토양개선과 그에 따른 초기 녹화효과는 양호한 것으로 판단된다.

임도 절토비탈면에 종자뿔어붙이기공법 시공시 목본 종자로는 비수리, 참싸리 및 사방오리를 파종하였으나 비수리 및 사방오리나무 종자는 조사기간 중에는 발아하지 않았다. Figure 3에서 보면 임도 절토 비탈면의 처리구별 목본의 평균 발생본수를 비교한 결과 피복율이 46.2%인 미생물 처리구에서 평균 22.7본이 나타났으며, 대조구에서 평균 8.3본이 발아하여 출현본수는 미생물 처리구가 대조구보다 2.7배 높게 나타났다. 그러나 현재까지 주변에서 새로이 침입한 목본은 없었다. 일반적으로 목본은 초본보다 발아와 생장이 느려 목본과 초본을 혼파 하였을 경우 발아 초기는 초본식생에 의해 목본식생이 피압된다고 한다(山田 등, 1995). 또한, 분사 파종시에는 다량의 초본종자를 파종하여 단순 초본군락을 형성하므로 주변 환경에서 자연식생의 종자유입과 착생(着生)을 더디게 하고, 목본의 조화로운 생육을 기대하기 어렵게 하고 있다(江岐 등, 1986; 우보명 등, 1993; 장한성 등, 1994; 박문수 등, 1995; 전권석 등, 2004). 그러나 본 연구에서는 피복율이 비교적 높은 미생물 처리구에서 목본의 발생이 많았고, 피복율이 낮은 대조구에서 목본의 출현은 저조하였다. 이러한 결과는 미생물제제의 사용으로 토양의 화학성이 개선되고, 또한 토양 pH가 4.8에서 5.5로 많이 중화되면서 토양 양분성분인 유기물과 양이온 치환용량 등 산림토양의 많은 변화가 있기 때문인 것으로 생각된다.

특히, 오리나무류는 종자파종으로 일본에서 도로사면

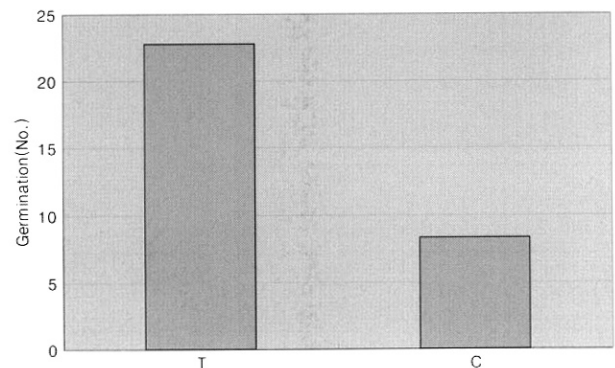


Figure 3. Average germination number of woody plants.
note) T : treated plot with *Bacillus* (*Bacillus*: *B. sub.* broth)
C : controlled plot

녹화용으로 활용되고 있으나 본 연구에서는 초기발아가 되지 않았다. 김남춘 등(1998)은 비탈면의 조기식생녹화를 위한 식물배합에 관한 연구에서 산오리나무는 조기녹화 및 경관녹화용 식물배합에서 발아가 되질 않았으며 산오리나무를 단파하였을 경우 4~5월 파종시 20% 이상 발아가 되나, 혼파 시에는 다른 식물보다 초기생육이 지나치게 느려 피압되어 발아가 되질 않은 것으로 보고하였다. 그러나 초기발아 및 생장이 느린 오리나무류와 비수리는 목본식물이므로 장기적인 측면에서 사면의 안정 등 녹화 효과를 높이는 중요한 역할을 하므로 혼파 비율의 조절 등을 통하여 발아율을 높일 수 있는 지속적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

또한, 각 소형방형구별 참싸리의 수고를 측정하여 처리구 별로 평균한 값을 보면 참싸리의 성장량은 처리구에서 7.3 cm로서 대조구 7.1 cm와 크게 차이는 나지 않았다. 목본은 발아초기에는 성장량이 크지 않아 큰 차이가 나지 않았으나, 2~3년 정도 경과하여야 처리구별 생장의 차이를 볼 수 있을 것으로 판단된다. 참싸리의 초장은 발아 초기에 빠른 신장을 보여 외래초종과 혼파하여도 생육초기에 큰 지장은 받지 않으므로 주변 환경과의 조화 및 경관보전의 효과가 높을 것으로 기대된다. 특히, 임도비탈면의 조기녹화를 위하여 토양 미생물제재의 첨가는 산림토양의 화학성을 개선하므로써 식생 피복율은 2.5배 이상 높아졌고, 목본의 발아본수도 2.7배 높아 임도개설 후 초기의 비탈면의 침식 및 붕괴방지에 매우 효과적인 것으로 사료된다.

따라서 현재 외래종 위주의 단순한 종자뿌어붙이기공법의 녹화개념에서 외래종과 재래종 초본 및 목본류를 혼합하고, 미생물제재를 이용한 미생물 녹화공법의 도입은 산림토양의 개선과 사면안정 및 경관보전 효과를 높이면서 임도 비탈면의 조기녹화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

결 론

본 연구는 초본 및 목본식물의 혼합에 의한 녹화용 식물의 조기녹화와 주변경관과의 빠른 조화를 유도하기 위하여 임도비탈면에 미생물제제를 사용하고 산림토양의 개선효과 및 녹화용 식물의 초기생육 상태를 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

토양의 pH는 미생물 처리구는 5.69로서 대조구 4.84보다 많이 중화되어 있는 것으로 나타났으며, 치환성 양이온은 처리구에서 비교적 높은 수치인 5.04를 보였고, 대조구에서 1.59로 나타나 토양의 비옥도도 많이 좋아졌음을 알 수 있다. 전질소함량(T-N)은 처리구에서 1.4%로서 무처리구에서 0.9%보다 높게 나타났고, 유기물함량도 처리

구에서 20.5 g/kg로서 대조구의 7.7 g/kg보다 높게 나타났다.

