

道路斜面綠化를 위한 植生配合에 關한 研究

李載必* · 金南椿** · 洪性權***

* 建國大學校 農科大學 大學院 園藝科學科

** 檀國大學校 農科大學 觀賞園藝學科

*** 建國大學校 農科大學 園藝科學科

Studies on Seed Mixtures for Slope Revegetation of the Road

Lee, Jae-Pill* · Kim, Nam-Choon** · Hong, Sung-kwon***

* Dept. of Horticultural Science Graduate School, Kon-Kuk University.

** Dept. of Ornamental Horticulture, Dan-Kuk University.

*** Dept. of Horticultural Science, Kon-Kuk University.

ABSTRACT

This study was conducted to find out appropriate rates of seed mixture of both native and foreign plants in order for stabilization of early afforestation and proper vegetation on road slope.

The results are summarized as follows:

1. Characteristics of germination : After seeding, 2 weeks for both *Lespedeza bicolor* and *Lespedeza cuneata*, and 4 weeks for both *Arundinella hirta* and *Zoysia japonica* were needed for vigorous germination; and 1-4 weeks for 3 cool-season grasses were spent for gradual germination.
2. Plant height : There was no difference between *Lespedeza cuneata* and *Lespedeza bicolor* in plant height by 7 treatments. As mixture rates of cool-season grasses were lowered, plant height of *Arundinella hirta* became longer. Descending order of cool-season grasses for plant height was Tall fescue, Perennial ryegrass, and Creeping red fescue.
3. Number of tillers : The number of tillers tended to increase in the experimental plots where competition was low.
4. Ground cover rate : Ground cover rate was the highest in Mixture IV (96.7%) and was fluctuated from 13.3% on Sept. 13 to 45% on Nov. 3 in Mixture III. Descending order of ground cover rates in 7 treatments was Mixture IV, Mixture II, Mixture VII, Mixture V, Mixture VI, Mixture I, and Mixture III when measured on Oct. 13.
5. Visual assessment : High preferences were observed on Mixture IV and VII.

In sum, the best seed mixtures were Mixture IV and VII. It meant that (1) either mixture of 70% the native plants with 30% cool-season grasses or (2) mixture of 80% the native plants with 20% cool-season grasses was best for this study.

I. 緒論

도로의 손상된 斜面은 토양침식과 붕괴의 위험(馬, 1987; 이와 김, 1992) 뿐만 아니라 생태계의 파괴 및 裸地로 인한 경관 훼손 등의 문제를 발생시킨다(한국도로공사, 1990). 이러한 사면이 자연적으로 안정을 찾고 녹화되기까지는 오랜 시간이 소요되므로 인공적으로 사면을 早期에 안정처리하여 녹화시킴이 바람직하다(馬, 1978, 1992). 지금까지의 斜面綠化는 조기녹화를 위해 외래초종을 주로 사용하였기 때문에 주위 경관과의 부조화를 초래하였고, 시공 초기에 재래초종들에 대한 문제를 고려치 않아 침입과 생육에 지장을 주었으며(道路綠化保全協會, 1974), 時日이 경과함에 따라 외래초종들의 소멸과 쇠퇴로 인한 재 시공의 필요성이 문제점으로 지적되고 있다(馬, 1987).

식생배합설계에 관한 연구는 조성목적에 따라 달라질 수 있으나, 사면 침식방지에 있어 사면의 피복율은 가장 영향이 큰 인자이므로 효과적인 식생의 생육으로 초기에 원하는 피복율이 되도록 해야 한다(金, 1991; 金과 鄭, 1975). 외래초종 위주의 녹화는 조기녹화를 위해서는 바람직하지만 수년이 경과된 후부터는 서서히 퇴화하는 경향이 있어(金, 1990), 지속적인 사면의 식생형으로 적합하다고 단정하기 어렵다. 비록 재래 초·목본이 초기 생육은 느리지만 토사유출의 억제 효과면에서는 외래초종에 필적할 수 있으므로(金, 1991; 金과 鄭, 1975; 朴 등, 1992) 초기 및 장기간 녹화의 목적을 달성하기 위한 재래초종 위주의 식생배합 실험이 수행될 필요가 있다.

본 실험은 初 여름 재래 초·목본 위주의 사면 녹화시공을 위한 식생배합설계와 파종법 등에 대한 기초 연구로써 자연천이에 부합될 수 있는 도로사면 식생을 조성하고자 실시되었다.

II. 研究史

1. 斜面 綠化植生에 關한 研究

우리나라 도로사면 녹화에 사용되는 木本 樹種에 관해서 李(1976)와 金(1991)은 고속도로 주변을 조사한 결과 쪽제비싸리(*Amorpha fruticosa* L.), 탕자나무(*Poncirus trifoliata* Rafin.), 개나리(*Forsythia koreana* N.), 참싸리, 명석달기, 아까시나무가 주된 출현종이었다고 하였다. 또한 도로 및 황폐지 사면의 식재수종은 건조에 강한 소나무속(*Pinus* L.), 오리나무속(*Alnus* L.)과 콩과류인 싸리속(*Lespedeza* M.)이 많은 것으로 조사되었다(金과 鄭, 1975; 朴, 1987; 道路綠化保全協會, 1974; 日本綠化工協會, 1979; 山寺善成, 1974). 金(1993)은 細根의 발달이 왕성하여 지표안정이 가능한 병꽃나무(*Weigela subsessilis* L.H. Bailey), 조팝나무(*Spiraea prunifolia* var. *simpliciflora* Nakai), 푸지나무(*Celastrus flagellaris* Rupr.), 국수나무(*Stephanandra incisa* Zabel.) 등을 식재한 후, 林道盛土斜面의 침식과정과 식생피복에 따른 지표침식량을 조사분석한 결과, 草木區가 草本區보다 斜面浸蝕防止 기능이 크게 나타났고, 植生被覆率이 80% 이상이 되는 3년차부터는 지표침식량이 아주 적었다고 하였다.

