

道路비탈면 綠化에 사용되는 主要 草本植物의 地下部 生育이 土壤安定에 미치는 效果에 관한 研究

金 南 椿

檀國大學校 農科大學 觀賞園藝學科

Studies on the soil-erosion-control effect of underground
growth of several grasses used to roadside vegetation

Kim, Nam Choon

Dept. of Ornamental Horticulture, College of Agriculture, Dankook University at Chunn-ahn

ABSTRACT

This study describes on the erosion control effects of the several grasses and its mixtures for the man-made slopes. The grasses used for this experiment include cool-season grasses such as *Festuca rubra* L. (Creeping redfescue), *Poa pratensis* L. (Kentucky bluegrass), *Lolium perenne* L. (Perennial ryegrass), *Lolium multiflorum* LAM. (Italian ryegrass), *Festuca arundinacea* SCHREIB. (Tall fescue), and warm-season grasses such as *Bragrostis curvula* SCHRAD. (Weeping lovegrass), *Zoysia japonica* STEUD. (Zoysiagrass) and native plants (*Artemisia princeps* var. *orientalis* HARA, *Lespedeza cuneata* G. DON, *Arundinella hirta* var. *ciliata* K.). This study was conducted at Dan-kook University from April, 1988 to October, 1989. The results are summarized as follows;

1. Cool-season grasses covered the ground quickly in early stage, and weakened slowly during summer season. Warm-season grasses and native plants covered the ground slowly in early stage, but during summer season they grew vigorously, so outweighed cool season grasses.

2. The amount of aboveground growth of Weeping lovegrass and underground growth of *Artemisia princeps* are quite different from others. Since *Arundinella hirta* has deep root system, it is thought to be very useful protection of unstable slope. The mixtures of cool-season grasses with native spp. or warm-season grasses are believed to be adequate for hydro-seeding. Because cool-season grasses are useful for quick coverage, and native plants or warm-season grasses grow well during summer season with the better compatibility to weeds.

3. Mixture III (cool-season and warm-season grasses), mixture IV (native spp. and Italian ryegrass), and mixture V (native spp.) resulted in better control of erosion control on man-made slopes. Native spp. has equivalent capacity of erosion control compared to several foreign grasses.

1990년 4월 3일 접수된 논문임.

본 논문은 1988년도 문교부 학술연구조성비로 수행되었음.

I. 序 論

우리나라에서는 현재 고도의 경제성장을 추구함으로써 인해 고속도로의 건설이나 주택단지의 건설 등 대규모 건설공사가 진행되고 있으며, 이로 인해 원치않는 人爲비탈면이 무수히 조성되고 있다. 이들 人爲비탈면들은 그대로 방치될 경우 浸蝕 및 崩壞現象을 수반함으로써 교통의 장애물이 되거나 人命의 피해를 입히기도 하는 심각한 문제를 초래한다. 따라서, 이러한 현상을 사전에 예방하기 위해 비탈면의 安定을 도모하고 주변경관과 調和를 이루도록 하기 위해 砂防工作物을 설치하거나 草本植物과 木本植物을 도입하여 비탈면을 식생처리하고 있다.

식생으로 비탈면을 녹화하는 것은 조기에 비탈면을 빠른 속도로 피복하여 土砂浸蝕이나 土砂流出을 억제하여 비탈면을 조기에 안정시키려는 노력으로서, 강우에 의한 面上浸蝕을 억제하며, 地表面 雨水流出量을 줄여주며 景觀美를 회복시키는데 효과적임으로 알려져 왔다. 특히 植生綠化工法中的 하나인 噴射播種工法(Hydro-seeding methods)은 급경사 비탈면이나 암반노출지와 같은 인력으로는 시공이 곤란한 특수지역의 공사에 적합한 방법일뿐 아니라, 평매, 줄매 및 선매 불이기의 草植工法보다 인력의 소요가 적어 공사비가 저렴하며, 공기면에서도 효과적으로 생각된다. 따라서 이 방법은 장차 증가할 비탈면의 식생녹화의 수요에 보다 쉽게 대처할 수 있을 뿐만 아니라, 점차 심화될 국내의 인력 수급난을 감당할 수 있다는 점에서 그 중요성이 인정되고 있다. 그러나, 국내에서 사용되는 파종공법과 관련된 대부분의 기술적 자료들은 외국문헌과 자료에 근거를 두고 있으며, 우리나라 환경조건에 적합한 독자적인 식생형의 개발이나 파종기술의 개발은 아직 미진한 상태이다.

本 研究는 이러한 국내실정을 감안하여 비탈면 파종공법에 주로 사용되는 몇몇 主要 植物들을 연구대상으로 하여 이들의 비탈면의 土壤安定에 미치는 效果를 다양하게 분석함으로써 그 결과가 비탈면 파종공법의 기술발전에 기여토록 함을 研究目的으로 하고 있다. 이를 위해 草種別 被覆速度, 뿌리의 發育狀態, 土砂流出의 抑制效果 등을 조사하였고, 초종간의 상대적 비교를 하여 비탈면의 식생녹화에 효과적인 초종들을 파악하고자 하였으며, 아울러 우리나라 自生植物의 비탈면 녹화공법에의 적용 가능성을 검토하고자 하였다.

II. 研究 史

비탈면의 침식에 관련된 要因들은 실로 다양하다. 우선 토양의 종류나 지질구조, 토양경도, 향, 경사도, 盛土面과 切土面, 斜面長등의 비탈면 形成 因子들을 비롯하여, 강우량, 강우강도, 온도분포 등의 環境因子들과 植生型, 植生密度, 地下水水分의 動態 등 무수히 많은 인자들이 상호 작용하여 토사의 이동이나 침식, 땅밀림, 산사태 등의 현상을 수반하고 있다. 이러한 다양한 요인들 중에서 많은 경우 人爲적으로 어쩔수 없는 불가항력적인 것들이 있는가 하면 인위적으로 어느 정도 제어할 수 있는 요인들이 있는 데 植生型이나 植生密度는 쉽게 조절 가능한 인자에 속한다고 할 수 있겠다. 이러한 다양한 요인들과 비탈면 침식면과의 관련성에 관한 연구는 비교적 많이 수행되어 왔으나^{2,10,11)}, 국내의 경우에는 침식의 위험성이 심각한 林道斜面과 砂防地에 대해서 연구한 사례가 있고^{3,4)}, 噴射附着播種工法에 대한 조사보고서가 있는 정도에 불과하고 있다^{5,6)}.

