

최 중  
연구보고서

화강암질 풍화토 비탈면의 녹화를 위한 식혈기계 및  
종자배합기술 개발에 관한 연구

The Study of Digger and Seed Mixture Technique  
Development for Replantation in Decomposed Granite Slope

주관연구기관  
충남대학교

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “화강암질 풍화토 비탈면의 녹화를 위한 식혈기계 및 종자배합기술 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 12월 12일

주관연구기관명 : 충남대학교  
총괄연구책임자 : 이 준 우(충남대학교)  
세부연구책임자 : 송 호 경(충남대학교)  
세부연구책임자 : 박 중 민(전북대학교)  
연 구 원 : 박 관 수(충남대학교)  
연 구 원 : 박 범 진(충남대학교)  
연 구 원 : 최 윤 호(충남대학교)  
연 구 원 : 김 명 준(충남대학교)  
연 구 원 : 이 미 정(충남대학교)  
연 구 원 : 김 호 정(충남대학교)  
연 구 원 : 이 상 화(충남대학교)  
연 구 원 : 임 재 구(충남대학교)  
연 구 원 : 이 상 진(충남대학교)  
연 구 원 : 조 성 중(전북대학교)  
연 구 원 : 박 성 학(전북대학교)  
연 구 원 : 오 경 원(전북대학교)

# 요 약 문

## I. 제목

화강암질 풍화토 비탈면의 녹화를 위한 식혈기계 및 종자배합기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구과제의 목적은 각종 개발로 인해 발생하는 절토비탈면의 녹화를 위한 연구로서 특히 우리나라와 같이 화강암과 편마암이 모암의 대부분을 이루는 지형의 경우 화강암질 풍화토 비탈면이 발생하게 되는데 이를 효과적으로 녹화하기 위한 식혈기계의 개발과 녹화에 적절한 식생의 선정 및 종자배합기술을 개발하는데 있다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

### 1. 기술적 측면

- 21세기에 있어서 산림의 효율적인 관리는 국토의 효율적인 관리 차원에서 매우 중요한 과제가 되었다. 이에 산림의 효율적인 관리를 위해 임도의 확충이 불가피하다. 하지만 우리나라 산림의 대부분은 화강암과 편마암을 모암으로 하는 토양으로 구성되어 있으며, 임도개설시 많은 면적의 화강암질 풍화토 비탈면을 만들게 된다.
- 이러한 화강암질 풍화토의 비탈면의 녹화는 매우 어려운 편으로 기존의 방법을 보완할 수 있는 새로운 점식 녹화기술이 요구되고 있는 실정이다.
- 이에 본 연구에서는 화강암질 풍화토 비탈면에 다수의 식혈을 동시에 할 수 있는 식혈기계를 개발하였다.
- 또한 우리나라를 북부지역과 중부지역, 남부지역으로 분류하여 각 지역별 화강암질 풍화토 비탈면의 식생구조를 조사하고 이를 토대로 지역별 화강암질 풍화토 비탈면에 적용가능한 식생을 조사하였다.
- 끝으로 지역별 우수 식생을 포함하여 종자와 비료, 토양을 배합한 종비토와 종비토 배합기술을 개발하여 현장에서 적용가능하도록 하였다.

## 2. 경제·산업적 측면

- 지금까지 사용되던 화강암질 풍화토 비탈면의 녹화기술은 성공률이 매우 낮고 녹화에 성공하여도 주변에 있는 기존 식생과 생태적으로 어울리지 못하였다. 따라서 녹화에 실패할 경우에는 재시공에 많은 비용이 소요되었다.
- 다양한 토지이용에 따라 매년 많은 양의 비탈면이 새롭게 생기고 있다. 이러한 비탈면을 효과적으로 녹화하기 위하여 다양한 신공법이 개발되고 있으며 신공법을 사용하는 시공업체가 기술력을 바탕으로 경쟁을 벌이고 있는 상황이다. 상대적으로 연구력이 부족한 시공업체에서는 연구기관이 개발한 새로운 공법을 산업화하는데 항상 관심을 기울이고 있으므로 새로운 녹화공법의 개발이 요구되고 있다.
- 굴삭기는 국내에서 가장 일반적으로 접할 수 있는 토목용 기계로서 보급률이 매우 높다. 따라서 굴삭기를 기본으로 하여 헤드(head) 부분을 개량한 제품이 많이 개발되고 있다. 기존에 보급된 굴삭기의 효율을 높이고 새로운 수요를 늘이기 위해서는 새로운 굴삭기 부착형 기계의 꾸준한 개발이 요구된다.

## 3. 사회·문화적 측면

- 식생을 이용하여 안정·녹화되지 않은 임도비탈면의 침식과 붕괴는 산원수 오염, 농경지의 매몰, 가옥과 인명피해를 통해 환경적, 경제적 피해를 유발하게 된다. 이와 같이 임도비탈면의 침식과 붕괴로 인해 재해가 발생함으로써 환경보호단체들로부터 임도개설을 반대하는 원인을 제공하고 있다. 이는 임업에 대하여 가지는 국민들의 인상을 나쁘게 만드는 원인으로도 작용한다.
- 산림자원이 가지는 시각자원을 심하게 훼손시키는 원인이 되므로 조기녹화와 더불어 장기적으로 주변의 식생과 조화를 이룰 수 있는 녹화기술의 개발이 요구된다.

# IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

## 1. 연구개발 결과

가. 비탈면 점식 녹화를 위한 굴삭기 부착형 식혈기계(Digger) 개발

1) 전 국토의 65%가 산지인 우리나라의 특성상 산지에 대한 개발압력은 매우 높은 실정으로 일정 부분의 개발은 불가피하다고 할 수 있다. 하지만 산지의 전용을 통한 개발의 면적은 매년 엄청난 양에 대해 시행되고 있는 실정이다. 특히 산지의 개발은 일정한 부분의 비탈면을 발생시키게 되는데, 도로와 임도같은 토목사업의 경우 많은

면적의 비탈면을 발생시키게 된다. 이와같이 발생하는 비탈면의 경우 적절한 안정대책과 녹화를 이루지 못하면 비탈면의 붕괴가 발생되거나 경관의 질을 떨어뜨리는 결과를 야기시킨다.

특히 우리나라 산림의 대부분은 화강암과 편마암을 모암으로 하는 토양으로 구성되어 있다. 화강암질 토양은 대부분 조립질 사토를 생산하는데 이러한 토양은 토심이 얇고 토양입자간의 응집력이 매우 약하며 토양구조가 발달되어 있지 않기 때문에 식물의 정착과 생육을 어렵게 한다. 특히 화강암질 풍화토(일명 마사토 decomposed granite, weathered granitic soil)는 그 물리적 특성상 건조기에는 단단히 고결되고, 강우시에는 점착력이 극히 약해져서 표면침식과 붕괴가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 이러한 미숙한 토양에 초본류나 수목의 식재가 이루어지더라도 식물의 정착과 생육을 어렵게 하며 집중호우시 침식이나 산사태 등이 발생하게 된다.

현재 화강암질 풍화토의 비탈면을 녹화하기 위하여 주로 사용되고 있는 종자뿌어붙이기공법은 비탈면의 토질에 관계없이 동일한 방법으로 적용되고 있으나 화강암질 풍화토 비탈면에 기존의 종자뿌어붙이기공법으로는 안정과 녹화효과를 기대하기 어려운 실정이다. 따라서 이들 지역에 대해서는 기존의 방법을 보완할 수 있는 새로운 녹화기술이 요구되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 화강암질 풍화토 비탈면에 적용할 수 있는 점식 녹화공법을 적용하고자 식혈기계를 개발하였다.

2) 본 연구에서 개발한 식혈기계는 일반적인 건설기계인 굴삭기에 부착할 수 있는 형태로 개발되었으며, 각종 실험을 통해 성능을 개선하였다. 특히 식혈기계의 작업효율을 높이기 위해 1회에 6개의 천공을 실시할 수 있도록 설계하였으며, 상하좌우로 모두 틸팅이 가능하여 베이스머신의 이동 없이 최대한의 작업을 수행할 수 있도록 하였다. 아울러 6개의 드릴이 상호 독립적으로 작용하여 식혈시 발생할 수 있는 과부하에 의한 문제를 제거하였으며, 식혈깊이도 조작수에 의해 임의의 조작할 수 있도록 제작되었다.

특히 식혈기계의 작업공정을 분석하여 작업방법을 개발하므로써 향후 식혈기계를 이용해 화강암질 풍화토 비탈면의 점식녹화에 기여할 것으로 판단된다.

3) 본 연구에서 개발한 식혈기계를 실제로 현장에서 광범위하게 적용하고 장기간에 걸쳐 모니터링을 실시할 필요가 있으며, 개발기계의 성능향상과 제품화를 위한 여건의 조성이 필요하다.

나. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 식생의 생육환경 및 생태학적 특성 규명

1) 화강암질 풍화토 비탈면의 토양은 토성의 경우 모래 성분이 매우 높게 나타났고, 또한 유기물, 질소, 인산 치환성양이온 등도 매우 낮게 나타났으며, 토양의 가비중, 수분함량 등 토양의 물리성도 매우 열악한 수준으로 나타났다.

2) 화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 싸리 (*Lespedeza bicolor*), 소나무(*Pinus densiflora*), 산딸기(*Rubus crataegifolius*), 이고들빼기(*Youngia denticulata*), 뚝갈(*Patrinia villosa*), 큰까치수영(*Lysimachia chlethroides*), 오리새(*Dactylis glomerata*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium*), 큰김의털 (*Festuca arundinacea*) 등의 순서로 출현하였다.

3) 임도 시공후 화강암질 풍화토 임도비탈면의 천이 단계를 살펴보면 시공 직후 파종식생(Afforested vegetation)인 오리새(*Dactylis glomerata*), 호밀풀(*Lolium perenne*), 큰김의털(*Festuca arundinacea*), 능수참새그령(*Eragrostis curvula*) 등이 출현하며, 2~3년 경과후에는 개망초(*Erigeron annuus*), 이고들빼기(*Youngia denticulata*) 등의 1년생 초본류가 가장 먼저 침입하며 점차 뚝갈(*Patrinia villosa*), 큰까치수영(*Lysimachia chlethroides*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 큰기름새(*Spodiopogon sibiricus*), 참취(*Aster scaber*), 참억새(*Miscanthus sinensis*) 등의 다년생 초본 및 산딸기(*Rubus crataegifolius*), 병꽃나무(*Weigela subsessilis*), 진달래(*Rhododendron mucronulatum*), 소나무(*Pinus densiflora*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 사방오리나무(*Alnus firma*), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*) 등의 풍산포관목류(parachute shrubs), 산벚나무(*Prunus sargentii*), 생강나무(*Lindera obtusiloba*), 참나무류(*Quercus* sp.) 등의 중력형목본류(gravitative trees)의 침입이 이루어지는 것으로 조사되었다.

4) 생태천이를 분석하면, 임도 시공 시에 파종된 외래 초종들은 십여 년이 경과한 뒤에도 임도의 남·북사면 모두에서 출현하여 임도비탈면의 정상적인 식생침입과 생태천이를 방해하고 있었다.

5) 남부지방에 적당한 자생 초종을 살펴보면, 비수리(*Lespedeza cuneata*), 족제비싸리(*Amorpha fruticosa*), 싸리류(*Lespedeza* sp.), 쑥(*Pueraria thunbergiana*) 등의 콩과식물과 이고들빼기(*Youngia denticulata*), 뚝갈(*Patrinia villosa*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 큰까치수영(*Lysimachia chlethroides*), 참취(*Aster scaber*), 큰기름새(*Spodiopogon sibiricus*), 양지꽃(*Potentilla fragarioides* var. *major*), 맑은대쑥(*Artemisia keiskeana*), 참억새(*Miscanthus sinensis*),

쌀새(*Melica onoei*) 등의 초본류 및 산딸기(*Rubus crataegifolius*), 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium*), 청미래덩굴(*Smilax china*), 진달래(*Rhododendron mucronulatum*), 소나무(*Pinus densiflora*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 사방오리나무(*Alnus firma*) 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다.

6) 중부지방에 적당한 자생 초종을 살펴보면, 콩과식물 외에 이고들빼기(*Youngia denticulata*), 뚝갈(*Patrinia villosa*), 큰까치수영(*Lysimachia chlethroides*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 참억새(*Miscanthus sinensis*), 맑은대쑥(*Artemisia keiskeana*), 큰기름새(*Spodiopogon sibiricus*), 양지꽃(*Potentilla fragarioides* var. *major*) 등의 초본류 및 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium*), 진달래(*Rhododendron mucronulatum*), 산딸기(*Rubus crataegifolius*), 붉나무(*Rhus chinensis*), 소나무(*Pinus densiflora*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 호랑버들(*Salix hulteni*), 버드나무(*Salix koreensis*) 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다.

7) 북부지방에 적당한 자생 초종을 살펴보면, 콩과식물(peas) 외에 큰기름새(*Spodiopogon sibiricus*), 큰까치수영(*Lysimachia chlethroides*), 넓은잎의잎쑥(*Artemisia stolonifera*), 이고들빼기(*Youngia denticulata*), 노루오줌(*Astilbe chinensis* var. *dauidii*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 참취(*Aster scaber*), 김의털(*Festuca ovina*), 뚝갈(*Patrinia villosa*), 미역취(*Solidago virga-aurea* var. *asiatica*), 쌀새(*Melica onoei*), 그늘사초(*Carex lanceolata*) 등의 초본류 및 산딸기(*Rubus crataegifolius*), 병꽃나무(*Weigela subsessilis*), 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium*), 소나무(*Zanthoxylum schinifolium*), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*) 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다.

다. 화강암질풍화토 임도비탈면의 점식녹화를 위한 종자배합기술 개발

1) 점식녹화를 위한 최적 천공방법 선정

식혈의 크기와 각도는 천공작업의 효율성과 식혈의 안정성 등을 고려해 볼 때 비탈면에 직각 방향으로 천공하고, 크기는 Ø10cm, d10cm가 가장 적절한 것으로 조사되었다.

2) 녹화식물 종자배합기술 개발

단파실험의 경우 목본류는 싸리류와 단풍나무가 초기에 발아하였고, 가을에는 싸리류, 붉나무, 단풍나무, 적송의 발아와 생장이 모두 양호하였다. 모든 종류의 양잔디는

초기발아가 우수하였으며, 생육후기로 갈수록 잔디의 생육이 왕성하였다. 재래초류 중에서 비수리와 패랭이의 초기발아가 우수하였으며 마타리와 억새는 저조하였다.

혼파시험의 경우 목본+관목의 시험구에서는 초기 발아생육이 우수한 싸리류가 목본류의 발아와 생장을 저해하였다. 관목+재래초본의 시험구에서는 모든 식물이 발아하였고, 관목+양잔디의 시험구에서는 싸리류를 제외하고 전체적으로 관목의 발아가 저조하였다. 따라서, 혼파할 경우에는 싸리류를 주종으로 하고, 여기에 재래초종이나 도입 목초류를 배합하여 파종하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

전체 종자를 혼합한 시험구에서는 7월에 출현종이 가장 많았고, 10월에는 족제비싸리와 붉나무, 새류의 식물만이 관찰되었다.

종자 파종시기에 있어서 도입 목초류는 거의 제한을 받지 않았고, 싸리류는 봄철에 파종하는 것이 좋았으며, 일부 재래초류는 봄과 가을에 파종이 가능한 것으로 나타났다.

시험포장에서 관찰된 침입식물은 쇠뜨기와 바랭이였고 현장시험지에서 관찰된 침입식물은 억새와 강아지풀 등이었는데 시험기간이 짧아 외부침입식물과 파종한 식물들 사이의 경쟁관계는 파악할 수 없었다.

### 3) 현장시험을 통한 점식녹화 가능성

화강암질풍화토 임도비탈면에 천공하여 점식녹화를 위한 현장시험에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

목초류와 중부지방 화강암질풍화토 비탈면에 자생하는 식물종의 발아율과 성장상태는 초본식물이 목본식물보다 양호하였다. 초본은 Weeping lovegrass(이하 WLG), Kentucky bluegrass, Creeping redfescue, 마타리의 순이었다. 목본식물은 참싸리, 옷나무, 붉나무가 족제비싸리, 해송, 소나무에 비해 좋았다. 비로 인한 종자의 유실과 비탈면의 토양침식에 의해 비탈면 아래 부분의 발아와 성장상태가 좋았다. 또한, 시험구 상부에 파종한 종자 가운데서 일부는 하부의 식혈에서 발아하여 성장하였다. 전반적으로 코아네트 멀칭을 한 시험구가 비멀칭 시험구보다 발아와 생장이 양호하였다. 억새심기 시험결과 토양경도가 상대적으로 낮은 시험구에서 생장이 양호하였다. 족제비싸리를 식혈 배양토에 직접 삼목한 결과 16%의 생존율을 나타내어 활용 가능성을 나타내었다.

낭아초+싸리+Tall fescue를 혼파한 결과 파종한 식혈의 88%에서 발아하였고, 싸리와 Tall fescue의 발아와 생장이 양호하였다.

#### 4) 식생기반 배양토 조제 방법 개발

배양토의 토양재료로는 황토가 마사토보다 발아와 생장에서 월등히 좋았다.

포장에서 토양침식방지제의 종류와 혼합량을 다르게 하여 혼합 후 건조한 상태의 토양경도, 인공강우 후 토양경도와 침식과 부서짐, 식물의 발아와 생장량 등을 시험하였다. 그 결과 A type(접착제 pro-tack 0.06g), C type(접착제 pro-tack 0.12g), F type(접착제 C.M.C 0.02g)이 강우 후에 토양이 안정되었고, 식물의 발아와 생장도 양호하였다. 장기간의 현장시험에서는 C.M.C(0.02g)보다 pro-tack(0.06g)의 발아율이 월등히 높았다. 따라서, 점식녹화용 배양토를 조제할 때에는 기본토양으로 점질토양을 사용하고, 토양침식방지제로는 pro-tack 0.06~0.12g를 혼합하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

# SUMMARY

## **1. Digger development for replantation in decomposed granite slope**

1) Current method of plantation for the slope of decomposed granite is mainly hydro-seeding which is applied any slope without consideration of soil condition. For this reason, it is hard to have a good result of stability and plantation effect when the hydro-seeding is applied on the slope. Therefore, it is needed a new plantation method on this kind of slope, so we have developed a digger for excavator which can be used for dotted plantation on decomposed granite slope.

2) This new digger can be attached on a general excavator of construction machine, and improved its function by a series of experiment. For enhancing the work efficiency of the digger, it can make six holes in a time. And also, it is possible for tilting by up and down as well as left and right, so this machine can do a maximum work efficiency without moving a base machine. Moreover, each drill of six can make a hole independently to reduce over burden of the machine and the depth of hole can be easily selected by a operator.

Monitoring and analyzing the working procedure of the digger, we can develop a improved working manual, and it can enhance the efficiency of the point plantation on the slope of decomposed granite.

3) It is necessary to use broadly the newly developed digger at the field and to monitor for a long time that can improve its function and prepare for marketable production.

## **2. A study on ecological properties and living environment of plant growing in granite cut-slope**

1) The percentage of sand in the granite cut-slope soil was high. The concentrations of soil organic matter, available phosphorous, nitrogen, and CEC were low seriously in the soil. Also, soil moisture content was low and bulk density was high.

2) Invaded species with high frequency in the forest road cut-slope ordered *Lespedeza bicolor*, *Pinus densiflora*, *Rubus crataegifolius*, *Youngia denticulata*, *Partrinia villosa*, *Lysimachia chlethroides*, *Dactylis glomerata*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Festuca arundinaceae*.

3) The herbs such as *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Festuca arundinaceae*, *Eragrostis curvula* were found in the early stage of construction of cut-slope, and *Erigeron annuus* and *Youngia denticulata* were found in two or three years later of cut-slope construction, and after that, perennial herbs such as *Partrinia villosa*, *Lysimachia chlethroides*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Spodiopogon sibiricus*, *Aster scaber*, *Miscanthus sinensis* were found in the areas. The parachute shrubs such as *Rubus crataegifolius*, *Weigela subseelis*, *Rhododendron mucronulatum*, *Pinus densiflora*, *Alnus hirsuta*, *Alnus firma*, and *Fraxinus rhynchophylla* and gravitative trees such as *Prunus sargentii*, *Lyndra obtusiloba*, *Quercus* sp. were found in the last time of the cut-slope.

4) The foreign species that was seeded in the early stages of cut-slope construction were found in the cut-slope after ten years of seeding. The result indicated that the foreign species blocked the invasion of the native plants and ecological succession.

5) The legume species such as *Lespedeza cuneata*, *Azorella fruticosa*, *Lespedeza* sp., *Pueraria thunbergiana*, and herbs such as *Youngia denticulata*, *Partrinia villosa*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Lysimachia chlethroides*, *Aster scaber*, *Spodiopogon sibiricus*, *Potentilla fragarioides* var. *major*, *Artemisia keiskeana sinensis*, *Melica onoei*, and trees such as *Rubus crataegifolius*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Smilax china*, *Rhododendron mucronulatum*, *Pinus densiflora*, *Alnus hirsuta*, and *Alnus firma* could be good for south region of Korea.

6) The legume species and herbs such as *Youngia denticulata*, *Partrinia villosa*,

*Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Lysimachia chlethroides*, *Spodiopogon sibiricus*, *Potentilla fragarioides* var. *major*, and trees such as *Rubus crataegifolius*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Rhus chinensis*, *Rhododendron mucronulatum*, *Pinus densiflora*, *Alnus hirsuta*, *Salix hulteni*, and *Salix koreensis* could be good for middle region of Korea.

7) The legume species and herbs such as *Spodiopogon sibiricus*, *Youngia denticulata*, *Patrinia villosa*, *Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Lysimachia chlethroides*, *Aster scaber*, *Artemisia stolonifera*, *Astilbe chinensis* var. *dauidii*, *Festuca ovina*, *Solidago virga-aurea* var. *asiatica*, *melica onoei*, *Carex lanceolata*, and trees such as *Rubus crataegifolius*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Weigela subsessilis*, *Pinus densiflora*, and *Fraxinus rhynchophylla* could be good for north region of Korea.

### **3. Development of seed-mixture technique for spot revegetation on weathered granite of cut-slopes in forest road.**

1) Selection of best drilling process for spot revegetation.

