

임도사면의 생태적 녹화를 위한 자생식물 선정

- 강원도지역 임도를 중심으로 -

이미정¹⁾ · 이준우²⁾ · 전권석³⁾ · 김효정¹⁾ · 최윤희¹⁾ · 정도현³⁾ · 송호경^{2)*}

¹⁾ 충남대학교 대학원 · ²⁾ 충남대학교 산림자원학과 · ³⁾ 임업연구원 중부임업시험장

Native Plants Selection for Ecological Replantation in Forest Road Slope

- In case study on forest road of Gangwon-do -

Lee, Mijeong¹⁾ · Lee, Joonwoo²⁾ · Jeon, Kwonseok³⁾ · Kim, Hyojeong¹⁾ · Choi, Yeonho¹⁾
Jung, Dohyun³⁾ and Song, Hokyung^{2)*}

¹⁾ Graduate School, Chungnam National University,

²⁾ Department of Forest Resources, Chungnam National University,

³⁾ Jungbu Forest Experiment Station, Forestry Research Institute

ABSTRACT

This study was carried out to select proper species for early stage replantation of forest road cut-slope. From one to fourteen year elapsed forest roads in Gangwon-do, sample plots were selected, and their vegetations and environmental factors were investigated.

Invaded species with high frequency ordered *Lespedeza cyrtobotrya*, *Lysimachia clethroides*, *Rubus crataegifolius*, *Patrinia villosa*, *Spodiopogon sibiricus*, *Pueraria thunbergiana*, *Youngia denticulata*, *Dactylis glomerata*, *Rhus chinensis*, and *Pinus densiflora*.

North cut-slope have the highest value of invaded species number and plant coverage, and so, north aspect could be best for plant invasion. According to ordination, distribution of species were influenced by elapsed year, cut-slope aspect, and cut-slope.

Lespedeza bicolor, *Lespedeza cyrtobotrya*, *Artemisia stolonifera*, *Miscanthus sinensis*, *Rubus crataegifolius*, *Rhus chinensis*, *Lindera obtusiloba*, and *Pinus densiflora* were considered with proper species for replantation at south slope. Also, *Lespedeza bicolor*, *Lespedeza cyrtobotrya*, *Arundinella hirta*, *Artemisia keiskeana*, *Astilbe chinensis* var. *davidii*, *Rubus crataegifolius*, *Weigela subsessilis*, *Stephanandra incisa*, and *Rhododendron mucronulatum* were considered with proper species as replantation at north slope.

Key Words : Forests road cut-slope, Ecological replantation, DCCA ordination.

* E-mail hksong@cnu.ac.kr

I. 서론

우리는 이제까지 개발과 보존이라는 두 가지 과제와 중요성과 필요성을 절충하며 인간의 질적인 생활향상을 위해 노력해 왔으나, 생활 수준의 향상을 위한 산업개발의 중요성이 강조되어 환경보존이 제대로 이루어지지 않았다. 그러나 최근에는 점차 환경과 자연의 보존이 진정한 삶의 질을 향상시킨다는 인식이 뿌리내리고 있으며, 이와 때를 맞추어 인간과 자연과의 조화를 강조하는 생태학적인 환경복원 개념이 도입되어 연구개발 단계에 있다.

산림 내 임도 시공 역시 마찬가지로 임도 시공 후 발생하는 비탈면의 침식 방지, 비탈면의 환경친화적인 녹화 등은 부차적인 문제로 취급되어 왔다. 그러나 최근 생태학적인 환경복원 개념과 함께 임도 시공 후 발생하는 비탈면을 환경친화적인 방법으로의 복원에 대한 관심이 점차 대두되고 있다. 임도 비탈면의 생태적인 복원녹화 목표는 물과 바람에 의한 침식방지, 다양한 동물의 먹이와 은신처 제공, 그 지역의 경관미 향상에 있다고 하겠다(Morrison, 1981). 현재 국내에서는 임도 비탈면의 녹화를 위하여 초기피복속도가 느리고 종자구입이 어려운 자생식물보다는 종자구입가격이 저렴한 외래도입 초종이 선호되고 있다(김남춘, 1997a). 대표적인 예로 능수참새그령(*Eragrostis curvula*)이 가장 많이 파종되고 있으나 능수참새그령은 척박한 마사토 비탈에서 생육이 가능한 반면 과다 파종될 경우 이질만으로 비탈이 우점됨으로써 주변의 2차 식생 침입이 억제되고 생태천이가 방해를 받아 문제가 되고 있다(김남춘 등, 1998).