비탈면 형성요인들과 침식과의 관련성을 연구한 것으로써 Ezaki^{10,12)}는 토양형 보다는 토양경도가 토사유출량에 보다 관련이 높으며, 토양경도와 식생형과의 관계에 있어서는 식생형에 의한 차이보다는 토양경도의 차이가 토사유출량에 보다 관련이 높다고 하였다. 또한 Ueno¹⁸⁾ 등은 환경인자로서 向에 의한 生育差異를 알기 위해 南斜面과 北斜面에 Bahia grass를 심어 조사한 결과 莖數密度와 根重量에 있어 남사면이 월등하다고 보고하여 向에 의한 생육의 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 禹²⁾는 토양침식에 작용하는 몇가지 인자의 영향을 분석한 결과 인공 강우시 피복사면에서는 被覆率, 土性, 降雨의 순으로 영향도의 차이가 나타났으며, 식생요인의 영향도에서는 植生型, 土性, 傾斜 要因의 순이었다고 하였고, 야외실험에서 자연 강우때는 斜面被覆의 영향이 가장 크고 다음이 土性, 傾斜요인 이었다고 하였다. 이러한 여러 실험결과를 비교해 볼때 식생형 보다는 경사도가, 토성 보다는 사면피복도가 더 중요하며 조기에 사면을 완전 피복하는 것이 파종공법에서 가장 중요한 것임을 알 수 있다. 특히 禹³⁾ 등은 임도절취사면을 대상으로 조사한 결과 식물피복도에 중요한 영향을 미치는 인자로서 草木種數, 木本種數, 標高, 總降雨量의 순으로 영향의 중요성이 나타나므로 초본종수나 목본종수는 인위적으로 조절 가능한 요인이기 때문에 적절한 시공기술과 설계로써 약 61%의 식물피

복도 증진을 도모할 수 있다고 함으로써 이러한 인위조절 가능인자들을 중심으로 다루어 설계 개선함이 중요한 것임을 알 수 있다.

비탈면을 조기에 녹화한 후 시간경과에 의한 생태형의 변화도 필히 고려하여야 할 중요한 요인이다. 즉, 식생과중공법에서 중요한 것은 初期에 斜面을 녹화할 수 있는 식생의 도입도 중요하지만 공사후 이루어질 비탈면의 경관도 아울러 중요하며, 초기 도입식생과 후에 비탈면에 침입하는 二次 植生の 유형도 중요한 의미를 지닌다. 그 이유는 일부 초종의 경우 自生草種에 쉽게 도태되는가 하면 일부는 쉽사리 이차식생의 침입을 허용치 않음으로 인해 계속적인 관리를 필요로 하거나 주변경관과 쉽게 동화되지 못하는 경우도 있기 때문이다. 崔⁴⁾ 등은 砂防地의 植生遷移를 조사한 결과 초본류로는 새, 기름새, 솔새 등의 새류가 환엽수림내에서 優占種으로 나타났고, 침엽수림형에서는 싸리, 새, 기름새, 산겨울 등의 초본이 우점종으로 나타난다고 하였으며, 대체로 시공연도가 증가하면서 단순림에서는 목본류의 被度가 급격히 증가하는 대신에 초본류의 被度는 감소하며, 혼효림에서는 목본과 초본류의 被度가 다같이 증가한다고 하였다. Araya⁷⁾ 등은 인공나지의 식생녹화후 殘存率을 때를 심은 경우와 분사과중공법으로 한 경우를 구분하여 조사한 결과 절취사면에 분사과중한 경우는 침입율이 상당히 낮아 성토사면의 출폐공법에 비해 침입율이 현격히 떨어지며, 성토면에는 조기에 높은 침입율이 나타난다고 하였다. 또한, Kameyama¹³⁾는 고속도로 비탈면의 식생천이를 조사한 결과 비탈면 녹화초본은 사면침식방지와 토양보존에 효과적이나 침입하는 종의 생육을 저해하므로 高密度로 과중하면 침입량이 그만큼 감소하고, 시공당시의 녹화초본으로는 Tall fescue, Weeping lovegrass, Creeping redfescue가 주종을 이룬다고 하였다. 따라서 비탈면 식생녹화시 식물의 初期成立密度가 높아 전면적을 고르게 피복하는 것도 중요하나, 식생밀도를 적절히 하여줌으로써 이차생식의 침입을 자연스럽게 유도하여 점차적으로 주변생태계와 조화를 이루도록 하는 것이 경관이나 유지관리면에서 보다 바람직한 방법인 것으로 생각된다.

비탈면에 사용되는 외래도입 초종들에 대한 연구로 Brede⁹⁾는 Kentucky bluegrass와 Perennial ryegrass를 혼파할 때 Kentucky bluegrass를 보다 많이 혼파하는 것이 효과적이라 하였으며, 상호간의 경쟁에서는 지상부는 Kentucky bluegrass가 우

세하나 지하부의 생육은 Perennial ryegrass가 경쟁에서 우세하다고 하였다. 또한 Sato¹⁰⁾ 등은 Tall fescue와 Perennial ryegrass를 식재밀도별로 단파 및 혼파하여 葉面積과 乾重量을 측정된 결과 혼파처리가 각 초종의 초장의 생육에는 영향을 주지 않았으며, 초기에는 Perennial ryegrass가 우세하나 시간이 경과하면서 Tall fescue가 더 우세하며, 분업경수의 형성에 있어서는 혼파처리가 각 초종에 상당한 영향을 주는 것으로 나타났다. Ezaki¹¹⁾는 일본산 초본류의 임도사면에서의 적용가능성을 파악하기 위해 쭉, 잔디, Tall fescue, Weeping lovegrass, 호장근, 키향, 황배화갈 실험재료로 한 결과 일본산 잡초류가 초기성장이 느리고 낮은 성립밀도를 나타내나 토사유출 억제력 및 강우유출 억제 작용은 높은 成立密度의 외래종에 필적하므로 일본산 잡초종은 사면보호공에 충분히 적용할 수 있다고 하였다. 또한 그는 10분간 최대강우량이 토사유출량에 가장 관련이 많으며, 斜面長과 토양의 堅密度중에서는 斜面長이 토사유출량과 표면유수량에 더 큰 영향을 미친다고 하였다¹²⁾. Kobashi¹⁴⁾ 등은 사면의 경사와 안정성, 식생상황을 조사한 결과 암질이 연약한 곳에서는 지속적으로 토사 이동이 계속되고 있으며, 급한 구배일수록 식생생육량이 적었고 양호한 상태는 30~40%의 구배에서 많았고, 대체로 완구배에서는 초본종이 우세하고 다양성이 낮았다고 하였다. Yabashi¹⁵⁾ 등은 마사토사면의 안정화를 측정하기 위해 사면내의 水分動態를 Tensionmeter로 측정된 결과 사면내의 수분장력 및 지하수위의 시간적 변화는 크며, 수분은 법면하부와 성토하부에 집중적으로 모여 있고, 경계층 및 법면하부에 있어 붕괴가 비교적 많다고 하였다. 따라서 자생식물의 도입이 이차식생의 조기 활착이라는 측면과 주변경관과의 자연스런 동화가 용이하다는 측면에서 볼 때 적극적인 연구의 필요성이 인정되며, 사면의 경계층과 법면하부는 초본식생만으로 단순히 처리하는 것은 늘 위험이 따르므로 어떤 형태든 砂防工作物이 도입되는 것이 안정성문제에서 고려될 필요가 있다고 본다. 또한 자생식물의 도입은 완만한 구배보다는 다소 경사가 급한 구배를 지닌 비탈면에서는 매우 효과적일 것으로 판단되며, 완만한 구배의 비탈면은 적절한 식생형의 도입으로 조기에 녹화함이 바람직하다고 본다.

이상의 연구들을 종합하여 볼 때 비탈면의 침식에 관련되는 어리인자들 중에서 인위적으로 제어할 수 있는 要因은 植生型과 植生密度이며, 土壤型

이나 土壤硬度, 斜面長, 斜面勾配, 向, 降雨強度, 標高 등의 요인들은 다양한 이유들로 인해 어떤 설계원칙을 정하기가 어려운 요인들이므로 본 연구에서는 이러한 요인들에 대해서는 균일한 조건을 주고 단지 植生型에 국한하여 이들의 生育特性和 生育狀態를 중심으로 다룸으로써 우리나라 여건에 맞는 식생형을 찾고 이들의 적절한 조합을 검토하며, 外來導入草種과 自生植物과의 상호관계를 파악하는데 국한하고자 하였다.