草本에 관해서 徐(1991)는 국립공원 지리산의 도로사면에 형성된 초종을 조사한 결과, 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 안고초(*Arundinella hirta* var. *ciliata*), Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L.) 등의 출현이 높다고 보고하였고, 金(1991)은 고속도로의 절토사면을 조사한 결과, 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 제비쑥(*Artemisia japonica*), 억새(*Miscanthus sinensis* Anderss), 솔새(*Themda japonica* Tanaka), 달맞이꽃(*Oenothera odroata*), 개망초(*Erigeron annuus*), 애기수영(*Rumex acetocella*), 사철쑥, 안고초, 비수리, Weeping lovegrass, Tall fescue(*Festuca arundinacea* Schreb.) 등이 주종을 이루고 있음이 밝혀졌다.

이외에 사용되는 덩굴식물은 마삭줄(*Trachelospermum asiaticum* var. *intermedium* N.), 담쟁이(*Parthenocissus thunbergii* N.), 인동(*Lonicera japonica* T.), 으름(*Akebia quinata* D.),

덜꿩(*Stauntonia hexaphylla* D.), 줄사철나무(*Euonymus fortunei* var. *radicans*(Seib. et MIQ) R.), 칩(*Pueraria thunbergiana*), 청미래덩굴(*Smilax china*) 등이 유용하다고 하였다(한국도로공사, 1990; 禹, 1992; 全, 1993; 金, 1993). 그러나 덩굴식물들의 생육이 왕성할 경우에는 2차 식생의 침입이 곤란하여 덩굴성식물을 이용한 사면 피복 녹화공법에는 주의가 필요하다.

2. 斜面 綠化植生の 配合設計에 關한 研究

도로사면의 식생배합에 대한 연구로서 金(1993)은 재래초종과 외래초종을 균일한 비율로 혼파하여 실험한 결과, Italian ryegrass와 자생초종의 配合型區에서 피복속도가 좋았다고 하였다. 또한 朱(1991)는 Kentucky bluegrass, Red fescue는 품종간의 조합 또는 초종간의 혼파성이 우수하다고 하였으며, 안고초, 싸리, 비수리와 Tall fescue, Perennial ryegrass, Canada bluegrass을 혼파한 실험에서는 봄파종이 가을 파종보다 양호한 피복효과를 보였다고 하였다. Jensen and Sindelar(1979)는 26개의 품종을 혼합하여 계절별 실험을 한 결과 콩과식물과 명아주과의 식물은 봄파종이 좋고, Perennial ryegrass는 품종에 따라서 파종계절에 따른 효과가 다르다고 보고하였다. 일본의 全國特定保護協會(1990)에서는 목본식물 위주의 사면녹화를 위해 목본식물 4種(산오리나무, 싸리, 사방오리, 죽제비싸리)과 초본식물 2種(Kentucky bluegrass, Orchardgrass)을 혼파실험을 한 결과 목본식물의 성립분수는 비료의 종류에 따라 성립분수가 영향을 받았고 초본식물의 밀도는 비료에 영향을 받지 않았다고 하였다.

이상을 종합하면, 목본류의 경우 대부분 콩과류로 사면에 침입하여 잘 적응하는 식물을 선발

이용하였고, 초본류는 사면의 조기안정을 목적으로 초기 생육속도가 빠른 외래초종 위주의 녹화를 한 결과 자연천이에서 나타나는 사면식생의 구성과 달랐는데, 자연천이에 부합하는 식생배합 설계에 관한 연구가 지속되어야 할 것이다.

Ⅲ. 材料 및 方法

실험은 단국대학교 천안 캠퍼스의 동향 절토사면(60% 경사)에 조성하였다. 각 혼파실험구의 크기는 80cm x 80cm이며, 각 실험구별로 6반복으로 총 54개의 실험구를 완전임의배치하여 1994年 6月-11月까지 6개월 동안 수행하였다. 실험구의 파종은 1994年 6월 15일 散播하였으며, 파종 직후 유실방지를 위해 섬유(Fiber)로 1cm 정도로 피복하고 점착제(MC 76)를 1%의 농도로 살포하였다(이와 김, 1992). 시공후에는 차광막을 덮어주어 종자 유실을 방지하고 고온의 피해를 받지 않도록 하였다.

1. 混播實驗區 土壤의 理·化學的 成分

실험구내 절토 사면 토양의 이·화학적 성분을 분석하기 위해 실험구의 토양을 채취하여 농촌진흥청 농업기술연구소에 의뢰하였다. 분석결과 자갈이 57.8%이고, 細土가 42.2%이었으며, 세토를 가지고 이·화학적 성분을 분석을 한 결과는 <표 1>과 같다.

2. 供試 草·木本의 選定

공시 초·목본은 문헌연구(金, 1990, 1991; 禹, 1978, 1992; 趙, 1971)와 현재 사면녹화공사에 이용되고 있는 종류(全, 1993; 禹 등, 1992)

Table 1. Soil analysis of the field experiment plots

(Analysis date: Oct 31, 1994)

pH	Organic matter (%)	Total N (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	C.E.C. (me/100g)	Exch. cations(me/100g)				Mech. Analysis(%)			Soil Texture
					Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Sand	Silt	Clay	
6.5	2.4	0.13	533.3	7.9	5.89	1.64	0.17	0.05	82.5	13.4	4.1	LS

Table 2. No. of seed per 1 gram, purity, germination and seeding rate.

