

임도사면의 생태적 녹화를 위한 자생식물 선정 및 관속식물상¹

-경상남도과 전라남도 임도를 중심으로-

이미정² · 이준우³ · 전권석⁴ · 지윤의² · 김명준² · 김종윤⁴ · 송호경^{3*}

Native Plants Selection for Ecological Replantation and Vascular Plants in Forest Road Slope¹

-In Case Study on Forest Road of Gyeongsangnam-do and Jeollanam-do-

Mi-Jeong Lee², Joon-Woo Lee³, Kwon-Seok Jeon⁴, Yun-Ui Ji², Myeong-Jun Kim², Jong-Yoon Kim⁴, Ho-Kyung Song^{3*}

요약

본 연구는 전라남도과 경상남도의 4개 시·군에서 개설 후 1~15년 경과한 임도에서 경과년수별로 절토 사면에 조사구를 설치하고, 식생조사와 환경인자를 조사하였다. 경과년수에 따라 침입하는 종 수와 피복도는 점차 증가하였으며, 초본류의 출현비율은 감소하였고, 목본류의 출현비율은 증가하였다. Ordination 분석을 실시한 결과 종의 분포에 영향을 미치는 요인은 시공 후 경과년수, 절토경사, 해발고, 절토사면 방향 등으로 나타났다. 임도사면의 녹화를 위해서는 시공 초기에 파종하던 종 이외에 쑥, 뱀딸기, 참억새, 칩, 산초나무, 붉나무, 병꽃나무 등이 적합할 것으로 판단된다. 임도사면에 출현한 관속식물은 77과 190속 233종 38변종으로 총 271종이며, 그 중 귀화식물은 18종이 출현하였다. 출현종의 빈도 우선순위를 보면, 산딸기, 쑥, 산초나무, 칩, 소나무, 조록싸리, 큰까치수영, 싸리, 이고들빼기, 참억새, 개망초 등의 순이다.

주요어 : 식생변화, DCCA ordination

ABSTRACT

This study was carried out to select proper species for early stage replantation in forest road cut-slope. From one to fifteen years elapsed forest roads in four regional areas of

1 접수 9월 9일 Received on Sep. 9, 2003

2 충남대학교 대학원 Graduate School, Chungnam National Univ., (705-764), Korea

3 충남대학교 산림자원학과 Dept. Forest Resources, Chungnam National Univ., (705-764), Korea(hksong@cnu.ac.kr)

4 임업연구원 중부임업시험장 Jungbu Forest Experiment Station, Forestry Research Institute, (487-820), Korea

* 교신저자, Corresponding author

Gyeongsangnam-do and Jeollanam-do, sample plots were selected, and their vegetations and environmental factors were investigated. Invaded species and plant coverage have increased with elapsed years. The occurrence rate of herbs have decreased, while the occurrence of trees have increased with elapsed years. The ordination analysis showed that distribution of species was influenced by the elapsed year, the slope angle of the cut-slope, elevation, and the direction angle of the cut-slope. *Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*, *Amorpha fruticosa*, *Lespedeza sp.*, *Artemisia princeps var. orientalis*, *Duchesnea chrysantha*, *Miscanthus sinensis*, *Pueraria thunbergiana*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Rhus chinensis*, and *Weigela subsessilis* were considered as proper species for replantation in forest road cut-slope, besides the species used already. Seventy seven family, 190 genus, 233 species, 38 variety, and 271 species in total were counted as invaded plant species in the survey zone. Naturalized plants were 18 species. Invaded species are, with high frequency first, *Rubus crataegifolius*, *Artemisia princeps var. orientalis*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Pueraria thunbergiana*, *Pinus densiflora*, *Lespedeza maximowiczii*, *Lysimachia clethroides*, *Lespedeza bicolor*, *Youngia denticulata*, *Miscanthus sinensis*, and *Erigeron annuus*.

KEY WORDS : VEGETATION VARIATION, DCCA ORDINATION

서론

임도는 산림의 지속가능한 산림경영기반 구축과 가치있는 산림자원 조성 및 경쟁력 있는 산림 산업을 육성하는 면에서 산림 내 필수적인 사회간접자본이라 할 수 있다(산림조합중앙회, 2000). 그러나 이러한 필수적인 시설임에도 불구하고 지금까지 임도의 토사 침식, 사면붕괴, 임도 개설로 인한 야생동·식물의 서식처 파괴 등의 문제로 인하여 산림을 훼손하고 나아가 환경파괴의 주범으로 인식되는 등 부정적인 시각에서 많은 논란의 대상이 되어왔다.