최근 수년동안 이러한 문제를 해결하기 위하여 임도 비탈면 녹화시 자생 초종 파종에 관한 연구들이 수행되어 왔는데, 절토비탈면의 식생천이에 관한 연구로는 우보명 등(1996)이 절토비탈면 출현식생의 생활형 조성 분석 결과, 초본류(다년생 초본, 1년생 초본)의 비율은 감소하였으며, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였으며, 주변식생으로부터 천이가 진행되는 것으로 보고하였다. 또한 비탈면의 녹화기술

개발에 관한 연구로는 정원옥(2001)이 식생피복도에 영향을 미치는 환경인자는 사면방향과, 경과년수, 지형이라고 하였으며, 강태호 등(2001)은 식물 생육환경을 고려한 녹화를 위하여 전면 녹화를 지양하고, 부분녹화 및 차폐가 필요한 경우 차폐수벽공법, 만경류 식재 등을 주장하였다. 김남춘 등(2001)은 마사비탈면의 종자발아 및 식물의 생육을 위하여 식생기반토양을 적절한 두께로 복원시켜 주면서 생태복원을 유도할 수 있다고 보고하였으며, 박문수(2002)는 식물피복도에 영향을 미치는 인자는 경과년수, 토양경도, 연평균강수량, 비탈면침식량, 종단물매 등이며, 지역별 우점종을 이용한 녹화가 주변경관과 조화를 이루고, 빠른 녹화를 할 수 있을 것으로 보고하였다. 그 외에 주요 초본식물의 지하부생육이 토양안정에 미치는 영향(김남춘, 1990), 사면 녹화 공사용 자생목본식생의 파종적기에 관한 연구(김남춘, 1997a), 주요 초본식물의 비탈면 파종 적기에 관한 연구(김남춘, 1997b) 등의 연구가 수행되어 왔다.

임도 사면의 식생침입은 시공 경과 년수에 의하여 많은 영향을 받기 때문에 임도 비탈면의 식생천이를 규명하고 생태적인 복원에 필요한 자생수종을 선발하기 위해서는 다양한 입지에 대하여 시공 년도의 경과에 따른 식생의 변화를 계속적으로 조사 관찰하는 것이 가장 적절한 방법이라고 생각된다. 그러나 이 방법은 많은 시간을 필요로 한다. 해마다 많은 임도를 개설하는 시점에서 임도 사면에 어떤 자생 초·목본의 파종이 가장 적절한가 하는 문제는 시급을 요하는 문제라 아니할 수 없다. 따라서 본 연구의 목적은 지금까지 개설된 많은 임도 사면에 대한 시공 년도별 조사를 통해 천이계열을 추정함으로써 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하는데 있다.

II. 재료 및 방법

1. 조사 대상지의 선정

북부지역에 대한 조사는 강원도지방의 임도에서 시공 후 1~14년이 경과한 임도를 대상으로

Table 1. Numbers of surveyed plot by elapsed year.

County	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
Chuncheon-si			4	2	3		12	4	19		4		4		52
Hongcheon-gun			5	3		6	6	5	2			4	5		36
Hongcheon-gun ~ Chuncheon-si								4		5				9	18
Yangyang-gun	10	10	10					10							40
Gangneung-si			8	11		10	10								39
Total	10	10	27	16	3	16	28	23	21	5	4	4	9	9	185

로 2001년도에 강원도 춘천시, 홍천군, 춘천시와 홍천군에 걸쳐있는 가리산에서 106개소의 조사구를 조사하고, 2002년도에는 강원도 양양군, 강릉시를 중심으로 79개소 등 총 71.2km의 임도에서 185개의 조사구를 설치하여 조사하였으며, 지역에 따른 경과년수 별 조사구 수는 Table 1과 같다.

조사지역의 임상은 침·활 혼효림이 대부분을 차지하고 있었으며, 침엽수로는 소나무가 우점하고 있었으며, 활엽수로는 졸참나무와 신갈나무가 우점하고 있었다.

본 연구 조사 지역의 30년(1971~2000)의 평균 기온과 평균 강수량을 살펴보면, 춘천 10.9℃, 1,266.8mm, 홍천 10.1℃, 1,291.3mm, 강릉 12.9℃, 1,401.9mm이었다(기상청, 2001).

2. 조사 방법 및 분석

1) 식생조사 및 환경조사

식생 및 환경 조사는 2001년 6월부터 2002년 8월에 걸쳐 실시하였다. 식생조사는 임도사면의 피복도를 측정후, 임도사면에 분포하고 있는 종 목록을 작성하였다. 그리고 피복도가 10% 이상인 경우 한 조사구 당 1m×1m 크기의 조사구를 2~3개소 설치하여 조사구별로 종별 개체수와 피복도를 측정하였다.