Species	No. of seeds per 1 gram	Purity (%)	Germination (%)	(June 4, 1994)
				Seeding rate (g/m ²)
<i>Festuca rubra</i> (CRF)	722	97.7	96.7	1.3
<i>Festuca arundinacea</i> (TF)	469	97.7	88.0	2.1
<i>Lolium perenne</i> (PRG)	456	98.0	96.7	1.9
<i>Zoysia japonica</i> (ZJ)	1,500	97.7	43.0	4.2
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (SSU)	4,000	51.6	56.0	4.3
<i>Lespedeza cuneata</i> (BIS)	483	98.7	58.7	2.2
<i>Arundinella hirta</i> var. <i>ciliata</i> (SAE)	636	33.3	61.0	6.5
<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz var. (SSA)	135	99.0	32.0	4.9

및 사면식생에 대해 조사 한 결과(李, 1976; 徐 등, 1991; 朱, 1991; 道路綠化保全協會, 1977) 등을 기초로 寒地型 외래초종 Creeping red fescue (*Festuca rubra*), Tall fescue(*Festuca arundinacea* 'Arid'), Perennial ryegrass(*Lolium perenne* 'Dandy') 3種을, 재래 초·목본 Wormwood(*Artemisia princeps* var. *orientalis*, 썩), *Sericea lespedeza*(*Lespedeza cuneata*, 비수리), *Arundinella hirta*(*Arundinella hirta* var. *ciliata*, 안고초) and Bush clover(*Lespedeza bicolor* Turcz var., 싸리) 4種을, 그리고 暖地型인 한국잔디(*Zoysia japonica* Steud)를 선정

하였다. 선정된 종자의 발아율, 순도, 粒數/g, 파종량을 조사한 결과는 다음과 같다(표 2).

3. 植生配合設計

(가) 混播區의 植生配合設計

식생배합설계는 기존의 연구(金, 1990, 1991; 朴 등, 1992; 禹, 1978; 한국토지개발공사, 1987; 日本綠化協會, 1979; 最新斜面 土留め技術總覽編集委員會, 1991; 全國特定保護協會, 1990)에서 추천한 것을 참고로 하여 혼파시 초·목본간의 경쟁

Table 3. Mixture design of seeding.

Treatments	No. of species	Mixture ratio of the used plants
Mixture I	5	Perennial ryegrass(40%) + Wormwood(6%) + <i>Sericea lespedeza</i> (12%) + <i>Arundinella hirta</i> (30%) + Bush clove(12%)
Mixture II	5	Tall fescue(40%) + Wormwood(6%) + <i>Sericea lespedeza</i> (12%) + <i>Arundinella hirta</i> (30%) + Bush clover(12%)
Mixture III	3	Tall fescue(40%) + Creeping red fescue(40%) + Perennial ryegrass(20%) +
Mixture IV	4	Wormwood(10%) + <i>Sericea lespedeza</i> (20%) + <i>Arundinella hirta</i> (50%) + Bush clover(20%)
Mixture V	7	Tall fescue(20%) + Creeping red fescue(10%) + Perennial ryegrass(10%) + Wormwood(6%) + <i>Sericea lespedeza</i> (12%) + <i>Arundinella hirta</i> (30%) + Bush clover(12%)
Mixture VI	7	Tall fescue(10%) + Creeping red fescue(10%) + Perennial ryegrass(10%) + Wormwood(10%) + <i>Sericea lespedeza</i> (15%) + <i>Arundinella hirta</i> (30%) + Bush clover(15%)
Mixture VII	7	Tall fescue(10%) + Creeping red fescue(5%) + Perennial ryegrass(5%) + Wormwood(10%) + <i>Sericea lespedeza</i> (20%) + <i>Arundinella hirta</i> (30%) + Bush clover(20%)
Zoysiagrass VIII	1	<i>Zoysia japonica</i> - Seeding
Zoysiagrass IX	1	<i>Zoysia japonica</i> - Sodding

이 적고 共存할 수 있는 것으로 배합설계를 하였으며, 외래초종 위주의 사면녹화를 지양하고 자연천이에 부합하는 재래 초·목본 위주의 배합설계를 연구한 결과 7개의 혼파비를 유형과 Zoysiagrass 종자파종구 VIII, Zoysiagrass 줄떼시공구 IX로 배합설계를 하였다(표 3).

配合設計의 類型別 特性은: ㉠ Mixture I (PRG+재래 초·목본 혼파구)은 초기 조성속도가 빠른 Perennial ryegrass를 40%, 재래 초·목본을 60%로 혼파하였고, ㉡ Mixture II (TF+재래 초·목본 혼파구)는 우리나라 환경조건에 적응력이 가장 높은 Tall fescue를 40%, 재래 초·목본을 60%로 혼파하였고, ㉢ Mixture III (TF+CRF+PRG 혼파구)는 외래초종 3種만 혼파하였고, ㉣ Mixture IV(재래 초·목본 혼파구)는 재래 초·목본 4種만 혼파하였고, ㉤ Mixture V (TF+CRF+PRG+재래 초·목본 혼파구), VI (TF+CRF+PRG+재래 초·목본 혼파구), VII (TF+CRF+PRG+재래 초·목본 혼파구)은 외래초종 3種 : 재래 초·목본 4種의 혼파비율을 각각 40:60%, 30:70%, 20:80%의 혼파비율이 되도록 하였다.

(나) 한국잔디 單播區와 줄떼施工區

Zoysiagrass 종자파종 VIII은 사면녹화공사에 중

자파종의 방법이 실현될 수 있는가를 檢證하고자 대조구로써 조성하였다. Zoysiagrass 줄떼시공구 IX는 한국잔디를 줄떼시공하여 다른 혼파실험구와 피복율을 비교하고자 20cm 간격의 줄떼시공구를 조성하였다(趙, 1971; 姜, 1992).