이에 최근 들어 생태학적인 환경복원 개념과 함께 임도 시공 후 발생하는 비탈면을 환경 친화적인 방법으로 복원하는 것에 대한 관심이 점차 대두되고 있다. 임도 비탈면의 생태적인 복원목표는 물과 바람에 의한 침식방지, 다양한 동물의 먹이와 은신처 제공, 그 지역의 경관미 향상에 있다고 하겠다(Morrison, 1981). 현재 국내에서는 임도 비탈면의 녹화에는 초기 피복속도가 느리고 종자구입이 어려운 자생식물보다는 종자구입 가격이 저렴한 외래도입 초종이 선호되고 있으나(김남춘, 1997a), 과다 파종될 경우 이들로만 비탈이 우점됨으로써 주변의 2차 식생 침입이 억제되고 생태천이가 방해되는 문제가 발생되고 있다(김남춘 등, 1998).

최근 수년동안 이러한 문제를 해결하기 위하여 임도 비탈면 녹화시 자생 초종 파종에 관한 연구들이 수행

되어 왔는데, 우보명 등(1996)은 절토 비탈면 출현식생의 생활형 조성을 분석한 결과, 시공 후 경과년수에 따라 초본류의 비율은 감소하였고, 목본류의 출현비율이 증가하였으며, 주변식생으로부터 천이가 진행되는 것으로 보고하였다. 또한 정원옥(2001)은 식생피복도에 영향을 미치는 환경인자는 사면방향과 경과년수, 지형이라고 하였으며, 강태호 등(2001)은 식물 생육 환경을 고려한 녹화를 위하여 전면녹화를 지양하고, 차폐수벽공법, 만경류 식재 등을 주장하였다. 김남춘 등(2001)은 마사비탈면의 식생기반토양을 적절한 두께로 복원시켜 주면서 생태복원을 유도할 수 있다고 보고하였으며, 박문수(2002)는 식물피복도에 영향을 미치는 인자는 경과년수, 토양경도, 연평균강수량, 비탈면침식량, 종단물매 등으로 보고하였다.

본 연구는 전라남도 보성군·화순군, 경상남도 창원군·밀양시에 시설된 임도를 대상으로 경과년수에 따른 식생분포를 조사, 분석하여 환경친화적인 생태복원에 적합한 자생식물을 선정하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사 대상지의 선정

조사지역은 시공 후 1~15년이 경과한 임도 중 식생이 양호하고 인위적인 시설물설치가 비교적 적은

Table 1. Numbers of surveyed plot by elapsed year

County	1	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	Total
Boseong-gun	6	3			11	5	4	2		11			42
Hwasun-gun	9			9	8	3	5	5				5	44
Changnyeong-gun		4			10	8		10		8	5		45
Miryang-si	4	5	4	12	2			6	11	4			48
Total	19	12	4	21	31	16	9	23	11	23	5	5	179

지역을 대상으로 2001년 6월부터 2002년 8월 사이에 전라남도 보성군과 화순군에서 86개소, 경상남도 창녕군과 밀양시에서 93개소 등 총 179개의 조사구를 설치하여 조사하였으며, 지역에 따른 경과년수별 조사구 수는 Table 1과 같다.

본 연구 조사 지역의 1971~2000년까지 30년 간 평균 기온과 평균 강수량을 살펴보면, 보성 12.8℃, 1458.7mm, 화순 13.5℃, 1368mm, 밀양 13℃, 1233.8mm이었다(기상청, 2001).

조사지역의 임상은 침·활 혼효림이 대부분을 차지하고 있으며, 침엽수로는 소나무와 곰솔이, 활엽수로는 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무, 갈참나무 등의 참나무류가 우점종을 이루고 있다.

2. 조사 방법 및 분석

1) 식생조사 및 환경조사

식생조사는 임도사면의 피복도를 측정된 후, 임도사면에 분포하고 있는 종 목록을 작성하였다. 그리고 피복도가 10% 이상인 경우 조사구 당 1m × 1m 크기의 조사구를 2~3개소 선정하여 조사구별로 종별 개체수와 피복도를 측정하였다.

입지 환경 요인으로는 임도사면의 위치, 사면방향, 해발고, 상부 산지경사, 절토 사면경사, 절토사면장, 토사함유량 및 절토사면의 보강시설물 유무 등을 조사하였다.

2) Ordination 분석

Ordination 분석을 위하여 식생조사에서 얻은 자료로부터 각 종의 합성치를 구하였고, ordination은 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill and Gauch, 1980), Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 임도사면 식생의 생태학적 특성

1) 경과년수에 따른 남사면의 식생

남부 지방 임도 사면을 남사면과 북사면으로 나누어 시공 후 경과년수에 따른 평균출현종수와 피복도를 조사한 결과, 남사면에서는 시공 후 1~3년이 경과한 임도에서는 평균 8.0종이 출현하였고, 시공 후 4~5년이 경과한 임도에서는 평균 25.5종, 시공 후 6~7년 후에는 평균 21.8종, 8~9년 후에는 평균 20.8종, 12~13년 후에는 평균 25.6종, 14~15년 후에는 40.0종이 출현하는 것으로 미루어 보아, 남사면은 초기 4~5년이 경과하는 동안 가장 다양한 종이 침입하며, 13년이 경과할 때까지 비슷한 양상을 나타내나 14년 이상이 경과하면서 다시 종의 침입이 증가한 것으로 조사되었다(Figure 1). 이러한 결과는 이준우 등(2002)이 충남 아산시를 대상으로 한 임도 사면 조사에서 시공 후 경과년수에 따라 출현종수와 피복도가 증가하다가 일정한 기간이 지나면 감소한다는 보고와는 다소 다른 결과를 나타내고 있으나, 이는 시공주체가 다르고, 시공 초기에 파종하는 종들도 시공자에 따라 차이가 있기 때문이라고 판단된다.