임지환경 요인으로는 임도사면의 위치, 사면 방향, 해발고, 상부 산지경사, 절토면 경사, 절토사면장, 토사함유량(%) 및 절토면의 보강시설물 유무 등을 조사하였다.

2) Ordination 분석

Ordination을 위하여 식생조사에서 얻은 자료

로부터 각 종의 합성치를 구하였고, ordination은 DCCA(detrended canonical correspondence analysis)를 사용하였으며(Hill and Gauch, 1980), Ter Braak(1987)의 CANOCO program을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 임도사면 식생의 생태학적 특성

임도사면의 185개 조사구에서 263종이 출현하였으며, 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 참싸리가 110개 조사구에서, 큰까치수영 106개 조사구에서, 산딸기 104개 조사구에서, 딱갈 85개 조사구에서, 큰기름새 82개 조사구에서, 취 80개 조사구에서, 이고들빼기 76개 조사구에서, 오리새 76개 조사구에서, 붉나무 75개 조사구에서, 소나무 75개 조사구에서 출현하였다.

1) 경과년수에 따른 남사면의 식생

북부 지방 임도 사면을 남사면과 북사면으로 나누어 시공 후 경과년수에 따른 평균출현종수와 피복도를 조사한 결과, 남사면에서 시공 후 1~2년이 경과한 임도사면에서는 평균 8.4종이 출현하였고, 시공 후 3~4년이 경과한 임도사면에서는 평균 11.4종, 시공 후 5~7년 후에는 평균 18.3종, 8~10년 후에는 평균 22.2종, 11~14년 후에는 평균 18.8종이 출현하는 것으로 미루어 보아, 북부 지방 임도 사면은 시간이 지남에 따라 다양한 식물들의 침입으로 시공 후 10년까지는 출현종수가 점차 증가하는 것으로 나타났다. 또한 시공 후 5~7년 사이에 다양한 초본류의 침입으로 가장 많은 증가율을 보이며 10년 이상이 경과한 임도 사면에서는 출현종수의 감소를 나타

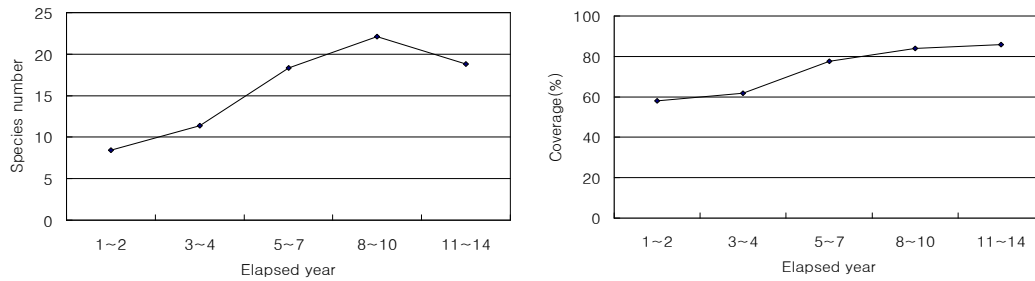


Figure 1. Species number(left) and vegetation coverage(right) on south slope by elapsed years.

났다. 이는 다양한 임도에 따른 상이한 시공조건 등 여러 요인들이 있었으나, 시공 초기에는 초본류가 많이 침입해 출현종수의 증가가 현저한 반면 10년 이상이 경과되면 일부 초본들이 우점하는 목본류에 피압되어 쇠퇴하는 현상도 출현종수의 감소를 가져온 결과로 판단된다(Figure 1).

남사면의 시공 경과년수에 따른 피복도를 살펴보면, 임도시공 후 1~2년이 경과한 임도사면에서는 평균 58%가 피복되었으며, 시공 후 3~4년이 경과한 임도사면에서는 평균 62%, 시공 후 5~7년이 경과한 임도사면에서는 평균 78% 피복도를 나타내는 것으로 조사되어 임도 시공 후 7년이 경과할 때까지 급격히 증가하다가 시공 후 8~10년이 경과한 임도사면에서는 84%, 11~14년이 경과한 임도사면에서는 평균 86%로 조금씩 증가하는 것으로 조사되었다(Figure 1). 이는 시공초기에 침입하여 피복도에 영향을 주던 초본류들이 경과년수가 10년 이상 경과함에 따라 침입한 목본류에 의해 피압되어 전체적인 피복도 증가율이 감소한 것으로 판단된다.