4. 資料分析

조사는 10cm x 10cm의 표준격자틀을 만들어 실험구당 3반복 조사를 원칙으로 하였으며(Jonsen, 1979), 조사된 자료는 SAS를 이용하여 Duncan 다중검정으로 분석하였다. 조사시기는 조사항목에 따라 다르게 하였다.

IV. 分析結果

1. 發芽特性

혼파 초·목본별 발아특성을 파악하고자 혼파 실험구 조성후 1-2주 간격으로 3회에 걸쳐 조사하였다. 외래초종은 초종별 구분이 곤란하여 구분하지 않았으며, <표 4>는 공시 초·목본들의 초기 조성속도와 발아특성을 나타낸 것이다.

혼파 초·목본별 발아특성은 비수리와 싸리의

Table 4. Characteristics of germination.

1) Mixture I (PRG+재래 초·목본 60%)

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
SSA	**4.0b	**50.0b	** 9.8c
BIS	1.0c	8.4d	2.2d
SSU	0.0c	2.3e	1.0e
SAE	0.0c	13.0c	15.0b
PRG	55.3a	51.1a	46.6a

2) Mixture II (TF+재래 초·목본 60%)

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
SSA	**4.5b	*42.2a	*59.0a
BIS	0.6c	8.5c	11.8d
SSU	0.0c	2.8d	2.6e
SAE	0.0c	22.7b	18.8c
TF	42.0a	41.1a	47.6b

3) Mixture III (TF+CRF+PRG 100%)

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
Cool-season grasses	54.2	94.2	121.0

4) Mixture IV(재래 초·목본 100%)

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
SSA	*5.4a	**9.2b	**10.4b
BIS	1.6b	8.4c	4.4c
SSU	0.0c	2.4d	1.6d
SAE	0.0c	28.2a	43.4a

5) Mixture V (TF+CRF+PRG+재래 초·목본 60%)

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
SSA	**5.4b	*54.4a	**7.0c
BIS	1.8c	9.8c	5.8d
SSU	0.0d	1.6d	2.2e
SAE	0.0d	12.4b	24.2b
Cool-season grasses	55.8a	54.4a	48.4a

6) Mixture VI (TF+CRF+PRG+재래 초·목70%)

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
SSA	**5.4b	*49.4a	**8.8c
BIS	1.0c	10.8c	7.2d
SSU	0.0d	1.0d	1.0e
SAE	0.0d	15.2b	31.0b
Cool-season grasses	24.6a	49.4a	41.0a

7) Mixture VII (TF+CRF+PRG+재래 초·목본 80%)

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
SSA	*8.4b	*27.6a	*10.8c
BIS	1.2c	8.6c	8.8d
SSU	0.0d	2.0d	1.2e
SAE	0.0d	18.2b	23.0b
Cool-season grasses	14.4a	27.6a	29.6a

8) *Zoysia japonica* seeding VIII

Date Species	16 Jun.	23 Jun.	7 Jul.
ZJ	0.0	32.7	61.0

주) Unit: No./0.64 m²

** : Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 1% level.

* : Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

SSU: *Artemisia princeps* SSA: *Lespedeza bicolor* SAE: *Arundinella hirta*

BIS: *Lespedeza cuneata* ZJ : *Zoysia japonica*

경우 파종 2주후, 안고초와 한국잔디는 파종 4주 후에 왕성한 발아력을 보였다. 외래초종은 파종 1주후부터 꾸준한 발아특성을 보였으며, 초기 조성 속도가 느린 경향을 보인 안고초와 한국잔디는 외래초종에 피압될 것으로 판단된다. 그리고 싸리는 파종후 2주후에 급격히 발아가 이루어졌다가 4주가 경과한 후에는 활착을 못하여 급격히 감소하는 경향을 보였고, 외래초종은 싸리보다 사면에 활착율이 높은 경향이였다.

2. 供試 草 · 木本植物의 草長分析

초장은 사면녹화의 피복율에 영향을 미치는 요소이고 혼파 초·목본 간의 생존경쟁력을 비교할 척도가 되므로 이에 관한 정보를 얻고자 측정하였다. 표준격자틀에서 초장이 가장 긴 3개를 선택하여 측정하였으며, 각 실험구당 3반복으로 조사하였다. <표 5>는 7개의 혼파실험구를 자생 초·목본별로 분류하여 상호 비교한 결과이다.

Table 5. Plant height of the native plants.

(Unit: cm)

Date Treatments	SSA				BIS				SAE			
	7 Jul.	18 Aug.	13 Sep.	11 Oct.	7 Jul.	18 Aug.	13 Sep.	11 Oct.	7 Jul.	18 Aug.	13 Sep.	11 Oct.
Mixture I	8.3a	**15.1b	14.0a	**12.5b	8.4a	7.3a	9.5a	8.0a	**3.8a	**17.1b	**8.5c	**10.0b
Mixture II	8.1a	16.1b	14.2a	13.4b	8.1a	7.8a	9.4a	9.0a	3.6a	13.4b	12.3bc	13.0b
Mixture IV	9.3a	22.1a	19.3a	21.2a	9.3a	8.6a	10.3a	10.7a	9.3a	28.5a	23.8a	29.5a
Mixture V	8.6a	16.4ab	13.7a	15.4ab	8.6a	7.0a	9.6a	8.1a	3.5b	12.1b	11.5bc	12.6b
Mixture VI	9.2a	17.1ab	13.6a	16.1ab	9.2a	8.2a	9.3a	9.2a	4.8b	13.7b	17.3b	13.3b
Mixture VII	8.6a	17.5ab	15.6a	15.4ab	8.6a	7.3a	9.3a	7.4a	4.0b	16.8b	13.3bc	15.4b

주)** : Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 1% level.

Table 6. Plant height of the foreign plants.