Ⅲ. 材料 및 方法

본 연구는 비탈면의 조기 회복효과가 우수한 외래도입 초종과 초기 조성속도는 다소 느리나 우리나라 주변경관과 쉽게 동화될 수 있는 몇몇 자생 식물들을 실험대상으로 하였으며, 이들 식물들이 불안정한 상태에 있는 土砂類의 移動이나 浸蝕을 억제하는 효과를 糾明하고자 하였다. 실험에 사용된 식물들은 寒地型잔디에 속하는 것들로서 Creeping redfescue(*Festuca rubra* L.)의 common type와, Kentucky bluegrass(*Poa pratensis* L.)의 Newport 품종, Tall fescue(*Festuca arundinacea* SCHREIB.)의 Falcon 품종, Italian ryegrass(*Lolium multiflorum* LAM.)의 common type, Perennial ryegrass(*Lolium perenne* L.)의 common type를 사용하였고, 暖地型잔디로는 Weeping lovegrass(*Eragrostis curvula* SCHRAD.)의 common type와, Zoysia grass(*Zoysia japonica* STEUD.)를, 自生植物으로는 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis* HARA), 비수리(*Lespedeza cuneata* G. DON), 안고초(*Arundinella hirta* var. *ciliata* K.)¹⁾를 연구대상 초종으로 하였다. 이들 각각의 초종을 單播 혹은 混播하고 生育速度, 地下部 및 地下部 生長量, 뿌리의 剪斷力, 비탈면에서의 土砂流出量 등을 조사하여 비교 분석을 하고자 하였다. 실험에 사용된 외래초종들은 현재 우리나라에서 분사과중시 널리 사용되고 있는 것들이며, 쑥, 비수리, 안고초들은 砂防工事植物들로서 우리나라 비탈면에 널리 자생하고 있는 것들이다. 실험은 圃場實驗으로써 평지와 경사지에 각각 조성하였으며(사진1,2), 실험에 사용된 식물들의 發芽率과 播種量은 表1과 같다.

본 실험은 비탈면 분사과중공법에 사용될 수 있는 식물들을 연구대상으로 하여 이들의 상대적 비교를 통한 비탈면침식의 억제효과를 파악하고, 이상적인 식물의 混播處理方法을 제시하는 것이므로, 실험은 크게 單播를 하는 경우와 混播를 하는 경

우로 나누어 진다. 혼파처리의 경우에 있어서 대체로 현재 널리 쓰이고 있는 기존의 혼파과중방법들을 참고하여 6개 類型의 이상적인 유형으로 구분하였다. Mixture I은 暖地型잔디가 주를 이루며, 이들은 대체로 초기조성속도가 너무 느리므로 Tall fescue를 같이 섞어 주었으며, Mixture II는 寒地型잔디들만으로 혼합하였고, Mixture III는 난지형과 한지형잔디들을 모두 혼합하되 Italian ryegrass만 제외한 6가지 초종들로 구성되었다. Mixture IV는 실험에 사용된 식물들중에서 초기조성속도가 가장 빠른 Italian ryegrass에다 自生植物들을 섞어 주었으며, Mixture V는 순수한 자생식물들만으로 구성하였다. Mixture VI는 외래도입 초종들중에서 현재 사방공사용으로 가장 널리 사용되고 있는 Weeping lovegrass와 Perennial ryegrass에다 자생식물들을 같이 혼파하였다.



fig 1. View of field experiment site at Dankook Univ. Chun-ahn campus.



fig 2. View of slope experiment site at Dankook Univ. Chun-ahn campus.

1. 草種別 發芽率과 播種量

실험에 사용된 식물들의 發芽率과 純量率 등을 조사한 결과는 表1과 같으며, 播種量은 豫想成立密度가 m^2 당 5,000本이 되도록 계산하였다. 대체로

高密度로 파종하는 경우에는 m^2 당 10,000본을 파종하고 있는데 본 실험에서는 중간정도의 성립밀도를 보이는 m^2 당 5,000본을 채택하였다. 종자는 외래초종의 경우 미국 Oregon주에서 채취하여 수입된 것을 사용하였고, 자생초종중 안고초는 경기도 포천에서 채취한 것을 경기도 사방사업소에서 구입하였으며, 비수리와 쭉은 시판되고 있는 것을 사용하였다. 1988년 4월21일에 인력으로 파종하였으며, 파종후 짚으로 멀칭하고 그 위에 망사를 덮어줌으로써 종자가 유실되지 않도록 하였으며, 발아후에는 제거하였다. 발아될 때까지 인위적인 관수를 매일하여 주었으며, 잡초는 인력으로 除去하였고, 18-18-18 複合肥料를 $15g/m^2$ 의 양으로 1회 시비하여 식생의 초기생육을 돕도록 하였다. 刈取는 측정일 1주일 전에 하여 주었고, 예취높이는 초종별 특성을 고려하여 달리하여 주었다. 發芽率은 生長箱內에서 petridish를 이용하여 조사한 결과이다.

Table 1. Percent germination and seeding rate of various plants materials.

spp	purity (%)	germination (%)	seeding rate (g/m^2)
CRF*	98.61	80	5.28
KBG	9.86	80	1.32
TF	98.06	87	11.72
IRG	98.90	90	9.52
PRG	98.52	86	11.67
WLG	97.27	79	1.95
ZG	97.67	50	6.83
AHN	52.87	50	18.54
SSU	51.61	60	4.04
BIS	95.87	70	10.35

* CRF=Creeping
 KBG=Kentucky bluegrass
 TF=Tall fescue
 IRG=Italian ryegrass
 PRG=Perennial ryegrass
 WLG=Weeping lovegrass
 ZG=Zoysia grass
 AHN=Arundinella hirta
 SSU=Artesia princeps
 BIS=Lespedeza cuneata

2. 실험1: 草種別, 播種方法別 被覆率과 生育狀態의 分析

본 실험은 평지의 비탈면에서 동시에 실시하였고, 평지에서는 10개 초종의 단파구와 6개 유형의 혼파구를 4反復 完全任意配置를 하였으며, 비탈면에서는 6개 유형의 혼파구와 control구로써 줄베구를 3反復 完全任意配置를 하였다. 실험에 사용된 초종들은 다음과 같다.

- 단파구 ; Creeping redfescue(CRF), Kentucky

bluegrass(KBG), Tall fescue(TF), Italian ryegrass (ITG), Perennial ryegrass(PRG), Weeping lovegrass(WLG), 쭉(SUU), 비수리(BIS), 안고초(AHN)

- 혼파구 ; Mixture I (WLG + ZG + TF), Mixture II (CRF + KBG + TF + PRG), Mixture III (WLG + ZG + CRF + KBG + TF + PRG), Mixture IV (IKG + 쭉 + 비수리 + 안고초), Mixture V (쭉 + 비수리 + 안고초), Mixture VI (PRG + WLG + 쭉 + 비수리 + 안고초)

평지에서 실험구의 크기는 $1m \times 1m$ 로써 10개의 單播區와 6개의 混播區를 두었고, 4월21일에 예상 성립밀도가 5,000本/ m^2 가 되도록 파종하였으며 혼파구는 초종별 성립본수가 동일하도록 하되 총성립밀도는 5,000本/ m^2 가 되도록 혼합량을 구하였다. 비탈면의 실험구 크기는 $0.8m \times 2.1m$ 로써 평지와 동일한 방법으로 예상성립밀도가 되도록 하였다.