한편 남사면의 경과년수별 출현빈도에 따른 사면 식생을 살펴보면(Table 2), 경과년수가 1~2년일 때는 오리새, 큰감의털, 왕포아풀, 참싸리, 호밀풀, 싸리 등이 빈도가 높았고, 경과년수가 3~4년일 때는 오리새, 큰감의털, 소나무, 싸리, 큰기름새, 새 등이 빈도가 높았으며, 5~7년일 때는 칩, 족제비싸리, 참싸리, 큰기름새, 딱갈, 산딸기 등이 빈도가 높게 나타났다. 그리고 시공 후 8~10년이 경과한 임도사면에서는 큰기름새, 이고들빼기, 쑥, 큰까치수영 등의 초본류와 칩, 붉나무, 산딸기, 참싸리, 소나무 등의 목본류

가 출현하였고, 11~14년이 경과한 임도사면에서는 목본류로는 참싸리, 칩, 산딸기, 잣나무, 붉나무 등이 빈도가 높게 출현하였으며, 초본류로는 양지꽃, 큰기름새, 넓은잎외잎쑥, 망초, 산박하, 이고들빼기 등이 빈도가 높게 조사되었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 초기녹화종인 오리새, 왕포아풀, 큰감의털 등은 5년 이상이 경과하면서 쇠퇴함을 알 수 있으며, 8년 이상이 경과한 임도사면에서의 붉나무와 잣나무 등은 주변 산림에서 침입한 것으로 판단된다.

2) 경과년수에 따른 북사면의 식생

경과년수에 따른 북사면의 평균 출현종수를 살펴보면, 시공 후 1~2년이 경과한 임도사면에서는 평균 13.8종이 출현하였고, 시공 후 3~4년이 경과한 임도사면에서는 평균 13.1종, 시공 후 5~7년 후에는 평균 22.4종, 8~10년 후에는 평균 28.8종, 11~14년 후에는 평균 28.0종이 출현하는 것으로 보아, 북사면의 임도 식생은 시공 후 8~10년까지는 지속적으로 현저하게 증가하다가 10년 이상이 경과하면 다소 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 10년 이상이 경과하면서 목본류의 침입이 증가하면서 기존에 시공 초기에 침입하였던 초본식생이 피압되어 종수에 영향을 준 것으로 판단된다. 또한 남사면과 비교해 볼 때 시공 초기에는 남사면보다 낮은 출현종수를 나타냈으나, 5년 이상 경과한 임도사면에서는 더 많은 종이 출현하였다(Figure 2).

북사면의 임도 시공 경과년수에 따른 피복도를 살펴보면, 임도 시공 후 1~2년이 경과한 임도사면에서는 평균 78%가 피복되었으며, 시공

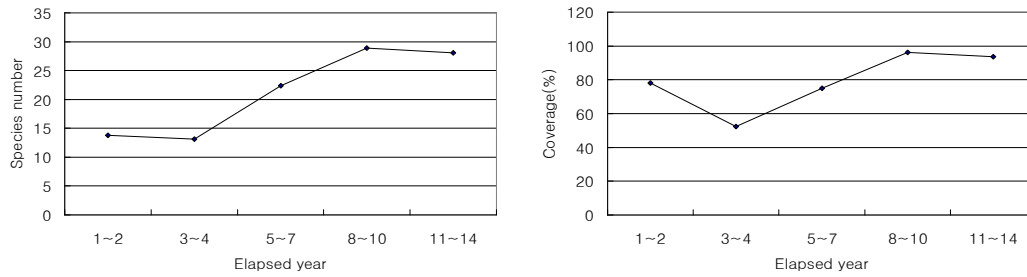


Figure 2. Species number(left) and vegetation coverage(right) on north slope by elapsed years.

후 3~4년이 경과한 입도사면에서는 평균 52%, 시공 후 8~10년이 경과한 입도사면에서는 96% 시공후 5~7년이 경과한 입도사면에서는 75%, 로 시간이 경과할수록 북사면의 피복도도 점차

