

고속도로 비탈면 녹화용 도입초종의 생육특성 분석

우보명* · 오구균** · 김봉년*** · 조영채*** · 전기성****

* 서울대학교 산림자원학과

** 호남대학교 조경학과

*** 한국도로공사 조경부

**** 서울대학교 대학원 산림자원학과

Analysis of Growth Characteristics of the Introduced Species Revegetated on the Highway Cut-slopes

Woo, Bo-Myeong* · Oh, Koo-Kyoon** · Kim, Bong-Yeon***
Cho, Young-Chae*** · Jeon, Gi-Seong****

* Dept. of Forest Resources, Seoul National University

** Dept. of Landscape Architecture, Honam University

*** Division of Landscape Architecture, Korea Highway Corporation

**** Dept. of Forest Resources, Graduate School, Seoul National University

ABSTRACT

This study was carried out from June 1996 to November 1997 to analyze the growth characteristics of the introduced species revegetated on highway cut-slopes.

The number of revegetation measures type surveyed were fourteen such as seed-spraying measures, block-sod pitching measures, and hydro-seeding measures with seed-fertilizer-soil materials.

The introduced species for revegetation measures were mostly *Festuca arundinacea* (cool season grass), *Eragrostis curvula* (warm season grass), *Lolium perenne* (cool season grass), *Dactylis glomerata* (cool season grass), *Poa pratensis* (cool season grass)

The species diversity index of the upper part on highway cut-slopes were greater than that of the middle part and lower part. The growth of introduced species was good on north-facing cut-slope than the others and that was flourish in temperate north forest zone.

Also, the introduced species seemed to decrease or disappear, while the ratio of native woody and herb species which were in mature stage seemed to increase.

I. 서론

우리나라에서 고속도로 신설은 자연환경의 훼손저감보다는 고속도로가 가지는 제일의 기능인 차량의 고속주행에 더 큰 관심을 가지고 이루어지고 있으므로, 고속도로 비탈면의 녹화도 훼손된 비탈면의 자연생태계로의 복원보다는 도로구조의 안정에 중점을 두고 도로개설의 토목공사시에 부수적으로 이루어지고 있는 실정이다.

그리고, 훼손된 비탈면의 녹화도 비탈면의 조기 안정을 목표로 寒地型草種인 tall fescue, perennial ryegrass, orchardgrass, kentucky bluegrass 등과 暖地型草種인 weeping lovegrass와 같은 導入草種을 사용하고 있다.¹¹⁾

도입초종은 주로 목초용으로 많이 들여와 목초로서의 이용가치와 생리적특성에 대해서는 많은 연구가 진행되어 있으나 조기녹화의 목적을 달성하기 위해서 고속도로 비탈면과 기타 훼손지에 많이 이용되고 있는 녹화용으로서의 생육특성에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 이 과업에서는 외래 도입초종을 사용하여 녹화공사를 시공한 도로절개 비탈을 현지조사하여, 조기녹화의 목적으로 사용되어온 도입초종의 생육상태 및 정착여부 등에 관한 식물생태적인 특성을 충분히 검토하여 그 적용에 대한 타당성을 분석하여 안정된 자연식생으로의 천이를 유도하기 위한 기초자료를 제시하고자 수행되었다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상지 선정

현지조사는 오래전에 개설된 경부고속도로와 경인고속도로를 비롯하여 최근에 개설된 중앙고속도로에 이르기까지 전국의 14개 노선에서 총 174개소의 고속도로 절개비탈면을 조사대상지로 선정하였다.

1996년과 1997년의 2년에 걸쳐 비탈면의 현지조사를 실시하였으며, 주로 현장에서의 식생조사를 통하여 녹화식생의 생육상태, 도입초종의 분포 및 우점상태, 자생종과의 공생여부를 파악하였으며, 또한 비탈면의 환경인자와 녹화공법의 특성을 파악하였다.

2. 조사방법 및 분석방법

(1) 조사방법

1) 문헌조사

우리 나라 절개비탈면 녹화공사에 사용되고 있는 국내외의 자료를 이용하여 도입초종의 생리·생태적인 특성과 녹화공법의 특징 등을 수집·분석하였다.

2) 환경인자 조사

① 입지인자 조사

• 비탈면 경사도($^{\circ}$) : 비탈상부(비탈어깨)에서 비탈하부(비탈끝)까지의 경사도를 경사계(Suunto Clinometer)로 측정하였다.

