

자연표토 복원공법에 의한 암비탈면의 한국잔디와 목본류 종자파종에 의한 녹화

남상준¹⁾ · 김남춘²⁾

¹⁾ 현우그린(주) · ²⁾ 단국대학교 농과대학 식물자원학부

A Study on the Seeding of *Zoysia japonica* and Woody Plants for the Revegetation of Rock-exposed-slopes by Natural Topsoil Restoration Methods

Nam, Sang-Joon¹⁾ · Kim, Nam-Choon²⁾

¹⁾ Hyun-woo Green(Ltd.) · ²⁾ Division of Plant Resources, Coll. of Agri., Dankook Univ.

ABSTRACT

This study was conducted to find out the possibility of seeding of *Zoysia japonica* and woody plants for the revegetation of rock-exposed-cutslopes by Natural Topsoil Restoration Methods (NTRM). The 5cm thick layer of artificial soil was attached at rock-exposed cutslopes for the growth of *Zoysia japonica* and native woody plants by NTRM. The main results were summarized as follows.

1. Artificial soil attached at rock-exposed-slopes by NTRM was not eroded until recovered by *Zoysia japonica* and native woody plants. It shows extremely low soil erodibility.
2. One year later after seeding, woody plants show 100% ground coverage. But, in early stage, they grew more quickly at northwest slopes than at southeast slopes.
3. In seeding of *Zoysia japonica*, it grew more quickly at southeast slopes than at northwest slopes. Also, it grew better at lower part of the slopes than at middle part of the slopes.
4. After one year from seeding, the height of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* were longer than any other plants. The next were *Albizia julibrissin*, *Lespedeza cuneata* and wild flowers. The tree height of *Rhus chinensis* shows 28cm length, so it has enough possibility to be used for roadside revegetation works.
5. *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* show different importance values according to slope aspect. But, they show tendency to outweigh the other plants at all slope-aspects.
6. Most of the plants seeded by NTRM were germinated well and they covered rock-exposed-slopes so quickly and effectively. Thus it leads to conclusion that the revegetation methods used in this experiment was a very effective methods to recover rock-exposed-slopes by seed-

ing of *zoysia japonica* and native woody plants.

Key words : rock-exposed cutslopes, artificial soil, erodibility, importance value, Natural Topsoil Restoration Methods

I. 緒 論

최근 환경친화적 건설사업에 대한 국민적 관심이 높아지고 있어 자연친화적인 비탈면 녹화기술의 개발필요성이 증대되고 있다. 그 동안 비탈면 녹화에서는 조기녹화만을 강조하고 야생동물의 서식체제공과 경관미에 대한 고려를 하지 못하였기 때문에 외래도입초종에 대한 의존도가 매우 높았고, 우리 나라 재래초·목본식물의 사용이 매우 제한적이었다. 앞으로는 외래도입초종 보다는 재래초·목본식물을 적극 활용하는 녹화기술이 개발되어 생태적으로 건강한 비탈면 녹화를 하여야 한다(金南椿, 1991; Bratton, 1982; Harty, 1986). 재래초·목본식물은 우리 나라 기후에 대한 적응성이 높아 유지관리가 용이하고, 훼손된 비탈면 경관의 조속한 회복에 기여하며, 야생동물의 서식처 및 은신처 제공과 비탈면 붕괴방지 효과가 외래도입초종 보다 탁월한 장점이 있다(山林廳, 1992; 金南椿, 1993; 禹保命 等, 1993).

전통적으로 우리 나라 비탈면 녹화공사에 활용빈도가 가장 많았던 식물은 한국잔디이다. 한국잔디는 줄메 및 평메 공법으로 비탈면 녹화에 사용되어 왔고, 향토식물이므로 외래도입초종들 보다 병충해 발생이 적고, 주위경관과의 조화가 용이한 장점이 있다(韓國道路工事, 1991). 그러나 한국잔디에 의한 녹화는 토양기반이 열악한 암노출비탈면에는 적용되지 못하였다. 암노출지의 대부분은 초기조성속도가 빠른 외래도입초종 위주로 녹화되어 왔는데, 외래도입초종들은 우리 나라 여름철에 황변하고 병충해에 약한 단점이 있으며, 여름철에는 하고현상을 보이고, 때에 따라 매우 밀생하여 주변으로부터 이차식생의 침입을 어렵게 하는 문제점이 지적되어 왔다(金南椿, 1997; 李載必 等, 1994).

암노출비탈면부위는 토양경도가 대부분 30mm 이상이어서 일반적인 종자분사파종으로는 녹화가 곤란하고, 적정 두께의 식생기반재 뿌어 붙이기가 적용되어야 한다(韓國道路工事, 1995). 본 기술연구에서는 암노출지녹화시 외래도입초종 위주의 공사에서 탈피하여 한국잔디와 자생목본식물 위주로 녹화하는 새로운 시도를 하였다. 실험은 토양경도 30mm 이상의 풍화암, 리핑암 등이 나타나는 암노출비탈면에서 진행되었다. 현재까지 암노출비탈면을 한국잔디의 종자파종으로 녹화한 사례는 국내에서 보고된 바 없다.