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

Scientific name	S					N				
	1~2	3~4	5~7	8~10	11~14	1~2	3~4	5~7	8~10	11~14
<i>Dactylis glomerata</i>	1.00	0.53	0.41	0.06		0.60	0.89	0.60	0.63	0.09
<i>Festuca arundinacea</i>	1.00	0.53	0.41	0.17		0.40	0.44	0.10		
<i>Poa pratensis</i>	0.57	0.20	0.06							
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.57	0.27	0.59	0.61	0.63		0.67	0.60	0.75	0.73
<i>Lolium perenne</i>	0.43	0.27				0.60	0.22			
<i>Duchesnea chrysantha</i>	0.29	0.20	0.06	0.22		0.20	0.44	0.20	0.25	0.09
<i>Pinus densiflora</i>	0.29	0.53	0.47	0.56	0.13	0.40	0.11	0.30	0.25	0.27
<i>Lespedeza bicolor</i>	0.43	0.47	0.35	0.28		0.80	0.22	0.20	0.25	0.27
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	0.14	0.47	0.59	0.83	0.63	0.60	0.33	0.20	0.25	0.45
<i>Arundinella hirta</i>	0.29	0.40	0.06	0.39		0.20		0.10	0.38	
<i>Pueraria thunbergiana</i>	0.14	0.27	0.88	0.72	0.63	0.20	0.44	0.20	0.13	0.55
<i>Amorpha fruticosa</i>		0.13	0.65	0.17			0.11	0.50	0.13	0.09
<i>Patrinia villosa</i>		0.33	0.59	0.50	0.13		0.22	0.70	0.88	0.73
<i>Youngia denticulata</i>	0.14	0.20	0.47	0.72	0.38		0.33	0.30	0.38	0.55
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>		0.27	0.41	0.61	0.25		0.11	0.50	0.25	0.27
<i>Lysimachia clethroides</i>	0.14	0.40	0.47	0.61		0.20	0.56	0.10		
<i>Rhus chinensis</i>		0.13	0.47	0.72	0.38		0.22	0.40	0.88	0.36
<i>Pinus koraiensis</i>			0.24	0.22	0.50			0.30	0.50	0.18
<i>Aralia elata</i>		0.12	0.28		0.25			0.20	0.38	0.36
<i>Quercus mongolica</i>		0.13		0.17	0.25			0.10	0.38	0.18
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>		0.20	0.35	0.28	0.75		0.44	0.10	0.25	0.27
<i>Artemisia stolonifera</i>			0.12	0.33	0.38		0.11	0.20	0.38	
<i>Erigeron canadensis</i>		0.07	0.29	0.33	0.38			0.30	0.50	0.18
<i>Isodon inflexus</i>			0.18	0.33	0.38	0.20	0.22	0.50	0.50	0.64
<i>Rubus crataegifolius</i>	0.14	0.33	0.53	0.72	0.63	0.20	0.33	0.60	0.88	0.82
<i>Duchesnea chrysantha</i>	0.29	0.20	0.06	0.22		0.20	0.44	0.20	0.25	0.09
<i>Weigela subsessilis</i>			0.12	0.17	0.13			0.70	1.00	0.82
<i>Stephanandra incisa</i>			0.12	0.33	0.13	0.40	0.11	0.60	0.88	0.82
<i>Salix hulteni</i>		0.13	0.24	0.39	0.38			0.40	0.50	0.55
<i>Artemisia keiskeana</i>			0.24	0.28	0.13	0.20		0.10	0.38	0.27
<i>Artemisia feddei</i>			0.35	0.11	0.13				0.38	
<i>Clematis apiifolia</i>			0.12	0.17	0.13				0.38	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>		0.20	0.41	0.28	0.13	0.40	0.33	0.40	0.25	0.36
<i>Miscanthus sinensis</i>		0.20	0.12	0.28	0.13				0.25	
<i>Artemisia japonica</i>	0.14	0.07	0.35	0.39				0.30		0.36
<i>Rhododendron mucronulatum</i>				0.06	0.13		0.11		0.38	0.18
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>			0.06	0.06	0.13		0.22	0.90	0.88	0.55
<i>Aster scaber</i>	0.14		0.24	0.28	0.13	0.20	0.33	0.40	0.63	0.91

증가하다가 11~14년이 경과한 임도사면에서는 93%로 다소 감소추세를 나타냈다. 또한 남사면과의 피복도를 비교하여 보면, 초기 피복도는 남사면이 다소 높은 수치를 나타냈으나, 시공 연수가 경과함에 따라 북사면이 남사면보다 높은 것으로 조사되었다. 이는 북사면이 지형적으로 수분이 많아 남사면보다 종의 침입과 피복에 유리한 것으로 판단된다.