남사면의 시공 경과년수에 따른 피복도를 살펴보면, 임도시공 후 1~3년이 경과한 임도사면에서는 평균 19.6%가 피복되었으며, 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서는 평균 37.5%, 시공 후 6~7년이 경과한 임도사면에서는 평균 50.8%, 8~9년이 경과한 임도사면에서는 42.0%로 꾸준히 증가추세에 있는 것으로 조사되었으나, 12~13년이 경과한 임도에서는 평균 93.0%, 14~15년이 경과한 임도에서는 85.0%로 12년 이상이 경과할 경우 급격한 증가를 나타내는 것으로 조사되었다(Figure 1). 전라북도 임도를 대상으로 경과년수에 따른 피복도를 조사한 박문수(2002)의 결과에서도 10년 이상이 경과한 임도에서 80%이상의 피복도를 나타내 조사지역에 따라 다소의

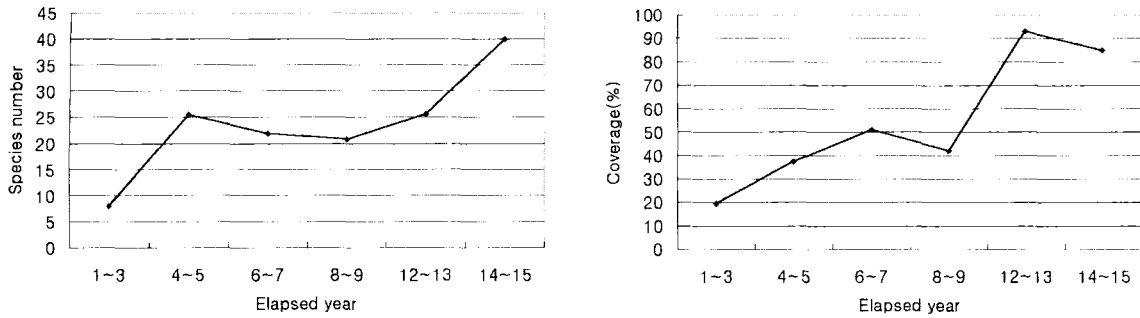


Figure 1. Species number(left) and vegetation coverage(right) on south slope by elapsed years

차이는 있으나 남부지방의 임도에서는 초본류가 다양하게 침입하지 못해 시공 후 10년이 경과하기 전에는 피복도가 크게 증가하지 않으나 시공 후 10년 이상이 경과함에 따라 다양한 목본류의 침입으로 피복도가 크게 증가하는 것으로 판단된다.

한편 남사면의 조사측점에 대하여 경과년수별 빈도에 따른 임도사면 식생을 살펴보면(Table 2), 경과년수가 1~3년일 때는 참싸리가 가장 높은 출현빈도를 나타냈고, 그 외에 아까시나무, 싸리, 굴피나무, 박주가리, 뱀딸기, 쌀새, 칩 등 높은 빈도로 출현하였으며, 4~5년이 경과한 임도사면에서는 쑥, 개망초, 뱀딸기, 붉나무, 소나무, 썸바귀, 칩 등이 높은 빈도로 출현하였고, 6~7년일 때는 초기에 침입한 칩이 점차 임도 사면에서 세력을 확장하여 가장 높은 출현빈도를 보였으며, 그 외에 소나무, 개망초, 굴참나무, 산딸기, 이고들빼기, 자귀나무 등이 높은 빈도로 출현하였다. 또한 임도 시공 후 8~9년이 경과한 임도사면에서는 싸리, 산초나무, 개망초, 쑥, 굴참나무, 산딸기, 자귀나무, 산뽕나무 등이 높은 빈도로 출현하였으며, 12~13년이 경과한 임도사면에서는 싸리, 쑥, 산딸기, 소나무, 자귀나무, 사위질빵, 산초나무 등이 높은

빈도로 출현하였고, 14~15년이 경과한 임도사면에서는 산뽕나무, 개웃나무, 싸리, 쑥, 사위질빵, 개망초, 청미래덩굴, 큰까치수영, 큰기름새 등이 높은 빈도로 출현하였다. 전반적으로 남사면의 임도사면에서는 주로 소나무와 싸리, 칩, 붉나무, 산초나무, 산딸기, 사위질빵, 개웃나무, 조록싸리, 뱀딸기, 쑥 등의 관목성 수종 및 다년초가 높은 빈도로 출현한 것으로 조사되었다.