An angle and a site of planting hole considering efficiency of drilling process and safety of planting holes, were considered that the angle should drilled toward a right angle as slope and Ø10cm × d10cm of site should be appropriate.

2) Technical development of seed combination for revegetation plants

In case of a single-sowing experiment *Lespedeza* spp. and *Acer palmatum* Thub germinated in the early days and germination and growth of *Lespedeza* spp., *Rhus chinensis* MILL, *Acer palmatum* Thub and *Pinus densiflora* were good in fall. All of the imported lawns of initial germination were excellent, and the growth was more prosperous as time goes by. Initial germination of *Lespedeza duneata* and *Dianthus sinensis* L. in the traditional herbaceous plot was excellent, and *Patrinia sonbiosaefolia* Fischer and *Miscanthus Anderss.* were not excellent.

In case of a mixing-sowing experiment, *Lespedeza* spp., which has excellent germination and growth in the early stage, germination and growth of woody species in the experimental site of woody plants and shrubs. All of the plants were germinated in the experiment site of shrubs and traditional herbaceous

plants, and generally, germination of shrubs was not good except for *Lespedeza* spp. in the experimental site of shrubs and imported lawns. Therefore, *Lespedeza* spp. would be main seeds in case of mixing-sowing, and it will be desirable mixing traditional herbaceous plants and imported plants with it.

In case of a mixing experiment of whole seeds, it was most apparent in July and *Amorpha fruticosa* Linne, *Rhus chinensis* MILL and *Arundinella* spp. were just observed in October.

As regards the sowing seasons, imported grasses were barely limited and it was good for *Lespedeza* spp. to germinate in the spring. It showed that some of traditional herb species were possible to germinate in the spring and fall seasons.

Invasive plants which were observed in the experimental site were *Equisetum arvense* and *Digitaria sanguinalis*. It was unknown rival relationships between invasive plants from the outside and sowing plants because of a short term of the experiment.

### 3) Possibility of the spot revegetation through the actual experiment.

It acquired to the following results in the actual experiment site which drilled in granite of slope for the spot revegetation.

As far as growth conditions and germinative ratio grown widely in granite slope of the middle district, shrubs and woody plants, herbaceous plants was more excellent than woody plants. Among herbaceous as the following plants were excellent in order such as, WLG, Kentucky bluegrass, Creeping red fescue and *Patrinia sonbiosaefolia* Fischer.

In case of woody plants, *Lespedeza crybotrya* Miqu, *Rhus verniciflua* Stockes and *Rhus chinensis* MILL were more excellent than *Amorpha fruticosa* Linne, *Pinus thunbergii* Parl, *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. Germination and growth conditions of under slope soil were good because of soil erosion of slope and seeds swept by rain.

Also, some of seeds which was sowed in the upper part of the experiment area grew in the planting hole of the lower part. Generally, Experimental sites mulched by core-net more excellent than those of not mulched by core-net.

As a result of the experiment for planting *Miscanthus Anderss.*, it was good in the experiment which was relatively lowered to soil gradient. With the result that *Amorpha fruticosa* Linne was planted in the culture soil of the planting hole, it showed the possibility of application as survival ratio of 16%. As a consequence

of mixing *Indigofera pseudo-tinctora*, *Lespedega bicolor* and Tall fescue, germinative ratio was 88% and growth of *Lespedega bicolor* and Tall fescue were excellent.

4) Development of making method of cultivation soils based on vegetation.

As regards soil materials of cultivation soil, Loess was better than Decomposed Granite in the germination and growth. Soil gradient after drying, soil gradient and erosion after the artificial raining, germination and growth of plants were tested in the nursery after mixing a different sort of preventing soil erosion and the changed mixture ratio.

The soil of A type(adhesives PRO-TACK 0.06g), C type(adhesives PRO-TACK 0.12g) and F type(adhesives C.M.C 0.02g) were stabilized after raining. Also the germination and growth of plants were excellent. Regarding actual experiment during the long time, the germination of PRO-TACK(0.06g) more high than that of C.M.C(0.02g). Therefor it should consider that adhesive soils would be appropriate as basic soils when making cultivation soils for spot revegetation and as preventing soil erosion, PRO-TACK would be mixed from 0.06 to 0.12g.

# CONTENTS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Chapter 1. Outline of Research</b> .....   | <b>20</b> |
| Para. 1. Object of research .....   | 20        |
| Para. 2. Necessity of research .....  | 20        |
| 1. Technological aspect .....   | 20        |
| 2. Economic and industrial aspect .....   | 21        |
| 3. Social and cultural aspect .....   | 22        |
| Para. 3. Range of the research study .....  | 22        |
| 1. Digger development for replantation in decomposed granite slope .....  | 22        |
| 2. A study on ecological properties and living environment<br>of plant growing in granite cut-slope .....                   | 22        |
| 3. Development of seed-mixture technique for spot revegetation<br>on weathered granite of slopes in forest road .....       | 23        |
| <br>  |           |
| <b>Chapter 2. Technological Innovation Present Condition of Korea<br/>            and Foreign Nation</b> .....              | <b>24</b> |
| Para. 1. Development of digger .....  | 24        |
| Para. 2. A study on ecological properties and living environment<br>of plant growing in granite cut-slope .....             | 25        |
| Part. 3. Development of seed-mixture technique for spot revegetation<br>on weathered granite of slopes in forest road ..... | 25        |
| <br>  |           |
| <b>Chapter 3. Scope and Result of the Study and Development</b> .....   | <b>27</b> |
| Para. 1. Digger development for replantation  |           |

|  |            |
|--|------------|
| in decomposed granite slope .....                                    | 27         |
| 1. Background of development .....                                   | 27         |
| 2. Development of digger .....                                       | 27         |
| 3. Performance of digger .....                                       | 38         |
| 4. Analysis of work stage .....                                      | 42         |
| <br>   |            |
| Para. 2. A study on ecological properties and living environment     |            |
| of plant growing in granite cut-slope .....                          | 49         |
| 1. A study on ecological properties and living environment           |            |
| of plant growing in granite cut-slope of middle region .....         | 49         |
| 2. A study on ecological properties and living environment           |            |
| of plant growing in granite cut-slope of south region .....          | 61         |
| 3. A study on ecological properties and living environment           |            |
| of plant growing in granite cut-slope of north region .....          | 73         |
| 4. Summary and conclusion .....                                      | 85         |
| <br>   |            |
| Part. 3. Development of seed-mixture technique for spot revegetation |            |
| on weathered granite of slopes in forest road .....                  | 90         |
| 1. Research contents and Methods .....                               | 90         |
| 2. Results and Considerations .....                                  | 124        |
| 3. Conclusions .....   | 205        |
| <br>   |            |
| <b>Chapter 4. Objection Performance and Contribution</b>             |            |
| <b>of Relevance Field .....</b>                                      | <b>207</b> |
| Para. 1. Digger development for replantation                         |            |
| in decomposed granite slope .....                                    | 207        |
| Para. 2. A study on ecological properties and living environment     |            |

|   |            |
|---|------------|
| of plant growing in granite cut-slope .....   | 207        |
| Part. 3. Development of seed-mixture technique for spot revegetation<br>on weathered granite of slopes in forest road ..... | 208        |
| <b>Chapter 5. Application Plan of Study Result .....</b>  | <b>209</b> |
| <b>Chapter 6. Science Technology Knowledge in Study Course .....</b>  | <b>211</b> |
| <b>Chapter 7. Reference .....</b>   | <b>212</b> |
| <b>Appendix .....</b>   | <b>216</b> |

# 목 차

|   |           |
|---|-----------|
| <b>제1장. 연구개발과제의 개요</b> .....                          | <b>20</b> |
| 제1절. 연구개발의 목적 .....                                   | 20        |
| 제2절. 연구개발의 필요성 .....                                  | 20        |
| 1. 기술적 측면 .....                                       | 20        |
| 2. 경제·산업적 측면 .....                                    | 21        |
| 3. 사회·문화적 측면 .....                                    | 22        |
| 제3절. 연구개발의 범위 .....                                   | 22        |
| 1. 비탈면 점식 녹화를 위한 굴삭기 부착형 식혈기계(Digger) 개발 .....        | 22        |
| 2. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의<br>생태학적 특성 규명 .....  | 22        |
| 3. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식 녹화를 위한 종자배합기술 개발 .....          | 23        |
| <b>제2장. 국내외 기술개발 현황</b> .....                         | <b>24</b> |
| 제1절. 식혈기계의 개발 .....                                   | 24        |
| 제2절. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의<br>생태학적 특성규명 ..... | 25        |
| 제3절. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식녹화를 위한 종자배합기술<br>개발 .....      | 25        |
| <b>제3장. 연구개발수행 내용 및 결과</b> .....                      | <b>27</b> |
| 제1절. 비탈면 점식 녹화를 위한 굴삭기 부착형 식혈기계(Digger)<br>개발 .....   | 27        |
| 1. 기계개발의 배경 .....                                     | 27        |

|  |            |
|--|------------|
| 2. 기계개발의 과정 .....  | 27         |
| 3. 개발된 식혈기계의 실연 .....                                      | 38         |
| 4. 개발된 식혈기계의 작업공정 분석 .....                                 | 42         |
| <br>   |            |
| 제2절. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의<br>생태학적 특성 규명 .....     | 49         |
| 1. 중부지방 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 식생의 생육환경 및<br>생태학적 특성 규명 ..... | 49         |
| 2. 남부지방 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 식생의 생육환경 및<br>생태학적 특성 규명 ..... | 61         |
| 3. 북부지방 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 식생의 생육환경 및<br>생태학적 특성 규명 ..... | 73         |
| 4. 종합고찰 및 결론 .....   | 85         |
| <br>   |            |
| 제3절. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식 녹화를 위한<br>종자배합기술 개발 .....          | 90         |
| 1. 연구내용 및 방법 .....   | 90         |
| 2. 결과 및 고찰 .....   | 124        |
| 3. 결론 .....  | 205        |
| <br>   |            |
| <b>제4장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....</b>                       | <b>207</b> |
| <br>   |            |
| 제1절. 비탈면 점식 녹화를 위한 굴삭기 부착형 식혈기계(Digger)<br>개발 .....        | 207        |
| 제2절. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의<br>생태학적 특성 규명 .....     | 207        |

|   |     |
|---|-----|
| 제3절. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식 녹화를 위한 종자배합기술<br>개발 ..... | 208 |
| 제5장. 연구개발결과의 활용계획 .....                           | 209 |
| 제6장. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....                  | 211 |
| 제7장. 참고문헌 .....                                   | 212 |
| 부록 .....  | 216 |

## 제1장. 연구개발과제의 개요

### 제1절. 연구개발의 목적

본 연구과제의 목적은 각종 개발로 인해 발생하는 절토비탈면의 녹화를 위한 연구로서 특히 우리나라와 같이 화강암과 편마암이 모암의 대부분을 이루는 지형의 경우 화강암질 풍화토 비탈면이 발생하게 되는데 이를 효과적으로 녹화하기 위한 식혈기계의 개발과 녹화에 적절한 식생의 선정 및 종자배합기술을 개발하는데 있다.

### 제2절. 연구개발의 필요성

#### 1. 기술적 측면

일반 도로와 마찬가지로 임도는 산림내의 동맥이며 임업경영 및 산림관리 등을 위한 산림내의 기반시설일 뿐만 아니라 지역진흥을 위하여 시설되는 도로로서 임업에서 없어서는 안 될 필수적인 사회간접자본시설이다. 국내에 개설된 총 임도연장은 1990년도 말 2,585km에서 2003년도 말에 15,510km(임도밀도 2.4m/ha)로 약 15년간에 많은 양의 시공이 이루어졌지만 아직도 임업선진국에 비하면 빈약한 실정이며, 합리적인 산림경영을 위해서는 임도시설의 확충이 불가피한 현실이다. 이러한 임도의 개설을 비롯하여 일반 도로의 개설, 경사지의 토지개발 등은 필연적으로 비탈면을 발생시킨다.

우리나라 산림의 대부분은 화강암과 편마암을 모암으로 하는 토양으로 구성되어 있다. 화강암질 토양은 대부분 조립질 사토를 생산하는데 이러한 토양은 토심이 얇고 토양입자간의 응집력이 매우 약하며 토양구조가 발달되어 있지 않기 때문에 식물의 정착과 생육을 어렵게 한다. 특히 화강암질 풍화토(일명 마사토 decomposed granite, weathered granitic soil)는 그 물리적 특성상 건조기에는 단단히 고결되고, 강우시에는 점착력이 극히 약해져서 표면침식과 붕괴가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 이러한 미숙한 토양에 초분류나 수목의 식재가 이루어지더라도 식물의 정착과 생육을 어렵게 하며 집중호우시 침식이나 산사태 등이 발생하게 된다.

이러한 화강암질 풍화토의 비탈면을 녹화하기 위하여 주로 사용되고 있는 종자뿌어불이기공법은 비탈면의 토질에 관계없이 동일한 방법으로 적용되고 있으나 화강암질 풍화토 비탈면에 기존의 종자뿌어불이기공법으로는 안정과 녹화효과를 기대하기 어려운 실정이다. 따라서 이들 지역에 대해서는 기존의 방법을 보완할 수 있는 새로운 녹

화기술이 요구되고 있는 실정이다.

기존의 녹화공법에 대안으로 제시되고 있는 비탈면 점식 녹화공법은 비탈면에 일정 간격으로 직경이 약 120mm정도의 구멍을 판 후에 구멍 내부에 종자, 비료, 배양토를 혼합한 것을 투입하여 비탈면을 녹화하는 기술이다. 비탈면 점식 녹화공법을 개발하는 과정에서 고려해야 할 점은 다음과 같다.

- ▶ 비탈면 점식 녹화공법을 위해서는 비탈면에 천공작업을 실시하여야 하는데 인건비의 상승으로 인력 및 소형기계를 사용하는 작업은 경쟁력을 가지지 못하므로 작업의 기계화를 이루어야 한다.
- ▶ 또한 기계화된 작업방식은 인력 및 소형기계를 이용하는 기존의 작업방식과 비교하였을 때, 경제적인 측면에서 경쟁력을 가지고 있어야 한다.
- ▶ 녹화식생의 선정에 있어서 주변식생, 환경특성, 토양의 이화학적 성질과 화강암질 풍화토 비탈면에 자생하는 식생의 관계를 조사 평가함으로써 주변 환경과 생태적으로 조화를 이룰 수 있는 초본류와 목본류를 선정해야 한다.
- ▶ 구멍 내부에 투입한 종자, 비료, 배양토를 배합하는 과정에서 종자의 선정은 환경조건을 고려하여 환경조건에 적합한 초·목본을 사용하여야 하며 화강암질 풍화토 비탈면에서 조기에 안정과 녹화를 이룰 수 있으며 장기적으로는 주변의 식생과 조화를 이룰 수 있도록 하는 종자배합기술을 개발하여야 한다.

이상의 고려사항을 포함하여 화강암질 풍화토 임도비탈면을 확실하게 녹화시킬 수 있는 식혈기계의 개발 및 관련 녹화기술의 개발이 필요하다.

## 2. 경제·산업적 측면

지금까지 사용되던 화강암질 풍화토 비탈면의 녹화기술은 성공률이 매우 낮고 녹화에 성공하여도 주변에 있는 기존 식생과 생태적으로 어울리지 못하였다. 따라서 녹화에 실패할 경우에는 재시공에 많은 비용이 소요되었다. 또한 녹화에 성공한 지역에서도 기존의 식생과 녹화식생이 조화를 이루지 못하는 지역이 대부분을 차지하고 있다. 장기적인 안목으로 볼 때 가까운 장래에 생태계 복원을 위하여 많은 잠재비용이 필요할 것으로 예상된다.

다양한 토지이용에 따라 매년 많은 양의 비탈면이 새롭게 생기고 있다. 이러한 비탈면을 효과적으로 녹화하기 위하여 다양한 시공법이 개발되고 있으며 시공법을 사용하는 시공업체가 기술력을 바탕으로 경쟁을 벌이고 있는 상황이다. 상대적으로 연구력이 부족한 시공업체에서는 연구기관이 개발한 새로운 공법을 산업화하는데 항상 관심을 기울이고 있으므로 새로운 녹화공법의 개발이 항상 요구되고 있다.

굴삭기는 국내에서 가장 일반적으로 접할 수 있는 토목용 기계로서 보급률이 매우 높다. 따라서 굴삭기를 기본으로 하여 헤드(head) 부분을 개량한 제품이 많이 개발되어 왔다. 기존에 보급된 굴삭기의 효율을 높이고 새로운 수요를 늘이기 위해서는 새로운 굴삭기 부착형 기계의 꾸준한 개발이 요구된다.

### 3. 사회·문화적 측면

식생을 이용하여 안정·녹화되지 않은 임도비탈면의 침식과 붕괴는 산원수 오염, 농경지의 매몰, 가옥과 인명피해를 통해 환경적, 경제적 피해를 유발하게 된다. 이와 같이 임도비탈면의 침식과 붕괴로 인해 재해가 발생함으로써 환경보호단체들로부터 임도개설을 반대하는 원인을 제공하고 있다. 이는 임업에 대하여 가지는 국민들의 인상을 나쁘게 만드는 원인으로도 작용한다.

산림자원이 가지는 시각자원을 심하게 훼손시키는 원인이 되므로 조기녹화와 더불어 장기적으로 주변의 식생과 조화를 이룰 수 있는 녹화기술의 개발이 요구된다.

## 제3절. 연구개발의 범위

### 1. 비탈면 점식 녹화를 위한 굴삭기 부착형 식혈기계(Digger) 개발

- ▶ 임도공사를 비롯한 다양한 종류의 토목공사에 널리 사용되고 있는 굴삭기를 이용한 부착형 식혈기계를 개발
- ▶ 경제성 확보를 위한 다공의 천공가능 기술 개발 및 틸팅가능
- ▶ 식혈기계의 경량화
- ▶ 식혈기계의 경제성 분석
- ▶ 적용가능 비탈면의 범위를 단단한 화강암질 풍화토(일명 강마사) 및 연암에 적용가능토록 함

### 2. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의 생태학적 특성 규명

- ▶ 식생조사 : 북부, 중부, 남부지역의 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의 종류 및 지상부와 하부의 생육상태를 조사한다.
- ▶ 지형환경조사 : 북부, 중부, 남부지역의 지형환경조사를 위해 경사, 방위, 해발고등을 조사한다.
- ▶ 토양조사 및 분석 : 북부, 중부, 남부지역의 토양의 이화학적 특성 조사 및 분석

을 위해 유기물, pH, 전질소, 유효인산, 치환성칼리, 칼슘, 마그네슘, CEC 및 토성, 토색, 경도, 수분함량, 가비중 등을 조사 분석한다.

- ▶ 특히 개발된 기계의 시험시공지 주변의 식생을 정밀 조사하여 점식녹화용 종자의 선택 및 확보를 도모한다.

### 3. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식 녹화를 위한 종자배합기술 개발

- ▶ 천공파종의 효과분석
- ▶ 중부, 남부, 북부지방에서 이용가능한 식물종 선정
- ▶ 선정된 식물의 종자 취득(종자의 확보는 전문 종자회사에서 구입하거나 현장 조사시 직접 채취하는 방법 병행)
- ▶ 종자의 발아율 검정, 저장방법 등 구명
- ▶ 파종혈의 다양한 규격에(깊이, 각도 등) 대한 활착율 등을 구명
- ▶ 식물 종별, 유형별 종자배합비율 구명
- ▶ 파종시기 및 파종량 구명
- ▶ 배양토의 조제방법 개발
- ▶ 파종식물과 이입식생과의 경쟁관계 분석

## 제2장. 국내외 기술개발 현황

### 제1절. 식혈기계의 개발

지금까지 국내에서 실시되어온 비탈면의 녹화공법은 주로 종자를 물에 혼합한 후 흡착제를 첨가하여 비탈면에 뿌리는 공법이었다. 이러한 공법은 비탈면이 안정되어 있거나 비탈면에 토양기반재가 있을 경우에는 성공률이 매우 높으면서도 저렴한 공법이라 할 수 있다. 하지만 비탈면이 다소 불안정하거나 식생기반인 토양이 부족한 경우에는 종자를 살포하는 공법만으로 비탈면을 녹화하는데는 한계가 있는 실정이다. 이에 여러 가지 종자에 식생기반을 포함하여 살포하는 뽐어붙이기 공법이 개발되었고 비탈면의 경사가 급하거나 비탈면에 요철이 심한 경우에 추가적으로 네트를 부착시키는 공법들이 개발되어 사용되고 있는 실정이다.

하지만 이러한 뽐어붙이기 공법의 경우도 현재 우리나라에서 발생하고 있는 대부분의 화강암질 풍화토(일명 마사토) 비탈면 녹화에는 한계가 있는 실정이다. 특히 화강암질 풍화토 비탈면의 경우 토심이 얇고 토양입자간의 응집력이 매우 약하며 토양구조가 발달되어 있지 않기 때문에 식물의 정착과 생육이 매우 곤란하다. 특히 화강암질 풍화토는 그 물리적 특성상 건조기에는 단단히 고결되고, 강우시에는 점착력이 극히 약해져서 일정한 경사보다 급할 경우 표면침식과 붕괴가 빈번히 발생하는 특성이 있다. 따라서 이러한 미숙한 토양에 초본류나 수목의 식재가 이루어지더라도 식물의 정착과 생육이 어렵기 때문에 식생기반인 토양이 반드시 종자 또는 묘목과 함께 시공이 되어야 하며, 강우나 비탈면의 경사도와 같은 물리적인 특성에 의해 식생기반인 토양이 유실되지 않는 공법이 개발되어야 한다.

이에 본 연구에서는 화강암질 풍화토 비탈면에 점식녹화를 실시할 수 있도록 식혈기계를 개발하고자 하였다. 특히 국내에서는 이미 몇몇 특수 지역에 대해 점식녹화가 이루어지고 있는데 이때 실시하는 식혈작업은 소형기계와 인력을 이용한 방법으로 수행되어 왔기 때문에 인건비의 상승과 위험하고 힘든 일을 기피하려는 사회현상 등의 이유로 경제적 측면의 경쟁력을 갖추지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 식혈기를 개발할 때, 가장 보편화된 토목용 기계인 굴삭기를 베이스 머신(base-machine)으로 사용할 수 있도록 하였으며, 이를 통해 기계 개발비 및 구입비를 줄이고 굴삭기의 활용도를 높이도록 하였다.