한편 북사면의 경과년수별 출현빈도에 따른 사면식생을 살펴보면(Table 2), 경과년수가 1~2년일 때는 싸리, 오리새, 조록싸리, 큰기름새, 호밀풀, 청미래덩굴 등이 빈도가 높았고, 3~4년일 때는 오리새, 참싸리, 큰까치수영, 큰김의털, 칩, 양지꽃, 뱀딸기, 큰기름새 등이 빈도가 높게 조사되어 남사면에서와 마찬가지로 시공 후 4년이 경과한 임도에서는 초기녹화 식생이 우점하는 것으로 판단된다. 또한 경과년수가 5~7년인 임도사면에서는 목본류로는 병꽃나무, 참싸리, 산딸기, 국수나무, 족제비싸리 등이 빈도가 높았으며, 초본류로는 노루오줌, 뚝갈, 오리새, 쑥, 산박하 등이 높은 빈도로 출현하는 것으로 조사되

어 5년이 경과한 임도사면에서 다양한 관목류의 우점이 이루어진 것으로 판단된다. 8~10년이 경과한 임도사면에서는 병꽃나무, 산딸기, 붉나무, 뚝갈, 노루오줌, 국수나무 등이 빈도가 높게 나타났으며, 11~14년이 경과한 임도사면에서는 참취, 산딸기, 병꽃나무, 국수나무, 참싸리, 뚝갈, 산박하 등이 빈도가 높게 조사되었다. 강원도 지방 임도를 중심으로 한 본 연구에서는 기타 중부지방이나 남부지방 임도에서 출현한 대표적인 외래 도입초종인 능수참새그렁이 출현하지 않았다. 시공 후 1~2년이 경과한 임도에서도 출현하지 않은 것으로 보아 강원도 지방의 임도에서는 난지형 초종인 능수참새그렁이를 과정에서 제외된 것으로 판단된다.

2. Ordination 분석

강원도 춘천시, 홍천군, 양양군, 강릉시 지역의 환경과 출현종들 간의 상관관계를 규명하기 위하여 185개 조사구에서 출현한 263종 중 99종과 9개 환경요인으로 1차 DCCA ordination을 실시하고, data matrix속에 있는 sample clusters,

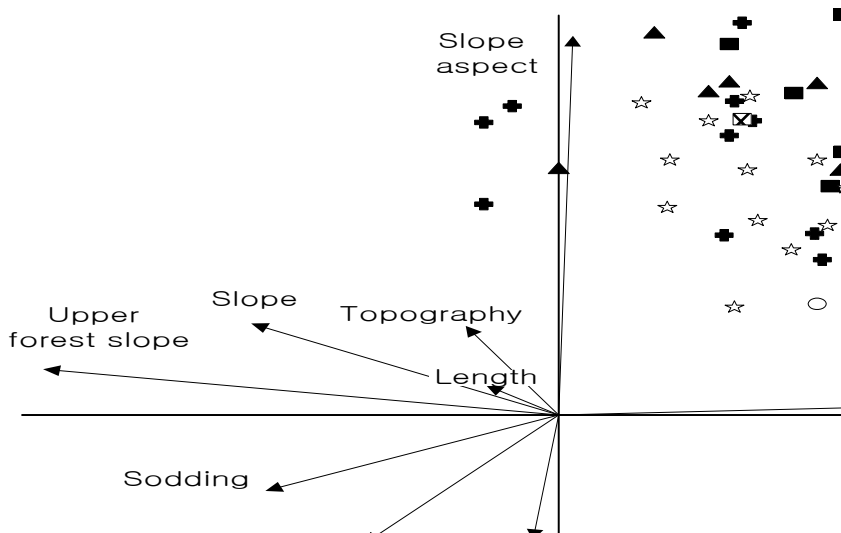


Figure 3. Vegetation data of forest road slope in Gangwon-do : DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots(■, ☆, ▲, ★, ■, ⊠, ○, △, ▲, ●, □, ⊗, ☆) and environmental variables(arrow).

The plots are : ■ = 2 years; ☆ = 3 years; ▲ = 4 years; ★ = 5 years; ■ = 6 years; ⊠ = 7 years; ○ = 8 years; △ = 9 years; ▲ = 10 years; ● = 11 years; □ = 12 years; ⊗ = 13 years; ☆ = 14 years.

The environmental variables are : Length = slope length; Soil = percentage of sand.

outliers 등을 제거한 후, 최종적으로 161개 조사구로 DCCA ordination을 실시한 결과를 최초 1, 2 축에 의한 I/II 평면상에 나타내었다(Figure 3).

Figure 3에서 보는 바와 같이 강원도 지방 임도사면의 조사구들은 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 경과년수와 절토경사, 상부산지경사 등이 가장 높은 상관관계를 보여주었으며, 제2축은 절토면사면 방향, 해발고, 토사함유량(%) 등이 높은 상관관계를 보여주고 있다. 여기서 경과년수와 사면방향이 종의 분포에 영향을 미치는 가장 중요한 인자라는 것을 알 수 있으며, 경과년수에 따른 종 분포를 알아본 결과는 Figure 4와 같다.