被覆率은 백분율로 표시하되 3명이 관찰조사한 결과를 평균하였다. 生育狀態의 調査는 각 區別로 15cm의 정사각형틀내에 있는 초종별 分蘖數를 임의로 2반복 측정하여 평균을 사용하였다.

3. 실험2: 草種別 地上部 및 地下部 生長量 分析

플라스틱분(직경 25cm)에 고운, 고압으로 살균한 토양을 5cm 깊이로 복토한 다음 10개 실험대상 식물들을 10株씩 파종하였다. 매회 측정시 각 식물별로 4반복 조사를 하였으며, 발아가 될 때까지 수분공급을 충분히 해주었다. 발아가 된 다음에는 발육이 좋은 3株씩만을 남기고 나머지는 제거하였다. 조사는 草長, 根長, 地上部와 地下部の 乾重量을 측정하였으며, 乾重量은 Dryoven에서 80°C로 48시간 동안을 말린 다음에 측정하였다.

4. 실험3: 草種別 뿌리의 剪斷力 豫測

용기(직경 13cm \times 길이 16cm), PVC pipe(직경 11cm \times 길이 4cm), 철망, 철사(직경 3mm \times 길이 17cm)로 구성되는 특수용기를 Schmit¹⁷⁾ 등의 방법을 변형하여 제작하고, 이 특수용기에 16개 유형의 植生型을 4반복으로 조성하였다. 이 특수용기의 구성요소중에서 철사와 철망은 흙이 슬지 않도록 광명단절을 하여 주었으며, 이 용기를 땅에 먼저 매설한 다음에 파종을 하였다. 뿌리의 剪斷力의 그림 1, 2, 3과 같은 측정기구를 주문 제작하였으며, 뿌리가 깰통에서 뺄리는 순간의 힘을 측정하고자 하였다. 깰통의 측정은 초종들이 외부의 물리적인 힘에 의하여 용기에서 뺄리는 순간의 힘을 측정하였다.

5. 실험4 : 비탈면 土砂流出量の 分析

30°경사도를 지닌 東向비탈면(斜面長 7~8cm)에 0.8m × 2.1m 규모의 runoff plot을 설치하고 각 구별로 6개 類型的의 混播區와 對照區로써 줄메구(줄메간격; 30cm)를 두어 총 7개 類型的의 실험구를 3反復 完全任意配置를 하였다. 각 구의 境界부는 나무로 하고 상단은 빗물이 들어오지 못하도록 미닐로 나무를 싸서 땅에 묻었다. 流出土砂와 降雨를 받기 위해 120cm 크기의 PVC통을 하단에 설치하고, 함석을 깔라서 빗물과 토사가 통안에 流入될

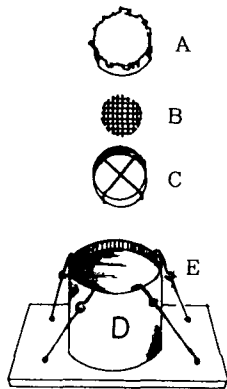


Fig 3. Materials for growing turfgrass sod in small containers and anchoring for sod lifting procedure. (A) sod plug, (B) hardware cloth, (C) sod-holding ring, (D) growing container, (E) wire-rope

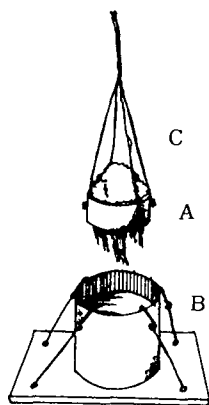


Fig 4. Roots of sod lifted from small growing container rooting medium. (A) sod in sod-holding rings with hardware cloth bottom, (B) growing container anchored to the base, (C) attachment connecting the tackle to the sod-holding ring pre-drilled holes.

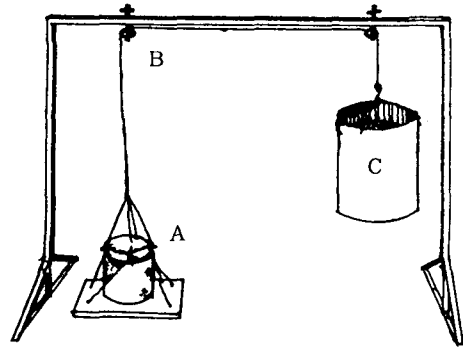


Fig 5. Sod lifting procedure. (A) sod and anchored growin containers, (B) blook and tackle, (C) sand being slowly poured into container.

수 있도록 설치하였다. 유출토사류는 수거하여 80°C Dryoven에서 24시간후 乾重量을 측정하였다. 파종은 4월말에 하였고, 豫想成立密度는 5,000본/m²가 되도록 하였다, 강우량은 雨量計로 측정하였으며, 실험구는 비탈면에서의 地下水分動態의 차이를 고려하여 사면의 중간에 위치하도록 배치하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 草種別 生育速度分析

10개 초종의 單播區와 6개 類型的의 混播區에 대해 被覆率과 生育狀態를 측정한 결과 파종후 45일이 경과한 다음에 Italian ryegrass가 95%의 피복율을 기록하여 가장 빠른 피복속도를 나타내었으며, 자생초종들과 暖地型잔디들(WLG, ZG)은 이 기간에는 늦은 생육속도를 나타내었다. 파종후 60일 후에는 寒地型잔디들이 대체로 90%이상의 높은 피복율을 나타냄으로써 이들 잔디초종들은 파종후 2달이 경과되면 거의 피복이 완료됨을 알 수 있으며 이들이 포함된 혼파처리구들도 이들로 인해 85%이상의 높은 피복율을 나타내었다. 자생초종중 속은 비교적 초기조성속도가 빠른 것으로 나타났으며, 상대적으로 비수리와 안고초는 초기조성이 매우 느리게 진행되었다. 파종후 6개월이 경과하면 Italian ryegrass는 거의 고사하였으며, 상대적으로 暖地型 잔디들과 自生植物들은 높은 성장율을 보임으로써 고온의 여름철에 다소 약해진 寒地型잔디들을 압도하였다. 1년이 경과한 후에는 自生植物들의 피복율이 전년도에 비해 월등히 높게 나타났으며 이들의 혼파구도 95%이상의 높은 피

Table 2. Percent groundcover of various plant materials.