• 비탈면 너비(width of slopes; m) : 절개비탈면 하단부 좌우간 길이를 실측하였다.

• 비탈면 길이(length of slopes; m) : 비탈상부(비탈어깨)에서 비탈하부(비탈끝)까지 사거리를 실측하였다.

• 비탈면 방위($^{\circ}$) : 방위계(Compass)를 이용하여 측정하였다.

② 토양인자 조사

• 토양경도(mm) : 山中式 토양경도계로 비탈면 상부, 중부, 하부를 5회 측정후 평균하였다.

• 토양산도(pH) : 간이 토양산도계를 이용하여 5회 측정후 평균하였다.

• 토양습도(%) : 간이 토양습도계를 이용하여 5회 측정후 평균하였다.

• 土/岩 혼합율 : 비탈면을 토사와 암반의 혼합정도에 따라 토사, 토사 + 암반, 암반 + 토사, 암반으로 구분하였다.

• 배수상태 : 배수상태를 양호, 보통, 불량으로 구분하였다.

③ 기상인자 조사

인접측후소의 자료를 이용하여 강우량과 기온을 조사하였다.

3) 식생현황 조사

① 조사구의 설치

조사 표본지구로 선정된 비탈면의 식생구조를 파악하기 위하여 비탈면에 9개의 지점에 1×1m 크기의 방형구(方形區)를 설치하였고, 비탈상부와 주변산림부와의 경계부에서 주변산림지역으로 1m 떨어진 곳과, 3m 떨어진 곳에 1×1m 크기의 방형구를 좌중 우 3개소씩 모두 6개소에 설치하여, 1개의 조사 표본지구에 총 15개소의 조사구를 설치하였다.

② 식생조사

식생조사는 조사 표본지구에 설치한 방형구 내에 출현하는 모든 수종 및 초종에 대해서 樹種 및 草種, 個體數, 樹高 및 草長, 樹冠幅 및 草幅, 植物被覆度, 周邊 林相 등의 항목을 야장에 기록하였다.

4) 녹화공법의 현황 및 특성 조사

녹화공법의 현황 및 특성은 현재 비탈면 녹화공사 시공업체의 안내서 및 설계시방서를 기초로 한 문헌조사와 비탈면 현지조사를 통해 각 공법별 특성을 파악하고, 녹화공사 시공 후의 경과년수는 녹화공사 시공년도부터 현재까지 경과한 년수를 도로개설 및 확장에 관한 서류를 통해 수집하고, 현장에서의 식생생육 상태를 고려하여 최종 판정하였다.

(2) 분석방법

1) 비탈면의 환경인자 분석

비탈면의 환경인자는 전체 조사대상 비탈에서의 분포상황 및 특성에 대해 분석하였고, 아울러 식물의 생육과 직접적인 관련이 있는 인자이므로 식생구조와의 관계도 분석하였다.

2) 녹화공법의 현황 및 특성분석

녹화공사 시공업체에서 제공하는 안내서와 시

방서를 수집·분석하여 녹화공법의 현황 및 특성을 파악하고, 현장조사를 통해 확인하였다.

3) 식생구조 분석

① 피복도 분석

조사 표본지구에 설치한 방형구(1×1m)내에 출현하는 식물종별로 방형구내의 점유비율을 구하였다.

② 도입초종의 중요도 분석

식생조사의 결과로 얻은 자료를 이용하여 Curtis & McIntosh(1951) 방법¹³⁾에 따라 도입초종의 相對優占值(중요도 I.V. : Importance Value)를 산출하였으며, 조사구의 종구성상태를 파악하기 위해 Shannon의 種多樣度指數(H')¹⁴⁾를 산정하여 비교 분석하였다.

4) 도입초종의 생육특성 분석

森林植物帶(난대림지역, 온대남부림지역, 온대중부림지역, 온대북부림지역),^{8), 9)} 周邊林相(침엽수림, 활엽수림, 혼효림, 농경지),⁹⁾ 立地因子(비탈경사도, 비탈너비, 비탈길이, 비탈방위),^{4), 5), 18)} 綠化工事 施工 後 經過年數에 따른 도입초종의 생육특성을 분석하였다.