풍화암, 리핑암 등이 노출된 비탈면 부위는 토양층이 부족하고 건조하여 한국잔디의 종자파종에 의한 녹화방법은 부적합한 것으로 알려져 왔다. 본 연구에서는 초기 발아세가 우수하고 생육도 왕성한 한국잔디종자를 사용하여 급속녹화를 시도하였고, 자연표토 복원공법으로 부착시킨 식생기반재의 내침척성효과로 한국잔디가 조성될 때까지 침식이 발생되지 않을 것으로 기대하였다.

암노출비탈면부위에 자연표토 복원공법에 의한 식생기반재를 5cm 두께로 피복하였는데 비탈면의 하단부와 중단부에는 한국잔디로 종자파종하였고, 사면의 상단부는 재래초·목본과 야생화 종자를 混播하여 自然親和的인 綠化事例가 되도록 하는데 研究目的을 두었다. 앞으로 본 기술연구결과를 통해 암노출지 녹화에 다양한 한국잔디와 재래초·목본의 사용이 일반화되는 계기가 되기를 기대하였다.

II. 研究對象地와 植生基盤材 附着

1. 비탈면의 입지조건

실험은 경기도 용인군에 위치한 H연구소 내에 위치한 단지내 도로비탈면들에서 이루어졌

표 1. 실험대상 비탈면의 입지현황

구 분	경사도(°C)	비탈면방위	토 질	배수상태	돌림배수로유무	녹화공법	시공두께
남동향	52	SE	리핑암, 풍화암	양호	유	자연표토	THK-5cm
북서향	45	NW	리핑암	양호	유	복원공법	THK-3cm

그림 1. 시공직후의 비탈면 경관

으며, 비탈면들은 남동향과 북서향을 나타내었다(표 1 참조). 비탈면 토질은 리핑암과 풍화암 등 다양하였으며, 토양경도는 산중식토양경도 계로 30mm 이상의 수치를 나타내었다.

경사도는 1 : 1.0~0.8 이상이었고, 사면장은 15m~24m이었다. 비탈면 상부에는 돌림배수로가 설치되어 있었다.

2. 식생기반재 부착 및 관리

비탈면의 안정성 확보와 식생기반재 부착시 결속력 증대를 위해 남동향 비탈면의 일부 구간에는 #10 wiremesh 비닐 피복망을 덮고 고정핀으로 고정시켰다. 다른 지역에는 coir net를 설치하였다.

녹화 물질인 식생기반재(특허 제166164호)는 인공식생토(특허 제091881호), 식양토, 유기보조재, 고분자재, 식물성섬유, 비료 등으로 조성하였다. 물질의 혼합량은 용적비로 계상하여 산정하였으며, 물질 혼합량을 만든 다음 물과 안정제1)를 섞고 잘 혼합한 후 단립제2)를 가하

여 반응을 유도하면서 사면에 기계로 부착시켰다. 남동향비탈면은 5cm 두께로 부착하기 위해 4cm 두께의 기반층을 1차로 종자없이 분사한 다음, 30분이 경과된 후에 1cm 두께의 종자층을 따로 부착시키는 방법으로 시공하고, 북서향 비탈면은 2cm 두께의 기반층과 1cm 두께의 종자층으로 시공하였다.

갈수기에는 살수차로 관수를 하였는데 그 횟수가 적었기 때문에 종자발아가 거의 자연광우에 의해 진행되었다고 할 수 있었다. 시공후

때 접착성을 좋게 하여 내침식성을 증대시키는 역할을 한다. 안정제는 점토 및 미세한 유기물입자들과 1차 결합되어 녹화물질의 단립을 증대시켜주는 보조적인 기능을 갖고 있다.

2) 단립제 : 단립제는 선상 유기 고분자 물질로써 용해성, 분산성, 액체성의 이송성이 우수하고 점토입자와의 반응이 빠르고 순간적인 친수성 Gel을 형성하는 특징을 갖고 있다. 또한, 수소결합(Hydrogen bonding)과 가교결합을 일으켜 분산되어 있는 녹화기반재의 토양단립을 순간적으로 재현시켜주는 기능을 갖고 있다. 이러한 친수성 Gel과 보수력을 갖고 망사구조를 형성하여 수축, 팽창, 동결, 융해시 균열 등을 방지해 주고 부드럽고 탄력있는 안정된 녹화기반재를 유지하여 준다. 본 연구에 사용된 단립제는 안정제와 더불어 녹화기반재의 통기성과 보수성을 좋게 하여 식물종자의 발아와 생육을 촉진하는 효과가 있다.