반면 외국에서는 굴삭기를 베이스머신으로 한 다양한 기계의 활용이 활발히 이루어

지고 있으나 본 과제와 같이 식혈기계를 개발한 예는 없는 실정으로 개발 후 관련 산업분야에의 활용도가 높을 것으로 기대된다.

## 제2절. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의 생태학적 특성 규명

국내에서는 일반적인 비탈면 안정 녹화용 국산 초류 및 외래 초류의 파종시기별 발아특성의 규명에 관한 연구와 몇 가지 초류의 혼합파종시 발아특성과 성장 특성에 관한 연구는 많이 수행되어 왔다. 반면 일본에서는 다양한 파종녹화방법과 특히 무토양 암석비탈면의 녹화공법에 대한 연구가 많이 수행되어 왔으며, 다양한 공법들이 개발되어 왔다.

하지만 화강암질 풍화토 비탈면에 대해 파종구멍을 만들어 종비토를 충전하는 녹화공법에 대한 연구는 아직 수행된 바 없으며, 초본류와 목본류 종자의 혼파, 주변의 환경조건을 고려하여 비탈면 주변의 자연식생 목본류와의 혼파에 따른 녹화효과에 대한 연구도 미진한 실정이다. 또한 지역에 따라서 토질, 이용가능한 식생의 종류, 기상, 강우특성 등이 다르기 때문에 외국의 기술을 도입하여 바로 적용하는 것은 효과를 기대하기 어려운 실정이다.

이에 본 연구에서는 우리나라의 화강암질 풍화토 비탈면에 생육하는 식생을 북부지방, 중부지방, 남부지방으로 분류하여 화강암질 풍화토 비탈면에 자생하는 초본류와 목본류의 생태학적 특성을 규명하여 종비토 배합기술에 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 제3절. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식녹화를 위한 종자 배합기술 개발

우리나라에서 임도비탈면 녹화공법으로 광범위하게 사용하고 있는 공법은 종자뿌어 붙이기공법이다. 이 공법이 화강암질 풍화토 임도비탈면에도 사용되고 있는데, 이 공법으로는 대부분의 화강암질 풍화토 비탈면을 녹화하는 것은 거의 불가능한 실정에 있다. 특히 화강암질 풍화토 비탈면의 경우 토심이 얇고 토양입자간의 응집력이 매우

약하며 토양구조가 발달되어 있지 않기 때문에 식물의 정착과 생육이 매우 곤란하다. 또한, 화강암질 풍화토는 그 물리적 특성상 건조기에는 단단히 고결되고, 강우시에는 점착력이 극히 약해져서 일정한 경사보다 급할 경우 표면침식과 붕괴가 빈번히 발생하는 특성이 있다. 따라서 이러한 미숙한 토양에 초본류나 수목의 식재가 이루어지더라도 식물의 정착과 생육이 어렵기 때문에 식생기반인 토양이 반드시 종자 또는 묘목과 함께 시공이 되어야 하며, 강우나 비탈면의 경사도와 같은 물리적인 특성에 의해 식생기반인 토양이 유실되지 않는 공법이 개발되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 화강암질 풍화토 비탈면에 대해 파종구멍을 만들어 종비토를 충전하는 녹화공법에 착안하였으며, 심층점식 파종공법을 위한 최적 천공방법, 초본류와 목본류 종자의 혼파를 위한 종자매합방법, 녹화 대상지 주변의 자연식생 이용방법, 식혈배양토 조제방법 등을 개발하고자 하였다.

## 제3장. 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절. 비탈면 점식 녹화를 위한 굴삭기 부착형 식혈기계 (Digger) 개발

#### 1. 기계개발의 배경

일반 도로와 마찬가지로 임도는 산림내의 동맥이며 임업경영 및 산림관리 등을 위한 산림내의 기반시설일 뿐만 아니라 지역진흥을 위하여 시설되는 도로로서 임업에서 없어서는 안 될 필수적인 사회간접자본시설이다. 국내에 개설된 총 임도연장은 1990년도 말 2,585km에서 2003년도 말에 15,510km(임도밀도 2.4m/ha)로 약 15년간에 많은 양의 시공이 이루어졌지만 아직도 임업선진국에 비하면 빈약한 실정이며, 합리적인 산림경영을 위해서는 임도시설의 확충이 불가피한 현실이다. 이러한 임도의 개설을 비롯하여 일반 도로의 개설, 경사지의 토지개발 등은 필연적으로 비탈면을 발생시킨다.

우리나라 산림의 대부분은 화강암과 편마암을 모암으로 하는 토양으로 구성되어 있다. 화강암질 토양은 대부분 조립질 사토를 생산하는데 이러한 토양은 토심이 얇고 토양입자간의 응집력이 매우 약하며 토양구조가 발달되어 있지 않기 때문에 식물의 정착과 생육을 어렵게 한다. 특히 화강암질 풍화토(일명 마사토 decomposed granite, weathered granitic soil)는 그 물리적 특성상 건조기에는 단단히 고결되고, 강우시에는 점착력이 극히 약해져서 표면침식과 붕괴가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 이러한 미숙한 토양에 초본류나 수목의 식재가 이루어지더라도 식물의 정착과 생육을 어렵게 하며 집중호우시 침식이나 산사태 등이 발생하게 된다.

이러한 화강암질 풍화토의 비탈면을 녹화하기 위하여 주로 사용되고 있는 종자뿌어붙이기공법은 비탈면의 토질에 관계없이 동일한 방법으로 적용되고 있으나 화강암질 풍화토 비탈면에 기존의 종자뿌어붙이기공법으로는 안정과 녹화효과를 기대하기 어려운 실정이다. 따라서 이들 지역에 대해서는 기존의 방법을 보완할 수 있는 새로운 녹화기술이 요구되고 있는 실정이다.

#### 2. 기계개발의 과정

##### 가. 기계개발을 위한 설계

비탈면 점식녹화를 위한 식혈기계의 개발은 기본적으로 건설기계에 부착할 수 있는 형태로 제작하였으며, 우리나라 현실에 가장 범용적으로 사용되는 굴삭기 부착형으로

제작을 하였다.

기계개발 과정은 그림 1과 같이 식혈기계 제작 구상을 실시하고 식혈기계의 기본 제원(목표 제원)을 설정한 후 이를 설계하여 제작하도록 하였다. 특히 기계 개발 후에 실내 성능시험을 통해 문제가 발생할 경우 기계설계 부분부터 새롭게 실시할 수 있도록 하여 성능을 보완하였다. 또한 실내 성능시험을 통과한 이후에도 현장실험을 통해 발생한 문제에 대해서도 feedback을 실시하여 보완하였다.

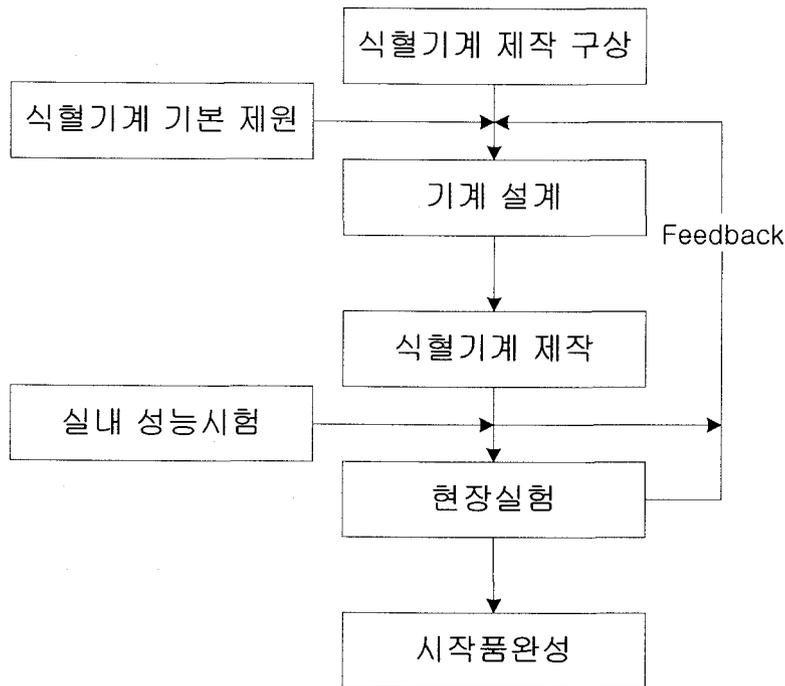


그림 1. 식혈기계 개발 흐름도

전술한 바와 같이 그림 1의 흐름도에 따라 식혈기계를 개발하였으며, 연구개발 1년 차에는 표 1에서 보는 바와 같이 식혈기계의 베이스머신으로 0.7m<sup>3</sup>급 굴삭기를 선정하였으며 식혈기계의 Drill 가능 수량을 6개로 결정하였다. 특히 본 연구과제의 제3과제인 ‘화강암질 풍화토 비탈면의 점식녹화를 위한 종자배합기술’에서 실시하는 천공의 깊이별, 각도별 식생의 활착률 시험결과에 대비하여 천공의 깊이와 지름이 각각 50, 100, 150mm를 모두 실시할 수 있도록 설계하였다. 또한 세부사항으로서 굴삭기의 공급 동력에 따른 식혈기계의 각부 동력을 계산하고 기능품을 선정 후 굴삭기의 유압 동

력을 6개로 구성된 드릴의 회전력으로 변환하도록 설계하였다. 특히 효율적인 제어가 고려된 유압, 전기 시스템 설계를 위해 드릴 완료시 자동정지, 드릴 격납후 자동정지 등 운전자 편의 위주의 컨트롤 등을 구성하였다. 아울러 견고하고 수리가 용이한 구조로 설계하여 시공시 발생할 수 있는 고장에 대한 대처가 용이하도록 하였다(표 1 참조).

표 1. 식혈기계의 설계 내용(1년차)

| 구분                | 연구개발 목표 사양                  | 연구개발 상세 내용  |
|-------------------|-----------------------------|---|
| LAY-<br>OUT<br>설계 | 식혈기계 개발을 위한 Base-Machine 선정 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기초 자료 수집</li> <li>· 굴삭기(Base-Machine) 모델선정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본모델 : 0.7m<sup>3</sup>급 모델로 선정</li> </ul> </li> </ul>   |
|                   | 식혈기계 기본 Specification 결정    | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 기본 Specification               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동시 Drill가능 Hole 수량 : 6개 동시작업</li> <li>- Drilling 규격(mm) : D50, D100, D150</li> <li>- Drilling 깊이(mm) : DP50, DP100, DP150</li> </ul> </li> </ul>   |
|                   | 외관규격                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 크기 : [가로×세로×높이(mm)] 884×790×1332</li> <li>· Tilting 각도 : 좌우 각각 21°</li> <li>· 상하 각도 : 굴삭기 붐 또는 암에 의한 자유로운 각도조절</li> </ul>  |
| 상세<br>설계          | 구조설계                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 굴삭기(Base-Machine)와 조립 Breaker의 구조설계</li> <li>· 식혈기계의 구조 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilting Part</li> <li>- Extension Part</li> <li>- Rotation Part</li> <li>- 기타 구조물</li> </ul> </li> </ul> |
|                   | 시스템 설계                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 굴삭기(Base-Machine)와 식혈기의 유압 호환성 검토 및 설계</li> <li>· 유압 회로의 설계 및 시스템 구성</li> <li>· 조작판넬(전기회로)의 설계</li> </ul>  |
|                   | 구조설계 및 시스템 설계의 검증           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조설계 시스템 설계의 종합 검증</li> <li>· 시제품 제작 전 구조설계 시스템 설계의 종합 검증</li> </ul>   |

특히 화강암질 풍화토의 특성은 강도가 높으면서도 점착성이 매우 낮기 때문에 일정한 강도와 드릴속도를 유지하도록 설계하였다. 또한 임도비탈면의 형상이 매우 다양하기 때문에 상하 뿐만 아니라 좌우로도 Tilting이 가능하도록 설계하였다. 상기 사

항에 준해 식혈기계를 제작하였으며, 식혈기계의 세부 설계 제원은 표 2와 같다.

표 2. 식혈기계의 세부 설계제원

|          |          | 항목                                 | 계산식  | 값  | 단위   |                        |
|----------|----------|------------------------------------|--|--|--|------------------------|
| 작업장치     | Motor    | 설정압력                               | $Pm1 =$  | -  | 200 kg/cm <sup>2</sup>                                   |                        |
|          |          | 필요(공급)유량                           | $Qm1 =$  | $Qp \times Ep$   | 100 lpm  |                        |
|          |          | 용적                                 | $qm1 =$  | -  | 337.00 cc/rev  |                        |
|          |          | 회전수                                | $Nm1 =$  | $Qm1 \times 1,000 / qm1 =$                                   | 49 rpm   |                        |
|          |          | Torque                             | $Tm1 =$  | $((Pm1 - Pr) \times qm1) / (\pi \times 200)$                 | 101.91 kg.m  |                        |
|          |          | 감속비                                | $im1 =$  | -  | 1.00 -   |                        |
|          |          | 수량                                 | $Em1 =$  | -  | 6 ea   |                        |
|          |          | 출력부 회전수                            | $Nm1 =$  | $Nm1 / im1 =$  | 49.46 rpm  |                        |
|          |          | 출력부 torque                         | $Tm1 =$  | $Tm1 \times im1 =$   | 101.91 kg.m  |                        |
|          |          | 회전부 외경                             | $Dh =$   | -  | 120.00 mm  |                        |
| 회전부 회전력  | $Fh =$   | $Tm1 \times 2 \times 1,000 / Dh =$ | 1,698.45 kgf   |  |  |                        |
| 실린더      | 신장       | 설정 압력                              | $Pc1 =$  | -  | 100 kg/cm <sup>2</sup>                                   |                        |
|          |          | 필요(공급)량                            | $Qc1 =$  | -  | 3.00 lpm   |                        |
|          |          | Stroke                             | $St1 =$  | -  | 25.00 cm   |                        |
|          |          | Head 내경                            | $Da1 =$  | -  | 4.00 cm  |                        |
|          |          | Rod 외경                             | $da1 =$  | -  | 2.50 cm  |                        |
|          |          | Head부 용적                           | $qh1 =$  | $\pi \times Da1^2 \times St1 / (4 \times 1,000) =$           | 0.31 liter   |                        |
|          |          | Rod 용적                             | $qr1 =$  | $\pi \times (Da1^2 - da1^2) \times St1 / (4 \times 1,000) =$ | 0.19 liter   |                        |
|          |          | 수량                                 | $Ec1 =$  | -  | 1 ea   |                        |
|          | 작동시간     | Head부 작동                           | $Sh1 =$  | $(qh1 \times 60) / (Qc1 \times Ec1) =$                       | 6.28 sec   |                        |
|          |          | Rod부 작동                            | $Sr1 =$  | $(qr1 \times 60) / (Qc1 \times Ec1) =$                       | 3.83 sec   |                        |
|          |          | 출력                                 | Head부 작동   | $Fh1 =$  | $Pc1 \times \pi \times Da1^2 \times Ec1 / 4 =$           | 1,257 kgf              |
|          |          |                                    | Rod부 작동  | $Fe1 =$  | $Pc1 \times \pi \times (Da1^2 - da1^2) \times Ec1 / 4 =$ | 766 kgf                |
|          | 실린더      | 선회                                 | 설정 압력  | $Pc2 =$  | -  | 100 kg/cm <sup>2</sup> |
|          |          |                                    | 필요(공급)유량   | $Qc2 =$  | -  | 3.00 lpm               |
| Stroke   |          |                                    | $St2 =$  | -  | 12.00 cm   |                        |
| Head 내경  |          |                                    | $Da2 =$  | -  | 4.00 cm  |                        |
| Rod 외경   |          |                                    | $da2 =$  | -  | 2.50 cm  |                        |
| Head부 용적 |          |                                    | $qh2 =$  | $\pi \times Da2^2 \times St2 / (4 \times 1,000) =$           | 0.15 liter   |                        |
| Rod 용적   |          |                                    | $qr2 =$  | $\pi \times (Da2^2 - da2^2) \times St2 / (4 \times 1,000) =$ | 0.09 liter   |                        |
| 수량       |          |                                    | $Ec2 =$  | -  | 2 ea   |                        |
| 작동시간     |          | Head부 작동                           | $sh2 =$  | $(qh2 \times 60 \times Ec2) / Qc2 =$                         | 6.03 sec   |                        |
|          |          | Rod부 작동                            | $Sr2 =$  | $(qr2 \times 60 \times Ec2) / Qc2 =$                         | 3.68 sec   |                        |
| 출력       | Head부 작동 | $Fh2 =$                            | $Pc2 \times \pi \times Da2^2 \times Ec2 / 4 =$           | 2,513 kgf  |  |                        |
|          | Rod부 작동  | $Fr2 =$                            | $Pc2 \times \pi \times (Da2^2 - da2^2) \times Ec2 / 4 =$ | 1,532 kgf  |  |                        |

나. 기계의 구성 및 부품

표 2에서 보는 기본적인 설계 제원 및 계산치를 이용하여 기계제작을 실시하였으며, 이때 필요한 주요 구성품과 제원은 다음과 같다(표 3).

표 3. 식혈기계의 구성부품

| 항 목     | 구 성 품                   | 규격 및 요구사항   | 수량 | 용 도               |
|---------|-------------------------|---|----|-------------------|
| 구조물     | Mounting Housing        | - 내 고하중   | 1  | 굴삭기 연결 및 장치 지지    |
|         | Device Housing          | - 내 고하중   | 1  | Digger부 장착        |
| Digger부 | Hydraulic Motor         | - 고 Torque  | 2  | Digger 선회용        |
|         | Reducer                 | - 고 Torque<br>- 내 고하중   | 2  | Digger Torque 증대용 |
|         | Gear Box                | - Spur Gear 6조  | 1  | Digger 동력 전달      |
|         | Digger                  | - 외경 $\phi 120$<br>- 내마모성   | 6  | 구멍 작업             |
|         | Flow Divider            | - 250 bar 이상<br>- 압력 보상형  | 1  | 유압 편압 방지          |
|         | Flow Regulator          | - 250 bar 이상<br>- 압력 보상형  | 4  | 유량, 유압 제어         |
| 작동부     | Extension Cylinder      | - 250 bar 이상<br>- Stroke 200mm  | 1  | Digger 깊이 제어      |
|         | Tilting Cylinder        | - 선회각 5° 이상   | 2  | Digger 장치 선회      |
|         | Guide                   | - 내 고하중   | 2  | Digger 장치 지지      |
| 제어부     | Control Valve           | - Electric Control<br>- 3단 Sol' V/V<br>- 1단 Unload V/V<br>- Main Relief V/V<br>- 2단 Port Relief V/V | 1  | Digger 장치 제어      |
|         | Control Box             | - Button형   | 1  | Digger 장치 제어      |
|         | Flow Regulator Valve    | - 250 bar 이상<br>- 가변제어형   | 1  | 유량 제어             |
|         | Solenoid Valve          | - 250 bar 이상  | 1  | 유량 제어             |
|         | Joy-Stick               | - Button형   | 1  | Digger 장치 제어      |
| 전기부     | Limit Switch, 전선, Relay | -   | 1  | Digger 장치 제어 안전   |
| 기 타     | 유압 Fitting              | -   | 1  | 유압 유지             |
|         | Pin등 가공품                | -   | 1  | 장치 연결 등           |

몸체는 Mountain housing과 6개의 Digger, 작동을 위한 실린더 등이 포함되거나 부착되는 부품으로서 그림 2에서 보는 바와 같이 몸체 구조는 단순하게 설계하였다. 특히 2차년도에는 몸체의 조립품에 적용되지 않았던 Hall을 3방향(몸체 조립품의 상, 좌, 우)에 설치하여 굴삭기 조작수가 직접 작업상황을 판단할 수 있도록 하였다(그림 2 참조).

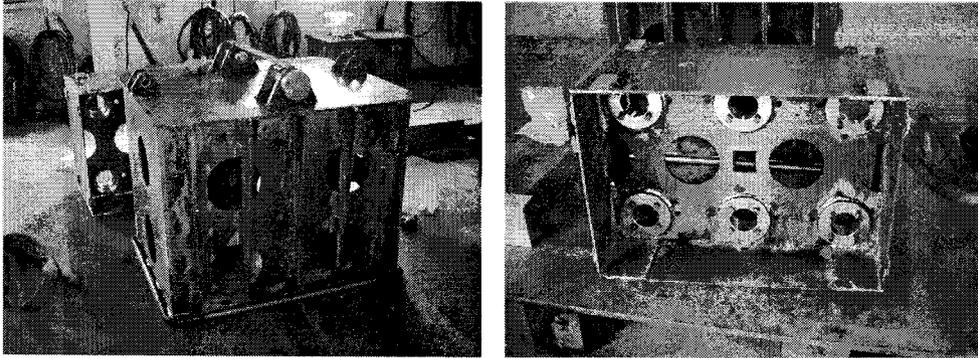


그림 2. 몸체 조립품

그림 3의 Mounting housing은 굴삭기와 식혈기계의 연결 및 장치 지지를 하는 부품으로 몸체 조립품에 부착되어 각종 작업시 생기는 하중을 견디도록 설계되었다.

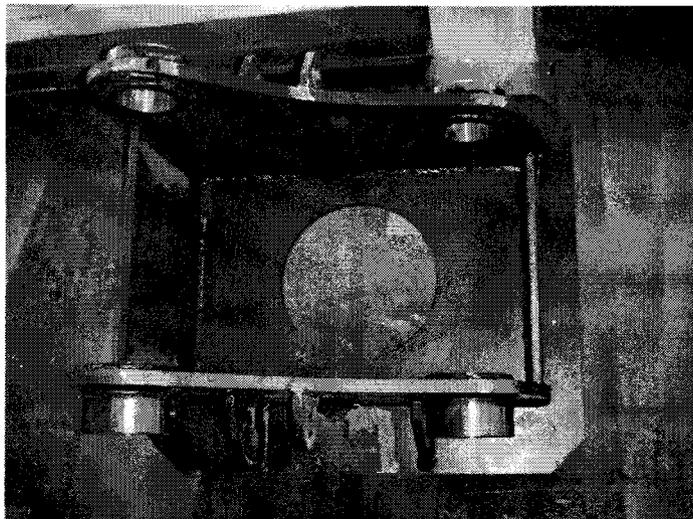


그림 3. Mounting housing

유압모터는 식혈기계의 Drill을 구동시켜 식혈을 실시할 수 있도록 하는 장치로 총 6개의 유압모터를 설치하고 압력보상형 유량 조절밸브도 설치하여 특정한 드릴에 과부하가 발생할 경우에도 다른 유압모터에 영향을 미치지 않도록 설계하였다(그림 4).