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 조사대상 비탈의 환경인자 분석

조사대상지 비탈면의 환경인자를 상관분석한 결과는 표 1과 같다. 조사대상비탈의 평균 경사도는 43°로써 비교적 급한 경사도를 유지하고 있었으며, 비탈너비는 평균 139m, 최대 500m, 최소 20m로 변이가 심하였다. 비탈길이는 평균 26m, 최대 90m였으며, 대체로 대형 비탈면이 많았다. 토양경도는 7mm로 비교적 낮은 경향을 보였는데 낮은 이유는 암반비탈은 제외하고 토사구역만을 측정했기 때문이라 생각되었다. 비탈면 녹화공사 시공 후 경과년수는 평균 약 10년이었으며, 최대 29년, 최소 3년이 경과되었다.

<표 1> 고속도로 비탈면의 환경인자간의 상관분석

인자	경사	방위	너비	길이	경과 년수	토양 산도	토양 습도	토양 경도	토양 혼합	배수 상태	평년 기온	평년 강수량	96년 피도
방위	0.0534												
너비	0.1431 *	0.0263											
길이	0.1316 *	0.0268	0.3319 ***										
경과 년수	0.1699 **	-0.1060	0.1120	-0.1185									
토양 산도	0.2544 **	-0.0883	-0.0029	0.0950	-0.1197								
토양 습도	-0.2226 **	0.1080	0.0207	-0.2516 **	0.0951	-0.7686 ***							
토양 경도	-0.1579	-0.2407 **	-0.1031	-0.0076	0.1048	-0.2034 **	0.0634						
토양 혼합	0.4372 ***	0.0070	-0.0028	0.1246	0.0450	0.1489	-0.1196	-0.0736					
배수 상태	-0.0993	0.0045	-0.0101	-0.2015 **	0.3767 ***	-0.3063 **	0.2291 **	0.1398	-0.2253 **				
평년 기온	0.1074	0.0278	0.1302 *	0.0916	0.1528 **	-0.1388	0.1989 **	-0.1223	0.1516 **	-0.0039			
평년 강수	-0.1151	-0.0962	0.1038	-0.0091	0.0931	-0.0719	-0.0053	-0.0141	0.0689	0.0243	-0.3263 ***		
96년 피도	-0.2154 **	0.0077	0.0855	-0.2567 **	0.2036 **	-0.2582 **	0.2582 **	0.0614	-0.3526 ***	0.4074 ***	-0.0755	0.0945	
97년 피도	-0.2351 **	-0.0056	0.0269	-0.2794 **	0.2016 **	-0.2586 **	0.2952 **	0.0729	-0.4190 ***	0.4280 ***	-0.0377	-0.0046	0.9226 ***

(*** : >99%, ** : 95< <99%, * : 90< <95%)

<표 2> 노선별 녹화공법 현황(현장조사가 수행된 녹화공법시공 비탈)

공 법		노 선 명		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
				경 부 선	경 인 선	호 남 선	영 동 선	동 해 선	남 해 선	구 마 선	88 선	중 부 선							중 양 선
1	0	평 폐 붙 이 기	평폐만 적용	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	
	1		콘크리트힘줄박기				○	○			○								
	2		격자틀붙이기	○	○	○	○	○	○			○	○						
2	0	종 자 뿌 어 붙 이 기	종자뿌어붙이기만 적용	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	1		벗짚거적덮기	○			○							○				○	
	2		Coir net				○							○				○	
	3		Jute net	○			○			○									○
3		중비토뿌어붙이기	○	○	○	○			○										
4		덩굴식물식재	○														○		
5		줄씨뿌리기(조파공사)				○													
6		새집붙이기				○													
7		Texol																○	
8		Net잔디				○					○								
9		Geoweb											○						
10		비탈녹화공사 미시행	○		○	○			○	○	○	○	○	○	○			○	

조사대상비탈의 배수상태는 전체적으로 양호한 비탈이 많았으나, 지형과 지질을 고려하지 않고 배수로를 시공하여 여름철 집중호우시에 비탈붕괴에 직접적인 원인을 제공할 수도 있는 비탈이 많았다. 고속도로 비탈면 녹화에 있어서 기반정비공사로 반드시 충분한 배수로의 시공이 요망되었다.¹¹⁾