2) 경과년수에 따른 북사면의 식생

경과년수에 따른 북사면의 평균 출현 종수를 살펴보면, 시공 후 1~3년이 경과한 임도사면에서는 평균 13.0종이 출현하였고, 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서는 평균 19.7종, 시공 후 6~7년 후에는 평균 21.9종, 8~9년 후에는 평균 21.4종, 12~13년 후에는 평균 30.0종, 14~15년이 경과한 임도에서는 32.4종이 출현하는 것으로 보아, 북사면의 임도 식생은 시공 후 시간이 경과함에 따라 꾸준히 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 초기 파종 후 평균 출현 종수가 5년이 경과하면서 조금씩 감소한 남사면과는 달리 초본류의 침입이 꾸준히 이루어져 출현 종수의

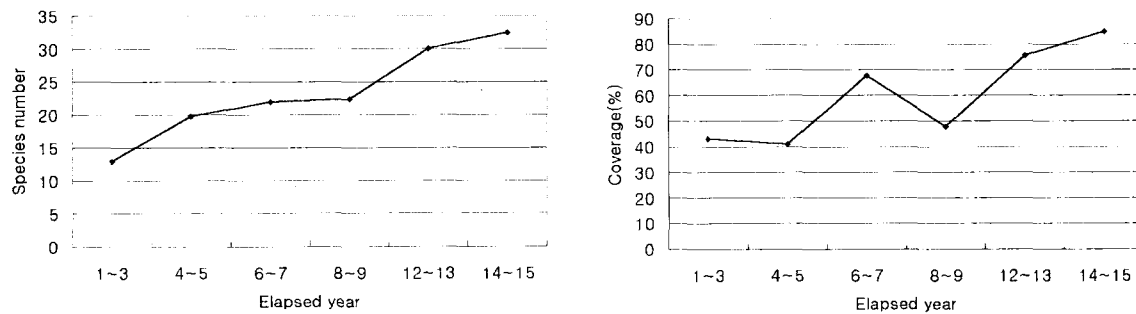


Figure 2. Species number(left) and vegetation coverage(right) on north slope by elapsed years

증가에 영향을 미친 것으로 판단된다(Figure 2).

북사면의 시공 경과년수에 따른 피복도를 살펴보면, 임도시공 후 1~3년이 경과한 임도사면에서는 평균 43.0%가 피복되었으며, 시공 후 4~5년이 경과한 임도사면에서는 평균 41.0%, 시공후 6~7년이 경과한 임도사면에서는 67.7%로 증가하다가 시공 후 8~9년이 경과한 임도사면에서는 48.0%로 다소 감소했다가 12~13년이 경과한 임도사면에서는

75.5%, 14~15년이 경과한 임도사면에서는 85.0% 다시 증가추세를 나타냈다. 북사면의 피복도가 8~9년에서 감소한 것은 임도사면에서의 다양한 임도를 조사한 관계로, 토사함유량의 차이, 서로 다른 임도의 시공상의 차이 등 여러 요인이 있을 것으로 판단된다. 또한 남사면과의 피복도를 비교하여 보면, 초기 피복도는 북사면이 다소 높은 수치를 나타냈으나, 시공년수가 10년 이상 경과함에 따라 남사면과 북사면에서

Table 2. Appearance frequency of the principal invasion vegetation on forest road slope by elapsed years and slope aspect