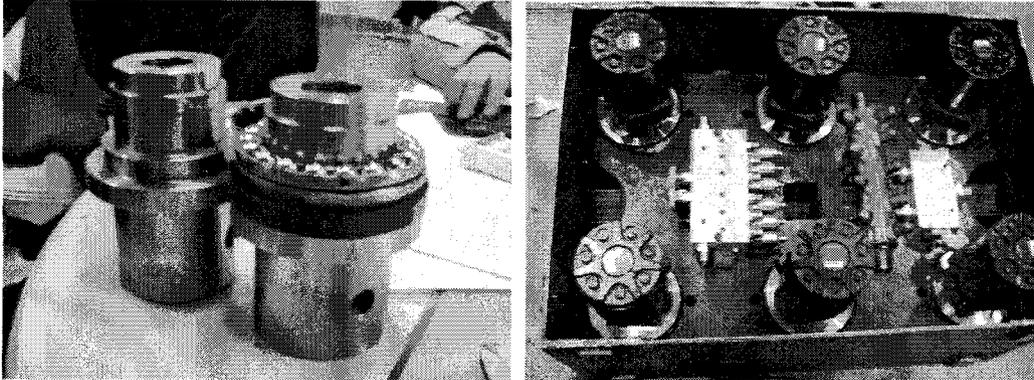


그림 4. 유압모터 조립후 모습

방향전환밸브(solenoid valve)는 유압의 방향을 바꿔주는 밸브로서 식혈기계에 적용되어 드릴의 회전방향을 결정해 주는 역할을 수행한다. 특히 식혈기계는 식혈을 실시할 때 드릴은 정회전하지만 식혈 후 드릴을 천공된 구멍으로부터 뺄 때에는 드릴을 역회전을 하면서 빼는데 이때 사용되는 것이 방향전환밸브이다(그림 5 참조).

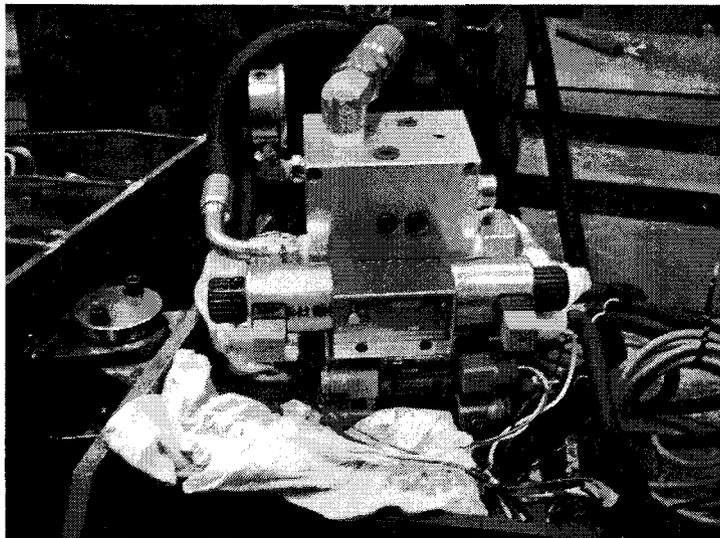


그림 5. 방향전환 밸브

식혈기계의 조작을 위한 컨트롤러로써 식혈기계가 굴삭기에 상시 부착되지 않는 경우를 대비해 굴삭기 내·외부에 쉽게 탈부착할 수 있도록 하였다. 특히 식혈기계가 임의로 지정한 깊이만큼 천공하였을 때와 같이 하나의 작업공종이 끝났을 때 램프가 점등되도록 하여 작업효율을 증대시켰으며, 위험사항 발생시 즉시 멈출 수 있도록 비상정지스위치(우측 하단 적색 버튼)를 부착하였다(그림 6 참조).

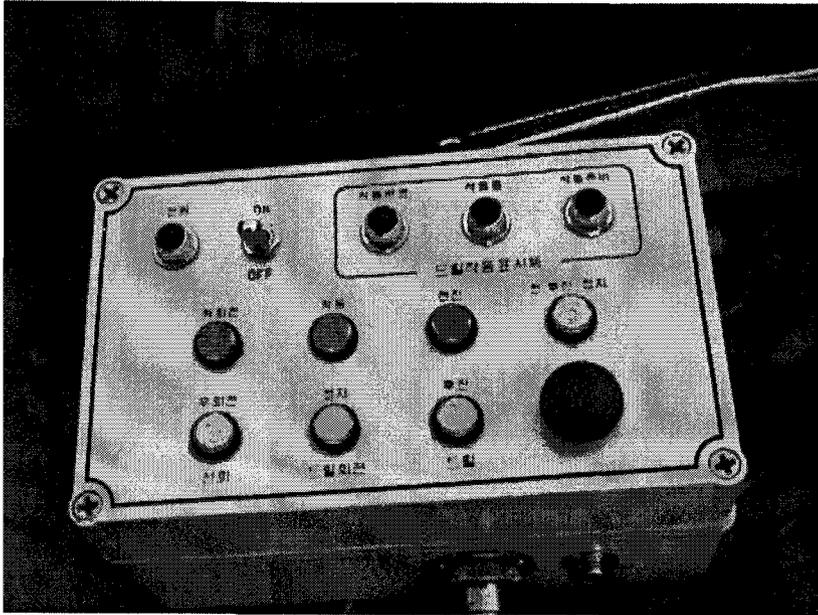


그림 6. 컨트롤러

#### 다. 기계 개발 및 성능시험

기계를 개발한 후에는 성능시험 및 기계 실연을 실시하는데 이는 시제품의 성능을 시험하여 정확한 재원을 파악하고 설계시 목표로 했던 성능과의 차이유무를 판단하고자 함이다. 또한 수차례에 걸친 성능시험을 통해 발생한 문제점들을 개선하여 기계의 성능을 향상시키고자 하였다. 특히 본 장치는 굴삭기에 부착되는 형태로서 식혈기계 자체적으로 성능시험을 실시하였을 뿐만 아니라 굴삭기에 부착한 상태에서의 성능시험을 실시하였다(그림 7 참조).

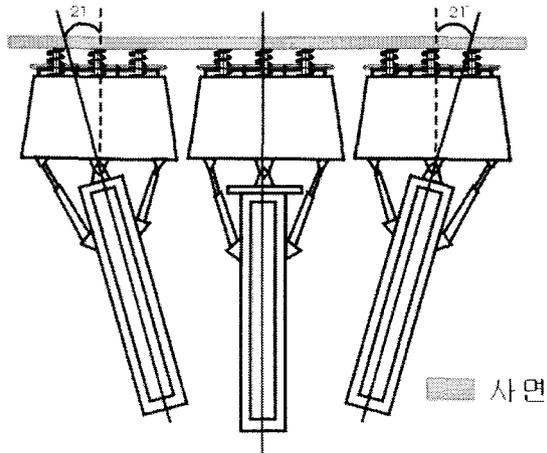


그림 8. 식혈기계의 좌우 틸팅 기능

- 식물의 식생기반은 종자의 종류에 따른 특성과 비탈면의 토양조건, 기상조건 등에 따라 요구량이 달라질 수 있으므로 천공의 깊이도 임의로 조절이 가능해야 한다. 이에 본 식혈기계는 익스텐션 실린더를 조작수에 의해 임의로 식혈깊이 조절이 가능하도록 하였으며, 지정한 깊이를 천공하였을 경우 컨트롤 박스에 있는 램프가 점등이 되고 자동적으로 천공작업이 멈추도록 하여 시간과 비용의 손실을 최소화 하였다. 또한 드릴이 멈춘 후에는 역회전하면서 후진하도록 하여 식혈구멍 내에 기존의 토사가 남아있지 않도록 제작하였다.
- ▶ 또한 식혈기계의 주요 사양을 다음 표 4와 같이 개선하였는데 제3과제에서 연구한 결과 천공된 구멍의 직경과 식생의 생육에는 특별한 유의성이 발견되지 않아 Digger 직경은 100mm로 하였으며, 천공되는 깊이는 120mm로 하되 오퍼레이터가 컨트롤러를 통해 임의로 조작할 수 있도록 하였다.
- ▶ 다만 식혈기계의 성능향상을 위해 발생된 부품사용량의 증가로 인해 식혈기계의 크기가 변경되었는데, 초기 설계했을 때의 크기인 884×790×1,332mm(가로×세로×높이)에 비해 가로방향으로는 116mm가 늘어났으며, 세로방향으로는 20mm를 줄이고, 높이는 다소 늘어난 1,000×770×1,450mm로 변경되었다.

표 4. 변경된 식혈기계의 제원

| 항 목                 | 사 양                      | 비 고     |
|---------------------|--------------------------|---------|
| Digger 경            | Φ100(mm)                 |         |
| Digger 깊이           | 120(mm)                  |         |
| Digger 수            | 6(개)                     |         |
| Digger 간격           | 상·하·좌·우 각 250(mm)        |         |
| Digger 선회 Torque    | 각각 약 71(kg·m)            | 하중 등분포시 |
| 작동 압력               | 180(kg/cm <sup>2</sup> ) |         |
| 외관 크기<br>(가로×세로×높이) | 1,000×770×1,450(mm)      |         |
| 무게                  | 약 300(kg)                |         |
| 적용 기종               | 굴삭기(0.7m <sup>3</sup> )  |         |

### 3. 개발된 식혈기계의 실연

#### 가. 식혈기계의 부착

굴삭기의 Bucket를 탈거한 후, Digger 장치를 굴삭기의 기존 연결 Pin을 사용하여 굴삭기에 장착한 후 굴삭기의 Attachment Pressure Line을 Digger 장치의 Control Valve 전에 위치한 Flow Regulator에 연결한다. 이후 Digger 장치 Control Valve의 Return Line을 Attachment Return Line에 연결하면 Digger의 작동이 가능하다.

그림 9는 본 연구에서 개발한 식혈기계를 굴삭기의 Head에 부착하는 과정을 나타낸 것이다.

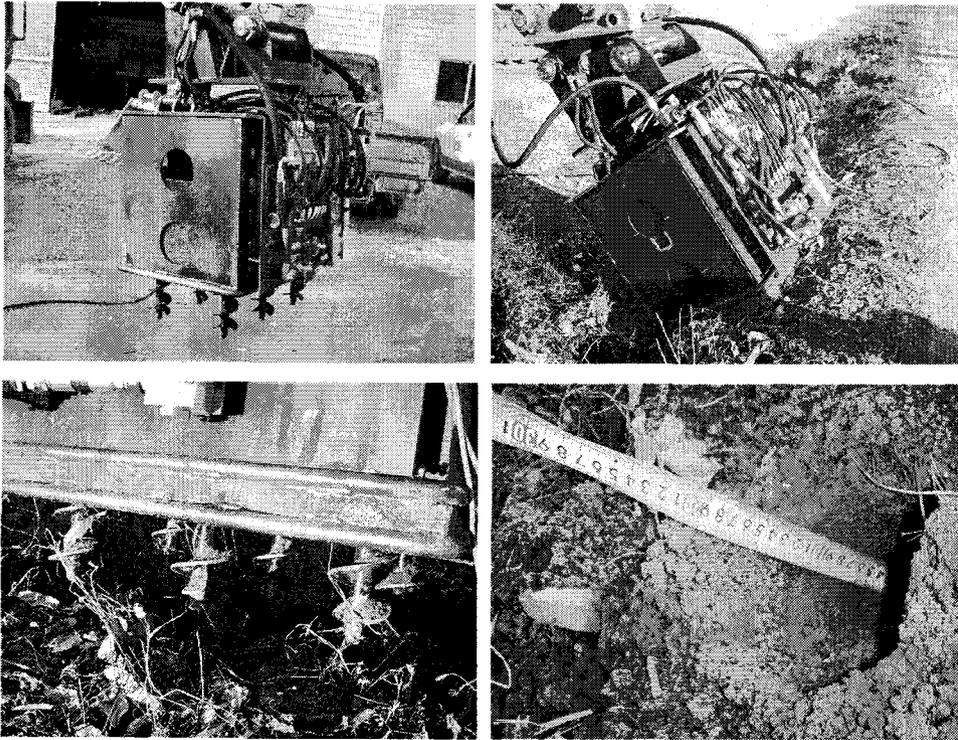


그림 7. 시제품 개발 및 성능시험

2) Digger 성능 계산

가) Motor Torque

$$Tm = \frac{(P \times q \times \eta m1)}{(250 \times \pi)} = \frac{(180 \times 250 \times 0.9)}{(200 \times \pi)} = 64.46 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

나) Motor 회전수

$$Nm = \frac{(Q \times 1,000 \times \eta v)}{q} = \frac{(50 \times 1,000 \times 0.95)}{250} = 190 \text{ rpm}$$

다) Digger Torque

$$Tr = \frac{(Tm \times i \times \eta m2)}{N} = \frac{(64.46 \times 3.5 \times 0.95)}{3} = 71.44 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

라) Digger 회전수

$$Nd = \frac{(Tm \times \eta m2)}{i} = \frac{(190 \times 0.95)}{3.5} = 51.57 \text{ rpm}$$

여기에서

P : 작동 압력 = 180 kg · m            Q : 공급 유량 = 50 LPM  
q : Motor 용적 = 250 cc/rev             $\eta v$  : Motor 용적효율 = 0.95  
 $\eta m1$  : Motor 기계효율 = 0.9             $\eta m2$  : 기계효율 = 0.95  
i : 감속비 = 3.5

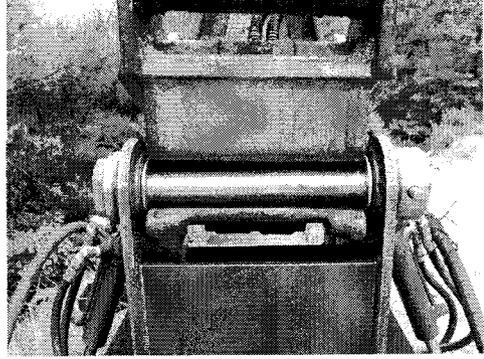
라. 식혈기계의 성능 보완

비탈면의 천공작업은 소형기계와 인력을 이용한 방법으로만 수행되어 왔으나 인건비의 상승과 작업의 위험성, 시간적 효율성의 저하로 경제성이 매우 낮았던 것이 현실이다. 이에 본 연구에서 개발한 건설기계 부착형 식혈기계는 일반 토목기계에 장착하여 사용할 수 있도록 하여 사용의 편리성을 높이고 작업의 위험성을 낮추었다. 특히 실내성능시험과 실외 현장실연을 통해 식혈기계의 성능을 보완하였는데 그 대표적인 특징을 설명하면 다음과 같다.

- ▶ 굴삭기의 유압을 사용하여 식혈기계의 천공작업과 좌, 우 선회 작동을 할 수 있도록 하였다. 특히 시제품 1호에서는 특정 드릴에 부하가 걸릴 경우 드릴이 멈추고 다른 드릴로 유압이 전해져 다른 드릴의 속도가 증가함으로 인해 드릴 및 기계에 부하를 주는 경우가 발생하였다. 따라서 이를 수정하여 하나의 드릴에 하나의 유압모터를 직결 또는 연동으로 연결 구동하고 압력보상형 유량 조절밸브를 사용하여 드릴의 부하가 다르게 작용하여도 드릴 상호간 천공회전력과 회전속도에 영향이 없이 한번에 다수의 구멍 천공작업을 동시에 수행할 수 있도록 하였다.
- ▶ 다축 드릴 식혈기계는 스윙 실린더에 의하여 좌우선회가 가능하고 굴삭기의 암실린더에 의하여 상하 작동이 가능하므로 비탈면에서 불규칙한 경사에 용이하게 경사를 맞출 수 있고 천공작업의 효율성을 증대할 수 있도록 제작되었다(그림 8).



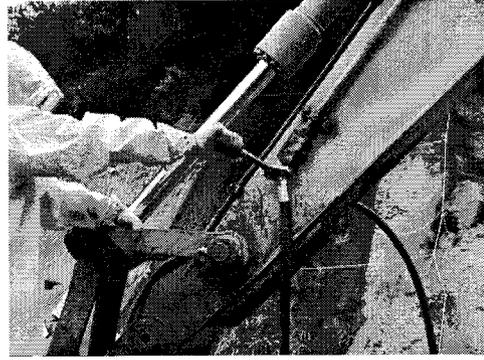
식혈기계 부착



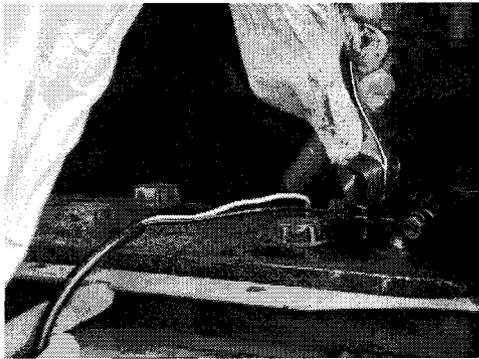
장착 후 모습



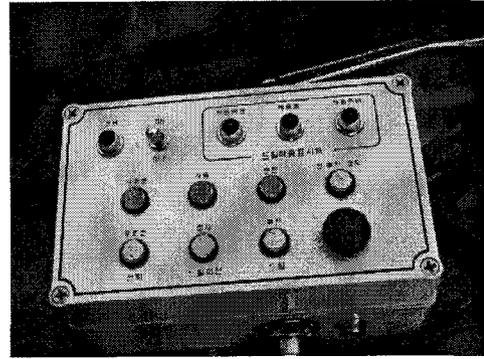
시운전



유압호스 연결(2)



컨트롤러 연결



컨트롤러

그림 9. 식혈기계의 부착과정

#### 나. Digger 장치 작동 및 원리

작업 대상이 되는 비탈면에 굴삭기를 평행하게 위치시키고 Digger 장치를 굴삭기의 조작으로 가능한 비탈면과 평행하고 수평이 되도록 정렬시킨다. 작업면이 상·하 또는 좌·우로 경사져 있을 경우에는 굴삭기의 Bucket Cylinder와 Digger 장치의 Tilting Cylinder를 작동하여 Digger 장치가 작업면에 수평을 유지하도록 조작시킨다.

- ▶ Digger 정회전 Button을 작동하여 Digger를 회전.
- ▶ Digger 장치의 Extension Cylinder 신장 Button을 작동하여 Digger를 서서히 전진. 이때, Extension Cylinder가 작동하면 안전상의 이유로 굴삭기의 작동은 정지됨.
- ▶ Digger 장치 복귀 작동
- ▶ Digger 역회전 Button을 작동.
- ▶ Digger 장치의 Extension Cylinder 신축 Button을 작동하여 Digger를 후진.
- ▶ 굴삭기를 작동하여 Digger 장치를 하강.

이하 본 연구에서 개발한 건설기계 부착형 식혈기계를 첨부한 도면을 참조하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

도면 1은 식혈기계의 측면도이고, 도면 2는 식혈기계의 구성도이며, 도면 3은 다축 식혈기계의 유압회로도이다. 도시한 바와 같이 다수의 드릴(17)이 어댑터(11)에 연결되고 드릴(17)과 어댑터(11) 사이에 회전과 하중을 지지하는 스러스트 베어링(28)이 삽입되어 있으며, 어댑터(11)는 유압모터(7)와 연결되어 있다. 조합된 드릴(17)은 스크류 하우징(6)에 조립된다.

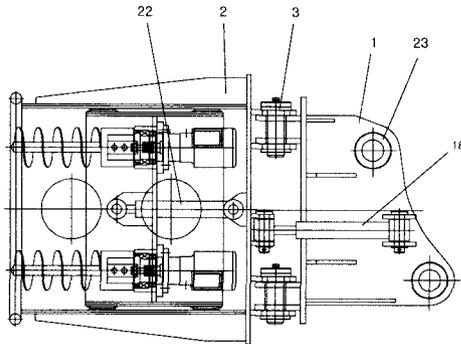
굴삭기의 유압을 유량 조절밸브(310)로 드릴부와 실린더부로 분배하여 하나의 동력원으로 두 가지의 기능을 작동하게 한다. 드릴부로 유입된 유압은 컨트롤밸브(100)를 거쳐 압력보상형 유량조절밸브(200)에 의하여 다수의 유압모터(7)가 일정한 속도로 회전을 한다. 각 드릴(17)은 압력보상형 유량 조절밸브(200)에 의하여 부하가 서로 다르게 발생하여도 상호 회전의 영향이 없이 일정한 드릴(17)작업이 가능하다.

전기 작동식 컨트롤밸브(200)를 조작하면 실린더부로 유입된 유압이 익스텐션 실린더(22)를 작동하여 드릴(17)의 전·후진이 가능하고, 전기 또는 유압 작동식 컨트롤밸브(200)를 조작하면 스윙실린더(18)가 작동하여 식혈기계의 좌우 선회가 가능하다.

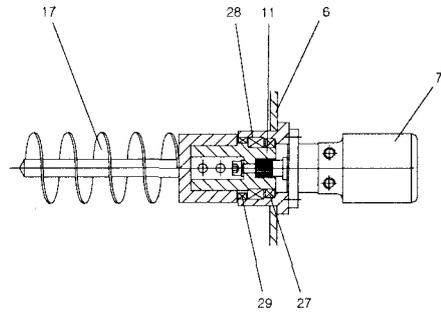
도면 4는 다축 드릴 식혈기계의 굴삭기 장착 예이고, 도면 5는 다축 식혈기계의 비탈면 좌·우 선회 작업도이다. 식혈기계를 굴삭기의 버킷 고정 위치에 샤프트(23)로

고정하고 굴삭기의 유압을 식혈기계와 연결하여 사용한다.