고속도로 절개비탈면의 환경인자간의 상관분석을 실시한 결과 표 1과 같이 비탈경사도와 비탈너비, 비탈길이, 녹화공사 시공 후 경과년수, 토/암 혼합상태, 96, 97년 식생 피복도가 유의성이 높게 나타나 경사도와 이들 인자가 관련이 높은 것으로 나타났다. 비탈방위는 토양경도만 유의성이 높게 나타나 비탈방위에 따라서는 통계분석상 큰 차이를 나타내지 않고 있었다. 또한 비탈길이는 배수상태, 식생피복도가 유의성이 높게 나타났으며, 식생피복도는 96년도와 97년도에 모두 비탈경사도, 비탈길이, 경과년수, 토/암 혼합상태 등이 유의성이 높게 나타나 비탈면의 녹화를 위해서는 이들 인자를 고려하여 환경인자별로 적절한 식생의 이용이 중요하다고 판단되었다.^{11), 22), 23)} 특히 토/암 혼합상태가 식생피복도와 유의성이 높은 것은 토양부분이 많은 비탈이 전체적으로 식생피복도가 높게 나타나 식생의 생육이 양호한 것으로 생각된다.

2. 고속도로 절개비탈면의 녹화공법 현황

1) 고속도로 절개비탈면의 녹화공법 현황

고속도로 노선별로 현장 조사된 녹화공법 시공현황은 표 2에서와 같다. 표 2에서와 같이 총 14개 노선에서 특징적인 녹화공법은 14개가 조사되었으며,^{11), 12)} 공법의 특성상 10 유형으로 분류하였다. 조사대상 절개비탈면에서는 평때붙이기공법, 종자뿔어붙이기공법, 종비토뿔어붙이기공법 등의 주요 공법이 대부분 시공되어 있으며, 그 외 줄씨뿌리기공법, 새집붙이기공법, Texol공법 등이 일부 시공되었다.

비탈면 안정공법에는 표층부의 안정을 위하여 콘크리트휨줄박기공법과 격자틀붙이기공법(PNC, 콘크리트)이 주로 적용되었다. 격자틀붙이기공법은 오래 전부터 비탈의 안정을 위해 시공되어 오던 공법으로 비탈하부에 많이 시공되고 있었다. 이들 공법은 평때붙이기공법과 병행하여 식생을 도입하고 있었다. 또한 geoweb공법을 비탈면 하단부에 판쌓기 형태로 시공하였으며, 이곳에 종자뿔어붙이기공법을 병행하였다. geoweb공법은 최근에 호안비탈 및 절·성토 비탈의 안정을 위해 많이 시공되는 공법으로 고속도로 비탈에서는 많이 시공되지 않았다.

3. 도입초종의 생육특성 분석

(1) 고속도로 비탈면의 녹화용 도입초종의 현황

우리나라 고속도로 비탈면 녹화용 도입초종을 조사한 결과는 표 3과 같다.

〈표 3〉 고속도로 비탈면 녹화용 도입초종의 현황

출현순	영명	학명	특성
1	Tall fescue	<i>Festuca arundinacea</i>	한지형
2	Weeping lovegrass	<i>Eragrostis curvula</i>	난지형
3	Orchardgrass	<i>Dactylis glomerata</i>	한지형
4	Perennial ryegrass	<i>Lolium perenne</i>	한지형
5	Kentucky bluegrass	<i>Poa pratensis</i>	한지형
6	Timothy	<i>Phleum pratense</i>	한지형
7	Italian ryegrass	<i>Lolium multiflorum</i>	한지형
8	Creeping redfescue	<i>Festuca rubra</i>	한지형
	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	

표 3과 같이 대부분의 녹화용 도입초종은 寒地型草種인 tall fescue, perennial ryegrass, orchardgrass, kentucky bluegrass 등과, 暖地型草種인 weeping lovegrass를 이용하여 녹화하고 있는 것으로 조사되었다.^{11), 12)} 이들 초종은 경부선, 경인선, 호남선, 영동선, 중부선, 중앙선, 신갈안산선 등 고속도로 전 노선에 출현하고 있었으며, 비탈면 녹화공법에 주로 이용되는 도입초종으로 조사되었다.