1) 안정제 : 안정제는 아크릴계 고분자에 지방산을 도입하여 유화시킨 유백색의 액체로써 이온결합으로 슬러리의 안전성 및 유동성을 좋게 하여 작업성을 원활히 해주는 동시에 사면에 부착하였을

그림 2. 시공 1년후의 비탈면 경관

표 2. 자생초·목본위주의 식물배합과 한국잔디의 파종량

위 치	식물배합	식 물 명	발생기대본수 (本/1m ²)	발아율 (%)	순도 (%)	1g 당립수	1m ² 당 파종량(g)
상단부	목본 위주의 혼파	<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	100	60	97	85	2.0
		<i>Rhus chinensis</i> (붉나무)	200	40	70	65	11.0
		<i>Albizia julibrissin</i> (자귀나무)	200	40	97	25	20.6
		<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (참싸리)	200	60	99	150	2.2
		<i>Indigofera pseudo-tinctoria</i> (낭아초)	200	50	100	180	2.2
		<i>Lespedeza cuneata</i> (비수리)	150	80	98	720	0.3
		<i>Arundinella hirta</i> (새)	250	30	53	1,020	1.5
		<i>Lolium perenne</i> (Perennial ryegrass)	100	100	98	500	0.2
		wild flowers mixing(10여종 혼합)	100	20	98	1,600	0.3
		소 계	1,500				40.3
중·하 단부	한국잔디 단파	<i>Zoysia japonica</i> (한국잔디)	12,600	85	99	1,500	10.00

초지용 복합비료를 질소 순성분으로 1m²에 6g의 량으로 시비하였는데 파종당년에 2회, 1년 후에 1회 시비하였다. 또한, 한국잔디 종자파종 지역은 년 3회 걸쳐 인위적인 재초를 하였다.

Ⅲ. 研究方法

1. 식물배합

한국잔디는 비탈면 녹화용 식물로 적합하여 토사비탈면에 줄때 및 평떼심기의 영양번식 방법으로 활용되어 왔으나 본 연구에서는 종자파종의 방법을 적용하였는데, 비탈면의 중단부와 하단부에 한국잔디만으로 단파하였다. 한국잔디는 1m²당 10g의 량으로 파종하였는데 발생기대본수는 12,600본/m²이었다.

목본군락조성을 위한 식물배합에서는 우리나라 자생 초·목본 식물을 근간으로 하였고, 야생화와 아주 적은 량의 외래도입초종(Perennial ryegrass)을 조기녹화와 경관효과를 위해 혼파하였다. 혼파에 사용된 식물들의 목록과 발아율 실험결과 및 파종량은 다음 <표 2>와 같다. 파종량은 발생기대본수가 1,500본/m²이 되도록 하였고, 초본류의 배합비율을 가능한 적게 하여 목본이 피압되지 않도록 고려하였다.

2. 조사구의 설치

한국잔디 단파와 목본위주의 혼파배합에서 종자발아율과 생육상태 등을 조사하기 위해 비탈면의 상·중·하단부에 고정조사구를 설치하

였다. 고정조사구는 남동향의 비탈에 총 11개소(상층부 5, 중단부 3, 하층부 3)가 설정되었고, 북서향의 비탈에는 상단부, 중단부, 하단부에 3개씩의 총 9개 조사구가 설정되었다. 각 조사구는 파종 당년에는 1.0m×1.0m의 규모로 설정하여 조사하였고, 1년 이후에는 초본은 1.0m×1.0m, 목본은 2.0m×2.0m의 규모로 조사하였다.

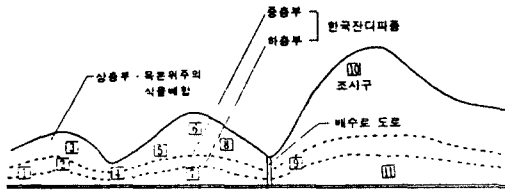


그림 3. 남동향비탈면의 고정조사구(총 11개소)

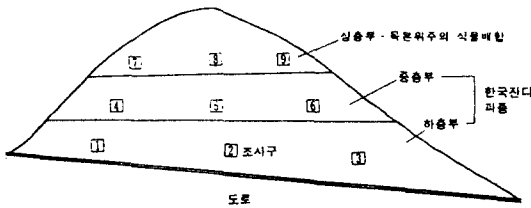


그림 4. 북서향비탈면의 고정조사구(총 9개소)

3. 조사 및 분석

조사는 1997년 6월부터 11월까지 1달 간격으로 조사구별로 피복율과 식물별 주수(분얼경수), 초장 등을 조사하였는데 피복율은 조사구를 slide 촬영한 후 모눈종이에 투영시켜 그 면적을 계산하여 산정하였다. 조성초기에는 10cm×10cm 크기의 조사틀을 활용하여 초장, 분얼경수 등을 조사하였고, 한 조사구당 5회 반복하