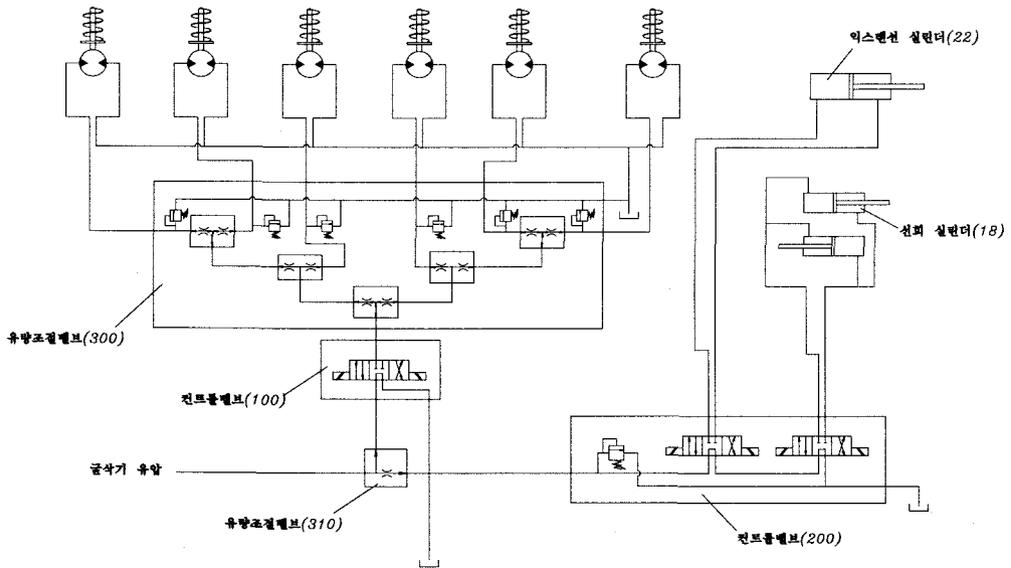
식혈기계의 조작에 있어 비탈면의 상하는 굴삭기의 암 실린더(500)로 조정하고 식혈기계의 좌우 조작은 스윙 실린더(18)로 조정하여 비탈면에서 천공작업을 한다.



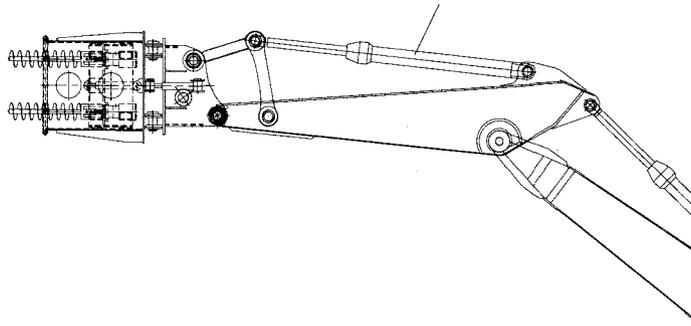
도면 1



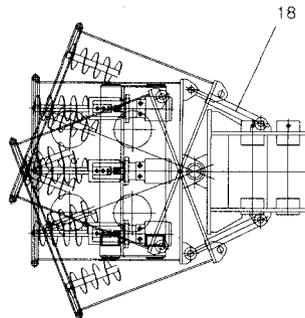
도면 2



도면 3



도면 4



도면 5

\* 본 연구에서 개발된 식혈기계의 기타 상세도면은 부록에 첨부하였다.

#### 4. 개발된 식혈기계의 작업공정 분석

##### 가. 식혈기계의 작업공정

식혈기계의 공정분석을 위해 화강암질 풍화토 비탈면이 있는 전라북도 진안군에 위치한 임도를 대상으로 식혈작업을 실시하였다. 굴삭기 오퍼레이터는 경력이 5년 이상이었으나 식혈기계를 처음으로 운영해 보기 때문에 작업숙련을 위해 1일 동안 시범작업을 실시하도록 하였다(그림 10 참조).

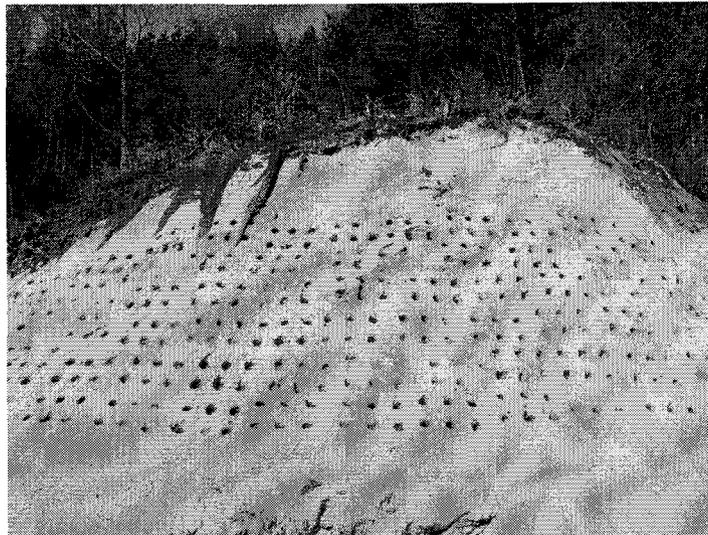
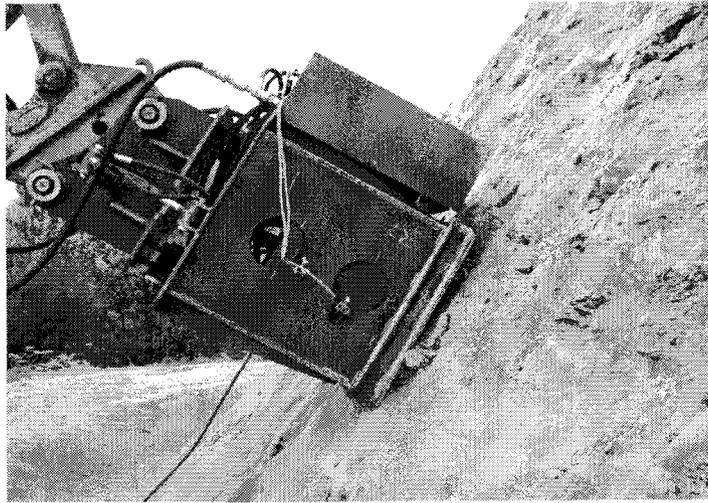


그림 10. 개발된 식혈기계의 식혈모습

시범작업을 실시한 결과 작업공정은 위밍업, 베이스머신 이동, 암 이동, 일차식혈 준비, 일차식혈, 이차식혈 준비, 이차식혈의 순으로 분석되었다. 즉, 굴삭기 부착형 식혈기계의 작업공정은 식혈기계를 부착하고 위밍업을 실시한 후 베이스 머신을 이동하여 작업 대상지 앞으로 이동을 한다. 다음으로 굴삭기 암(arm)을 이동시켜 비탈면에 부착하고 비탈면과 평행하게 식혈기계를 털탕시킨 후 1차 식혈을 실시한 후 2차 식혈을 실시하는 것으로 1사이클이 완료된다(그림 11 참조).

또한 식혈작업은 굴삭기의 기계적인 특성상 비탈면의 중방향에 맞춰 작업이 실시된

다. 즉, 비탈면의 길이가 약 7m 정도일 경우 약 10번 정도 천공을 실시한 후 옆줄로 이동하게 된다. 즉, 작업효율성을 높이기 위해서는 굴삭기의 좌우선회를 최소화하고 붐과 암을 이용해 위쪽에서 비탈면의 아래쪽으로 이동해야 한다. 특히 본 개발품은 좌우로 21° 정도 틸팅이 가능하기 때문에 베이스 머신의 1회 이동으로 약 3열의 작업이 가능한 것으로 조사되었다(그림 12 참조).

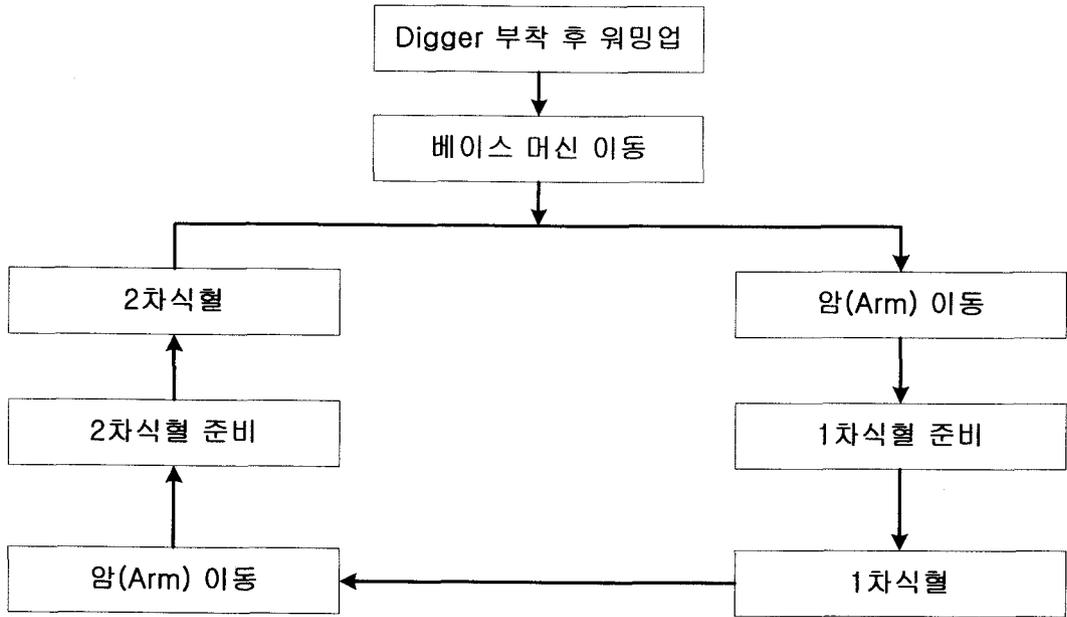


그림 11. 식혈기계의 작업공정

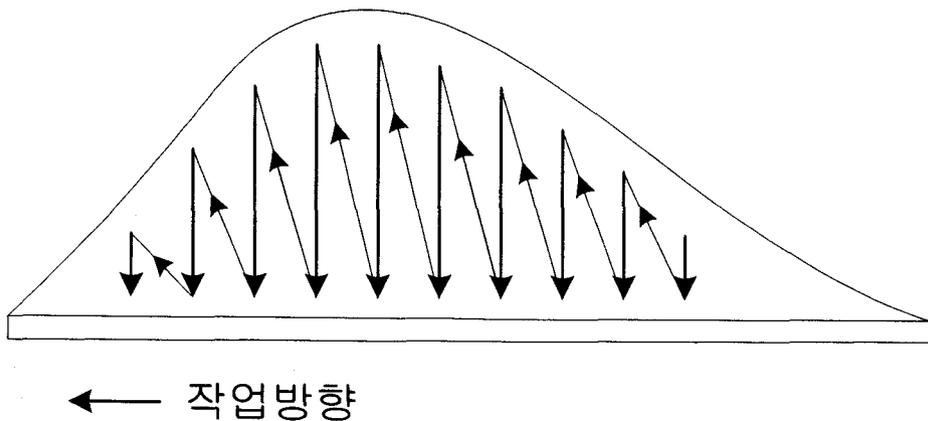


그림 12. 식혈작업의 작업방향

나. 작업공정 분석

시범작업은 약 160㎡의 비탈면을 대상으로 실시하였으며, 총 작업시간은 9시간 18분 50초였다. 그 결과 그림 13에서 보는 바와 같이 일차식혈이 전체 작업시간 중 66%를 차지하고 있는 것으로 나타나 가장 많은 시간을 차지하는 것으로 나타났으며, 식혈작업을 위해 굴삭기 암(arm)을 이동시키는 작업이 10%로 다음을 차지하였고 다음으로 2차식혈과 굴삭기 본체의 이동이 각각 9%와 4% 순으로 나타났다.

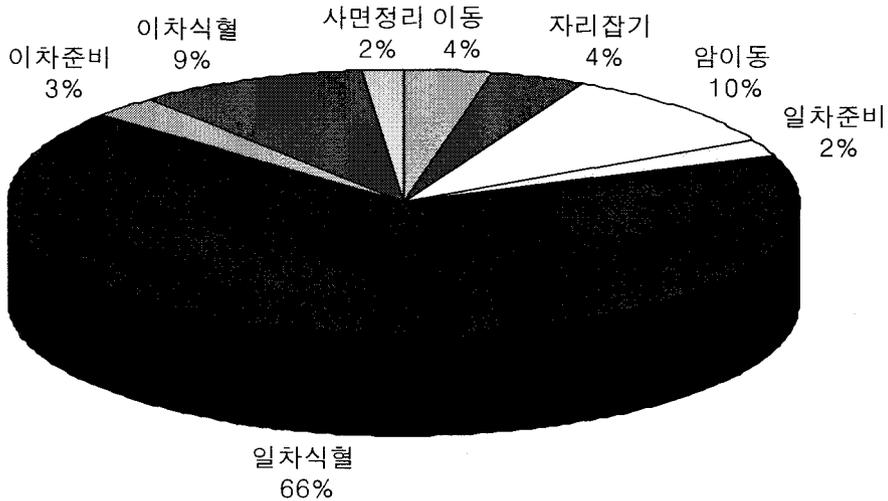


그림 13. 식혈작업의 공정분석(1차)

하지만 식혈작업에 있어 일차식혈은 반드시 필요한 작업공종이지만 이차식혈과 이차준비, 자리잡기, 비탈면정리, 이동 등은 반드시 수행되는 작업은 아니라고 할 수 있다. 즉 1차식혈 후 2차식혈을 실시하지 않을 수도 있으며, 굴삭기 본체의 이동 없이 수~수십 차례의 식혈작업이 반복될 수 있는 것이다.

따라서 소요공종별 시간을 1cycle을 기준으로 산출한 결과를 살펴보면 시범작업에서 전체적인 1cycle에 소요되는 시간은 총 159.6초로 나타났으며, 일차식혈이 106초, 암이동이 15.5초, 이차식혈이 15초로 나타났다.

한편 2차 공정조사는 1일간 연습을 실시한 후 다시 공정조사를 실시하도록 하였다. 2차 공정조사시 작업한 면적은 약 420㎡이었으며, 총 작업시간은 10시간 29분 12초이

었다.

작업공정을 분석한 결과 예행연습과 유사한 경향을 나타냈는데, 일차식혈이 66%로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 다음으로 암이동, 이차식혈, 이동이 각각 11, 8, 4%의 순으로 나타났다(그림 14 참조).

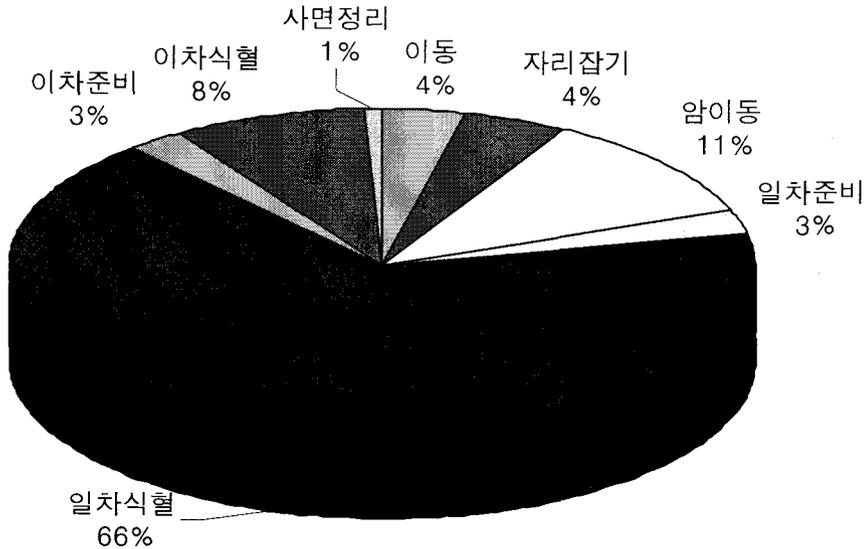


그림 14. 식혈작업의 공정분석(2차)

표 5는 0.7m<sup>3</sup>급 굴삭기의 시간당 기계경비를 산출한 결과이다. 굴삭기를 이용한 토사굴취작업과 비탈면천공작업과 직접적으로 기계경비를 비교할 수는 없지만 굴삭기의 선회작업과 베이스머신의 이동이 극히 적고 유압만을 이용한 작업이 주를 이루기 때문에 토사굴취작업의 기계경비를 넘지 않을 것으로 판단된다.

표 5. 굴삭기의 기계경비

| 구분            | 규격                  | 단위 | 단가         | 0.7m <sup>3</sup>      |               |
|---------------|---------------------|----|------------|------------------------|---------------|
|               |                     |    |            | 수량                     | 금액            |
| 유압식 백호우       | 0.7m <sup>3</sup>   | 대  | 77,535,000 | 2,148×10 <sup>-7</sup> | 16,654.5      |
| 식혈기계          |                     | 대  |            |                        |               |
| <b>기계손료</b>   |                     |    |            |                        | <b>16,654</b> |
| 경유            |                     | ℓ  | 735.81     | 10.5                   | 7,726.0       |
| 잡품            | 주연료비의 25%           | 식  |            | 1                      | 1,931.5       |
| <b>재료비 소계</b> |                     |    |            |                        | <b>9,657</b>  |
| 건설기계 운전사      | 1.0×1/8×25/20×16/12 | 인  | 78,015     | 0.20833                | 16,252.8      |
| 건설기계 조수       | 0.5×1/8×25/20×16/12 | 인  | 49,488     | 0.10416                | 5,154.6       |
| 건설기계 조장       | 0.2×1/8×25/20×16/12 | 인  | 85,318     | 0.04166                | 3,554.3       |
| <b>인건비소계</b>  |                     |    |            |                        | <b>24,961</b> |
| <b>합 계</b>    |                     |    |            |                        | <b>51,272</b> |

표 6에서 보는 바와 같이 식혈기계를 이용한 점식녹화시 1차식혈만 할 경우에는 1,902원/m<sup>2</sup>로 나타났으며, 2차식혈을 할 경우에는 2,378원/m<sup>2</sup>로 조사되었다. 따라서 식혈공법의 경우 비용적인 측면에서의 경제성은 충분히 갖춰진 것으로 판단된다. 하지만 현재는 식혈공 자체의 비용만 산출된 것으로 식혈공을 녹화하기 위한 식생공 비용을 포함할 경우 다소 비용이 상승할 것으로 예상된다.

한편 경상북도 산림환경연구소에서 실시한 연구결과에 따르면 2000년에 인력에 의한 비탈면 점식녹화의 경우 1m<sup>2</sup>당 약 505원이 소요된 것으로 조사되었다(이광선, 2000). 따라서 식혈기계를 이용해 천공을 실시한 후 점식녹화를 실시할 경우 1차 식혈만 실시할 경우에는 1m<sup>2</sup>당 2,407원이, 2차식혈까지 실시할 경우에는 1m<sup>2</sup>당 2,883원이 소요될 것으로 예상된다.

또한 1일 8시간 작업시 순작업시간을 6시간으로 볼 때 약 130~160m<sup>2</sup> 정도만 작업이 가능한 것으로 나타나 이에 대한 보완이 요구된다고 할 수 있다. 이는 여타 공법이 식혈공법에 다소 고가의 작업이기는 하지만 작업시간이 많이 소요되기 때문에 작업량 대비 작업비용의 경우에는 경제성이 다소 떨어질 소지가 있다.

표 6. 비탈면녹화공법별 적용단가(m²당)

| 공 종            | 단가      | 단가 내역  |        |       | 비고        |  |
|----------------|---------|--------|--------|-------|-----------|--|
|                |         | 노무비    | 재료비    | 경비    |           |  |
| 씨뿌리기           | 505     | 498    | 6      | 1     | m당        |  |
| 점과중            | 542     | 521    | 19     | 2     |           |  |
| 줄과중            | 738     | 669    | 69     |       |           |  |
| 전면과중           | 925     | 772    | 153    |       |           |  |
| 거적덮기           | 1,577   | 1,062  | 515    |       |           |  |
| 7급출떼공          | 4,636   | 3,094  | 1,540  |       |           |  |
| 야생화습식공         | 6,716   | 1,746  | 4,333  |       |           |  |
| 원지반 식생 정착공     | 19,230  | 1,746  | 17,156 | 310   |           |  |
| 암절개면 보호식재공     | 31,699  | 13,974 | 14,742 | 2,983 |           |  |
| 초류종자 살포공*      | 2,284   | 1,075  | 1,209  |       |           |  |
| Seed Spray*    | 2,098   | 1,285  | 702    | 111   | 한국조경산업    |  |
| Coir-net*      | 6,567   | 2,821  | 3,567  | 179   | 한국조경산업    |  |
| 룬생벚짚덮기*        | 4,249   | 2,049  | 2,200  |       |           |  |
| 룬생네트*          | 5,027   | 2,677  | 2,350  |       |           |  |
| 룬생백*           | 82,029  | 49,029 | 33,000 |       |           |  |
| 법면녹화배토습식공법(1)* | 31,682  | 20,954 | 7,909  | 2,819 | 유망 T=30mm |  |
| 법면녹화배토습식공법(2)* | 37,940  | 25,461 | 8,845  | 3,634 | 유망 T=50mm |  |
| PEC4(1)*       | 40,921  | 13,221 | 24,414 | 3,286 | T=50mm    |  |
| PEC4(2)*       | 43,544  | 13,998 | 26,044 | 3,502 | T=70mm    |  |
| 자연표토복원녹화공법(1)* | 40,713  | 3,909  | 33,594 | 3,210 | T=30mm    |  |
| 자연표토복원녹화공법(2)* | 52,683  | 4,982  | 43,519 | 4,182 | T=40mm    |  |
| 자연표토복원녹화공법(3)* | 64,652  | 6,054  | 53,444 | 5,154 | T=50mm    |  |
| 식혈공법           | 2차식혈 포함 | 2,378  | 772    | 448   | 1158      |  |
|                | 2차식혈 제외 | 1,902  | 618    | 358   | 926       |  |

\*: 2004년 적산정보에서 산출된 내역이며, 표시가 없는 것은 2000년도에 제시된 금액임

## 제2절. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의 생태학적 특성 규명

### 1. 중부지방 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 식생의 생육환경 및 생태학적 특성 규명

#### 가. 서론

지금까지의 임도는 기능적인 면만이 부각되어, 시공후 생태계에 미치는 영향이나 대규모 암반 비탈면의 경관적 중요성은 고려되지 않았으며, 임도에 의하여 생성된 비탈면의 조기녹화만을 강조하였고(김남춘, 1991; 우보명 등, 1993; 小橋登治와 村井宏, 1995), 환경친화적인 비탈면 복원에 대해서는 관심을 갖지 못하였다(김남춘, 1998). 이에 따라 초기 성장속도가 빠른 한지형 외래 초종에 대한 의존도가 매우 높았고, 우리나라 자생 초·목본식물의 사용은 제한적일 수밖에 없었다(김남춘, 1997a; 1997b).