Figure 4에서 보는 바와 같이 시공초기에 파

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	Axis		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Elapsed year	0.287	-0.031	0.609**	-0.012
Topography	-0.106	0.101	-0.119	0.185
Slope aspect	-0.037	0.457	-0.043	0.737**
Elevation	0.013	-0.005	0.016	-0.240*
Upper forest slope	0.145	0.040	-0.359**	0.204*
Slope	-0.450	0.004	-0.533**	0.131
Slope length	-0.066	-0.060	-0.173	0.078
Percentage of sand	-0.283	-0.052	-0.162	-0.242*
Sodding	-0.001	-0.084	-0.348**	-0.119
Eigenvalue	0.454	0.228		

*p<0.05; **p<0.01

종하였던 호밀풀, 오리새, 싸리 등이, 경과년수에 따라 쭉, 맑은대쭉, 큰기름새, 양지꽃 등의

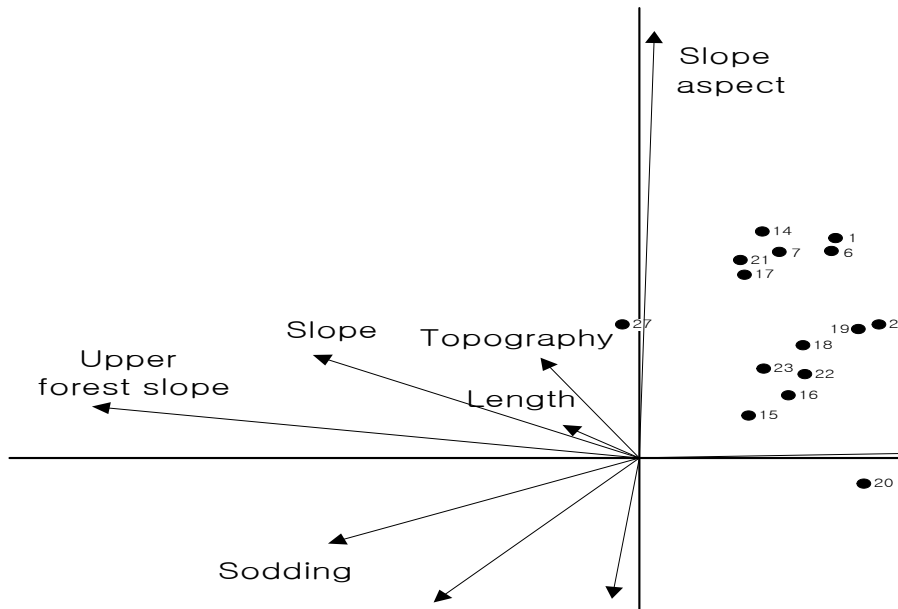


Figure 4. Ordination diagram based on detrended canonical correspondence analysis of vegetation data of forest road slope with species(numbers) and environmental variables(arrow).

The environmental variables are : Length = slope length; Soil = soil sand capacity.

1. *Rhus trichocarpa*; 2. *Stephanandra incisa*; 3. *Spodiopogon sibiricus*; 4. *Artemisia stolonifera*; 5. *Astilbe chinensis* var. *davidii*; 6. *Artemisia keiskeana*; 7. *Duchesnea chrysantha*; 8. *Weigela subsessilis*; 9. *Rhus chinensis*; 10. *Artemisia feddei*; 11. *Clematis apiifolia*; 12. *Rubus crataegifolius*; 13. *Zanthoxylum schinifolium*; 14. *Arundinella hirta*; 15. *Lindera obtusiloba*; 16. *Pinus densiflora*; 17. *Lespedeza bicolor*; 18. *Artemisia princeps* var. *orientalis*; 19. *Potentilla fragarioides* var. *major*; 20. *Miscanthus sinensis*; 21. *Dactylis glomerata*; 22. *Artemisia japonica*; 23. *Amorpha fruticosa*; 24. *Rhododendron mucronulatum*; 25. *Lespedeza cyrtobotrya*; 26. *Pueraria thunbergiana*; 27. *Lolium perenne*.

다년생 초본을 거쳐 산딸기, 진달래, 병꽃나무, 국수나무, 붉나무, 생강나무 등으로 변화된 것을 알 수 있다.