(2) 주변환경인자에 따른 도입초종의 생육특성

1) 삼림식물대에 따른 도입초종의 생육특성

삼림식물대는 난대림지역, 온대남부림지역, 온대중부림지역, 온대북부림지역 등 4가지 식생대로 구분^{8), 9)}하여 식생구조를 분석하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

<표 4> 삼림식물대에 따른 도입초종의 중요도지수 분석 결과

삼림식물대	주변산림부	주변경계부	비탈상부	비탈중부	비탈하부	비탈하단부
난대지역	0.0567	0.1229	0.1600	0.2277	0.2006	0.1049
온대남부	0.0049	0.0478	0.2301	0.2386	0.2939	0.1565
온대북부	0.0652	0.1552	0.1513	0.2027	0.3251	0.3144
온대중부	0.0099	0.0317	0.1126	0.2605	0.3472	0.2679

삼림식물대에 따른 분석결과 난대림에서 온대북부림으로 올라가면서 도입초종의 중요도지수가 증가하는 경향을 보였다. 이는 대부분의 도입초종이 寒地型草種으로서 서늘한 기후에 적응을 잘 하기 때문이라 판단된다. 특히 난대지역인 남해선 및 88고속도로, 경부고속도로 대구 이남지역은 녹화공법시공시에 도입초종을 이용하여 녹화한 비탈이 많았지만 주로 주변식생의 침입이 활발하여 비탈면에 자연식생이 침입 정착되어 경관이 아름답고 녹화상태가 양호하였다. 그리고 경부고속도로 대구 이북지역과 호남고속도로, 경인고속도로, 제 2 경인고속도로, 영동고속도로 서울-원주구간은 녹화공법시공시에 이용된 도입초종의 생육이 비교적 활발하게 생육하고 있어 이들 지역에서는 도입초종의 적응이 빠른 것으로 분석되었다. 주변산림부에서 비탈하단부까지의 중요도지수 변화를 보면 난대림이 가장 적은 변화를 보이고 있으며, 온대남부, 온대중부, 온대북부로 갈수록 변이폭은 크게 나타났다.

2) 주변임상에 따른 도입초종의 생육특성

총 174개소 비탈 중 농경지 9개소, 침엽수림 6개소, 활엽수림 73개소, 혼효림 86개소가 조사·분석되었으며, 그 결과는 표 5와 같다.

<표 5> 주변임상에 따른 도입초종의 중요도지수 분석 결과

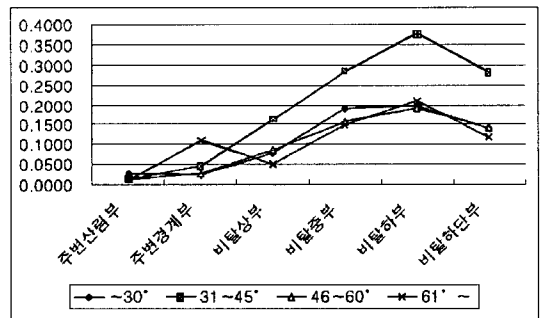
주변임상	주변산림부	주변경계부	비탈상부	비탈중부	비탈하부	비탈하단부
농경지	0.0213	0.0107	0.0467	0.1174	0.1383	0.1354
침엽수림	0.0000	0.0230	0.0785	0.0507	0.1804	0.1988
활엽수림	0.0104	0.0390	0.1327	0.2353	0.3464	0.2500
혼효림	0.0146	0.0494	0.1582	0.2902	0.3297	0.2320

도입초종의 중요도지수는 주변 임상이 침엽수림지역에서 전혀 출현하지 않았고, 농경지와 혼효림, 활엽수림지역에서는 적게 출현하였으며, 생육상태도 불량하였다.

표 5에서와 같이 주변부가 농경지인 지역은 침엽수림, 활엽수림, 혼효림지역보다 도입초종의 중요도 차이가 없었으나 주변지역이 농경지인 지역은 다소 관리가 요망되는 것으로 분석되었다. 또한 비탈 중부와 하단부에서 도입초종의 중요도지수는 농경지와 침엽수림보다 활엽수림과 혼효림에서 높게 나타나고 있었다. 주변산림 지역에서는 낙엽 및 유기물층의 집적으로 도입초종의 종자가 침입되어도 발아·착생을 하지 못하고, 간혹 발아가 되어도 하층식생 및 교목층에 의해 피압되거나 생육입지조건이 부적당하여 생육하지 못하는 것으로 판단된다.

3) 비탈경사도에 따른 도입초종의 생육특성

비탈경사도에 따른 도입초종의 생육상태는 그림 1과 같다.