Scientific name	S						N					
	1~3	4~5	6~7	8~9	12~13	14~15	1~3	4~5	6~7	8~9	12~13	14~15
<i>Dactylis glomerata</i> *	0.25	0.50	0.31	0.20	0.20	0.50	1.00	0.38	0.35	0.50	0.60	
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> *	0.63		0.54				0.33		0.18			
<i>Lespedeza bicolor</i> *	0.50		0.38	0.80	0.80	1.00		0.25	0.18	0.42	0.56	1.00
<i>Robinia pseudoacacia</i> *	0.63		0.08				0.33	0.63	0.12	0.17		
<i>Platycarya strobilacea</i>	0.38		0.24	0.40	0.40	0.50		0.25		0.25		
<i>Metaplexis japonica</i>	0.38		0.08	0.20				0.13				
<i>Duchesnea chrysantha</i>	0.38	1.00	0.23	0.20	0.60	0.50		0.38	0.29	0.17	0.56	0.60
<i>Melica onoei</i>	0.38	0.50		0.40	0.11							
<i>Pueraria thunbergiana</i>	0.38	1.00	0.85	0.20	0.60	0.50	0.67	0.50	0.59	0.25	0.67	
<i>Rubus crataegifolius</i>	0.25		0.62	0.60	1.00	0.50	0.33	0.75	0.71	0.58	1.00	1.00
<i>Rhus chinensis</i>	0.13	1.00	0.54	0.40	0.60		0.67	0.25	0.41	0.25	0.44	0.60
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.13	0.50	0.54	0.40	0.40	0.50	0.33	0.50	0.29	0.42	1.00	1.00
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	0.13		0.08	0.40	0.20	1.00		0.13	0.35	0.25	0.33	1.00
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	0.13	1.00	0.31	0.60	0.80	1.00	0.67	0.25	0.65	0.42	0.89	1.00
<i>Youngia denticulata</i>		0.50	0.62	0.20	0.40			0.63	0.53	0.58	0.44	
<i>Erigeron annuus</i>		1.00	0.69	0.60	0.20	1.00	0.67	0.50	0.29	0.25	0.22	0.40
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>				0.15		0.50		0.25	0.35	0.08	0.67	
<i>Ixeris dentata</i>		1.00						0.25		0.33	0.22	0.20
<i>Lysimachia clethroides</i>			0.54			1.00			0.71	0.50		
<i>Chrysanthemum</i> zawadskii var. <i>latilobum</i>		0.50			0.40			0.13	0.18	0.17	0.44	1.00
<i>Isodon inflexus</i>		0.50	0.31	0.20	0.40	0.50		0.50	0.53	0.33	0.33	0.20
<i>Clematis apiifolia</i>			0.54	0.20	0.80	1.00	0.33		0.18	0.42	0.22	0.54
<i>Smilax china</i>			0.31		0.40	1.00	0.33	0.25	0.29	0.08	0.33	0.60
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>		0.50	0.54	0.80	0.80			0.63	0.65	0.58	1.00	0.80
<i>Weigela subsessilis</i>									0.41	0.33	0.33	1.00
<i>Rhus trichocarpa</i>			0.23	0.40	0.40	1.00		0.25	0.06	0.33	0.33	0.60
<i>Pinus densiflora</i>		1.00	0.77	0.40	1.00			0.50	0.59	0.50	0.67	1.00
<i>Castanea crenata</i>			0.08		0.80		0.25	0.18		0.08	0.44	0.80
<i>Quercus variabilis</i>			0.62	0.60	0.20					0.17	0.20	
<i>Prunus sargentii</i>			0.31	0.60	0.40	1.00			0.06	0.17	0.33	0.60
<i>Albizzia julibrissin</i>		0.50	0.62	0.60	0.80	0.50		0.38	0.24	0.17	0.11	

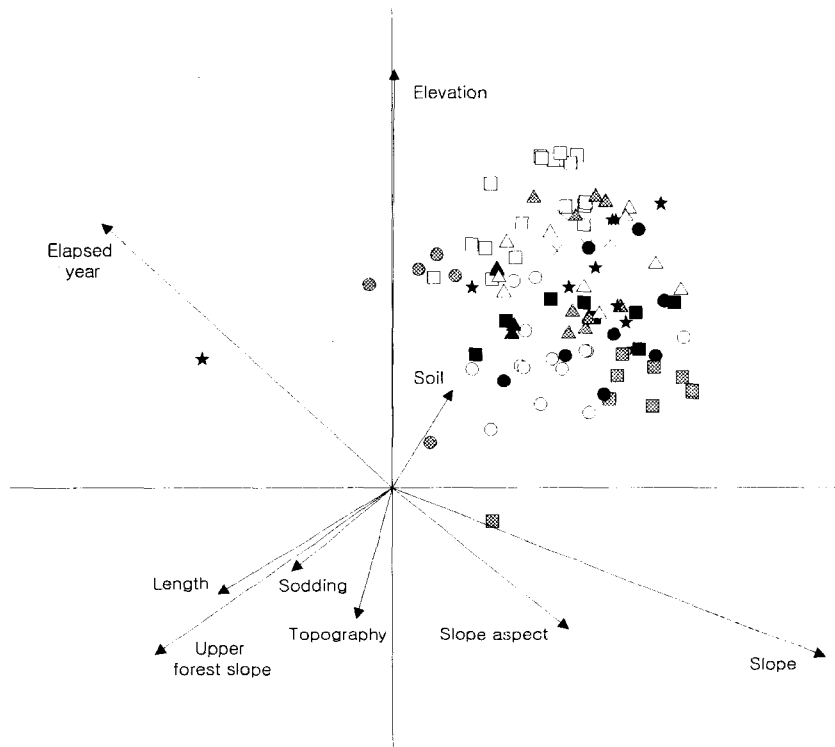
* : sowing species

모두 80%이상의 피복도를 나타내, 자연피복에 10년 이상이 소요되는 것으로 판단된다.