였다. 1년이 지난 후에는 1998년 6월과 9월에 조사구별로 피복율과 식물별 주수(분얼경수), 수고(초장), 피복면적 등을 조사하였다. 조사된 자료를 토대로 평균과 식물별 상대우점치를 분석하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 피복율

1) 남동향 비탈면

남동향 비탈면의 상단부는 초기 피복율이 중·하단부의 한국잔디 단파구의 피복율과 별 차이 없다가 여름철을 지난 이후엔 한국잔디의 분얼이 활발해지면서 자생초·목본 위주의 파종지역이 한국잔디 파종지역 보다 피복율이 뒤지는 결과를 보였다. 사면의 중단부는 상층부의 목본류종 일부가 한국잔디 파종지역으로 침입되면서 피복율이 증가되는 경향을 나타내었다. 파종한지 5달 후에는 상단부 50.0%와 하층부 78.3%에 비해 중단부가 85.0%로 높은 피복율을 보였다. 비탈면의 상단부는 사면에서 가장 건조한 곳이므로 자생 초·목본 위주의 식물배합이 적극 추천된다고 판단되었다.

1년이 경과된 1998년 9월에는 피복율이 자생초·목본류 위주의 상단부와 한국잔디로만 파종한 중단부와 하단부 모두 100%의 피복율을 보였다.

2) 북서향 비탈면

초기에는 상, 중, 하단부 모두에서 비슷한 피복율을 보였으나 2달 후에는 상단부에서 목본류, 특히 남아초와 참싸리의 생육이 활발해

표 3. 남동향비탈면의 피복율변화

(파종일 : 1997년 6월)

조사날짜 plot 위치	식물 배합	피 복 율(%)							
		'97.6	'97.7	'97.8	'97.9	'97.10	'97.11	'98.6	'98.9
상 단 부	자생초·목본 위주의 혼파	6.5a	13.3b	31.7b	38.3b	44.2b	50.0b	100.0a	100.0a
중 단 부	한국잔디 단파	8.5a	14.0b	27.5b	37.5b	75.0a	85.0a	98.0a	100.0a
하 단 부		7.7a	19.3a	40.0a	63.3a	76.7a	78.3a	96.0a	100.0a

* Mean values with the same letter within columns are not significantly different at P=0.05 level in Duncan's multiple range test.

지면서 중단부와 하단부의 한국잔디 파종지역 보다 높은 피복율을 나타내었다. 이러한 결과는 남동향 비탈면과 달랐는데 북서향비탈면의 입지요인이 자생초·목본류의 생육에 보다 적합한 것으로 보이며, 사면향이 녹화에서 중요한 고려요인임을 알 수 있었다.

또한 하단부 한국잔디의 피복율이 4달 후와 5달 후에 차이가 있었는데, 가을철의 일시적 건조로 인한 피해와 월동영양분 축적기간으로서 스트레스를 받을 때 나타나는 녹병의 발생으로 피복율이 저하된 것이 원인으로 생각되었다.

한국잔디의 경우 파종 2달후에 30%, 3달후에는 40%대의 피복율을 나타내었고, 5개월 후에는 70%에 가까운 피복율을 기록하여 종자파종의 가능성을 보여주었다.

자생 초·목본 위주의 파종에서도 파종 2달 후에 35%, 3달후에는 85%, 5개월 후에는 95% 정도의 높은 피복율을 기록하여 외래도입초종을 극히 소량사용하고 자생 초·목본 식물 위주로 시공하여도 압노출지를 효과적으로 녹화시킬 수 있다고 판단되었다.

1년이 경과된 1998년 6월과 9월에는 자생초·목본류 위주의 혼파배합이 적용된 상단부는 100%의 피복율을 보였으나, 중·하단부의 한국잔디 종자파종 지역은 60~70%의 피복율을 보였다.

2. 식물별 발아주수 및 분얼경수

1) 남동향 비탈면

비탈면 상단부에서는 자귀나무의 발아가 가장 빨리 진행되었고, 비수리와 새, 참싸리와 야

생화들도 초기발아를 하였다. 붉나무는 상대적으로 늦게 발아하여 생육하였다. Perennial ryegrass는 파종시기가 초여름이고, 매우 적은 량이 혼합되었기 때문에 출현율이 아주 낮은 경향을 보였다. 여름철 이후에는 낭아초와 새, 자귀나무의 출현빈도가 높아졌고, 리기다소나무와 Perennial ryegrass는 거의 출현되지 않았다.

1년후의 식물별 상대우점치분석에서 참싸리와 낭아초가 우점하는 경향을 보였고, 리기다소나무, 붉나무, 자귀나무도 수치는 작지만 왕성하게 자라고 있는 것으로 조사되었다. 초본류인 비수리와 안고초도 생육하였으며, 외래도입초종인 Perennial ryegrass와 야생화들은 대부분 피압된 것으로 나타났다.