또한 남사면에서는 넓은잎외잎쭉, 참억새 등의 초본류 및 싸리류, 산딸기, 붉나무, 생강나무 등의 관목류와 소나무 등이 주로 출현하였으며, 북사면에서는 새, 맑은대쭉, 노루오줌 등의 자생 초본류 및 싸리류, 산딸기, 병꽃나무, 국수나무, 진달래 등의 관목류가 주로 출현하였다.

IV. 결 론

임도 시공 후 사면의 초기 녹화에 적절한 식물을 선별하기 위하여, 강원도 4개 시·군에서 개설 후 1~14년 경과한 노선의 임도를 선정하고, 조사구에 대한 식생조사와 환경조사를 실시하였다.

임도사면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 참싸리, 큰까치수영, 산딸기, 딱갈, 큰기름새, 칩, 이고들빼기, 오리새, 붉나무, 소나무 등의 순이다.

경과년수에 따른 남사면의 식생변화는 평균 출현 종수의 경우 평균 8.4종에서 점차 증가하여 14년 후에는 평균 18.8종이 출현하였다. 또한 피복도의 변화는 시공 직후 파종으로 인하여 58%의 피복도를 보이며, 점차 증가하여 14년이 경과한 후에는 86%로 높은 피복도를 나타냈다. 출현 식생은 경과년수가 지날수록 초본류의 비율은 감소하였고, 목본류의 출현비율이 증가하였다.

경과년수에 따른 북사면의 식생변화를 살펴보면, 시공 후 2~3년이 경과한 임도사면에서는 평균 13.8종이 출현하였으며, 점차 침입식생으로 인한 증가로 시공 후 11~14년이 경과한 임도사면에서는 평균 28종이 출현하였다.

Ordination 분석을 통하여 조사 대상 임도들의 환경과 출현종들 간의 상관관계를 규명한 결과 종의 분포에 영향을 미치는 요인은 시공 후 경과년수, 절토사면 방향, 절토경사 등으로 나타났다.

조사 대상 임도들의 환경과 출현종들 간의 상관관계를 규명하기 위하여 ordination 분석을 실시한 결과 종의 분포에 영향을 미치는 요인

은 시공후 경과년수, 절토사면 방향, 절토경사 등으로 나타났다.

임도사면의 녹화를 위해서, 남사면에는 기존에 파종하던 외래 초종류 외에도 발아력이 우수하고, 번식력이 강하여 초기 피복에 적합한 싸리, 참싸리 등의 콩과식물과 넓은잎외잎쭉, 참억새 등의 초본류 및 경관적인 면에서도 효과적인 소나무와 꽃과 열매가 아름다워 경관미를 살려 줄 수 있는 산딸기, 밀원식물로서 여름철에 야생동물들에게 먹이를 제공하며, 척박한 환경에서도 잘 적응하는 붉나무, 생강나무 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다. 북사면의 경우 꽃이 아름답고 번식력이 강한 딱갈, 맑은대쭉, 새, 노루오줌 등의 자생 초본류와 북사면에서도 높은 출현빈도를 보이며, 꽃과 열매가 아름다워 다양한 곤충과 동물들의 서식에도 도움을 줄 것으로 판단되는 산딸기, 병꽃나무, 국수나무, 진달래 등의 관목류가 적합할 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

강태호·안영희·박용환. 2001. 생태적 절개비탈면 조성을 위한 녹화공법 개선 방안 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 4(2) : 26-35.

기상청. 2001. 기상연보. 기상청.

김남춘. 1990. 도로비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본식물의 지하부 생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구. 한국조경학회지 18(2) : 45-55.

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. 한국 환경복원녹화기술학회지 4(3) : 84-95.

김남춘·석원진·남상준. 1998. 비탈면 조기 식

- 생녹화를 위한 식물배합에 관한 연구. 한국조경학회지 26(3) : 8-18.
- 박문수. 2002. 임도 절토비탈면의 우점식물과 식물피복에 미치는 인자들의 영향. 한국환경보존학회지 5(1) : 19-27.
- 우보명 · 권태호 · 김남춘. 1993. 임도비탈면의 자연식생 침입과 효과적인 비탈면 녹화공법 개발에 관한 연구(절취비탈면을 대상으로). 한국임학회지 82(4) : 381-395.
- 우보명 · 김남춘 · 김경훈 · 전기성. 1996. 고속도로 절토비탈면의 식생천이과정에 관한 연구(중부고속 도로를 중심으로). 한국임학회지 85(3) : 347-359.
- 정원옥. 2001. 임도 절토 비탈면의 안정과 식생 활착에 미치는 환경인자의 영향. 한국환경보존학회지 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.

接受 2003年 6月 25日