한편 복사면의 조사측점에 대하여 경과년수별 빈도에 따른 임도사면 식생을 살펴보면(Table 2), 경과년수가 1~3년일 때는 오리새, 개망초, 붉나무, 쭉, 칩 등이 높은 빈도로 출현하였으며, 4~5년일 때는 산딸기, 아까시나무, 산초나무, 이고들빼기, 개망초, 칩, 소나무 등이 높은 빈도로 출현하여 시공 후 4년 이상이 경과하면 산딸기, 아까시나무, 산초나무, 칩, 소나무 등 목본류의 침입이 본격적으로 시작되며, 오리새 등의 초기 녹화종은 이들에 의해 피압되는 것으로 판단된다. 또한 경과년수가 6~7년인 임도사면에서는 목본류로는 산딸기, 산초나무, 소나무, 칩 등이 높은 빈도로 출현하였으며, 초본류로는 큰까치수영, 쭉, 산박하 등 임도 사면 초기 침입종들이 높은 빈도로 출현하는 것으로 조사되었다. 8~9년이 경과한 임도사면

에서는 산딸기, 산초나무, 이고들빼기, 소나무, 오리새, 큰까치수영 등이 높은 빈도로 출현하였고, 12~13년이 경과한 임도사면에서는 산딸기, 산초나무, 조록싸리, 쭉, 소나무, 양지꽃, 칩 등이 높은 빈도로 출현하였으며, 14~15년이 경과한 임도사면에서는 병꽃나무, 산딸기, 소나무, 싸리, 조록싸리, 산초나무 등의 목본류와 구절초, 쭉, 큰기름새 등의 초본류가 높은 빈도로 출현하였다. 전반적으로 복사면의 임도사면에서는 산딸기, 산초나무, 쭉, 칩, 소나무가 경과년수에 관계없이 높은 출현빈도를 나타냈다.

남부지방 임도사면에 대한 연구에서 하나의 특징은 중부지방 임도에서 출현한 대표적인 외래 도입초종인 능수참새그렁이 179개 조사구 중 최근에 시공한(1~3년이 경과한) 3개소의 조사구에서만 출현한 것으로, 남부지방에서는 능수참새그렁이를 최근에 파종하기 시작한 것으로 판단된다.



The plots are : ▣ = 1 years; ● = 3 years; ☆ = 4 years; ★ = 5 years; ○ = 6 years; ■ = 7 years; ▲ = 8 years; △ = 9 years; ▲ = 12 years; □ = 13 years; X = 14 years; ⊗ = 15 years. The environmental variables are : Length = slope length; Soil = soil sand capacity

Figure 3. Vegetation data of forest road slope in Gyeongsangnamdo and Jeollanamdo : DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots(▣, ●, ☆, ★, ○, ■, ▲, △, ▲, □, X, ⊗) and environmental variables(arrow)

2. Ordination 분석

전라남도 보성군·화순군, 경상남도 창녕군·밀양시 지역의 환경과 출현종들 간의 상관관계를 규명하기 위하여 179개 조사구에서 출현한 272종 중 20곳 이상에서 출현한 46종을 대상으로 9개 환경요인과 DCCA ordination을 실시한 결과를 최초 1, 2 축에 의한 I/II 평면상에 나타내었다(Figure 3).

Figure 3에서 보는 바와 같이 조사대상 임도의 plot들은 9개의 환경 요인에 따라 분포하고 있으며, 이들 환경요인들은 DCCA ordination 결과에 의한 제1축, 제2축과 상관관계를 살펴보면(Table 3), 여러 환경요인들이 종의 분포와 밀접한 상관관계가 있으며, 제1축에서 시공 후 경과년수와 절토경사 등이 가장 높은 상관관계를 보여주었으며, 제2축은 해발고, 절토면의 사면 방향 등이 높은 상관관계를 보여주고 있다. 여기서 시공 후 경과년수와 해발고 및 절토사면 방향이 종의 분포에 영향을 미치는 가장 중요한 인자라는 것을 알 수 있으며, 시공 후 경과년수에 따른 종 분포를 알아본 결과는 Figure 4와 같다.

Figure 4에서 보는 바와 같이 경과년수에 따라 출현종들을 배열하면, 시공초기에 파종하였던 오리새, 족제비싸리, 아까시나무와 초기 연도에 침입한 땃대이덩굴, 큰까치수영 등이 쑥, 칩, 조록싸리, 싸리, 참억새, 산초나무, 붉나무, 병꽃나무 등의 침입관목류 등을 거쳐 소나무, 산벚나무, 굴피나무 등으로 변화되는 것을 알 수 있다.

Table 2와 종 ordination의 결과(Figure 4)를 종합해 볼 때, 시공초기에 파종하였던 오리새, 족제비싸

리, 아까시나무와 시공 초기에 침입한 땃대이덩굴, 큰까치수영 등이 경과년수에 따라 쑥, 뱀딸기, 칩, 조록싸리, 싸리, 참억새, 산초나무, 붉나무, 병꽃나무 등의 다년초 및 관목류 등을 거쳐 소나무, 산벚나무, 굴피나무 등의 순이다. 임도사면 방향에 따른 출현종을 보면, 남사면에는 쌀새, 굴피나무, 굴참나무가 출현하는데 반하여, 북사면에서는 양지꽃, 구절초, 병꽃나무가 출현하였다.