한국잔디 단파지역에서는 여름을 지난 후에 분얼경수가 급격히 증가된 것을 볼 수 있었으며, 파종시기가 5월이었으면 더욱 좋은 피복효과를 보였을 것으로 생각되었다. 리핑암, 풍화암과 같은 높은 토양경도를 지닌 곳을 한국잔디의 종자파종으로 녹화하기 위해서는 뽕어붙힌 식생기반재가 수분보수력이 높아야 하며, 피복이 완전하게 이루어지지 않아도 강우에 의해 침식되지 말아야 한다. 본 실험에 사용된 식생기반재는 강우에 의해 침식되지 않았기 때문에, 초기 피복속도가 느린 한국잔디를 종자파종으로 녹화시킬 수 있었다. 또한, 1년후의 조사에 있어서도 지속적인 분얼이 일어나는 것으로 조사되었다. 파종 직후에 비탈면 중단부 보다 하단부에서 한국잔디의 발아와 생육이 활발하였는데, 이것은 토양수분의 차이 때문으로 생각되었다(표 5).

표 4. 북서향비탈면의 피복율변화

(파종일 : 1997년 6월)

조사날짜 plot 위치	식물 배합	피 복 율(%)							
		'97.6	'97.7	'97.8	'97.9	'97.10	'97.11	'98.6	'98.9
상단부	자생초·목본 위주의 혼파	6.0a	35.0a	86.7a	81.0a	95.7a	83.3a	100.0a	100.0a
중단부	한국잔디 단파	5.0a	31.7a	50.0b	48.3b	48.3c	45.0b	63.3b	68.5b
하단부		5.0a	28.3a	43.3b	40.0b	68.3b	58.3b	70.0b	75.6b

* Mean values with the same letter within columns are not significantly different at P=0.05 level in Duncan's multiple range test.

표 5. 남동향 비탈면에서의 식물별 발아주수/분얼경수 및 상대우점치

조사날짜 plot위치 식물명		발아주수/분얼경수(개/0.01 m ²)								상대우점치	
		'97.6	'97.7	'97.8	'97.9	'97.10	'97.11	'98.6	'98.9	'98.6	'98.9
상단부	리기다소나무	-	-	-	0.20	-	-	-	-	0.0020	0.0096
	붉나무	-	-	-	0.60	0.20	0.20	-	-	0.0391	0.0379
	자귀나무	0.55	0.55	0.50	0.64	0.36	1.00	-	-	0.1610	0.0817
	참싸리	-	1.40	0.65	0.36	0.40	0.20	-	-	0.4152	0.3988
	낭아초	-	0.70	0.46	0.60	0.64	0.80	-	-	0.2994	0.2978
	비수리	-	1.53	0.53	0.55	0.53	0.15	-	-	0.0683	0.1341
	새	-	1.30	-	-	-	0.66	-	-	0.0171	0.0401
	Perennial ryegrass	-	-	2.15	-	-	-	-	-	-	-
	야생화	-	0.50	0.26	0.40	0.32	0.13	-	-	-	-
중단부	<i>zoysia japonica</i>	-	2.70	5.55	16.33	27.0	28.26	29.56	154.2	-	-
하단부	<i>zoysia japonica</i>	0.13	7.20	22.4	36.46	42.66	24.80	95.25	465.3	-	-

2) 북서향 비탈면

비탈면 상단부에서 조성초기 자귀나무와 참싸리의 발아가 빨리 이루어졌고, 낭아초와 자귀나무, 새의 출현빈도도 높은 것으로 나타났다. 조성초기에 발아하였던 Perennial ryegrass는 여름철 이후에 자생초·목본에 의해 피압된 것으로 보이며, 야생화들은 시간을 달리하면서 각양각색의 꽃을 피워 사면에 시각적인 아름다움을 첨가하여 주었다.

1년후의 식물별 상대우점치분석에서는 낭아초가 참싸리 보다 높은 수치를 보였으며, 리기다소나무, 붉나무, 자귀나무도 수치는 적지만 왕성하게 생육하고 있는 것으로 조사되었다.

초본류중에서는 비수리, 안고초가 좋은 생육을 보였고, Perennial ryegrass와 야생화는 대부분 피압된 것으로 나타났다.

중·하단부는 한국잔디가 원만하게 발아하여 생육하였고, 여름철 이후에는 분얼경수가 급격히 많아졌음을 볼 수 있었다. 1년후의 조사에서 한국잔디가 지속적으로 생육한 것으로 나타났다, 사면의 중단부와 하단부간의 차이는 남동향 비탈면 보다 작았다. 이러한 결과는 북서향 비탈면이 남동향 비탈면 보다 사면부위별 토양수분의 차이가 적었기 때문인 것으로 생각된다(표 6).