(Unit: cm)

Date	TF				PRG				CRF			
	18 Aug.	13 Sep.	11 Oct.	3 Nov.	18 Aug.	13 Sep.	11 Oct.	3 Nov.	18 Aug.	13 Sep.	11 Oct.	3 Nov.
Mixture I	-	-	-	-	**11.2ab	**6.8bc	*7.5a	*12.1a	-	-	-	-
Mixture II	**17.9a	**13.9ab	*12.0a	19.7a	-	-	-	-	-	-	-	-
Mixture III	9.2c	8.2b	7.8b	15.5a	6.2c	5.1c	5.4b	7.7c	11.2a	**7.8b	*5.3b	8.2a
Mixture V	4.9ab	12.8ab	10.6ab	16.8a	9.8b	6.5bc	8.0a	9.8b	12.8a	11.4a	8.7a	9.1a
Mixture VI	14.2b	17.2a	12.2a	17.1a	12.9a	7.5ab	7.5a	8.6bc	10.7a	10.8a	10.0a	9.5a
Mixture VII	16.5ab	15.8a	11.6a	18.4a	11.8ab	8.6a	7.8a	9.0bc	12.4a	11.6a	9.8a	10.2a

주)**: Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 1% level.
 *: Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 5% level.

재래 초·목본의 초장 분석 결과 싸리, 비수리, 안고초는 Mixture IV에서 길었으나 혼파실험구 간에는 차이가 없었다. 파종 10주후부터(8월 18일) 싸리는 급격히 성장하였다가 그 이후에 성장이 둔화되었다. 특히 비수리는 성장이 낮았고, 안고초는 파종 4-6주 사이에 저조하였지만 10주후에 급격히 증가하였다.

혼파실험구 간 비교에서 10주후에 싸리는 Mixture IV에서 22.1cm로 길었고, 안고초는 Mixture IV에서 29.5cm로 가장 길었던 반면, 외래초종의 혼파량이 많을수록 초장이 짧아지는 경향으로, 혼파실험구 Mixture VII > Mixture VI > Mixture V 순이었다.

외래초종의 초장 분석결과(표 6), 대체로 Tall fescue > Creeping red fescue > Perennial ryegrass 순이었으며 하교현상으로 8월 이후 초장이 감소하다가 11월 3일 조사에서는 모두 초장이 회복되는 전형적인 한지형잔디의 특성을 보였다.

혼파실험구간의 비교에서 외래초종들은 Mixture III에서는 생육이 저조한데 외래초종 간에 심한 생육경쟁이 일어나고 있음을 알 수 있다.

이상의 결과를 보면 싸리와 비수리의 초장은 조성 초기에 빠른 신장을 나타내므로 외래초종과 혼파하여도 생육에 큰 지장을 받지 않을 것으로 생각된다. 또한 싸리와 안고초의 초장 생육은 7월 17일에서 8월 18일 사이에 급격히 성장하는 경향이어서 여름에 강한 식물임이 재증명되었다. 특히 안고초는 외래초종과의 혼파시 서로 생육경쟁을 일으키는데 안고초가 외래초종 보다 생육경쟁에

서 뒤지는 것으로 생각된다. 이는 초기에 외래초종에 비해 발아속도가 느리기 때문에 외래초종에 의해 피압되기 때문으로 생각된다.

초장의 측정치가 변하는 이유는 외래초종의 경우 7월이후부터 하교현상이 심하게 나타났기 때문이며, 싸리와 비수리는 日燒의 해를 받아 식물체 上部가 부분 고사하였기 때문이다.

3. 外來草種의 分蘖莖數 變化

분얼경수는 번식형이 柱型인 Tall fescue, Perennial ryegrass만 조사하였다. 생육초기에는 草種을 구분하기 곤란하여 구분이 가능한 시기(파종 10주 후, 8월 18日)부터 조사하였다. 여름철 고온현상으로 생육이 저조하여 분얼수가 적었으며 10월이후부터 분얼경이 증가하는 경향을 나타내었다(표 7).

분얼경수는 Perennial ryegrass가 Tall fescue 보다 대체로 많은 경향을 나타내었다.

혼파실험구 간 비교에서는 Perennial ryegrass의 경우 Mixture VII에서 분얼이 왕성하였으며, Tall fescue는 Mixture II, VII에서 분얼경수가 다른 혼파실험구 보다 많았다.

이상의 결과를 보면 두 초종 모두 외래초종의 혼파량이 적은 혼파실험구일수록 분얼경수가 많은 것으로 보아 외래초종끼리 심한 생육경쟁을 하고 있는 것으로 생각된다. 파종 10주후(8월 18일) Tall fescue는 Mixture II에서, Perennial ryegrass는 Mixture I에서 분얼이 많아 단파의 효과가 인정되었다.

Table 7. Number of tillers.

Date	Number of tillers							
	18 Aug.		13 Sep.		11 Oct.		3 Nov.	
	TF	PRG	TF	PRG	TF	PRG	TF	PRG
Mixture I	-	**2.9a	-	1.2ab	-	**3.3b	-	**6.4b
Mixture II	1.9a	-	**2.7a	-	2.6a	-	3.5a	-
Mixture III	1.4a	1.3d	1.0b	1.0b	2.0a	2.4c	5.1a	7.0b
Mixture V	1.3a	2.1c	1.8b	1.5ab	1.9a	3.3b	4.4a	6.9b
Mixture VI	1.3a	2.2bc	1.6b	1.7a	2.1a	2.7bc	3.3a	6.8b
Mixture VII	1.4a	2.7ab	1.5b	1.6ab	2.9a	4.2a	6.3a	9.2a

주)**: Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 1% level.