김남춘(1997b)은 도입 초종들만으로 녹화하면 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하기 때문에 생태천이에 지장을 준다고 하였는데, 본 조사지역의 일부에서 오리새 등이 과도하게 파종되어 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하고 있었다. 이런 점을 고려할 때, 오리새 등 외래초종을 파종할 때는 생태천이 등을 고려하여 과도하게 파종되는 일이 없도록 유의해야 할 것이며, 임도사면의 녹화를 위해서는 오리새, 왕포아풀, 족제비싸리, 싸리류 이외에 쑥, 뱀딸기, 참억새, 칩, 산초나무, 붉나무, 병꽃나무 등이 적합할 것으로 판단된다.

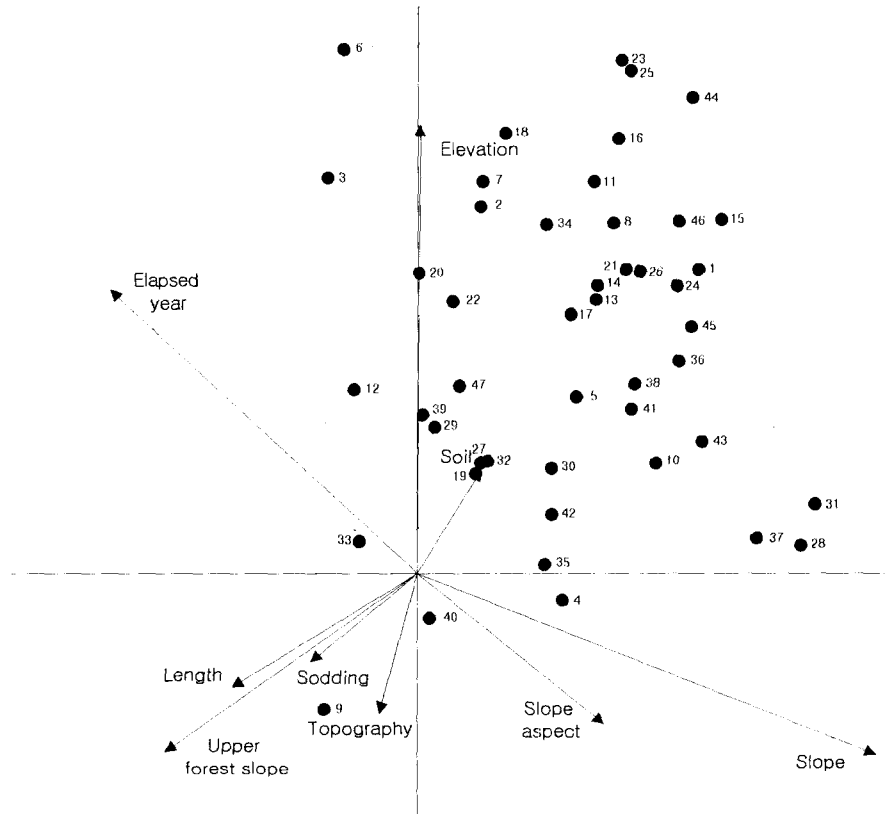
3. 관속식물상

임도사면에 출현한 관속식물은 77과 190속 233종 38변종으로 총 271종이고, 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 산딸기가 179개 조사구 중 119개 조사구에서, 쑥이 110개 조사구에서, 산초나무가 102개 조사구에서, 칩이 97개 조사구에서, 소나무가 90개 조사구에서, 조록싸리 90개가 조사구에서, 큰까치수영이 88개 조사구에서, 싸리가 81개 조사구에서,

Table 3. Vegetation data of forest road slope from Figure 3 : canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of DCCA

Variables	Correlation coefficients		Canonical coefficients	
	1	2	1	2
Elapsed year	-0.260	-0.025	-0.410**	0.137
Topography	-0.022	0.011	-0.053	-0.024
Slope aspect	-0.004	-0.195	0.245*	-0.393**
Elevation	-0.091	0.244	-0.274**	0.492**
Upper forest slope	0.057	0.135	-0.152	-0.014
Slope	-0.388	-0.250	-0.334**	-0.123
Slope length	-0.062	0.049	-0.135	0.108
Soil sand capacity	-0.231	-0.160	-0.138	-0.037
Sodding	-0.146	-0.072	-0.210*	-0.110
Eigenvalue	0.262	0.163		