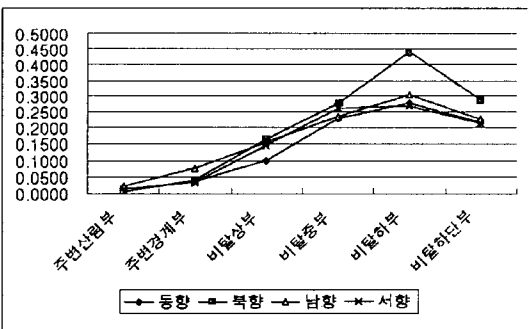
<그림 1> 비탈경사도에 따른 도입초종의 중요도지수 변화

그림 1에서와 같이 경사도가 완만한 비탈에서 주변부에서는 도입초종의 중요도지수가 낮

게 출현하였고, 비탈상부, 중부, 하부로 내려올수록 경사도 31~45° 구간에서 도입초종의 중요도지수가 높게 나타났다. 이 경사도는 대부분의 고속도로 절개비탈의 평균경사도 범위로서 가장 많은 절개지 경사도를 가지고 있고, 주로 도입초종으로 녹화하여 도입초종의 출현이 많다고 생각된다. 경사도 46° 이상의 구간에서도 주로 도입초종을 이용하여 녹화를 하고 있지만 비탈경사도가 급경사로 되어 있어 주변 자연식생의 종자가 유입이 쉽고, 녹화초종의 생육에 불리한 입지조건을 가지고 있어 도입초종의 중요도지수가 낮게 나타난 것이라고 판단된다. 이 경사도 요인은 상관분석에서도 식생의 피도와 관계가 높게 나타났고, 도입초종의 중요도도 비탈면 주변부에서 비탈면 하단부로 내려올수록 변이 폭이 크게 나타나는 것으로 보아 비탈면의 녹화초종의 도입과 생육에 영향을 많이 미치는 인자로 판단되었다.

4) 비탈방위에 따른 도입초종의 생육특성

동향비탈 41개소, 서향비탈 47개소, 북향비탈 44개소, 남향비탈 42개소가 조사·분석되었으며, 그 결과는 그림 2와 같다.



(그림 2) 비탈방위에 따른 도입초종의 중요도지수 변화

비탈방위에 대해서는 북향비탈이 다른 비탈보다 도입초종의 생육이 왕성한 것으로 나타났는데, 이는 북향비탈이 다른 방위의 비탈보다 건조에 의한 수분증발이 적고, 겨울에 온도차가 남향에 비해 상대적으로 적기 때문에 寒地

型草種이 대부분인 도입초종의 생육에 적합하기 때문이라 생각된다. 18), 19), 20) 그림 2와 같이 북향에서는 도입초종의 중요도지수도 높게 나와서 북향 비탈의 경우 도입초종의 생육이 전체적으로 볼 때 왕성한 것을 알 수 있다. 즉 한지형 초종인 도입초종의 생육은 비탈면의 방향과 밀접한 관계를 맺고 있으며, 도입초종의 중요도지수는 방위의 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 이는 북향 비탈이 다른 비탈에 비해 일사량이 적고 상대적으로 온도가 낮아서 한지형 도입초종의 생육에 적합하기 때문이라 판단되었다.

5) 비탈너비에 따른 도입초종의 생육특성

비탈너비에 따른 도입초종의 중요도지수 분석결과를 표 6과 같다.

<표 6> 비탈너비에 따른 도입초종의 중요도지수 분석결과

비탈너비	주변산림부	주변경계부	비탈상부	비탈중부	비탈하부	비탈하단부
~99m	0.0063	0.0435	0.1847	0.2640	0.3769	0.2441
100~199m	0.0108	0.0343	0.0994	0.2537	0.2940	0.2148
200~299m	0.0338	0.0711	0.1681	0.2364	0.3212	0.3008
300m~	0.0119	0.0336	0.0819	0.2133	0.2395	0.1562

비탈너비에 따른 도입초종의 중요도지수는 주변 산림부에서는 너비가 넓을수록 도입초종의 중요도지수가 높게 나타났고, 비탈상부에서 하부로 내려올수록 너비에 관계없이 중요도지수는 높게 나타나고 있었다.

도입초종의 중요도지수는 비탈면상에서 비탈너비에 대해서는 별 차이를 보이지 않았다. 그러나 이들인자는 비탈면의 규모와 관련이 크므로 녹화시에 상당히 고려되어야 할 것으로 생각된다.

6) 비탈길이에 따른 도입초종의 생육특성

30m 이하의 비탈은 114개소, 31~50m 이하인 비탈은 34개소, 51m 이상인 비탈은 10개소가 조사 분석되었다. 비탈길이에 대해서는 31~50m일때, 도입초종의 생육이 가장 왕성한 것으로 나타났다.