4. 被覆率의 變化

혼파실험구 피복율의 차이는 mesh를 이용하여 조사한 결과를 평균하여 산정하였다(金 등, 1987). 혼파실험구간에 고도의 유의차가 있었으며, 평균 간 비교를 한 결과는 <표 8>과 같다.

여름이후 피복율이 가장 우수한 혼파실험구는 재래 초·목본의 혼파구인 Mixture IV였으며, 초기 피복율은 가장 저조한 4.8%로서 낮지만 夏期 동안 피복율이 계속 증가하여 10월 13일에는 96.7%를 보였다. 그러나 10월 이후에는 피복율이 현저하게 감소하고 있는데, 이것은 안고초의 황변, 싸리와 비수리의 갈변 또는 낙엽으로 인한 영향이었다.

Mixture I은 초기 피복율이 30.8%로서 비교적 높으며 특히 8월이후 하고현상으로 피복율이 60%까지 감소하였으나 점점 증가하였다. Peren-

nial ryegrass와 재래 초·목본만 혼파하더라도 평균 60% 이상의 양호한 피복율을 보였다.

Mixture II는 초기 피복율이 14.1%로서 낮고, Mixture I 보다 저조한 피복율을 보이나, 시일이 경과할수록 최대 피복율이 82.5%까지 이르러 Mixture I의 최대피복율 71.6%보다 높게 나타났다. 이것은 Tall fescue가 Perennial ryegrass보다 초기 발아속도가 느리기 때문에 조성초기의 피복율이 저조하지만 여름이후부터는 Tall fescue가 보다 잘 생육하기때문인 것으로 생각된다.

Mixture III은 초기 피복율이 28.3%로서 다른 혼파실험구에 비하여 높았으며, 8월이후 하고현상으로 13.3%까지 떨어졌다. 夏期の 피복율을 고려하면 외래초종만의 혼파파종은 사면녹화용으로 부적당하다고 생각된다.

Mixture V는 초기 피복율이 16.6%이며, 외래

Table 8. Percentage of ground cover of the 9 seed-mixture experiment plots.

Date	Ground cover (%)							
	23 Jun.	7 Jul.	21 Jul.	4 Aug.	18 Aug.	13 Sep.	13 Oct.	3 Nov.
Mixture I	**30.8b	**65.0a	**71.6ab	**71.6a	**66.7bc	**60.8bc	**60.0c	**60.8ab
Mixture II	14.1de	60.8a	75.0a	77.5a	82.5ab	74.1abc	80.8ab	80.8a
Mixture III	28.3bc	51.6ab	56.6b	43.3b	23.3e	13.3e	26.7d	45.0b
Mixture IV	4.8fg	45.0b	70.0ab	78.3a	85.7a	87.5a	96.7a	70.8a
Mixture V	16.6de	61.6a	71.6ab	73.3a	66.7bc	69.2bc	65.8bc	73.3a
Mixture VI	20.0cd	58.3ab	65.0ab	64.1a	60.8c	69.2c	65.0bc	60.8ab
Mixture VII	9.6ef	59.1ab	75.8a	77.5a	78.3abc	77.5ab	72.5bc	71.6a
Zoysiagrass VIII	0.0g	5.0c	5.0c	7.0c	2.3f	5.3e	4.8e	0.0d
Zoysiagrass IX	40.0a	45.0b	36.6c	45.8b	41.7d	31.7d	32.5d	21.6c

주)**: Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 1% level.

초종들의 양호한 생육에 영향을 받아 최대 피복율이 73.3%까지 이르러, 외래초종들의 하고현상을 일으킬 때 재래 초·목본들의 생육으로 60-70%의 피복율을 보여 사면녹화에 유용한 혼파실험구로 생각된다.

Mixture VI은 외래초종의 혼파비율이 30%인 실험구인데, 40%의 혼파비율인 Mixture V와 유사한 결과를 보여 주었다.

Mixture VII은 초기 피복율이 9.6%로서 가장 낮지만, 시간이 경과하면서부터는 피복율이 Mixture V, Mixture VI 보다는 상대적으로 높았는데 외래 초종간의 생육경쟁이 적었기때문으로 생각된다.

한국잔디 종자파종구 Mixture VIII는 초기 피복율이 극히 낮는데 이는 파종 4주후에 늦게 발아할 뿐만 아니라 생육이 늦어 아무런 피복효과를 보이지 못하였으며, 결국 8월의 강우로 인하여 사면 토양이 침식되어 식물체의 유실이나 지하부의 노출로 고사하였는데, 사면녹화용으로는 부적당한 것으로 생각된다.

한국잔디 줄메시공구 Mixture IX는 초기 피복율이 40%이상 되게 실험구를 조성하였으나, 활착하는 동안 시일이 오래 걸려 시공당년에는 피복율의 향상이 뚜렷하지 못하였다.

5. 可視的 評價

가시적 평가는 사면경관에 영향을 미치는 調和 美를 살피 보고자 전문가에 의해 개략적으로 평가 하였다(Horst et al., 1986). 54개의 실험구를 평가하여 혼파실험구별로 평균을 비교한 결과는 고도의 유의성을 보였다(표 9).

Mixture I은 초기에 Perennial ryegrass의 빠른 발아와 생육으로 양호한 평점을 얻었지만 시일이 흐름에 따라 평점이 감소하였는데 하고현상 때문으로 생각된다.

Mixture II는 평균적인 평점 분포를 보였고, 특히 가을로 접어들면서 Mixture I 보다 평점이 좋아졌는데 Tall fescue의 왕성한 생육이 주요 원인이었다.

Mixture III은 평점이 낮았는데 외래초종들의

Table 9. Visual assessment of the 9 seed-mixture experimental plots.