미생물제재가 처리된 처리구의 평균 피복율은 46.2%, 대조구는 18.6%로서 미생물 처리구가 대조구보다 2.5배 높았다. 각 방형구의 발아 본수를 처리구 별로 평균한 값은 미생물 처리구가 22.7본으로 대조구 8.3본 보다 2.7배나 높은 발아율을 보였다. 목본인 참싸리의 평균 성장량은 처리구와 대조구에서 각각 7.3 cm과 7.1 cm를 보여 처리구별 초기 성장량의 차이는 없는 것으로 나타났다. 참싸리의 초장은 발아 초기에 빠른 신장을 보여 외래초종과 혼파하여도 생육초기에 큰 지장은 받지 않으므로 주변 환경과의 조화 및 경관보전의 효과가 높을 것으로 보인다.

따라서 현재 외래종 위주의 단순한 종자뿌어붙이기공법의 녹화개념에서 외래종과 재래종의 혼합과 미생물제재를 이용한 미생물 녹화공법의 도입은 산림토양의 개선과 사면안정 및 경관보전 효과를 높이면서 임도 비탈면의 조기녹화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

인용문헌

1. 김경훈. 1994. 임도 절도비탈면의 식생조성에 미치는 환경인자의 영향에 관한 연구. 서울대 대학원 박사학위논문. pp. 51.
2. 김남춘, 석원진, 남상준. 1998. 비탈면의 조기식생녹화를 위한 식물배합에 관한 연구. 한국조경학회지. pp. 8-18.
3. 구자공, 김경숙, 동종인 등. 2001. 토양환경공학. 한국지하수토양환경공학회편. 향문사. pp. 394..
4. 마호섭, 박진원, 김용철. 2005. 종자뿌어붙이기공법에 의한 임도비탈면의 식생회복. 경시대 학술림연보 15: 41-50.
5. 박문수. 1996. 임도구조 및 산림환경인자가 임도 비탈면의 식생침입과 토양침식에 미치는 영향. 경상대학교 대학원 박사학위논문. pp. 26-30.
6. 박문수, 마호섭, 전권석. 1995. 임도사면의 식생침입에 관한 연구 -둔전봉양 임도를 대상으로- 경시대 연습림연보 5: 39-56.
7. 서병수, 김세천, 이창현, 박종민, 이규환. 1991. 지리산 국립공원 도로 비탈면에 관한 연구(I). 한국조경학회지 19(2): 75-91.
8. 우보명. 1983. 도로비탈면의 경관안정을 위한 기본모델 선정에 관한 연구. 한국임학회지 61: 69-79.
9. 우보명, 권태호, 김남춘. 1993. 임도 비탈면의 자연식생 침입과 효과적인 비탈면 녹화공법 개발에 관한 연구. 한국임학회지 82(4): 381-395.
10. 우보명, 손두식. 1980. 도로녹화 및 도로조경 기술개발에 관한 연구. 한국임학회지 48: 1-24.
11. 우보명. 1989. 사방공학. 향문사. pp. 310.
12. 이재필. 1995. 도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구. 건국대학교 대학원 석사학위논문. pp. 57.
13. 장한성, 마호섭, 박문수. 1994. 임도사면에 있어서 식생 침입의 초기과정. 경시대 농업자원연보 28: 41-53.

14. 전기성. 1999. 사면 녹화용 외래초종과 재래목초본식물의 적정 파종량 및 혼파비에 관한 연구. 서울대 대학원 박사학위논문. pp. 46-50.
15. 전권석, 마호섭. 2004. 시간경과에 따른 임도 절토비탈면의 식생피복도 변화. 한국환경복원녹화기술학회 7(3): 14-25.
16. 정원옥, 구소영, 강진택, 마호섭. 2000. 산림환경인자가 임도 비탈면의 토양침식과 사면 안정에 미치는 영향. 경상대 연습림연보 10: 48-54.
19. 江崎 次夫, 伏見知道. 1976. 日本産雜草類ののり面保護工に對する利用方法に關する研究(II). -林道切取りのり面での檢討-. 愛媛大學農學部 演習林研究報告 13: 161-174.
17. 江崎 次夫, 久 正文, 山本 正男, 河野 修一. 1986. 林道ののり面の植生遷移に關する研究. 愛媛大學農學部 演習林研究報告 24: 111-128.
18. 小林 洋司, 山口裕子. 1988. 林道路線が景觀に興える影響. 日林誌 70(8): 351-361.
19. 山田 守 等. 1995. 播種條件の違いが木本植物の發芽/初期生育に及ぼす影響について(I). 綠化工技術(日本綠化工研究會) 21(1): 34-40.
20. 山寺 喜成. 1975. 木本植物と草本植物の混播に關する實驗. 綠化工技術(日本綠化工研究會) 43(1): 14-16.
21. Waldron, L.J. and S. Dakessian. 1982. Effect of grass legume and tree roots on soil shearing resistance. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 894-899.

(2006년 5월 2일 접수; 2006년 6월 2일 채택)