(seeding data : 1988. 4. 21) (unit : %)

Spp.	after 45days	after 75days	after 120days	after 180days	after 430days
CRF	82.5 ^{a,c,**}	86.6 ^{a,c}	79.4 ^{b,d}	77.1 ^{ab}	87.1 ^{ab}
KBG	71.3 ^{d,f,g}	76.7 ^c	84.4 ^{a,d}	78.7 ^{ab}	91.7 ^{ab}
TF	89.5 ^{ad}	99.2 ^a	91.3 ^{ab}	83.8 ^a	91.4 ^{ab}
IRG	95 ^a	96.8 ^{ab}	72.9 ^f	48.8 ^d	28.8 ^f
PRG	86.8 ^{a,d}	96.3 ^{ab}	88.1 ^{a,d}	77.1 ^{ab}	66.7 ^{cd}
WLG	74.3 ^{d,f}	92.5 ^{ab}	90.8 ^{ab}	85.4 ^a	95.4 ^{ab}
ZG	12.5 ^h	24.9 ^e	39.7 ^e	19.6 ^e	44.9 ^f
SSU	75 ^{d,f}	85.4 ^{ab}	98.2 ^a	82.6 ^a	98.3 ^a
BIS	68.8 ^g	81.5 ^b	72.9 ^d	56.3 ^{cd}	84.8 ^{ab}
AHN	61.3 ^e	60.4 ^d	75.6 ^{cd}	70.0 ^{ab}	86.5 ^{ab}
Mixture I *	82.3 ^{b,e}	90.0 ^{bc}	91.6 ^{ab}	87.3 ^a	96.1 ^{ab}
Mixture II	80.8 ^{b,f}	90.4 ^{abc}	82.8 ^{a,d}	75.0 ^{ab}	71.8 ^{bcd}
Mixture III	76.8 ^{b,f}	91.2 ^{abc}	86.7 ^{a,d}	78.1 ^{ab}	87.3 ^{abc}
Mixture IV	80 ^{b,f}	84.1 ^{abc}	82.2 ^{b,d}	60.3 ^{bcd}	57.1 ^{de}
Mixture V	76.3 ^{c,f}	88.8 ^{abc}	92.1 ^{ab}	70.4 ^{ab}	95.6 ^{ab}
Mixture VI	89.3 ^{abc}	93.8 ^{ab}	92.5 ^{ab}	74.2 ^{ab}	96.9 ^a

* Mixture I = WLG + ZG + TF Mixture II = CRF + KBG + TF + PRG
 Mixture III = WLG + ZG + TF + CRF + KBG + PRG Mixture IV = IRG + SSU + BIS + AHN
 Mixture V = SUU + BIS + AHN Mixture VI = PRG + WLG + SSU + BIS + AHN

** Numbers in a row followed by different letters are significantly different at the 95% level of probability by the t test

Table 3. No. of tillers of various plant materials

(seeding date : 1988. 4. 21)

Spp.	after 70days	after 115days	after 175days	after 420days
CRF	243.5 ^{ab,*}	184.6 ^a	140.5 ^b	151 ^b
KBG	133.8 ^{de}	125.8 ^{abc}	119.8 ^b	129.5 ^{bc}
TF	176 ^{cd}	142.8 ^{ab}	137.9 ^b	110.6 ^{bcd}
IRG	88.9 ^{ef}	46.6 ^e	59.4 ^d	31.4 ^{ef}
PRG	249.6 ^a	151.5 ^{ab}	138.1 ^b	113.9 ^{bc}
WLG	182.8 ^{cd}	183.5 ^a	191.3 ^a	204 ^a
ZG	44.1 ^f	61.1 ^{de}	25.6 ^d	61.8 ^{d,f}
SSU	88 ^{ef}	39.6 ^e	35.3 ^d	33.8 ^{ef}
BIS	41.6 ^f	28.3 ^e	33.9 ^e	35.3 ^{ef}
AHN	82 ^f	71.9 ^{de}	43.9 ^d	92.4 ^d
Mixture I	167.1 ^{cd}	113.5 ^{bcd}	112.8 ^b	114.5 ^b
Mixture II	151.5 ^{cd}	121.5 ^{bc}	70.8 ^{cd}	78.9 ^{de}
Mixture III	171.3 ^{cd}	127.5 ^{abc}	125.9 ^b	125.6 ^{bc}
Mixture IV	78.5 ^f	62.3 ^{de}	29.9 ^d	21.1 ^f
Mixture V	73.6 ^f	30.8 ^e	27.5 ^d	22.6 ^f
Mixture VI	201.1 ^{bc}	138.3 ^{ab}	113.1 ^b	130 ^b

* Numbers in a row followed by different letters are significantly different at the 95% level of probability by the t test.

복을 나타내었다. 외래 초종들중에서는 Italian ryegrass는 1년후 거의 도태되며, Perennial ryegrass도 다른 초종들에 비해 상대적으로 낮은 퍼

복을 나타내었다. 따라서 自生植物들과 일부 外來 導入草種을 동시에 섞어서 혼파하는 것은 외래 도입초종들만의 혼파구에 필적할 수 있다고 생각한다. 이러한 식물별 被覆率을 보다 자세히 알기 위하여 각 구별로 15cm × 15cm크기 내에 있는 植物別 分蘖數를 2反復으로 조사하여 生育狀態를 조사한 결과 表3과 같다. 시간이 경과하면서 분얼경수가 급격히 증가하는 것은 단파구의 경우에 Weeping lovegrass이며, 대부분의 다른 초종들은 포기당 분얼경수는 증가하나 전체적인 포기수가 감소함으로 인해 전체적인 숫자는 줄어드는 것으로 나타났다. 혼파구의 경우는 Weeping lovegrass가 포함된 곳에서는 전체밀도가 증가하는 추세였으며, 자생초종들의 혼파구는 썩의 포기수가 감소하는 대신에 여름을 지나면서 부터 비수리, 인고초의 분얼이 증가하여 일정수준의 피복율을 유지하는 것으로 나타났다.

2. 草種別 地上部 및 地下部 生育量分析

초종별 생육량을 측정하기 위해 물을 계속 뿌리면서 뿌리에 물은 흠을 깨끗이 제거하고 草長과 根長 및 分蘖數를 측정한 후에 Dry oven에서 80℃로 48시간 동안 건조시키고 乾重量을 측정하였다. 초종별 地上部 및 地下部의 乾重量은 한주당의

Table 4. Plant height and root length of various plant materials.

(seeding date : 1988. 4.25)

Spp.	plant height (cm)					root length (cm)				
	15Jul. 1988	10Aug. 1988	15Oct. 1988	30Nov. 1988	26May. 1989	5Jul. 1988	10Aug. 1988	15Oct. 1988	30Nov. 1988	26May. 1989
CRF	18.2 ^{a*}	22.3 ^c	21.6 ^{cd}	20.6 ^c	34.3 ^b	24.2 ^a	24.5 ^{bcd}	23.5 ^b	31.1 ^{bc}	35.7 ^{bc}
KBG	9.3 ^{de}	17.3 ^c	16.3 ^{cd}	17.1 ^c	14.3 ^{cd}	13.6 ^{bcd}	21.3 ^{cde}	23.7 ^b	27.9 ^{cd}	36.4 ^{abc}
TF	10.7 ^{de}	21.7 ^c	19.5 ^{cd}	16.8 ^c	17.3 ^c	19.0 ^{ab}	28.5 ^{ab}	30.4 ^a	32.0 ^{bc}	35.3 ^{bc}
IRG	27.4 ^b	32.4 ^b	35.7 ^{bc}	24.7 ^c	59.2 ^a	18.7 ^{abc}	24.0 ^{bcd}	32.0 ^a	31.2 ^{bc}	45.8 ^a
PRG	15.3 ^{cd}	19.4 ^c	14.5 ^d	14.7 ^c	13.8 ^{cd}	16.7 ^{bcd}	23.2 ^{b-e}	24.4 ^b	26.7 ^{cd}	40. ^{ab}
WLG	35.6 ^a	52.9 ^a	70.7 ^a	83.7 ^a	66.9 ^a	17.7 ^{bc}	33.4 ^a	34.0 ^a	43.9 ^a	43.5 ^{ab}
ZG	2.2 ^f	5.8 ^d	4.7 ^d	6.3 ^c	8.3 ^d	12.3 ^{cd}	18.5 ^{de}	18.3 ^{bc}	20.1 ^d	24.5 ^d
SSU	4.5 ^{ef}	19.5 ^c	53.5 ^{ab}	59.3 ^b	20.1 ^c	13.9 ^{bcd}	25.8 ^{bc}	35.4 ^a	36.7 ^{ab}	40. ^{ab}
BIS	7.7 ^{ef}	35.9 ^b	44.3 ^b	59.8 ^b	29. ^b	17.7 ^{bc}	28.1 ^{abc}	34.6 ^a	33.9 ^{bc}	37.7 ^{abc}
AHN	6.5 ^{ef}	9.7 ^d	6.3 ^d	6.3 ^c	16.2 ^{cd}	11.0 ^d	16.6 ^e	17.2 ^c	20.1 ^d	29.1 ^{cd}