Date	Visual assessment				
	21 Jul.	18 Aug.	13 Sep.	11 Oct.	3 Nov.
Mixture I	**4.0ab	**3.3b	**2.6b	**3.0c	**2.1cde
Mixture II	3.5ab	3.8ab	3.3b	3.3bc	3.2abc
Mixture III	2.8bc	1.5d	0.5c	1.3d	1.7de
Mixture IV	4.5a	4.8a	4.8a	4.8a	3.8a
Mixture V	3.5ab	3.2bc	2.8b	3.3c	2.5bcd
Mixture VI	3.2abc	3.2bc	2.8b	3.0c	3.3ab
Mixture VII	4.0ab	4.0ab	3.5b	4.0ab	3.3ab
Zoysiagrass VIII	0.0d	2.2cd	0.3c	0.2e	0.5f
Zoysiagrass IX	2.0c	1.8d	1.2c	0.8de	1.3ef

주)**: Mean separation within column by Duncan's multiple range test, 1% level.

하고현상으로 황변이 되어 사면피복의 효과를 볼 수 없었기 때문이다.

Mixture IV는 초기부터 꾸준히 높은 평점을 받았는데, 싸리의 생육과 안고초의 생육이 양호했기 때문이다.

Mixture V, VI은 모두 보통 이상의 평점을 받았으며 Mixture VII이 보다 높은 평점을 얻었다.

한국잔디 종자파종구 VIII와 줄메시공구 IX는 모두 낮은 평점 분포를 보였다.

이상을 요약하면 외래초종이 많이 포함되어 하고현상이 심하게 일어난 혼파실험구는 평점이 낮았고 재래 초·목본의 생육이 좋은 혼파실험구는 평점이 높았다.

V. 結論 및 考察

본 연구는 도로사면을 재래 초·목본 위주로 조기녹화하고, 자연천이에 부합하는 식생경관을 조성하기 위한 외래 및 재래 초·목본의 적정 혼파비율을 찾고자 수행되었으며, 실험은 단국대학교 천안 캠퍼스 東向 절토 사면(60%경사)에서 1994年 6月-11月까지 진행되었다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 食生배합설계간 비교

1) 발아특성은 싸리와 비수리는 파종 2주후

에, 안고초는 파종 4주후에, 외래초종은 파종 후 1-4주 사이에 꾸준히 높은 발아력을 보였으며, 한국잔디는 파종 4주후에 왕성한 발아력을 보였으나 썩은 발아력이 매우 저조하였다. 썩은 파종 시기가 6월일 경우 발아가 원만히 이루어지지 못한다는 것을 알 수 있으며, 외래초종과 싸리, 안고초는 파종시기에 따른 영향을 덜 받는 것으로 생각된다.

2) 싸리와 비수리의 초장은 혼파실험구간에 차이가 없었다. 안고초의 초장은 외래초종의 혼파량이 적을수록 길었는데, 이는 외래초종과의 생육경쟁력이 낮은 것으로 생각된다. 그러나 싸리가 왕성하게 생육하는 실험구에서 안고초가 원만하게 생육하고 있음을 볼 때 싸리와 안고초의 조합이 효과적이라고 생각되며 외래초종의 초장은 Tall fescue > Creeping red fescue > Perennial ryegrass 順이었다.

3) 분얼경수는 대체로 Perennial ryegrass가 Tall fescue 보다 많았고, Tall fescue와 Perennial ryegrass의 분얼경수는 Mixture III 보다 Mixture V, Mixture VI, Mixture VII에서 양호하였다.

4) 초기 피복율은 Mixture I, III과 한국잔디 줄때시공구 IX에서 높았지만 시일이 경과함에 따라 재래 초·목본의 혼파실험구인 Mixture IV가 높았다. 특히 외래초종들만의 혼파실험구인 Mixture III는 8월 이후 피복율이 감소하다가 10월 이후 회복되었으며, 한국잔디 종자파종구 VIII는 피복속도가 늦어 사면의 침식이 눈에 띌 정도로 많이 일어났다. 재래 초·목본만 파종한 Mixture IV는 최고 피복율이 96.7%로 가장 높았지만 11월 경에 감소하는 경향이었고, 반면 Mixture III는 피복율이 초기에 30%로 높았으나 하고현상을 받은 여름철에 13.3% 까지 급격히 감소하는 경향이었으나 11월 경에 회복되는 경향이였다. 또한 Mixture V, VI, VII에서는 비슷한 피복율을 보였다. 현행 사면녹화공사의 식생배합설계상의 문제점은 11월 경에 재래 초·목본은 황변하지만 외래초종은 녹색을 유지하고 있어 이질적인 도로 사면경관을 나타내는 것으로 이를 해결하기 위해서는 외래초종의 혼파비율이 작아야만 되는데,

Mixture VII이 자연천이에 부합하는 가장 좋은 식생배합으로 생각된다. 또한 한국잔디를 이용한 사면녹화는 80%이상의 피복율이 되기까지 시일이 오래 걸린다는 문제점이 본 실험에서도 나타났다.

5) 가시적 평가 결과 혼파실험구간에 고도의 유의성을 보였는데, 재래 초·목본의 혼파비율이 높은 Mixture IV, VII에서 꾸준히 좋은 평점을 보였다.

이상의 결과를 보면 재래 초·목본과 외래초종의 혼파비율은 각 초종 간 생육에 크게 영향을 미치는 것으로 생각된다. 실험 결과로 미루어 재래 초·목본과 외래초종의 혼파비율로써는 생육 초기에 외래초종간의 생육경쟁이 심하지 않고 재래 초·목본들의 피복효과가 양호하고 가시적 평가도 좋기 때문에 70:30% 나 80:20%가 조기 사면녹화와 자연천이에 부합하는 식생경관 조성에 유리할 것으로 생각되었고, 외래초종중에서는 Tall fescue가 Perennial ryegrass 보다 우리나라 기후에 대한 적응성이 높은 것으로 나타났다.