〈표 7〉 비탈길이에 따른 도입초종의 중요도지수 분석결과

비탈길이	주변산림부	주변경계부	비탈상부	비탈중부	비탈하부	비탈하단부
30m 이하	0.0111	0.0347	0.0808	0.1683	0.2143	0.1735
31~50m	0.0326	0.0343	0.1719	0.2070	0.3730	0.1738
51m 이상	0.0218	0.0818	0.0653	0.1778	0.2203	0.2225

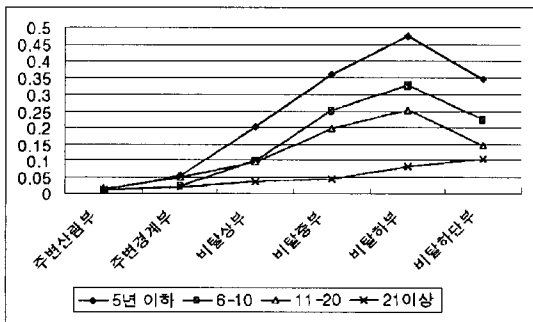
이것은 비탈길이가 30m이하인 소형비탈은 대부분 토사비탈로서 평떼붙이기공법을 이용하는 경우가 많지만, 비탈길이가 31~50m인 중형비탈은 대부분이 연암 또는 마사토지역으로서 도입초종을 이용한 종자뿌어붙이기공법이 많이 이용되기 때문이라 생각된다.

종다양도지수는 비탈길이가 51m 이상인 곳에서 높게 나타났고, 우점도는 길이별로 별다른 차이를 보이지 않았으며, 비탈길이가 짧은 (30m이하)비탈에서도 대부분 토사비탈로 구성되어 있어 주변에서 자연식생의 침입 착생이 왕성하였고, 도입초종의 쇠퇴가 빨랐다.

고속도로비탈의 경우 대부분 비탈길이가 일반도로 비탈이나 임도비탈보다 크므로 비탈길이에 따라 식생의 침입상태가 다르게 나타날 수 있어, 이에 대한 도입초종의 영향도 고려해야 할 것이다.

7) 녹화공사 시공후 경과년수에 따른 도입초종의 생육특성

녹화공사 시공후 경과년수에 따른 중요도지수 분석결과는 그림 3과 같다.



〈그림 3〉 경과년수에 따른 도입초종의 중요도지수 변화

비탈면의 녹화공사 시공 후의 경과년수는 비탈의 식생구조와 밀접한 관계를 맺고 있으

며, 경과년수는 비탈면의 식생상황을 파악하는데 가장 중요한 기초자료가 된다.

경과년수에 따른 도입초종의 생육에 대한 분석결과, 시간이 지날수록 도입초종의 생육은 점점 쇠퇴하고 있음을 알 수 있었다. 5년이하의 비탈은 도입초종의 중요도가 가장 높게 나타나 비탈에서 활발한 생육을 하는 것으로 분석되었으나 시간이 지날수록 도입초종의 생육상태는 점차 쇠퇴하여 20년이상된 비탈에서는 도입초종의 생육이 불량하였다. 이것은 시간이 경과하면서 비탈면에 주변식생이 침입하여 생태적으로 안정되어 가고 있음을 나타내는 것으로 판단되었다.

IV. 결론

고속도로 비탈면의 녹화공사에 이용된 도입초종의 생육특성 분석을 위하여 1996년 6월부터 1997년 11월까지 문헌조사와 전국의 고속도로 14개 노선에서 174개의 비탈을 대상으로 현지조사를 실시하고, 조사한 자료를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 우리나라 절개비탈 녹화공법은 14개가 조사되었으며, 여러형태의 종자뿌어붙이기공법과 평떼붙이기공법, 종비토뿌어붙이기공법 등이 시공되고 있었다.

고속도로 비탈면의 녹화에 주로 사용되는 導入草種은 寒地型草種인 tall fescue, perennial ryegrass, orchardgrass, kentucky bluegrass 등과, 暖地型草種인 weeping lovegrass로 조사되었으며, 도입초종의 생육은 비탈상부에서 비탈하부로 내려갈수록 왕성한 것으로 나타났다.

2. 도입초종의 생육이 가장 왕성한 지역은 온대북부림지역(강원도 대관령지역)으로 나타났으며, 이는 온대북부림 지역의 서늘한 기후조건이 한지형초종이 대부분인 도입초종의 생육에 적합하기 때문이라 생각된다. 또한 주변 임상(林相)에 따라서는 도입초종의 생육에 큰 차이를 보이지 않았다.