일반적으로 녹화공법을 적용한 암반 비탈면에서의 녹화는 초기에는 초본류가 우세하지만, 시간이 경과할수록 초기 도입식생은 쇠퇴하게 되고, 침입종이 들어와서 천이가 진행된다(吉田博宣, 1983; 江崎次夫 등, 1986). 실제로 외래 초본류 위주의 녹화는 조기녹화를 위해서는 바람직하지만, 수년이 경과한 후부터는 서서히 퇴화하는 경향이 있다(김남춘, 1991). 따라서 식생에 의한 초기 조성속도의 차이는 있지만 외래 도입 초본류에 의한 녹화보다는 자생 관목과 초본류를 적절히 배합하는 녹화법이 식생안정 및 토양보전 측면에서 우수하다고 볼 수 있다(江崎次夫와 伏見知道, 1976; 김남춘, 1991).

또한, 임도비탈면의 생태계 복원은 침식조절과 야생동물의 먹이와 은신처를 제공하고, 경관미를 향상시키며(Morrison, 1981a; 1981b), 나중에 들어오는 식물들의 정착이 용이하도록 진행되는 것이 바람직하다. 이를 무시하고 침식조절만을 목적으로 외래 도입 초종들로 조기녹화하면 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하게 되어 이들 식물이 죽거나 쇠퇴하기까지 소요되는 기간 동안 생태적 천이를 기대하기 곤란해진다(김남춘, 1997b).

환경친화적인 비탈면 녹화용으로 자생 초·목본식물들을 사용하면 그 지역의 기후에 대한 적응력이 높아 유지관리가 용이하고, 비탈면 경관의 조속한 회복에 기여하여 비탈면 붕괴방지 효과면에서 외래 도입 초종보다 탁월한 장점이 있어(김남춘, 1998; Bratton, 1982), 외래 수종에 자생 초·목본식물들을 첨가하여 파종을 실시하기에 이르게 되었다(김남춘, 1991; 이재필, 1995; 전기성과 우보명, 1999a; 1999b)

특히 마사토 비탈면은 쉽게 건조해지고 붕괴가 용이하며, 토중 수분의 동태에 따라 비탈면의 붕괴 및 녹화성공에 미치는 영향이 크다(矢橋震吾와 金光達太郎, 1985). 또한, 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하며(吉田博宣, 1982), 비탈면의 안정성이 식생성립의 결정인자가 되고 있다. 따라서 마사토 비탈에 대해서는 비탈면의 경사와 비탈면형상에 따라 녹화공법을 달리 적용하여야 한다(平塚勇二, 1981). 아울러 마사토 비탈은 토질이 척박하기 때문에 우리나라 기후에 대한 적응력이 우수하고 유지관리가 용이한 자생 초·목본식물을 사용하여 녹화하는 것이 야생동물의 서식처 및 은신처 제공과 비탈면의 붕괴방지에 효과가 있어 친환경적인 비탈면의 복원대책이 되고 있다(건설교통부, 1997; 김남춘, 1998; 전기성과 우보명, 1999a; 1999b; Morrison, 1996).

마사토 비탈면의 식생침입은 시공 경과연수에 의하여 많은 영향을 받기 때문에 마사토 임도비탈면의 식생천이를 규명하기 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 임도비탈면에 어떤 자생 초·목본의 파종이 가장 적절한가 하는 문제는 시급을 요하는 문제라 아니할 수 없다. 따라서 본 연구의 목적은 지금까지 개설된 임도 비탈면에 대한 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정함으로써 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하는데 있다.

## 나. 재료 및 방법

### 1) 조사대상지의 선정

본 연구를 수행하기 위하여 충청남·북도와 경상북도 지역의 화강암질 풍화토 절토 비탈면에 외래종 및 자생 초·목본을 파종한 후 1년~13년이 경과한 절토 비탈면을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사지역은 충청남도 서천군 탄교면 등고리에서 15개소, 부여군 은산면 나령리에서 7개소, 서천군 문산면 수암리에서 1개소, 서산시 해미면 대곡리에서 9개소, 충청북도 지역에서는 충주시 산척면 상산리에서 19개소, 충주시 백운면 명서리에서 14개소, 경상북도 지역에서는 영덕군 창수면 창수리에서 13개소 등 총 78개소이며, 지역에 따른 경과연수 별 조사구 수는 표 7과 같다.

본 연구 조사 지역의 1971~2000년까지 30년 간 평균 기온과 평균 강수량을 살펴보면, 서천 11.6℃, 1228.9mm, 서산 11.8℃, 1232.1mm, 부여 12.0℃, 1334.2mm 충주 11.2℃, 1187.8mm, 영덕 12.7℃, 1035.3mm이었다(기상청, 2001).

표 7. 경과연수에 따른 조사구 수

| 시·군 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 계  |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|----|----|----|----|
| 서천군 |   |   |   |   |   |   |   | 11 |   |    | 4  |    | 1  | 16 |
| 서산시 |   |   |   | 1 |   | 3 |   | 1  |   |    | 2  | 2  |    | 9  |
| 부여군 |   |   |   |   | 4 |   | 2 |    |   |    | 1  |    |    | 7  |
| 충주시 |   | 3 | 4 | 3 | 4 |   |   | 5  | 7 | 7  |    |    |    | 33 |
| 영덕군 | 1 |   |   | 4 |   |   | 4 |    |   |    |    | 4  |    | 13 |
| 계   | 1 | 3 | 4 | 8 | 8 | 3 | 6 | 17 | 7 | 7  | 7  | 6  | 1  | 78 |

조사지역의 임상은 침·활 혼효림이 대부분을 차지하고 있으며, 침엽수로는 소나무와 해송(곰솔)이, 활엽수로는 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무 등의 참나무류가 우점종을 이루고 있다.

## 2) 조사 및 분석 방법

### 가) 식생조사 및 환경조사

식생조사와 환경조사는 2002년 7월부터 8월에 걸쳐 실시하였다. 식생조사는 임도비탈면의 피복도를 측정 한 후, 임도비탈면에 분포하고 있는 종 목록을 작성하였다. 그리고 피복도가 10% 이상인 경우 조사구 당 1m × 1m 크기의 방형구를 비탈면의 상부, 중부, 하부에서 3개소 선정하여 조사구별로 종별 개체수와 피복도를 측정하였다.

입지 환경 요인으로는 임도비탈면의 위치, 절토비탈면 방향, 해발고, 상부 산지 경사, 절토비탈면 경사, 절토비탈면 길이, 토사함유량 및 절토비탈면의 보강시설물 유무 등을 조사하였다.

### 나) Ordination 및 토양 분석

Ordination을 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.

또한, 토양의 이화학적 특성을 조사하기 위하여 화강암질 풍화토 비탈면을 대상으로 지역별, 임도설치 년도별로 토양을 채취하여, 토양의 유기물함량은 Wakely-Black

wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca, Mg, Na는 ICP로 분석하였다(Bickelhaupt and White, 1982). 토양의 pH는 1 : 5로 희석하였으며, 양이온치환용량은 Brown법으로 분석하였다. 토양의 가비중은 core를 사용하여 구했으며, 수분함량을 위해 채취된 토양을 비닐에 넣은 뒤 실험실로 운반하여 건조기에서 105℃로 건조시켰다.

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 중부지방 화강암질 풍화토의 이화학적 특성

본 조사지의 토양들은 우리나라에서 가장 널리 분포되어 있는 화강암질 풍화토로서 주요 풍화산물은 모래이다. 분석 결과 조사지 토양의 토성은 모래가 75% 이상인 사양토로 나타났다(표 8). 유기물의 경우 식생의 성장을 위해 최소 2~3%가 되어야 한다고 사료되나 본 조사지 토양에서는 거의 모든 지역에서 0.5% 이하로 나타났다. 전질소 또한 모든 조사지역에서 0.02% 이하로 나타나 질소가 매우 부족한 것으로 판단된다. 유효인산, 치환성양이온 및 양이온치환용량도 일반 산림토양의 경우보다 훨씬 낮은 값을 나타냈다(이수욱과 박관수, 1986; 박관수와 이승우, 2001).

표 8. 중부지방 화강암질 풍화토 절토비탈면의 토양특성

| 지역     | O.M.<br>(%) | T-N<br>(%) | Av-P<br>(ppm) | Ex-K<br>(me/100g) | Ex-Ca<br>(me/100g) | 토성  | C.E.C<br>(me/100g) | pH<br>(1:5) | Soil<br>water<br>content<br>(%) | Bulk<br>density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------|------------|---------------|-------------------|--------------------|-----|--------------------|-------------|---------------------------------|---|
| 영덕군    | 0.34        | 0.015      | 21.9          | 0.20              | 7.60               | 사양토 | 10.89              | 5.49        | 7.9                             | 1.20                                    |
| 서천군(1) | 0.37        | 0.012      | 6.4           | 0.07              | 1.37               | 사양토 | 2.09               | 4.81        | 2.7                             | 1.28                                    |
| 서천군(2) | 0.41        | 0.019      | 7.7           | 0.12              | 2.14               | 사양토 | 3.04               | 4.99        | 3.3                             | 1.30                                    |
| 서천군(3) | 0.56        | 0.021      | 8.4           | 0.21              | 3.14               | 사양토 | 4.08               | 5.10        | 3.9                             | 1.29                                    |
| 서천군(4) | 0.42        | 0.019      | 6.6           | 0.09              | 1.65               | 사양토 | 5.01               | 4.93        | 2.7                             | 1.28                                    |
| 부여군(1) | 0.40        | 0.015      | 8.2           | 0.14              | 1.67               | 사양토 | 3.76               | 4.73        | 9.6                             | 1.24                                    |
| 부여군(2) | 0.36        | 0.016      | 8.6           | 0.20              | 1.84               | 사양토 | 4.84               | 4.88        | 11.7                            | 1.24                                    |
| 충주시(1) | 0.17        | 0.140      | 34.8          | 0.12              | 6.60               | 사양토 | 5.14               | 5.51        | 4.2                             | 1.28                                    |
| 충주시(2) | 0.21        | 0.017      | 24.8          | 0.16              | 5.41               | 사양토 | 4.44               | 5.01        | 3.6                             | 1.22                                    |
| 충주시(3) | 0.15        | 0.005      | 11.8          | 0.07              | 6.71               | 사양토 | 3.69               | 4.92        | 3.5                             | 1.20                                    |
| 충주시(4) | 0.33        | 0.014      | 20.6          | 0.19              | 7.40               | 사양토 | 9.31               | 5.34        | 3.0                             | 1.28                                    |
| 충주시(5) | 0.20        | 0.022      | 12.8          | 0.09              | 1.78               | 사양토 | 4.85               | 4.82        | 2.5                             | 1.23                                    |
| 평균     | 0.30        | 0.020      | 13.28         | 0.13              | 3.64               | -   | 4.70               | 4.73        | 4.88                            | 1.25                                    |

토양 pH의 경우 우리나라 일반적인 산림토양의 값과 같은 pH 5.0 내외로 나타났다. 식물체 성장과 관계가 있는 지표로 사용되는 가비중의 경우도 평균 1.2g/cm<sup>3</sup> 이상으로 식물체 성장에 매우 나쁜 입지로 나타났다. 수분함량도 점토가 적고 모래가 많은 지역에서의 전형적인 값인 10% 이하로 나타나서 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 사료된다. 전체적으로 화강암질 풍화토의 이화학적 특성은 식물체 성장에 매우 좋지 않은 상태인 것으로 나타났다.

## 2) 화강암질 풍화토 비탈면 식생의 생태학적 특성

### 가) 식생의 출현 빈도

남사면의 조사측점에 대하여 경과연수별 출현빈도에 따른 비탈면 식생을 살펴보면(표 3), 경과연수가 1~3년일 때는 오리새, 싸리, 이고들빼기, 칩 등이 높은 빈도로 출현하고, 경과연수가 4~5년일 때는 싸리, 개망초, 능수참새그령 등이 높은 빈도로 출현하였으며, 6~7년일 때는 소나무, 굴참나무, 땅비싸리, 물오리나무, 진달래, 참싸리, 능수참새그령 등이 출현하여 임도 시공후 6~7년이 경과하면 소나무, 굴참나무, 진달래 등 목본류의 침입이 시작되는 것으로 판단된다. 시공후 8~10년이 경과한 임도비탈면에서는 소나무, 개망초, 참억새, 칩, 큰김의털 등이 높은 빈도로 출현하고, 11~13년이 경과한 임도비탈면에서는 소나무, 싸리, 칩, 큰까치수영, 굴피나무, 땅비싸리, 산벚나무 등 목본류가 주로 출현하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 초기녹화식물인 능수참새그령은 6~7년경에 쇠퇴하기 시작함을 알 수 있으며, 시공후 6~7년이 경과한 임도비탈면에서는 소나무 등 목본류의 침입이 본격적으로 진행되는 것으로 판단된다. 또한 11~13년이 경과한 임도비탈면에서 출현한 굴피나무, 산벚나무 등은 주변식생으로부터 침입한 것으로 판단되며, 이러한 결과는 우보명 등(1996)의 절토비탈면 출현식생의 생활형 조성 분석 결과 초본류(다년생초본, 1년생초본)의 비율은 감소하였으며, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였다는 연구결과와 일치하고 있다.

한편 북사면의 조사측점에 대하여 경과연수별 출현빈도에 따른 비탈면식생을 살펴보면(표 9 참조), 경과연수가 1~3년일 때는 싸리, 오리새 등 초기녹화용 식물들의 출현빈도가 높았으며, 4~5년일 때는 딱갈, 물오리나무, 이고들빼기, 오리새, 싸리, 소나무, 개망초, 능수참새그령 등이 높은 빈도로 출현하여 개망초, 딱갈 등의 초본류가 침입함을 알 수 있었으며, 목본류로는 소나무가 출현하기 시작되는 것을 알 수 있다. 또한, 경과연수가 6~7년인 임도비탈면에서는 물오리나무, 참싸리 등 주로 목본류들이 우점하기 시작하는데 이 지역에서 출현빈도가 높은 물오리나무와 참싸리 등은 초기

녹화식생으로 식재된 것으로 판단된다. 8~10년이 경과한 임도비탈면에서는 쭉, 진달래, 맑은대쭉, 싸리, 이고들빼기, 큰까치수영, 딱갈 등이 높은 빈도로 출현하였으며, 11~13년이 경과한 임도비탈면에서는 소나무, 딱갈, 참억새 등이 높은 빈도로 출현하였다.

임도비탈면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도비탈면의 피복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지기 때문에 동일한 조건을 갖춘 조사구를 찾는다는 것이 쉽지 않았다. 능수참새그령의 경우, 1~3년이 경과한 임도비탈면과 8~10년이 경과한 임도비탈면에서는 출현하지 않았는데, 11~13년이 경과한 임도비탈면에서 출현한 것도 시공년도에 따라, 그리고 시공 주체에 따라 파종하는 초종이 다르기 때문이라고 사료된다. 그러나 해마다 많은 임도가 개설되는 현 시점에서 환경친화적인 임도건설을 위한 적절한 초종의 선발은 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정하여 선정하는 방법이 적절한 방안이라고 생각된다.

#### 나) 경과연수에 따른 종 구성 변화

본 조사는 목적에서 밝힌 바와 같이 시공년도별 임도의 비탈면조사를 통해 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하는데 있기 때문에 피복도가 높은 지역이 선별적으로 조사되어 출현종수와 피복도가 다소 높게 나타났다.

임도비탈면의 출현종수를 시공후 경과연수에 따라 살펴보면, 시공후 1~3년이 경과한 임도에서는 평균 6.7종이 출현하였고, 시공후 4~5년이 경과한 임도에서는 평균 13.3종, 시공후 6~7년 후에는 평균 12.4종, 8~10년 후에는 평균 15.7종, 11~15년 후에는 평균 15.1종이 출현하는 것으로 미루어 보아, 임도의 식생은 시공후 4~5년 사이에 가장 많이 증가하며 그 이후로는 약간의 변화만 있을 뿐 눈에 띄는 종수의 변화는 없었다(표 9 참조).

임도 시공후 경과연수에 따른 출현종들은 지역에 따라 상당한 차이를 보이고 있어(박문수, 1997; 2002), 본 연구에서는 충북 충주시 산척면과 백운면지역만을 대상으로 종구성 변화를 알아보기 위하여 중요종의 상대피도를 분석한 결과(표 10), 시공후 2~5년이 경과한 임도비탈면에서는 싸리가 35.00으로 가장 높은 상대피도를 나타냈으며, 그 다음으로 오리새 25.45, 족제비싸리 4.55, 왕포아풀 2.73, 쭉 1.82, 호밀풀 1.82 등의 순으로 나타났다.

표 9. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 비탈면방향에 따른 경과연수별 출현빈도

| 종       | 남사면  |      |      |      |       | 북사면  |      |      |      |       |
|---------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
|         | 1~3  | 4~5  | 6~7  | 8~10 | 11~13 | 1~3  | 4~5  | 6~7  | 8~10 | 11~13 |
| 싸리*     | 0.75 | 0.60 | 0.20 | 0.36 | 0.80  | 0.50 | 0.71 | 0.50 | 0.64 | 0.28  |
| 오리새*    | 0.75 | 0.40 | 0.20 | 0.27 | 0.20  | 0.50 | 0.71 |      | 0.27 |       |
| 이고들빼기   | 0.75 | 0.40 | 0.40 | 0.55 |       |      | 0.85 | 0.50 | 0.64 |       |
| 좁       | 0.75 | 0.20 |      | 0.64 | 0.80  |      |      |      | 0.45 | 0.43  |
| 큰김의털*   | 0.50 | 0.40 |      | 0.64 | 0.20  |      | 0.43 |      | 0.18 | 0.14  |
| 개망초     | 0.25 | 0.60 |      | 0.64 |       |      | 0.43 |      | 0.36 | 0.14  |
| 뚝갈      | 0.25 | 0.40 | 0.20 | 0.36 | 0.40  |      | 0.85 |      | 0.55 | 0.71  |
| 산딸기     | 0.25 |      | 0.20 | 0.09 | 0.60  |      | 0.28 | 0.50 | 0.36 | 0.43  |
| 산초나무    | 0.25 | 0.20 | 0.40 | 0.27 | 0.60  |      | 0.43 |      | 0.36 | 0.43  |
| 죽제비싸리*  | 0.25 |      |      | 0.18 |       |      |      |      | 0.45 | 0.28  |
| 능수참새그령* |      | 0.40 | 0.40 |      | 0.20  |      | 0.43 |      |      | 0.57  |
| 그늘사초    |      |      |      |      | 0.20  | 0.50 | 0.14 | 0.50 |      |       |
| 맑은대쭈    |      | 0.20 | 0.20 | 0.55 |       |      | 0.14 |      | 0.64 | 0.57  |
| 뽕쭈      |      | 0.20 |      |      |       |      | 0.28 |      |      | 0.43  |
| 쭈       |      | 0.40 | 0.20 | 0.27 | 0.20  |      | 0.43 |      | 0.73 | 0.57  |
| 왕포아풀    |      | 0.20 | 0.20 | 0.55 | 0.40  |      |      |      | 0.18 |       |
| 참억새     |      | 0.20 | 0.20 | 0.64 | 0.60  |      | 0.14 |      | 0.36 | 0.71  |
| 큰기름새    |      |      | 0.20 |      | 0.40  |      |      | 0.50 | 0.18 | 0.43  |
| 큰까치수영   |      |      | 0.40 | 0.45 | 0.80  |      |      | 1.00 | 0.64 | 0.43  |
| 청사시덩굴   |      |      |      | 0.18 | 0.60  |      |      |      |      | 0.14  |
| 땅비싸리    |      |      | 0.60 | 0.27 | 0.60  |      |      |      | 0.09 | 0.14  |
| 진달래     |      |      | 0.60 | 0.27 | 0.40  |      | 0.14 | 0.50 | 0.73 | 0.43  |
| 참싸리     |      | 0.20 | 0.60 | 0.36 |       |      |      | 1.00 | 0.09 | 0.43  |
| 병꽃나무    |      |      |      |      |       |      | 0.14 |      | 0.55 | 0.28  |
| 붉나무     |      |      | 0.40 | 0.27 | 0.20  |      | 0.14 |      | 0.27 | 0.14  |
| 소나무     |      | 0.40 | 1.00 | 0.90 | 1.00  |      | 0.71 |      | 0.36 | 0.86  |
| 사방오리나무  |      |      |      | 0.27 |       |      | 0.14 |      | 0.09 | 0.43  |
| 물오리나무   |      |      | 0.60 |      | 0.20  |      | 0.85 | 1.00 | 0.45 |       |
| 굴피나무    |      |      |      | 0.18 | 0.60  |      |      |      | 0.18 |       |
| 산벚나무    |      |      |      | 0.55 | 0.60  |      | 0.14 | 0.50 | 0.27 | 0.28  |
| 굴참나무    |      | 0.20 | 0.60 | 0.18 | 0.40  |      | 0.14 |      | 0.18 | 0.28  |
| 신갈나무    |      |      |      |      | 0.20  |      |      |      | 0.45 | 0.14  |

\* : 과중한 종

표 10. 화강암 절토비탈면의 경과연수에 따른 상대피도의 변화

| 종     | 경과연수(2~5년) | 경과연수(8~11년) |
|-------|------------|-------------|
| 싸리    | 35.00      | 19.50       |
| 오리새   | 25.45      | 4.00        |
| 죽제비싸리 | 4.55       | 5.25        |
| 왕포아풀  | 2.73       |             |
| 쭉     | 1.82       | 0.35        |
| 호밀풀   | 1.82       |             |
| 뚝갈    | 0.91       |             |
| 쭉     | 0.91       | 14.15       |
| 산딸기   | 0.91       | 0.75        |
| 개망초   | 0.36       |             |
| 소나무   |            | 8.90        |
| 참억새   |            | 7.00        |
| 이고들빼기 |            | 4.80        |
| 물오리나무 |            | 4.50        |
| 병꽃나무  |            | 4.50        |
| 호랑버들  |            | 4.25        |
| 거제수나무 |            | 1.75        |
| 사철쭉   |            | 0.75        |
| 산초나무  |            | 0.75        |
| 애기수영  |            | 0.75        |
| 제비꽃   |            | 0.50        |
| 산벚나무  |            | 0.35        |
| 꼭두서니  |            | 0.25        |
| 닭의장풀  |            | 0.25        |
| 등골나물  |            | 0.25        |
| 물봉선   |            | 0.25        |
| 양지꽃   |            | 0.25        |
| 진달래   |            | 0.25        |
| 큰까치수영 |            | 0.25        |
| 달맞이꽃  |            | 0.15        |
| 참취    |            | 0.15        |
| 두릅나무  |            | 0.10        |

또한 임도 시공후 8~11년이 경과한 임도비탈면에서는 싸리가 19.5로 가장 높은 상대피도를 나타냈으며, 그 다음으로 쭉 14.15, 소나무 8.90, 참억새 7.00, 죽제비싸리 5.25, 이고들빼기 4.80 등의 순으로 나타났다. 이러한 결과로 보아, 임도 시공후 2~5년이 경과한 임도에서는 임도 시공시 파종한 싸리, 오리새, 죽제비싸리, 호밀풀 등의 상대피도가 높으나, 점차 주변 식생에서 침입한 쭉, 소나무, 참억새, 병꽃나무 등의 다

년생 초본과 목본류로 우점종이 변화되어 가는 것을 볼 수 있다. 그러나 임도 시공시에 파종된 씨리류는 경과연수에 관계없이 우점하는 것으로 판단된다.