표 6. 북서향 비탈면의 발아주수/분얼경수 및 상대우점치

조사날짜 plot위치 식물명		발아주수/분얼경수(개/0.01 m ²)								상대우점치	
		'97.6	'97.7	'97.8	'97.9	'97.10	'97.11	'98.6	'98.9	'98.6	'98.9
상단부	리기다소나무	-	0.12	0.20	0.06	-	-	-	-	0.0000	0.0229
	붉나무	-	0.08	0.20	0.30	-	0.20	-	-	0.0000	0.0786
	자귀나무	2.8	1.05	1.13	1.46	0.86	1.33	-	-	0.1226	0.1116
	참싸리	0.8	0.25	0.33	0.46	0.40	0.53	-	-	0.2321	0.2340
	낭아초	-	0.75	0.93	1.06	0.73	1.00	-	-	0.3476	0.2434
	비수리	-	0.21	0.60	0.40	0.40	0.80	-	-	0.0698	0.2131
	새	-	0.95	1.86	-	-	2.26	-	-	0.2278	0.0965
	Perennial ryegrass	-	0.20	0.40	-	-	-	-	-	-	-
	야생화	-	0.10	0.20	0.26	0.26	0.30	-	-	-	-
중단부	<i>zoysia japonica</i>	2.00	4.55	17.46	30.00	32.93	35.20	45.00	198.5	-	-
하단부	<i>zoysia japonica</i>	1.25	4.50	14.80	24.4	29.4	51.40	65.00	275.3	-	-

3. 식물별 수고/초장 생육

1) 남동향 비탈면

비탈면 상단부에서는 파종직후 자귀나무와 참싸리가 높게 나타났으며, 2달후 부터는 낭아초, 자귀나무, 참싸리, 야생화 등의 초장이 두드러졌다. 비수리는 낙엽이 지면서 초장이 아주 낮아진 결과를 보였고, 새는 거의 초장이 신장되지 못하였다. 1년후에는 목본류의 생육이 왕성하여 참싸리, 낭아초, 자귀나무, 비수리 등은 1m 이상으로 신장되었고, 리기다소나무도 20cm 넘게 신장되었다.

한국잔디는 중단부 보다 하단부에서 초장이 우세하였는데 이는 토양 수분의 차이 때문으로 생각된다. 1년후에는 초장신장이 더욱 활발히 이루어졌는데 파종한 해에 비해 10cm 이상의 신장을 보였으며 중단부 보다는 하단부에서 초장신장이 높게 이루어진 것으로 조사되었다(표 7).

2) 북서향 비탈면

상단부의 자생초·목본위주 식물배합에서는 낭아초와 참싸리의 초장이 압도적으로 컸으며, 이들 바로 아래에서 자귀나무와 비수리 및 야생화가 자라는 양상이었다. 또한 붉나무도 파종 5달후에 28.0cm의 수고를 나타내어 비교적 빠른 생육을 보여 혼파한 초본류에 피압되지 않을 정도여서 사면녹화에 적극적으로 활용할

가치가 충분하다고 생각되었다.

파종 초기에 빠르게 자라던 자귀나무는 시간이 경과되면서 참싸리 보다 뒤지는 수고를 나타내었다. 새는 조성초기에 발아하고 원만한 생육을 하다가 여름 이후에는 출현빈도가 떨어지는 경향을 보였다. 1년후의 조사에서는 목본류의 생육이 왕성하여 참싸리, 낭아초, 자귀나무, 비수리 등은 1m 이상의 수고를 나타내었다. 초본류인 새는 동남향에서 보다 높은 초장신장을 나타내었다.

중단부와 하단부의 한국잔디는 하단부에서 초장이 약간 우세하였고, 파종후 3달 후에 약 4cm의 초장을 나타내었다. 1년후에는 중·하단부에서 5~7cm의 신장을 보임으로써 동남향에 비하여 저조한 신장세를 나타내었다(표 8).

4. 비탈면 방위별 생육비교

남동향 비탈면 보다 북서향 비탈면에서 자생초·목본 종자의 발아가 양호하여 사면향에 따라 발아주수/분얼경수에서 차이가 나타남을 보여주었다. 남동향비탈면은 일조량은 많지만 수분관리가 불리한 여건이어서 파종한 종자의 발아와 생육이 북서향 보다 저조하였으며, 사면향별로 파종량을 달리할 필요가 있다고 판단된다.