* Numbers in a followed by different letters are significantly different at the 95% level of probability by the t test.

Table 5. Average dryweight of shoot and root of various plant materials

(seeding date : 1988. 4.25)

Spp.	above ground (g)					under ground (g)				
	15Jul. 1988	10Aug. 1988	15Oct. 1988	30Nov. 1988	26May. 1989	5Jul. 1988	10Aug. 1988	15Oct. 1988	30Nov. 1988	26May. 1989
CRF	.16 ^{ab*}	.93 ^{bc}	2.26 ^{bc}	3.03 ^b	1.99 ^c	.067 ^{ab}	.43 ^{bc}	1.93 ^{bc}	2.05 ^{cd}	2.31 ^{ab}
KBG	.02 ^b	.3 ^{bed}	1.14 ^{bc}	.78 ^b	0.76 ^c	.012 ^d	.16 ^{bc}	.82 ^{cd}	0.95 ^{cd}	1.03 ^b
TF	.07 ^b	.85 ^{bcd}	2.07 ^{bc}	1.36 ^b	1.49 ^c	.039 ^{ad}	.43 ^{bc}	1.48 ^{bcd}	0.90 ^{cd}	1.68 ^b
IRG	.09 ^{ab}	1.07 ^b	2.82 ^{bc}	1.19 ^b	5.60 ^b	.033 ^{bcd}	.45 ^{bc}	2.34 ^{bc}	0.69 ^d	4.66 ^a
PRG	.15 ^{ab}	0.65 ^{bcd}	32.03 ^{bc}	1.76 ^b	0.92 ^c	.058 ^{abc}	.17 ^{bc}	.94 ^{cd}	1.45 ^{cd}	1.34 ^b
WLG	.23 ^a	2.16 ^a	13.5 ^a	9.79 ^a	9.8 ^b	.046 ^{ad}	.64 ^{ab}	3.13 ^{ab}	4.78 ^{ab}	2.35 ^{ab}
ZG	.16 ^{ab}	.14 ^{cd}	.19 ^c	0.96 ^c	.96 ^c	.079 ^a	.05 ^c	.05 ^d	.12 ^d	.33 ^b
SSU	.08 ^{ab}	1.4 ^a	6.53 ^b	2.42 ^c	2.42 ^c	.021 ^{cd}	.97 ^a	4.36	6.21 ^a	4.87 ^a
BIS	.05 ^b	.8 ^{cd}	2.55 ^{bc}	0.96 ^c	1.86 ^c	.022 ^{cd}	.23 ^{bc}	1.85 ^{bc}	3.12 ^{bc}	5.26 ^a
AHN	.05 ^b	.04 ^a	.05 ^c	0.55 ^c	.55 ^c	.021 ^{cd}	.02 ^c	.04 ^d	0.05 ^d	.38 ^b

* Numbers in a row followed by different letters are significantly different at the 95% level of probability by the t test.

무게로 환산하여 사용하였으며, 草長과 根長은 3 주씩의 식물들을 각각 측정하고 평균을 구하였다. 그 결과 草長에서는 Weeping lovegrass와 쑥, 비수리가 상대적으로 길었고, 根長에서도 이들 초종들이 길게 나타났으며, 특히 비수리는 뿌리가 直根性으로 땅속으로 깊이 발달하였다. 이들 초종들의 지상부 및 지하부 건중량은 表5와 같으며, 지상부는 Weeping lovegrass가, 지하부는 쑥이 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 Creeping red fescue도 지상부와 지하부에 건중량이 비교적 높은 것으로 나타났으며, Tall fescue는 지상부의 건중량이 지하부 보다 더 발달하는 것으로 파악되었다. Zoysiagrass와 안고초의 값이 상대적으로 낮은 것은 파종 후 관리의 미숙으로 1달 후에 재파종 하였는데 충분한 생장을 하지 못하여 다른 식물과 비교해 볼 때 낮은

측정치를 나타내었다.

3. 草種別 뿌리의 剪斷力 測定

초기에는 Italian ryegrass의 전단력이 높았으나, 시간이 경과되면서 Weeping lovegrass, 비수리, 쑥 등의 뿌리 전단력이 증대되어 이들이 혼합된 혼과구는 높은 수치를 나타냄으로써 비탈면에서 土砂가 일시에 崩壞되고 現狀을 막아주는데 이들이 효과적일 것으로 판단된다. 그러나, 대부분 寒地型 잔디들은 初期造成速度는 빠르지만 뿌리의 발달이 저조하여 뿌리가 외부의 물리적 힘에 견딜 수 있는 힘이 작으므로 비탈면의 崩壞를 막는데는 다소 부적합한 것으로 생각된다. 따라서 국내에서 자생하는 自生草種들과 이들 外來草種들을 섞어서 파종하면 초기 지표면의 피복은 외래도입 초종들이

Table 6. The vertical forces of roots and no. of tillers of various plant materials

(seeding date : 1988. 4. 22)

Spp.	Vertical lift (kg/53cmf)			no. of tillers		
	8Jul. 1988	4Aug. 1988	28Nov. 1988	8Jul. 1988	4Aug. 1988	28Nov. 1988
CRF	10.7 ^{bcd} *	18.4 ^{ab}	19.4 ^{de}	144 ^{bd}	291 ^a	139 ^{bc}
KBG	5.4 ^{efg}	14.3 ^b	6.3 ^e	87 ^c *	121 ^b	42 ^c
TF	9.6 ^{cd}	13.3 ^b	15.2 ^e	111 ^c *	111 ^b	69 ^c
IRG	18.5 ^a	20.5 ^{ab}	10.9 ^e	110 ^c *	57 ^b	82 ^c
PRG	10.9 ^{bcd}	17.8 ^{ab}	11.8 ^e	139 ^{bd}	155 ^b	167 ^{bc}
WLG	13.8 ^{bc}	26.6 ^a	50.4 ^{ab}	132 ^b *	124 ^b	750 ^a
ZG	2.9 ^g	16.4 ^b	8.4 ^e	69 ^d *	102 ^b	23 ^c
SSU	4.6 ^{fg}	13. ^b	18.7 ^{de}	17 ^{fg}	19 ^c	24 ^c
BIS	3.5 ^g	15.2 ^b	37.6 ^{bd}	13 ^g	13 ^c	18 ^c
AHN	4.4 ^g	15.3 ^b	17.5 ^e	17 ^{fg}	33 ^c	27 ^c
Mixture I	14.3 ^b	18.6 ^{ab}	39.1 ^b	285 ^a	260 ^a	245 ^b
Mixture II	8.2 ^{def}	15. ^b	8.5 ^e	127 ^b ^f	111 ^b	90 ^c
Mixture III	10.9 ^{bcd}	18.2 ^{ab}	66.2 ^a	226 ^{ab}	131 ^b	132 ^{bc}
Mixture IV	10.2 ^{bcd}	18.7 ^{ab}	36.7 ^{cd}	103 ^c *	110 ^b	96 ^c
Mixture V	2.1 ^g	19.5 ^{ab}	10.5 ^e	21 ^{fg}	25 ^c	15 ^c
Mixture VI	9. ^{de}	14. ^b	23.0 ^{de}	186 ^{ab}	127 ^b	131 ^b

* Numbers in a row followed by different letters are significantly different at the 95% level of probability by the t test.