3. 비탈면의 방위에 따른 식생생육 상태를 분석한 결과 남·서향 비탈에서보다도 북향 비탈에서 도입초종의 생육이 양호한 것으로 나타났다. 이것은 북향비탈이 다른 방향의 비탈보다 햇볕을 적게 받아 토양수분의 유지가 잘 되고, 온도변화가 적기 때문이라 판단된다.

길이가 짧은 비탈은 대부분 토사비탈이 많아서 자연식생의 침입·착생·생육이 활발하여 자연식생과 도입초종간에 경쟁현상이 비교적 초기에 발생하여 도입초종의 쇠퇴현상이 심하였다.

4. 녹화공사 시공 후 경과년수에 따른 식생생육 상태를 분석한 결과 경과년수가 5년 이하인 비탈에서 도입초종의 생육이 가장 왕성하였으며, 5~9년 정도 경과한 비탈에서는 도입초종의 생육이 쇠퇴하기 시작하였고, 비탈상부 주변에서부터 자생식물의 침입이 시작되었다. 그리고, 10년 이상된 비탈에서는 주변산림지역으로부터 자연식생의 침입이 활발하여 자연식생에 의한 비탈면의 녹화상태와 식생경관이 양호하였다.

참고문헌

1. 國立環境研究院(1996), 『歸化生物에 의한 生態系 影響 調査(Ⅱ)』, 國立環境研究院:3-56.
2. 金東岩 외 15인(1996), 『草地學總論』, 先進文化社:96-149.
3. 農事院試驗局林産部編(1961), 『土壤保全便覽』, 農事院:243-415.
4. 禹保命(1978), “造景砂防에 관한 研究”, 『韓國林學會誌』, 28:67-96.
5. 禹保命(1997), 『改訂砂防工學』, 鄉文社:90-263.
6. 禹保命(1994), 『治山砂防 環境綠化 工種 工法 基本概念解説』, 韓國砂防 山林土木研究會:11-58.
7. 李景俊, 韓相燮, 金知洪, 金恩植(1996), 『山林生態學』, 鄉文社:37-320.
8. 李昌福(1985), 『大韓植物圖鑑』, 鄉文社
9. 李昌福(1993), 『新稿 樹木學』, 鄉文社
10. 全起成, 禹保命(1995), “切開비탈의 綠化技術에 관한 考察”, 『서울大演習林報告』, 31:73-95.
11. 韓國道路公社(1995), 『高速道路 切土비탈面 綠化工法』, 研究韓國道路公社:75-146.
12. 韓國道路公社(1996), 『導入草種이 周邊植生에 미치는 影響에 관한 研究(Ⅰ)』, 韓國道路公社
13. Crutis, J. T. and R. P. McIntosh(1951), “An upland forest continue in the prairie-forest border region of Wisconsin”, *Ecology*, 32:476-496.
14. Dieter Mueller-Dombois and Heinz Ellenberg(1974), 『Aims and Methods of Vegetation Ecology』, John Wiley & Sons
15. Martin Kent and Paddy Coker(1992), 『Vegetation Description and Analysis』, John Wiley & Sons
16. Shannon, C. E. and W. Weaver(1963), “The Mathematical theory of communication”, Univ. Illinois Press Urbana, p117.
17. Whittaker, R. H. (1965), “Dominance and diversity in land plant communities”, 『Science』, 147:250-260.
18. 龜山章(1977), “高速道路のり面の植生遷移について(Ⅰ)”, 『造園雜誌』, 41(1):23-33.
19. 龜山章(1978), “高速道路のり面の植生遷移について(Ⅱ)”, 『造園雜誌』, 41(4):2-15.
20. 龜山章(1978), “高速道路のり面の植生遷移について(Ⅲ)”, 『造園雜誌』, 42(2):2-7.
21. 吉田 寛, 菊地富夫(1993), “厚層基材吹付工の經年變化に關する調査報告”, 『日本綠化工學會誌』, 18(4):219-226.
22. 日本道路工團(1975), 『道路建設後の道路のり面植生遷移に關する調査研究報告書』, 道路綠化保全協會
23. 前堀幸彦(1976), “高速道路のり面の植生遷移狀況”, 『綠化工技術』, 4(1):34.