#### 다) Ordination 분석

임도비탈면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도비탈면의 피복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지기 때문에 동일한 조건을 갖춘 조사구를 찾는다는 것이 쉽지 않았다. 능수참새그령의 경우, 1~3년이 경과한 임도비탈면과 8~10년이 경과한 임도비탈면에서는 출현하지 않았는데, 11~13년이 경과한 임도비탈면에서 출현한 것도 시공년도에 따라, 그리고 시공 주체에 따라 파종하는 초종이 다르기 때문이라고 사료된다. 그러나 해마다 많은 임도가 개설되는 현 시점에서 환경친화적인 임도건설을 위한 적절한 초종의 선발은 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정하여 선정하는 방법이 적절한 방안이라고 생각된다.

임도비탈면에 대한 시공 년도별 조사를 통해 천이계열을 추정함으로써 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하기 위하여 기존에 시공된 화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현한 종과 환경인자들 간의 상관관계를 규명하였다. 78개 조사구에서 출현한 종 중 5개 이상의 조사구에서 출현한 41종을 대상으로 9개 환경요인과 DCCA ordination을 실시한 결과를 최초 1, 2축에 의한 I/II평면상에 나타낸 것이다(그림 15).

그림 15에서 보는 바와 같이 조사구들은 6개의 환경 요인에 따라 분포하고 있으며, 이들 환경요인들은 DCCA ordination 결과에 의한 제1축, 제2축, 제3축의 상관관계를 살펴보면(표 5), 여러 환경요인들이 종의 분포와 밀접한 상관관계가 있으며, 제1축에서 산지사면방향과 해발고 및 절토비탈면의 길이가 가장 높은 상관관계를 보여주고 있다. 반면에 제2축은 시공후 경과연수가 높은 상관관계를, 제3축은 경사도가 높은 상관관계가 있음을 보여주고 있다. 矢橋震吾와 金光達太郎(1985)은 수분의 동태에 따라 녹화성공에 미치는 영향이 크다고 한 것과 吉田博宣(1982)이 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하다고 한 것을 볼 때, 본 연구에서 수분과 관계가 있는 산지사면방향과 경사도가 종의 분포와 높은 상관관계를 보이는 것과 같은 결과라고 사료된다. 전반적으로 볼 때 시공후 경과연수와 산지사면방향이 종의 분포에 영향을 미치는 가장 중요한 인자라는 것을 알 수 있으며, 환경요인에 따른 종 분포를 알아본 결과는 그림 16과 같다. 그림 16에서 경과연수에 따라 우점종의 변화를 보면 시공초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그령, 호밀풀, 큰김의털, 왕포아풀 등이 경과연수에 따라 씨리(참싸리), 진달래, 칩, 쑥, 붉나무, 소나무 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다.

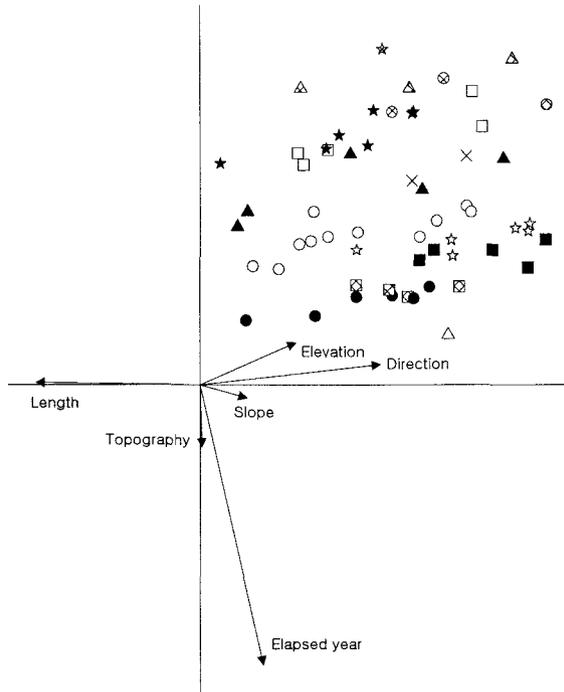


그림 15. 충청도와 경상북도 화강암질 풍화토 절토비탈면의 plots ordination : plots (☆, △, ⊗, ★, □, ×, ▲, ○, ☆, ■, ●, ⊞, △)와 환경요인(arrow)에 따른 DCCA ordination.

The plots are : ☆ = 1 years; △ = 2 years; ⊗ = 3 years; ★ = 4 years; □ = 5 years; × = 6 years; ▲ = 7 years; ○ = 8 years; ☆ = 9 years; ■ = 10 years; ● = 11 years; ⊞ = 12 years; △ = 13 years.

표 11. 충청도와 경상북도 화강암질 풍화토 절토비탈면의 plot와 환경과의 상관관계 분석

| Variables  | Axis | Canonical coefficients |        |        | Correlation coefficients |          |          |
|------------|------|------------------------|--------|--------|--------------------------|----------|----------|
|            |      | 1                      | 2      | 3      | 1                        | 2        | 3        |
| 경과연수       |      | -0.052                 | -0.389 | -0.018 | 0.021                    | -0.706** | -0.071   |
| 위치         |      | 0.081                  | 0.004  | 0.090  | -0.009                   | -0.006   | 0.232    |
| 비탈면방향      |      | 0.298                  | 0.029  | 0.053  | 0.448**                  | -0.023   | 0.149    |
| 해발고        |      | 0.352                  | 0.017  | 0.124  | 0.408**                  | -0.012   | 0.312    |
| 절토경사       |      | 0.194                  | 0.056  | -0.274 | -0.058                   | 0.069    | -0.517** |
| 절토비탈면 길이   |      | -0.335                 | 0.039  | 0.145  | -0.364**                 | 0.138    | 0.071    |
| Eigenvalue |      | 0.296                  | 0.190  | 0.100  |                          |          |          |

\* p < 0.05; \*\* p < 0.01

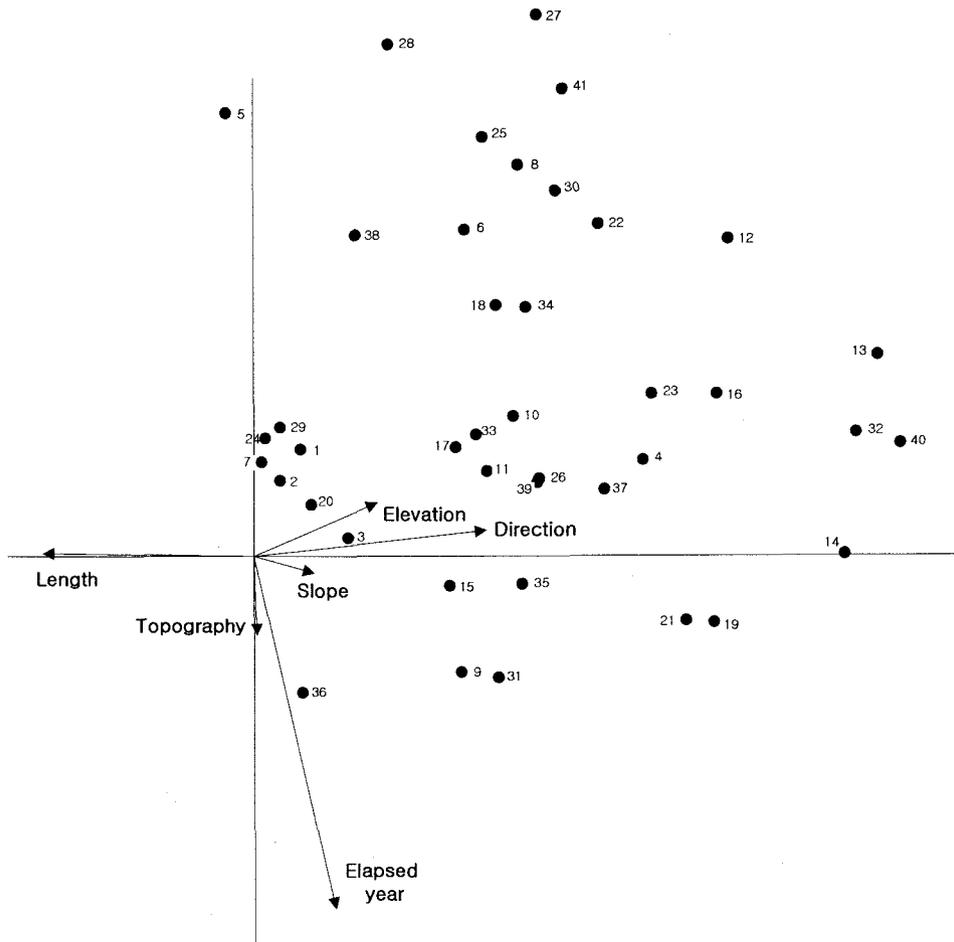


그림 16. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 종 ordination : 종(numbers)과 환경요인 (arrow).

1: 개망초, 2: 개웃나무, 3: 굴참나무, 4: 큰기름새, 5: 능수참새그령, 6: 달맞이꽃, 7: 땅비싸리, 8: 똑갈, 9: 리기다소나무, 10: 마타리, 11: 밝은대쑥, 12: 물오리나무, 13: 병꽃나무, 14: 붉나무, 15: 사방오리나무, 16: 산딸기, 17: 산벚나무, 18: 산초나무, 19: 생강나무, 20: 소나무, 21: 신갈나무, 22: 싸리, 23: 쑥, 24: 아까시나무, 25: 양지꽃, 26: 참억새, 27: 오리새, 28: 왕고들빼기, 29: 왕포아풀, 30: 이고들빼기, 31: 조록싸리, 32: 족제비싸리, 33: 진달래, 34: 참싸리, 35: 참취, 36: 청미래덩굴, 37: 취, 38: 큰김의털, 39: 큰까치수영, 40: 호랑벼들, 41: 호밀풀.

#### 4) 임도 시공후 천이단계 분석

임도 시공후 경과연수에 따른 천이단계를 분석하기 위하여 출현종을 중력형 목본류, 풍산포목본류, 침입초본류, 녹화용 초본류 등 4종류로 나누어 피복도를 기준으로 분석한 결과, 시공후 1~3년이 경과한 임도에서는 초기단계에 녹화용 초본류가 80%

이상을 차지하였으며, 경과연수가 지남에 따라 풍산포목본류와 침입초본류가 증가추세에 있는 것을 알 수 있다. 또한 중력형 목본류는 시공후 4년이 경과한 후에 출현하기 시작하였다.

김남춘 등(1998)은 능수참새그렁은 척박한 마사토 비탈면에 생육이 가능하나 과다 파종될 경우 이들만으로 비탈이 우점됨으로써 주변의 2차식생의 침입이 억제되어 식생천이가 방해된다고 하였는데, 능수참새그렁은 시공후 13년이 경과한 임도에서도 높은 빈도로 출현하였으며, 특히 서산시 해미면 대곡리에서는 시공후 12년 경과된 임도 비탈면에서 능수참새그렁이 80% 이상의 상대피도로 점유하여 2차식생의 침입이 제한된 곳도 있었다. 日本 名神高速道路法面에서의 식생천이(龜山, 2002)의 진행상황을 보면, 시공후 2년이 경과하면 초본류의 침입이 시작되어 식생천이가 원활히 진행되기 위해서는 시공후 10여년이 경과되면 녹화용 초본류는 고사되거나 거의 소멸되어야 하는데, 일부 지역에서 녹화용으로 파종한 능수참새그렁이 우점종으로 남아 식생천이를 방해하는 것으로 확인되어 능수참새그렁을 파종할 때는 과다 파종되지 않도록 유의해야 할 것으로 판단된다.

#### 라. 결론

화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 소나무, 이고들빼기, 싸리, 뚝갈, 쭉, 오리새, 칩, 참억새, 진달래, 큰김의털, 맑은대쭉, 큰까치수영, 개망초, 산벚나무, 산초나무 등의 순이다.

화강암질 풍화토의 분석 결과, 토성은 모래가 75% 이상인 사양토로 나타났다. 유기물은 0.5% 이하로 나타났으며, 전질소는 0.02% 이하로 나타나 질소가 매우 부족한 것으로 판단된다. 식물체 성장과 관계가 있는 지표로 사용되는 가비중의 경우도 평균 1.2g/cm<sup>3</sup> 이상으로 식물체 성장에 매우 나쁜 입지로 나타났다. 수분함량도 점토가 적고 모래가 많은 지역에서의 전형적인 값인 10% 이하로 나타나서 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 사료된다.

경과연수에 따른 남사면의 식생변화를 보면, 시공초기에 파종하였던 오리새, 칩, 싸리 등이 경과연수에 따라 싸리, 능수참새그렁 등을 거쳐 소나무 등 목본류의 침입이 진행되는 것으로 판단되며, 북사면에서는 시공초기에 파종하였던 싸리, 오리새 등이 경과연수에 따라 그늘사초, 쭉, 진달래, 맑은대쭉, 싸리 등을 거쳐 소나무 등으로 진행된 것으로 판단된다.

화강암질 풍화토 임도비탈면의 환경인자와 출현종들간의 상관관계를 보면 종의 분

포에 영향을 미치는 환경요인은 시공후 경과연수, 해발고, 절토비탈면 방향, 경사도 등으로 나타났다.

임도 시공후 화강암질 풍화토 임도비탈면의 천이 단계를 살펴보면 시공 직후 파종 식생인 오리새와 호밀풀, 능수참새그령 등이 출현하며, 2~3년 경과후에는 개망초, 이고들빼기 등의 1년생 초본류가 가장 먼저 침입하며 점차 쑥, 참억새 등의 다년생 초본 및 병꽃나무, 소나무 등의 풍산포목본류, 산벚나무, 생강나무, 참나무류 등의 중력형목본류의 침입이 이루어지는 것으로 조사되었다.

또한 임도 시공시에 파종된 외래 초종들은 13년이 경과한 뒤에도 임도의 남·북사면 모두에서 출현하여 임도비탈면의 정상적인 식생침입과 생태천이를 방해하는 것으로 판단된다. 따라서 이러한 외래 초종들을 대신하여 파종에 적합한 자생 초종을 살펴보면, 남사면의 경우 번식력이 강하여 초기 피복에 적합한 비수리, 족제비싸리, 싸리, 칩 등 의 콩과식물과 맑은대쑥, 쑥 등의 초본류 및 경관적인 면에서도 효과적인 소나무 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다. 그러나 싸리의 경우 강한 번식력으로 다른 파종 식물을 피압할 우려가 있으므로 다른 종자와 혼파할 경우 그 비율에 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다. 그 외에 남사면에서 시공후 4~5년이 경과한 임도에서 출현하기 시작한 참억새는 침식방지에 효과가 있을 뿐만 아니라 가을철에 운치 있고 아름다운 경관을 보여주므로 파종시 고려되어야 할 초종으로 판단된다. 북사면의 경우 번식력이 강하여 비탈면 피복에 효과적인 싸리, 비수리, 족제비싸리 등의 콩과식물과 어디에서나 쉽게 생육하는 쑥, 맑은대쑥 등의 초본류 및 산딸기, 병꽃나무, 산초나무, 소나무, 물오리나무 등이 적합할 것으로 판단된다.

## 2. 남부지방 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 식생의 생육환경 및 생태학적 특성 규명

### 가. 서론

일반적으로 녹화공법을 적용한 암반 비탈면에서의 녹화는 초기에는 초본류가 우세하지만, 시간이 경과할수록 초기 도입식생은 쇠퇴하게 되고, 침입종이 들어와서 천이가 진행된다(吉田博宣, 1983; 江崎次夫 等, 1986). 실제로 외래 초본류 위주의 녹화는 조기녹화를 위해서는 바람직하지만, 수년이 경과한 후부터는 서서히 퇴화하는 경향이 있다. 따라서 외래 도입 초본류에 의한 녹화보다는 초기 조성속도가 다소 늦은 자생 관목과 초본류를 적절히 배합하는 녹화방법이 식생안정 및 토양보전 측면에서 우수하다고 볼 수 있다(김남춘, 1991).

환경친화적인 비탈면녹화를 위하여 자생 초·목본식물들을 사용하면 그 지역의 기후에 대한 적응력이 높아 유지관리가 용이하고, 비탈면 경관의 조속한 회복에 기여하여 비탈면 붕괴방지 효과면에서 외래 도입 초종보다 탁월한 장점이 있어(김남춘, 1998), 외래 수종에 자생 초·목본식물들을 첨가하여 파종을 실시하기에 이르게 되었다(김남춘, 1991; 이재필, 1995; 전기성과 우보명, 1999a; 1999b).

특히 마사토 비탈은 쉽게 건조해지고 붕괴가 용이하며, 토중 수분의 동태에 따라 비탈면의 붕괴 및 녹화성공에 미치는 영향이 크다(矢橋震吾와 金光達太郎, 1985). 또한 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하며(吉田博宣, 1982), 비탈면의 안정성이 식생성립의 결정인자가 되고 있다. 그리고 마사토 비탈은 토질이 척박하기 때문에 우리나라 기후에 대한 적응력이 우수하고 유지관리가 용이한 자생 초·목본식물을 사용하여 녹화하는 것이 야생동물의 서식처 및 은신처 제공과 비탈면의 붕괴방지에 효과가 있어 친환경적인 비탈면의 복원대책이 되고 있다(건설교통부, 1998; 김남춘, 1998; 전기성·우보명, 1999a; 1999b).

마사토 비탈면의 식생변화는 시공후 경과연수에 의하여 많은 영향을 받기 때문에 마사토 임도비탈면의 식생천이를 밝히기 위해서는 다양한 입지에 대하여 시공년도의 경과에 따른 식생의 변화를 계속적으로 조사 관찰하는 것이 가장 적절한 방법이라고 생각된다. 그러나 이 방법은 많은 시간을 필요로 한다. 해마다 많은 임도를 개설하는 시점에서 임도비탈면에 어떤 자생 초·목본의 파종이 가장 적절한가 하는 문제는 시급을 요하는 문제라 아니할 수 없다. 따라서 본 연구의 목적은 지금까지 개설된 임도비탈면에 대한 시공년도별 조사를 통하여 화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조를 밝히고, 이를 바탕으로 그 지역에 알맞은 적절한 초·목본을 선발하는데 있다.

## 나. 재료 및 방법

### 1) 조사대상지의 선정

본 연구를 수행하기 위하여 경상도와 전라도 지역의 화강암질 풍화토 절토비탈면에 외래종 및 자생 초·목본을 파종한 후 1년~14년이 경과한 절토 비탈면을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사지역은 경상남도 산청군 생초면, 창녕군 부곡면, 밀양시 부북면, 함양군 서상면, 전라남도 보성군 벌교읍과 조성면, 화순군 남면과 춘양면, 전라북도 남원시 수지면과 이백면, 장수군 천천면 지역이며, 지역에 따른 경과연수별 조사구 수는 표 12와 같다.

본 연구 조사 지역의 1971~2000년까지 30년간 평균 기온과 평균 강수량을 살펴보

면, 산청이 12.7℃와 1479.2mm, 밀양이 13℃와 1233.8mm, 남원이 12.2℃와 1313.9mm, 장수가 10.4℃와 1422.1mm이었다(기상청, 2001).

표 12. 경과연수에 따른 조사구 수

| 시·군 | 1 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 | 계   |
|-----|---|---|----|----|----|---|---|----|----|----|-----|
| 산청군 |   |   | 8  |    |    |   |   |    |    |    | 8   |
| 창녕군 |   |   |    |    |    |   |   |    | 2  | 2  | 4   |
| 밀양시 |   | 1 | 3  |    |    |   |   |    |    |    | 4   |
| 함양군 |   | 8 | 6  | 8  | 7  |   |   |    |    |    | 29  |
| 보성군 | 3 |   |    | 4  |    |   |   |    |    |    | 7   |
| 화순군 | 5 |   |    | 1  | 2  | 1 | 2 |    |    |    | 11  |
| 남원시 |   |   | 9  | 10 | 4  |   |   | 5  |    |    | 28  |
| 장수군 |   |   |    |    |    | 3 |   | 7  |    |    | 10  |
| 계   | 8 | 9 | 26 | 23 | 13 | 4 | 2 | 12 | 2  | 2  | 101 |

조사지역의 임상은 소나무와 일본잎갈나무가 대부분을 차지하고 있으며, 일부 졸참나무, 굴참나무, 신갈나무 등의 참나무류가 분포하고 있다.

## 2) 조사 및 분석 방법

### 가) 식생조사 및 환경조사

식생조사와 환경조사는 2003년 7월부터 8월에 걸쳐 실시하였다. 식생조사는 임도비탈면의 피복도가 10% 이상이고 비탈면이 균일한 지역을 대상으로 임도비탈면에 분포하고 있는 종 목록을 작성하였다. 그리고 비탈면의 상부, 중부, 하부에서 각각 1개소씩 1m × 1m 크기의 방형구를 설치하고 종별 개체수와 피복도를 측정하였다. 또한 환경조사는 식생조사 지역에서 임도비탈면의 위치, 절토비탈면 방향, 해발고, 상부 산지경사, 절토비탈면 경사, 절토비탈면의 길이, 토사함유량 및 절토비탈면의 보강시설물 유무 등을 조사하였다.