담당하고 여름의 장마기와 그 이후는 뿌리의 발달이 활발한 自生草種들이 土砂의 밀림이나 崩壞現狀에 대처하도록 하는 播種方法이 效果的일 것으로 사료된다.

4. 土砂流出量の 分析

土砂流出量에서는 暖地型과 寒地型잔디의 混和型(Mixture III)과 自生處理區(Mixture V), Italian ryegrass + Weeping lovegrass + 自生處理區(Mixture VI)등에서는 비교적 적은 양의 토사가 유출되었다. 이에 비해 寒地型 잔디들만의 播種區(Mixture I)와 暖地型 잔디들만의 처리구(Mixture II), 耨메구(Control), Perennial ryegrass + Weeping lovegrass

+ 自生(Mixture VI)의 처리구들에서는 비교적 많은 양의 토사가 유출되었는데, 이들의 被覆率이 낮은데 원인이 있다고 본다. 특히 Mixture의 외래초종과 자생초종을 혼합한 처리구가 높은 토사유출량을 기록한 것은 Perennial ryegrass의 초기 피복효과가 Italian ryegrass의 초기 조성효과 보다 못하기 때문이며, 아울러 Weeping lovegrass와 자생초종들은 초기피복속도가 느린 데에도 그 원인이 있는 것으로 보인다. 또한 寒地型잔디들은 여름철에 지표면의 被覆效果가 극히 불량해 지면서 초기의 빠른 피복효과가 반감되는 결과를 나타내며, 1년이 경과한 다음에도 이러한 현상이 지속되므로 이러한 초종들만으로 파종하는 것은 우리나라 실정에

Table 7. Amount of soil erosion of several seed mixture treatments

(seeding date : 1988. 4. 24) (unit : g/1.68㎡)

Ttreatment	26 May 1988	26 Jun. 1988	3 Jul. 1988	11 Jul. 1988	24 Jul. 1988	29 Jul. 1988	2 Sep. 1988	24 Oct. 1988	6 Jan. 1989	26 May. 1989	24 Jun. 1989	26 Jun. 1989	18 Oct. 1989	Tot.
Mixture I	116 ^a *	246 ^{ab}	751 ^a	762 ^a	1128 ^a	414 ^a	729 ^a	11 ^a	20 ^a	68 ^{ab}	64 ^a	111 ^a	2 ^a	4420 ^a
Mixture II	61 ^{ab}	230 ^{ab}	760 ^a	762 ^a	1060 ^a	409 ^a	619 ^a	1 ^a	20 ^a	50 ^{ab}	191 ^a	89 ^a	2 ^a	4252 ^a
Mixture III	50 ^b	169 ^b	495 ^a	532 ^c	660 ^b	184 ^a	266 ^b	1 ^a	5 ^a	32 ^b	44 ^a	48 ^a	3 ^a	2489 ^b
Mixture IV	54 ^{ab}	205 ^{ab}	664 ^a	562 ^c	618 ^b	205 ^{bc}	126 ^b	12 ^a	5 ^a	29 ^b	28 ^a	7 ^a	3 ^a	2520 ^b
Mixture V	90 ^{ab}	176 ^b	551 ^a	568 ^{bc}	671 ^b	278 ^{bc}	318 ^b	9 ^a	5 ^a	48 ^{ab}	44 ^a	31 ^a	4 ^a	2791 ^b
Mixture VI	65 ^{ab}	196 ^{ab}	609 ^a	746 ^a	1117 ^a	418 ^a	633 ^a	1 ^a	14 ^a	91 ^a	140 ^a	67 ^a	4 ^a	4101 ^a
Control	99 ^{ab}	260 ^a	683 ^a	671 ^{ab}	1245 ^a	355 ^{ab}	658 ^a	5 ^a	7 ^a	32 ^b	177 ^a	20 ^a	2 ^a	4214 ^a

* Numbers in a row followed by different letters are significantly different at the level of probability by the t test.

Table 8. Percent coverage and no. of tillers of various plant materials.

(seeding date : 1988. 4. 24)

Tretment	Percent coverage (%)						No. of tillers per 225cm ²					
	8Jun. 1988	8Jul. 1988	18Aug. 1988	30Nov. 1988	13Jun. 1989	1Aug. 1989	8Jul. 1988	13Aug. 1988	31Oct. 1988	30Nov. 1988	21May 1989	1Aug. 1989
Mixture I	50 ^{bc} *	80 ^a	77 ^{ab}	71 ^c	61 ^d	44 ^d	73 ^a	80 ^a	70 ^{abc}	71 ^{bc}	81 ^{ab}	127 ^a
Mixture II	42 ^c	77 ^{ab}	79 ^{ab}	85 ^a	80 ^{bc}	49 ^d	65 ^a	61 ^a	74 ^{ab}	82 ^{bc}	69 ^{abc}	70 ^{ab}
Mixture III	61 ^{ab}	75 ^{ab}	72 ^{bc}	73 ^{bc}	72 ^{cd}	55 ^{cd}	77 ^a	85 ^a	68 ^{abc}	144 ^a	86 ^a	63 ^{ab}
Mixture IV	57 ^{ab}	83 ^a	83 ^{ab}	81 ^{ab}	97 ^a	92 ^{ab}	88 ^a	90 ^a	36 ^{bc}	54 ^{bc}	25 ^d	43 ^b
Mixture V	50 ^{bc}	89 ^a	81 ^{ab}	74 ^{bc}	85 ^b	83 ^{ab}	54 ^{ab}	72 ^a	24 ^c	60 ^{bc}	46 ^{cd}	37 ^b
Mixture VI	67 ^a	81 ^a	93 ^a	89 ^{ab}	97 ^a	95 ^a	72 ^a	97 ^a	86 ^a	105 ^{ab}	86 ^a	70 ^{ab}
Control	30 ^d	63 ^b	55 ^c	75 ^{bc}	68 ^{cd}	73 ^{bc}	24 ^b	46 ^a	28 ^c	27 ^c	50 ^{bcd}	45 ^b

* Numbers in a row followed by different letters are significantly different at the 95% level of probability by the t test.