상단부의 1년후 식물별 상대우점치 분석에서 남동향에서는 참싸리가 낭아초 보다 더 우

표 7. 남동향비탈면의 수고/초장 생육

조사날짜 plot 위치 식물명		수 고 / 초 장(cm)							
		'97.6	'97.7	'97.8	'97.9	'97.10	'97.11	'98.6	'98.9
상단부	리기다소나무	-	-	4.0	3.0	-	-	-	23.0
	붉나무	-	-	-	30.0	15.8	10.3	32.5	42.5
	자귀나무	1.6	7.9	18.5	35.3	37.2	21.3	130.0	150.0
	참싸리	-	6.3	18.2	25.1	67.0	46.4	185.0	225.0
	낭아초	-	2.2	20.7	72.5	70.1	40.1	140.0	160.0
	비수리	-	2.3	9.4	44.3	51.3	8.0	90.0	110.0
	새	-	1.5	-	-	-	2.3	37.5	87.5
	Perennial ryegrass	-	-	10.0	-	-	-	-	-
야생화	-	1.2	30.3	22.3	49.8	42.0	-	-	
중단부	zoysia japonica	-	1.1	3.1	4.0	4.1	3.0	7.5	8.2
하단부	zoysia japonica	1.0	1.4	4.1	5.0	4.0	3.0	11.5	12.5

표 8. 북서향 비탈면의 수고/초장 생육

plot 위치 식물명		조사날짜							
		수 고 / 초 장(cm)							
		'97.6	'97.7	'97.8	'97.9	'97.10	'97.11	'98.6	'98.9
상단부	리기다소나무	-	1.0	2.3	0.6	-	-	6.5	8.7
	붉나무	-	4.8	12.0	19.5	-	28.0	30.0	60.0
	자귀나무	3.4	7.6	13.6	40.0	43.9	31.2	47.5	80.0
	참싸리	1.0	7.9	11.0	93.3	116.7	98.4	130.0	185.5
	낭아초	-	8.7	17.9	92.9	115.5	103.8	115.0	190.0
	비수리	-	4.7	9.1	20.8	47.7	55.0	40.0	50.0
	새	-	5.6	9.3	-	-	60.7	55.5	125.5
	Perennial ryegrass	-	2.8	3.5	-	-	-	-	-
	야생화	-	12.5	30.0	47.5	62.7	71.5	-	-
중단부	<i>zoysia japonica</i>	1.0	2.5	4.0	4.4	3.1	4.0	5.0	5.5
하단부	<i>zoysia japonica</i>	1.0	3.0	4.4	4.3	3.7	4.2	6.0	6.5

세하였으나 북서향에서는 낭아초가 참싸리보다 높은 수치를 보임으로써 향에 따라 차이가 있었다. 또한, 전체적인 목본류의 상대우점치는 북서향 비탈면에서 보다 고른 양상을 보였다.

한국잔디 종자파종은 파종지역별로 상이한 결과를 보였다. 북서향에서는 남동향에서 보다 많은 분얼경수가 조사되었고, 비탈면 하단부에서, 남동향 비탈면의 경우, 조성초기에 대체로 우수한 발아주수/분얼경수를 보였다. 사면의 중단부 보다는 하단부에서 양호한 생육을 하였기 때문에 비탈면 부위별로 파종량을 달리 할 필요가 있다고 생각되었다.

이상 한국잔디에 의한 종자파종과 자생초·목본위주의 식물배합에 의한 파종은 모두 양호한 결과를 나타내었고 이상적인 사면녹화방법으로 생각되었다. 즉, 사면의 중단부 이하는 초본류로 녹화하고, 사면의 상단부는 주변산림과 유사한 모습인 목본위주의 식생구조로 녹화하는 방안은 경관적으로 바람직하였다. 한국잔디와 자귀나무, 붉나무 등 우리 나라 재래식물들을 적극 활용하며, 야생화로 경관적인 변화를 주면 역동성이 잘 나타나는 이상적인 사면식생형을 조성할 수 있을 것으로 생각되었다.

V. 結 論

풍화암, 리핑암 등이 노출된 비탈면 부위는

토양층이 부족하고 건조하여 한국잔디의 종자파종에 의한 녹화방법은 부적합한 것으로 알려져 왔다. 본 연구에서는 초기 발아세가 우수하고 생육도 왕성한 한국잔디종자를 사용하여 급속녹화를 시도하였고, 자연표토 복원공법으로 부착시킨 식생기반재의 강우에 대한 내침식성이 우수하여 한국잔디가 조성될 때까지 침식이 효과적으로 방지되었다.

암노출비탈부위에 자연표토 복원공법에 의한 식생기반재를 3cm 및 5cm 두께로 피복하였는데 비탈면의 하단부와 중단부에는 한국잔디로 종자파종하였고, 사면의 상단부는 재래초·목본과 야생화 종자를 혼파하여 자연친화적인 녹화사례가 되도록 하는데 연구목적을 두었다. 본 기술연구결과를 통해 암노출지 녹화에 한국잔디와 다양한 재래초·목본의 종자파종이 일반화될 수 있다는 결론을 내릴 수 있었으며, 주요한 연구결과는 다음과 같다.