2. 본 연구의 한계

1) 공시 초·목본이 단순하여 지역특성에 맞는 향토종의 선정과 이용에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다. 2) 외래초종 위주의 사면녹화 방법을 탈피하고자 안고초의 혼파비율을 30%로 선정하였는데 다른 在來 花草種을 적극 도입하여 이용하는 것이 바람직하다고 생각된다. 3) 파종시기가 초 여름이기 때문에 썩은 발아가 영향을 받았는데, 4월경에 파종할 때는 원만한 생육을 하여 여름철의 우점종으로 알려져 왔으나 파종 시기가 6월일 경우 전혀 다른 결과를 보였기 때문에 재래 초·목본 식물의 파종적기에 대한 연구가 필요하다고 생각된다. 4) 본 연구 결과는 단기간(6個月)의 결과이므로 3-4년 정도의 충분한 연구기간을 할애하여 재래 초·목본식물의 생육상태를 비교분석한다면 보다 명확한 식생배합설계에 관한 결론을 내릴 수 있을 것으로 생각된다.

引用文獻

1. 姜台昊(1992) 「조경 적산학」, 도서출판 국제:119-124.
2. 金慶勳(1994) 「임도 절토비탈의 식생구조에 미치는 환경인자의 영향에 관한 연구」, 서울대학교 석사학위논문:33-41.
3. 金南椿(1990) 「도로비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본식물의 지하부 생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구」, 「한국조경학회지」, 18(2):45-55.
4. 金南椿(1991) 「녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구」, 서울대학교 대학원 박사학위논문:3-18.
5. 김인택의 3인(1977) 「피음이 수종 조경식물의 생육에 미치는 영향」, 「한국조경학회지」 No 9:1-7.
6. 金在憲(1993) 「林道盛土斜面의 침식방지에 대한 식생조성 효과」, 서울대학교 농학박사학위 논문:1-77.
7. 金昌鎭, 鄭印九(1975) 「효과적인 황폐지복구를 위한 조경수목의 선택과 ha당 적정식재본 수에 대한 연구」, 「한국조경학회지」, No. 5: 25-27.
8. 都德鉉, 陳成其(1993) 「경사면의 침식 보전대책과 절토사면의 안정에 관한 연구」, 「건국대학교 부설 농자원개발연구소」:125-141.
9. 麻鏡燮(1987) 「산지사면붕괴 위험의 豫知에 관한 연구」, 경상대학교 박사학위논문:34.
10. 朴鍾聲의 6명(1992) 「작물생리학」, 향문사:81.
11. 徐丙秀의 4인(1991) 「지리산 국립공원 도로비탈면의 식생과 경관분석에 관한 연구(1):식생 조사분석」, 「한국조경학회지」, 19(2): 75-91
12. 安奉遠의 6명(1990) 「조경계획론」, 문운당:21, 326-350.
13. 禹保命(1978) 「비탈면 조경」, 건설부:1-170.
14. 禹保命(1987) 「도시권지역 산지암반사면의 황폐특징에 관한 기초적 연구」, 「한국임학회지」, 76(1):17-26.
15. 禹保命(1992) 「사방공학」, 향문사:247-262.
16. 禹保命의 8인(1992) 「採石跡地 유형별 표준복구공법 개발」, 산림청:186.
17. 柳澤圭, 李天龍(1982) 「암반採出地의 녹화방법에 관한 연구」, 「한국조경학회지」 9(2):12-18.
18. 이기철, 김동필 공역(1992) 「최첨단의 녹화기술」, 명보문화사:143-270.
19. 李錫來(1976) 「고속도로 주변 조경식생에 관한 연구(1)」, 「한국조경학회지」, 8호:39-62.
20. 李天龍(1986) 「토양 및 식생변화에 따른 산지사방공사의 효과에 관한 연구」, 「한국조경학회지」, 14(2):7-16.
21. 全基成(1993) 「採石跡地 녹화공법현황에 관한 연구」, 서울대학교 대학원 석사학위 논문:30, 42.
22. 趙泰應(1971), 「실용 사방공학」. 삼화인쇄주식회사. p.222
23. 朱泳圭(1991), 「고속도로 절 성토 비탈면 녹화 잔디 품종 선정 연구」, 한국도로공사:38-91.
24. 한국도로공사(1984) 「고속도로의 機能除雜」:7-11.
25. 한국도로공사(1990) 「독일도로서설에 관한 시방서(경관조성분야) 및 일본도로협회 도로녹화기술 기준해설」:250.
26. 한국토지개발공사 기술연구소(1987) 「분사부착방법에 의한 법면녹화공법」, 「기술연구」 45:87-89.
27. 道路綠化保全協會(1974) 「志賀草津道路のり面實態調査及び綠化對策報告書」:147.
28. 道路綠化保全協會(1977) 「道路のり植生遷移に關する研究報告書」:98-120.
29. 日本綠化協會(1979) 「綠化工基礎技術」:155.
30. 全國特定保護協會(1990) 「法面綠化工のテクニカルデータ集:綠化技術の基礎資料」:281-296.
31. 最新斜面 土留め技術總覽編集委員會(1991) 「斜面 土留め技術總覽」:18, 99.
32. 山寺善成(1974) 「碎石跡地における綠化工技術について」, 綠化問題對策資料集:14-17.
33. Horst, G. L., M. C. Engelke and W. Meyers(1984) "Assessment of visual evaluation techniques", Agronomy J, 76:619-622.
34. Jonsen, I. D. and B. W. Sindelar(1979) "Permanent stabilization of semiarid roadsides with grass, legume and shrub seed mixtures and native grass dry land sodding", Research Report, Montana State University:141(3):1-33.