부적합한 것으로 보인다. 1년이 경과하면서 지표면의 被覆效果가 유지되는 것은 오히려 自生草種들인데 조성초기에는 草의 피복효과가 우수하며, 여름을 지나면서 부터는 비수리와 안고초가 왕성한 생육을 함으로 인해 높은 피복율을 보였으며, 이러한 현상은 파종 다음해에 들어서면서 더욱 두드러지게 나타나고 있다. 또한 1년 후에는 비수리의 地上部生長이 발달하면서 日照의 경쟁에서 뒤지는 草과 안고초를 압도하는 것으로 나타났다. 따라서, 草은 파종당년에 초기조성속도가 빠르므로 降雨에 의한 地表面衝擊을 줄여주거나 地表面流水에 의한 土砂流出을 완화하는데 효과적이며, 시간이 경과하면서 비수리가 草의 역할을 대행함으로 인해 이들 자생초종의 조합이 비탈면 토사유출을 억제하는데 효과적으로 작용한다. 따라서, 초기 조성속도가 아주 우수한 外來導入草種과 우리나라 自生草種들을 적절히 혼합한 형태가 가장 바람직한 것으로 판단된다.

V. 摘 要

비탈면에 草木植生이 導入되면 훼손된 人爲비탈면의 地表面 綠化를 이룰 뿐 아니라 비탈면의 地表面流水의 舉動에 상당한 影響을 미치어 土壤表層의 面狀浸蝕이나 불안정한 상태의 土砂流出의 억제에 상당히 效果의이며, 또한 土層 깊숙히 뿌리를 내리는 일부 식물에 의해서는 表層崩壞의 防止에도 상당한 效果를 지닌다고 볼 수 있다. 本研究의 結果 이러한 機能들에 대한 식물들의 效果들이 相對的으로 比較될 수 있었으며, 이들을 混播處理時 변화되는 景觀의 모습을 예측할 수도 있었다. 주요 실험내용별 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 初期造成速度는 外來導入草種들 중에서 寒地型 잔디들이 우수하였으나 여름철을 지나면서 부

터는 그 勢力이 급격히 약화되었다. 반대로 暖地型 잔디들과 自生植物들은 초기조성속도는 느리나 여름을 지나면서 왕성한 생육을 함으로써, 혼파처리시에 이러한 식물들의 長・短點을 이용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2. 草種別 地上部 및 地下部の 生長량을 비교 분석한 결과 지상부는 Weeping lovegrass와 草 등의 乾重量이 많았으며, 지하부의 생장에 있어서는 草의 乾重量이 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 다음이 Weeping lovegrass, 비수리, Creeping redfescue 등이었다. 또한 외래도입초종중 Creeping redfescue와 Tall fescue는 지하부와 지상부의 발달이 비교적 균형을 이루고 있었으며, 直根性 뿌리구조를 지닌 비수리는 비록 根重量은 草보다 적으나 깊이 뿌리가 形成되는 특징이 있었으므로 地表面崩壞에는 가장 抑制效果가 있는 식물로 생각된다.

3. 草種別 뿌리의 剪斷力을 조사한 결과 초기에는 Italian ryegrass가 우수하였으나 시간이 경과하면서 부터는 Weeping lovegrass, 비수리, 草 등의 뿌리剪斷力이 증대되는 것으로 나타나 이들이 혼합된 혼파처리구들은 높은 측정치들을 기록하였다. 따라서 초기에 조성속도가 빠른 寒地型잔디들이 地表面을 被覆하도록 하고 여름의 고온기와 장마 시기에는 뿌리剪斷力이 우수한 이러한 초종들로 지표면이 피복되도록 하는 것이 이상적이라 생각된다.

4. 혼파처리간의 土砂流出量을 비교한 결과 토사유출 억제효과는 寒地型과 暖地型잔디들의 混播型(Mixture III)과 自生處理區(Mixture V), Italian ryegrass와 自生植物의 混播型(Mixture IV)등에서 비교적 낮은 수치로 토사유출량을 기록하였다. 이러한 결과는 자생식물들이 비록 초기생육속도는 외래도입초종에 떨어지지만 토사유출의 억제효과면에서는 이들 외래초종에 필적할 수 있음을 나타낸다고 할 수 있겠다.

參 考 文 獻

1. 朴炳益(1965) “砂防用 草種의 生長에 미치는 肥效”, 수원임학회지 6 : 9-14
2. 禹保命(1976) “土壤侵蝕에 作用하는 몇가지 要因의 影響에 關한 研究”, 한국임학회지 29 : 54-101
3. 禹保命, 李峻雨(1987) “林道切取斜면의 植物 被覆度에 미치는 因子들의 影響”, 서울대학교 농과대학 연습림보고 23 : 47-56
4. 崔敬, 崔釘鎔(1987) “砂防地 植遷移蘭과 土壤 變化에 關한 研究; 중부화강암 지대를 중심으로”, 임업연구원보고 35 : 54-68
5. 韓國土地開發公社(1987) 墳射附着方法에 의한 法面綠化 I 法
6. 韓國土地開發公社(1987) “土質別 法面保護 I 調査研究”, 기술연구 88-1
7. Araya, T., H. Katsuro, T. Yajima and K. Hashida(1980) “Invasion of plants on the slopes of roads with the artificial vegetation works”, 北海道大學農學部演習林報告, 38(1) : 1-30
8. Brede, A.D. and J.M Duich(1984) “Establishment characteristics of Kentucky bluegrass - Perennial ryegrass turf mixtures as affected by seeding rate and ratio”, *Agron. J.*, 76 : 875-879
9. Ezaki, T. and T. Fushimi(1976) “Studies on the use of Japanese weeds for the protection work of bare slopes (2); Examination on the cutting slope of the forest road”, 愛媛大演報 13 : 161-174
10. Ezaki, T. (1980) “Studies on the turfing work for the protection of banking slope (12); On the experimental banking slope”, 愛媛大演報 17 : 77-91
11. Ezaki, T. (1981) “Studies on the turfing work for the protection of cutting slope (3); On the mechanism of surface erosion and the protection effects by vegetation”, 愛媛大演報 18 : 125-141
12. Ezaki, T. (1982) “Studies on the turfing work for the sediment yield of interval of vegetation ditch”, 愛媛大演報 19 : 39-39
13. Kameyama, A.(1977) “Succession of the slope vegetation of expressway (1); A reconnaissance method of vegetation survey”, 造園雜誌 45(1) : 23-33
14. Katsuno, T. (1981) “Management and succession of the slope vegetation of road”, 造園雜誌 45(1) : 34-39
15. Kobashi, S. and H. Yoshida(1982) “Vegetative recovery on the cutting slopes along forest roads”, 文部省科學研究報告書 436011 : 117-129
16. Sato, K., T. Yamada and H. Hirota., “Transition of competitive superiority from a primary pasture canopy to the succeeding canopies; 4. Advancement of interspecific competition in a colonial sward of Perennial ryegrass - Tall fescue under frequent defoliation”, 日草誌 28(3) : 292-301
17. Schmit, R. E., R. H. White and S. W. Bingham. (1986) “Technique to measure rooting of sods grown in small containers”, *Agron. J.*, 78 : 212-216
18. Ueno, M., Sugimoto, Y. and Hirata, M. (1985) “Effects on slope aspects on the root growth of Bahiagrass, *Paspalum Flugge.*”, 日草誌 31(1) : 104-109
19. Yanashi, S. and Konko, T. (1986) “Studies on the soil moisture distribution in the slop banked by decomposed granite soils and characteristic of mechanical strength of root mat of the turfgrass.”, 造園雜誌 49(5) : 96-101