* p < 0.05; ** p < 0.01



1: *Rhus chinensis*, 2: *Boehmeria tricuspis*, 3: *Pinus thunbergii*, 4: *Stephanandra incisa*, 5: *Quercus variabilis*, 6: *Platycarya strobilacea*, 7: *Spodiopogon sibiricus*, 8: *Oenothera odorata*, 9: *Commelina communis*, 10: *Cocculus trilobus*, 11: *Artemisia stolonifera*, 12: *Indigofera kirilowii*, 13: *Styrax japonica*, 14: *Patrinia villosa*, 15: *Artemisia keiskeana*, 16: *Weigela subsessilis*, 17: *Rhus chinensis*, 18: *Lindera erythrocarpa*, 19: *Alnus firma*, 20: *Clematis apiifolia*, 21: *Rubus crataegifolius*, 22: *Isodon inflexus*, 23: *Prunus sargentii*, 24: *Rhus trichocarpa*, 25: *Pinus densiflora*, 26: *Lespedeza bicolor*, 27: *Artemisia princeps* var. *orientalis*, 28: *Robinia pseudoacacia*, 29: *Potentilla fragarioides* var. *major*, 30: *Miscanthus sinensis*, 31: *Dactylis glomerata*, 32: *Lactuca indica* var. *laciniata*, 33: *Poa pratensis*, 34: *Youngia denticulata*, 35: *Viola mandshurica*, 36: *Lespedeza maximowiczii*, 37: *Amorpha fruticosa*, 38: *Quercus serrata*, 39: *Oplismenus undulatifolius*, 40: *Lespedeza cyrtobotrya*, 41: *Smilax china*, 42: *Pueraria thunbergiana*, 43: *Lysimachia clethroides*, 44: *Duchesnea chrysantha*, 45: *Alnus hirsuta*, 46: *Rosa wichuraiana*

Figure 4. Ordination diagram based on detrended canonical correspondence analysis of vegetation data of forest road slope with species(numbers) and environmental variables(arrow)
The environmental variables are : Length = slope length; Soil = soil sand capacity

이고들빼기가 75개 조사구에서, 참억새가 74개 조사구에서, 개망초가 72개 조사구에서 출현하였다.

귀화식물은 인간의 간섭에 의한 자연생태계의 영향 정도를 직접적으로 반영하는 지표로서 자생식물과의 경쟁관계 등을 나타내기도 한다(심정기 등, 1998).

우리나라의 귀화식물은 총 225종류이며(김준민 등, 2000; 고강석 등, 1997), 본 조사지에서 출현한 귀화식물은 고강석 등(1997)에 따르면 총 18종이었다. 이 중 빈도 우선순위를 보면 개망초, 오리새, 달맞이꽃, 족제비싸리, 미국자리공 등의 순이다.

인용문헌

- 강태호, 안영희, 박용환(2001) 생태적 절개비탈면 조성을 위한 녹화공법 개선 방안 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 4(2): 26-35.
- 고강석, 강인구, 서민환, 김정현, 김기대, 김지현, 전의식, 이유미(1997) 한국에서의 귀화식물 분포. 한국생물상연구지 2: 139-164.
- 기상청(2001) 기상연보. 기상청.
- 김남춘(1997a) 사면녹화공사용 자생목본의 파종 적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(1): 73-81.
- 김남춘(1997b) 주요 초본식물의 비탈면 파종 적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(2): 62-72.
- 김남춘, 강진형, 이준우, 남상준, 이원한(2001) 마사토 비탈면의 생태복원 녹화기술 개발 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 4(3): 84-95.
- 김남춘, 석원진, 남상준(1998) 비탈면 조기 식생녹화를 위한 식물배합에 관한 연구. 한국조경학회지 26(3): 8-18.
- 김준민, 임양재, 전의식(2000) 한국의 귀화식물. 사이언스북스. 281쪽.
- 박문수(2002) 임도 절토비탈면의 우점식물과 식물피복에 미치는 인자들의 영향. 한국환경복원녹화기술학회지 5(1): 19-27.
- 산림조합중앙회(2000) 환경친화적인 녹색임도 시설에 관한 연구. 244쪽.
- 심정기, 태경환, 임인택, 윤창영, 김동갑, 김주환(1998) 계룡산 남사면 일대 식물상에 관한 연구. 한국생물상연구지 3: 281-309.
- 우보명, 김남춘, 김경훈, 전기성(1996) 고속도로 절토비탈면의 식생천이과정에 관한 연구(중 부고속도로를 중심으로). 한국임학회지 85(3): 347-359.
- 이준우, 추갑철, 최윤호(2002) 임도시공 경과년수 및 물리적 특성이 임도사면의 식생 침입에 미치는 영향. 한국환경복원녹화기술학회지 5(1): 28-34.
- 정원옥(2001) 임도 절토 비탈면의 안정과 식생활착에 미치는 환경인자의 영향. 한국환경복원녹화기술학회지 4(2): 74-83.
- Hill, M. O. and H. G. Jr. Gauch(1980) Detrended Correspondence Analysis and Improved Ordination Technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Morrison, D. G.(1981) Principles of renegotiating mined Lands. *Proceedings of wildlife Values of Gravel Pits. Madison, Wisconsin : University of Wisconsin-Madison. pp. 51-57.*
- Ter Braak, C. J. F.(1987) CANOCO - A FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by Correspondence Analysis, Principal Components Analysis and Redundancy Analysis(Version 2.1) TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.