1. 초기 발아세가 우수하고 생육도 왕성한 한국잔디종자를 사용하여 암노출비탈면의 급속녹화를 시도하고자 자연표토 복원공법으로 식생기반재를 부착시켰는데 내침식성이 우수하여 한국잔디가 조성될 때까지 강우에 의한 비탈면 침식을 효과적으로 방지하였다. 또한, 비탈면 상단부에 적용한 목본위주의 식물배합도 매우 성공적인 피복효과를 나타내었다.

2. 피복율에서는 목본위주의 배합의 경우 남동향 사면보다 북서향 사면에서 우수하여 북서향 사면의 환경조건이 목본류가 성장하기에 좋았던 것으로 판단된다. 1년후의 피복율에 있어서는 사면향에 관계없이 모두 100%의 피복율을 보였다.
3. 한국잔디를 파종한 비탈면의 중단부와 하단부에서는 남동향이 북서향 보다 피복율이 우수하였다. 파종후 1년이 경과된 후에도 유사한 결과가 나타났으며, 남동향에서는 100%의 피복율을, 북서향에서는 70% 정도의 피복율을 보여 남동향이 한국잔디의 생육에 보다 유리하였고, 비탈면 중단부 보다 하단부에서 생육이 보다 우수하였다.
4. 목본위주의 배합에서 남동향 비탈면 보다 북서향의 비탈면에서 자생초·목본 종자의 발아가 양호하여 사면향에 따라 발아주수/분얼경수에서 차이가 나타남을 보여주었다. 남동향비탈면은 일조량은 많지만 수분관리에 어려움이 있어 파종한 종자의 발아와 생육이 북서향 보다 저조한 결과를 보였다. 한국잔디는 반대되는 경향을 보였다.
5. 자생초·목본위주 식물배합에서는 낭아초와 참싸리의 초장이 압도적으로 컸으며, 이들 바로 아래에서 자귀나무와 비수리 및 야생화가 자라는 양상이었다. 또한 불나무도 파종 5달후에 28.0cm의 수고를 나타내어 비교적 빠른 생육을 보여 혼파한 초본류에 피압되지 않을 정도로서 사면녹화에 적극적으로 활용할 가치가 충분하다고 생각되었다.
6. 중단부와 하단부의 한국잔디는 하단부에서 초장이 약간 우세하였고, 파종후 3달 후에 약 4cm의 초장을 나타내었다. 1년후에는 중·하단부에서 5~7cm의 신장을 보임으로써 동남향에 비하여 저조한 신장세를 나타내었다.
7. 상단부의 1년후 식물별 상대우점치 분석에서 남동향에서는 참싸리가 낭아초 보다 더 우세하였으나 북서향에서는 낭아초가 참싸리보다 높은 수치를 보임으로써 향에 따라 차이가 있었다. 또한, 전체적인 목본류의 상대우점치는 북서향 비탈면에서 보다 고른

양상을 보였다.

8. 파종직후에 비교적 빠른 생육을 보인 수입 야생화들은 개화시기를 달리하면서 꽃을 피웠으나 1년후에는 그 출현빈도가 매우 낮아지는 경향을 보였다.
9. 이상의 연구결과로 보아 한국잔디와 자생초·목본종자들을 자연표토 복원공법에 의한 식생기반재 뽑어붙이기로 종차파종한 결과 원만하게 발아하고 생육함으로써 리핑암과 풍화암 지역을 효과적으로 녹화시켰으며, 앞으로 한국형녹화방법으로 발전될 가능성이 충분하다고 판단되었다.

VI. 引用文獻

- 金南椿. 1991. 도로비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본 식물의 지하부 생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구. 韓國造景學會誌 18(2) : 45-55.
- 金南椿. 1997. 사면녹화공사용 자생목본의 파종시기에 관한 연구. 韓國造景學會誌 25(1) : 73-81.
- 山林廳. 1992. 채석적지 유형별 표준공법개발.
- 禹保命·權台鎬·金南椿. 1993. 임도비탈면의 자연식생침입과 효과적인 비탈면녹화공법 개발에 관한 연구. 한국임학회지 85(3) : 347-359.
- 李載必·金南椿·洪性權. 1995. 道路斜面綠化를 위한 植生配合에 關한 研究. 韓國造景學會誌 23(2) : 113-123.
- 韓國道路公社. 1991. 高速道路 切·盛土 비탈면綠化 잔디品種選定 研究.
- 韓國道路公社. 1995. 高速道路 切土비탈면 綠化工法 研究.
- Bratton, S. P. 1982. The effects of exotic plant and animal species on nature preserves. *Natural Areas Journal* 2(3) : 3-13.
- Harty, F. M. 1986. Exotics and their ecological ramifications. *Natural Areas Journal* 6(4) : 20-26.

接受 1998年 10月 5日