### 나) Ordination 및 토양 분석

Ordination을 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.

또한, 토양의 대략적인 이화학적 특성을 조사하기 위하여 화강암질 풍화토 비탈면을 대상으로 지역별로 비탈면 중간지점의 표토층 0~10cm 깊이의 토양을 채취하여, 토양의 유기물함량은 Wakely-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca, Mg, Na는 ICP로 분석하였다(Bickelhaupt and White, 1982). 토양의 pH는 1 : 5로 희석하였으며, 양이온치환용량은 Brown법으로 분석하였다. 토양의 가비중은 100cc can을 사용하여 구했으며, 수분함량을 위해 채취된 토양을 비닐에 넣은 뒤 실험실로 운반하여 건조기에서 105℃로 건조시켰다.

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 남부지방 화강암질 풍화토의 이화학적 특성

본 조사지의 토양들은 우리나라에서 가장 널리 분포되어 있는 화강암질 풍화토로서 이 경우 풍화산물은 주로 모래가 된다. 분석결과 조사지 토양의 토성은 모래가 전체 토양 구성 중 75% 이상인 사양토 또는 양질사토로 나타났다(표 13 참조). 유기물의 경우 식생의 성장을 위해 최소 2~3% 정도가 되어야 하나 본 조사지 토양에서는 거의 모든 지역에서 0.4% 이하로 나타나서 매우 척박한 토양으로 보인다. 전질소 또한 0.03% 이하로 나타나 질소가 매우 부족한 것으로 판단된다. 유효인산의 경우도 대부분의 조사 지역에서 매우 적게 나타나서 식물체에 인산 결핍이 크게 우려된다. 치환성 K, Ca, Mg, 그리고 Na의 경우도 우리나라 산림토양의 경우보다 훨씬 적게 나타나(박관수와 이승우, 2001) 식물의 성장 등이 매우 나쁠 것으로 생각된다. 양이온치환용량의 경우도 최소 10me/100g 정도는 되어야 하나 본 연구 지역에서는 보통 5me/100g 정도로 매우 낮은 값을 보이고 있다. 토양 pH의 경우 우리나라 산림토양의 값인 pH 5.0~6.0 내외로 산도에 의한 문제는 없을 것으로 생각된다. 식물체 성장과 관계가 있는 지표로 사용되고 있는 가비중의 경우도 평균 1.2g/cm<sup>3</sup> 이상으로 식물체 성장 및 뿌리 성장 등에 매우 나쁜 입지로 나타났다. 수분함량도 대부분의 조사 지역에서 올해 비가 잦은 관계로 비가 온 후에 바로 샘플링을 한 곳도 있지만 점토가 적고 모래가 많은 지역에서의 전형적인 값인 10% 이하로 나타나서 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 생각된다.

표 13. 남부지방 화강암질 풍화토 절토비탈면의 토양특성

| 지역     | O.M.<br>(%) | T-N<br>(%) | Av-P<br>(ppm) | Ex-K<br>(me/100g) | Ex-Ca<br>(me/100g) | Ex-Mg<br>(me/100g) | Ex-Na<br>(me/100g) | 토성       | C.E.C<br>(me/100g) | pH<br>(1:5) | Soil<br>water<br>content<br>(%) | Bulk<br>density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|-------------|------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|-------------|---------------------------------|---|
| 산청군    | 0.37        | 0.03       | 3.3           | 0.09              | 2.62               | 1.21               | 0.21               | 사양<br>토  | 5.82               | 6.13        | 12.4                            | 1.38                                    |
| 함양군(1) | 0.17        | 0.01       | 13.4          | 0.05              | 2.21               | 1.62               | 0.35               | 양질<br>사토 | 3.22               | 5.61        | 5.4                             | 1.27                                    |
| 함양군(2) | 0.13        | 0.01       | 34.3          | 0.12              | 0.70               | 0.27               | 0.22               | 양질<br>사토 | 2.75               | 5.54        | 10.8                            | 1.28                                    |
| 함양군(3) | 0.40        | 0.02       | 14.1          | 0.07              | 4.32               | 1.62               | 0.35               | 양질<br>사토 | 6.28               | 6.46        | 8.0                             | 1.30                                    |
| 함양군(4) | 0.24        | 0.02       | 5.3           | 0.07              | 2.89               | 1.02               | 0.22               | 사양<br>토  | 5.87               | 5.14        | 8.6                             | 1.20                                    |
| 남원시    | 0.10        | 0.01       | -             | 0.05              | 3.87               | 1.26               | 0.23               | 사양<br>토  | 5.11               | 6.12        | 10.2                            | 1.28                                    |
| 평균     | 0.24        | 0.02       | 11.7          | 0.08              | 2.77               | 1.17               | 0.26               | -        | 4.84               | 5.83        | 9.2                             | 1.29                                    |

2) 화강암질 풍화토 비탈면 식생의 생태학적 특성

가) 임도비탈면의 출현 종수와 피복도

임도비탈면의 출현 종수를 시공후 경과연수에 따라 살펴보면, 시공후 1년이 경과한 임도에서는 평균 4.6종이 출현하였고, 시공후 4~5년이 경과한 임도에서는 평균 16.4종, 시공후 6~9년 후에는 평균 19.4종, 11~14년 후에는 평균 19.2종이 출현하는 것으로 미루어 보아, 임도의 식생은 시공후 4~5년 사이에 가장 많이 증가하며 그 이후로는 약간의 변화만 있을 뿐 눈에 띄는 종수의 변화는 없었다(그림 17 참조).

이미정 등(2003b)은 경상남도와 전라남도 임도비탈면의 분석에서 시공후 4~5년이 경과한 임도비탈면에서 25.5종이 출현하였다고 보고한 것보다 적은 수의 종이 출현하였는데, 이는 본 연구에서 화강암질 풍화토 임도비탈면만을 대상으로 하여 수분 및 양료 등이 일반 임도비탈면보다 불량했기 때문이라고 판단된다. 그리고 송호경 등(2003)이 충청도와 경상북도의 화강암질 풍화토의 분석에서 시공후 8~10년의 임도비탈면에서 15.7종이 출현하였다고 보고한 것보다 다소 많은 종이 출현하였다.

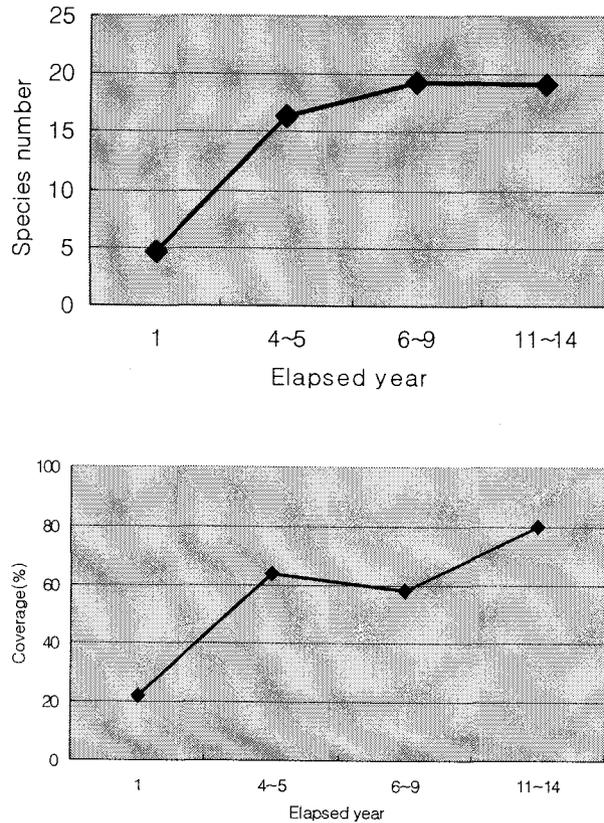


그림 17. 경과연수에 따른 종수(상)와 피복도(하)의 변화

임도 시공후 경과연수에 따른 피복도는 임도 시공후 1년 경과한 임도는 평균 4.6%가 피복되었으며, 시공후 4~5년이 경과한 임도는 평균 63.8%로 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 6~9년이 경과한 임도는 평균 57.7%, 11~14년이 경과한 임도에서는 평균 80%의 피복도를 가진 것으로 조사되었다. 피복도는 임도 시공후 4~5년까지 급격히 증가하다가 그 이후에는 조금씩 증가하는 경향을 보였다(그림 17).

이미정 등(2003a)은 충청도지방의 임도 절토비탈면의 식생천이에 대한 연구에서 시공후 6~7년이 경과하면 피복도가 86.4%에 달한다고 보고하였는데, 본 조사에서 낮게 나타난 것은 화강암질 풍화토 절토비탈면이 토양의 이화학적 특성에서도 밝혔듯이 수분과 양료 등이 일반 임도비탈면보다 불량했기 때문이라고 판단된다.

#### 나) 임도비탈면에 출현하는 침입종의 출현 빈도

임도비탈면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도비탈면의 피복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지기 때문에 동일한 조건을 갖춘 조사구를 찾는다는 것이 쉽지 않았다. 능수참새그렁의 경우, 1년이 경과한 임도비탈면에서는 출현하지 않았는데, 4~5년이 경과한 임도비탈면에서 빈도가 가장 높게 출현한 것도 시공년도에 따라, 그리고 시공 주체에 따라 파종하는 초종이 다르기 때문이라고 생각된다. 본 연구에서는 1년이 경과한 임도비탈면에서는 출현하지 않았으나, 4~5년이 경과한 임도비탈면에서 시공 초기에 파종되었던 여러 종들이 빈도가 높게 출현되었던 관계로 시공후 1년이 경과한 임도비탈면에서 출현한 조사구를 제외하고 분석을 실시하였다.

남사면의 조사축점에 대하여 경과연수별 출현빈도에 따른 비탈면 식생을 살펴보면 (표 14 참조), 시공후 4~5년이 경과한 임도비탈면에서는 시공 초기에 파종하였던 능수참새그렁, 싸리, 물오리나무, 오리새와 임도비탈면 주위에 우점하고 있는 소나무, 쭉, 이고들빼기 등이 높은 빈도로 출현하였다. 시공후 6~9년이 경과한 임도비탈면에서는 싸리, 산딸기, 칩, 참취, 소나무, 뚝갈, 능수참새그렁 등이 높은 빈도로 출현하고, 11~14년이 경과한 임도비탈면에서는 산딸기, 싸리, 이고들빼기, 큰기름새, 소나무, 쭉, 물오리나무, 산초나무, 큰까치수영, 참억새 등 목본류와 다년초가 출현하였다.

한편 북사면의 조사축점에 대하여 경과연수별 출현빈도에 따른 비탈면식생을 살펴보면, 시공후 4~5년이 경과한 임도비탈면에서는 시공 초기에 파종하였던 오리새, 큰김의털, 싸리, 물오리나무와 임도비탈면 주위에 우점하고 있는 산딸기, 소나무, 산초나무 등의 목본류와 이고들빼기, 쭉, 산박하, 큰까치수영, 맑은대쭉 등의 다년초가 출현하였다.

표 14. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 비탈면방향에 따른 경과연수별 출현빈도

| 종       | 남사면  |      |       | 북사면  |      |       |
|---------|------|------|-------|------|------|-------|
|         | 4~5  | 6~9  | 11-14 | 4~5  | 6~9  | 11-14 |
| 소나무     | 0.71 | 0.52 | 0.66  | 0.69 | 0.78 | 1.00  |
| 싸리류*    | 0.71 | 0.62 | 0.77  | 0.69 | 0.61 | 1.00  |
| 산딸기     | 0.33 | 0.62 | 0.88  | 0.88 | 0.44 | 1.00  |
| 물오리나무*  | 0.62 | 0.33 | 0.55  | 0.50 | 0.72 | 0.57  |
| 이고들빼기   | 0.48 | 0.43 | 0.77  | 0.75 | 0.50 | 0.14  |
| 뚝갈      | 0.38 | 0.48 | 0.33  | 0.38 | 0.83 | 0.43  |
| 쑥       | 0.48 | 0.43 | 0.66  | 0.56 | 0.22 | 0.86  |
| 산초나무    | 0.19 | 0.43 | 0.55  | 0.50 | 0.56 | 0.86  |
| 오리새*    | 0.48 | 0.38 | 0.11  | 0.69 | 0.56 | 0.14  |
| 큰까치수영   | 0.24 | 0.43 | 0.55  | 0.50 | 0.61 | 0.43  |
| 능수참새그렁* | 0.86 | 0.48 | 0.11  | 0.31 | 0.22 |       |
| 참취      | 0.14 | 0.57 | 0.22  | 0.44 | 0.44 | 0.57  |
| 큰기름새    | 0.19 | 0.29 | 0.77  | 0.44 | 0.33 | 0.86  |
| 큰김의털*   | 0.29 | 0.38 | 0.22  | 0.56 | 0.56 | 0.43  |
| 취       | 0.24 | 0.62 | 0.44  | 0.13 | 0.17 | 0.57  |
| 조록싸리    | 0.24 | 0.38 | 0.22  | 0.38 | 0.17 | 0.86  |
| 사방오리나무* | 0.19 | 0.19 | 0.22  | 0.38 | 0.61 | 0.57  |
| 양지꽃     | 0.19 | 0.38 | 0.22  | 0.38 | 0.39 | 0.14  |
| 맑은대쑥    | 0.14 | 0.19 |       | 0.50 | 0.44 | 0.43  |
| 참억새     | 0.10 | 0.33 | 0.55  | 0.19 | 0.22 | 0.43  |
| 청미래덩굴   | 0.14 | 0.29 | 0.44  | 0.19 | 0.17 |       |
| 개망초     | 0.43 | 0.24 |       | 0.38 | 0.11 |       |
| 산박하     | 0.14 | 0.19 |       | 0.56 | 0.17 | 0.14  |
| 죽제비싸리*  | 0.33 | 0.24 | 0.33  | 0.25 | 0.17 |       |
| 구절초     | 0.10 | 0.10 | 0.44  | 0.25 | 0.28 | 0.43  |
| 쌀새*     | 0.10 | 0.10 | 0.44  | 0.25 | 0.22 | 0.29  |
| 아까시나무*  | 0.33 | 0.10 |       | 0.31 | 0.06 |       |
| 왕고들빼기   | 0.14 | 0.43 | 0.22  | 0.13 | 0.22 |       |
| 줄참나무    |      | 0.19 | 0.33  | 0.13 | 0.28 | 0.43  |
| 리기다소나무  | 0.10 | 0.24 | 0.33  |      | 0.28 |       |
| 진달래     | 0.10 | 0.29 | 0.22  | 0.06 | 0.22 | 0.14  |
| 댕댕이덩굴   | 0.05 | 0.19 | 0.44  | 0.13 |      | 0.14  |
| 제비꽃     | 0.05 |      | 0.33  | 0.19 | 0.22 | 0.43  |
| 국수나무    |      | 0.10 |       | 0.13 | 0.33 | 0.14  |
| 그늘사초    |      | 0.19 |       | 0.19 | 0.33 | 0.14  |
| 김의털     | 0.05 | 0.19 |       | 0.13 | 0.33 |       |
| 노루오줌    | 0.05 | 0.05 | 0.11  | 0.13 | 0.50 |       |
| 등골나물    | 0.14 | 0.05 | 0.22  | 0.25 | 0.11 | 0.29  |
| 고추나물    | 0.05 | 0.10 |       | 0.19 | 0.22 | 0.29  |
| 꽃머느리밥풀  | 0.05 | 0.05 |       | 0.19 | 0.39 |       |
| 마타리     | 0.10 | 0.19 | 0.11  | 0.19 | 0.11 | 0.14  |
| 사위질빵    | 0.05 | 0.29 |       | 0.19 | 0.11 | 0.14  |
| 주름조개풀   | 0.10 | 0.19 | 0.11  | 0.19 | 0.06 |       |

\* : 과중한 종

반면 시공후 6~9년이 경과한 임도비탈면에서는 똑갈, 소나무, 물오리나무, 싸리류, 큰까치수영, 사방오리나무, 산초나무, 오리새, 큰김의털 등이 높은 빈도로 출현하고, 11~14년이 경과한 임도비탈면에서는 소나무, 산딸기, 싸리류, 쭉, 산초나무, 큰기름새 등 목본류와 다년초가 출현하였다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 초기녹화식물인 능수참새그렁은 11~14년경에 쇠퇴하기 시작함을 알 수 있으며, 시공후 4~5년이 경과한 임도비탈면에서 소나무가 침입하기 시작하여 시공후 6~9년이 경과하면서 목본류가 본격적으로 침입하기 시작하여 천이가 진행되는 것으로 판단된다. 또한 11~14년이 경과한 임도비탈면에서 출현한 줄참나무 등은 주변식생으로부터 침입한 것으로 판단되며, 이러한 결과는 우보명 등(1996)과 이미정 등(2003a)의 절토비탈면 출현식생의 분석 결과 초본류(다년생초본, 1년생초본)의 비율은 감소하였으며, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였다는 연구결과와 일치하고 있다.

김남춘 등(1998)은 능수참새그렁은 척박한 마사토 비탈면에 생육이 가능하나 과다 파종될 경우 이들만으로 비탈이 우점됨으로써 주변으로부터 2차식생의 침입이 억제되어 식생천이가 방해된다고 하였는데, 능수참새그렁은 시공후 11년이 경과한 임도에서도 다소 출현하였으며, 특히 장수군 천천면지역에서는 시공후 8년 경과된 임도비탈면에서 능수참새그렁이 60% 이상의 상대피도로 점유하여 2차식생의 침입이 제한된 곳도 있었다. 日本 名神高速道路法面에서의 식생천이(龜山 章, 2002)의 진행양식을 보면, 시공후 2년이 경과하면 초본류의 침입이 시작되고 식생천이가 원활히 진행되기 위해서는 시공후 10여년이 경과되면 녹화용 초본류는 고사되거나 거의 소멸되어야 한다고 하였는데, 일부 지역에서 녹화용으로 파종한 능수참새그렁이 우점종으로 남아 식생천이를 방해하는 것으로 확인되었다.

#### 다) Ordination 분석

임도비탈면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도비탈면의 피복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지는 현 시점에서 환경친화적인 임도건설을 위한 적절한 초종의 선발은 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정하여 선정하는 방법이 적절한 방안이라고 생각된다.

임도비탈면에 대한 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정함으로써 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하기 위하여 기존에 시공된 화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현한 종과 환경인자들 간의 상관관계를 규명하였다. 101개 조사구에서 출현한

203종 중 10개 이상의 조사구에서 출현한 44종을 대상으로 5개 환경요인과 DCCA ordination을 실시한 결과를 I/II 평면상에 나타냈다(그림 18 참조).

그림 18에서 보는 바와 같이 조사구들은 5개의 환경 요인에 따라 분포하고 있으며, 이들 환경요인들의 상관관계를 살펴보면(표 15), 여러 환경요인들이 종의 분포와 밀접한 상관관계가 있다는 것을 알 수 있다. 제1축에서는 해발고와 절토경사가 가장 높은 상관관계를 보여주고 있는 반면에 제2축에서는 시공후 경과연수와 비탈면방향이 높은 상관관계를 보여주고 있다. 矢橋震吾와 金光達太郎(1985)이 수분의 동태에 따라 녹화 성공에 미치는 영향이 크다고 한 것과 吉田博宣(1982)이 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하다고 한 것을 볼 때, 본 연구에서 수분과 관계가 있는 산지사면방향이 종의 분포와 높은 상관을 보이는 것과 같은 결과라고 생각된다. 전반적으로 볼 때 시공후 경과연수와 산지사면방향이 종의 분포에 영향을 미치는 가장 중요한 인자라는 것을 알 수 있으며, 환경요인에 따른 종 분포를 알아본 결과는 그림 19와 같다.

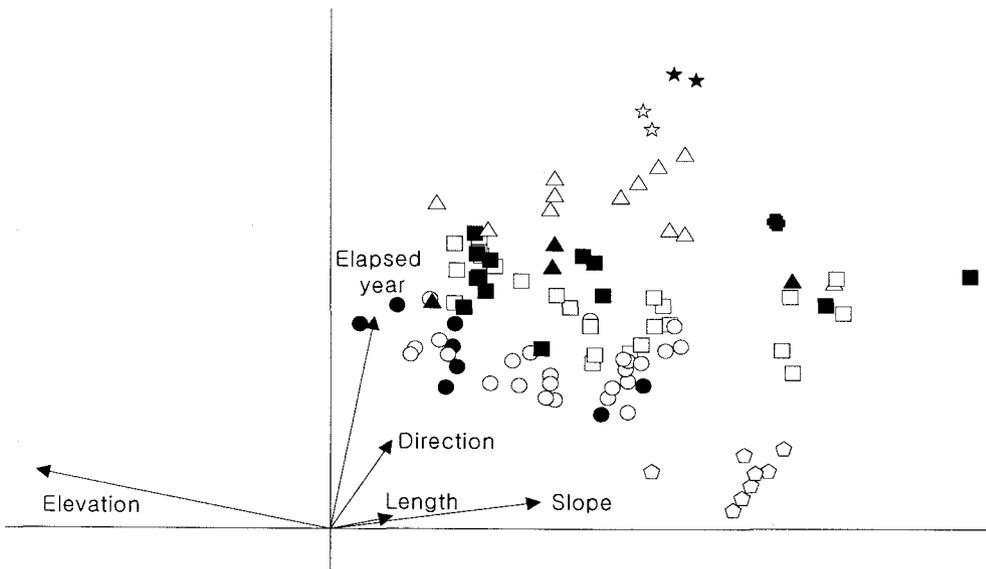


그림 18. 경상도와 전라도 화강암질 풍화토 절토비탈면의 plots ordination : plots(○, ●, ○, □, ■, ▲, +, △, ☆, ★)과 환경요인(arrow)에 따른 DCCA ordination.

The plots are : ○ = 1 years; ● = 4 years; ○ = 5 years; □ = 6 years; ■ = 7 years; ▲ = 8 years; + = 9 years; △ = 11 years; ☆ = 13 years; ★ = 14 year.

그림 19에서 경과연수에 따른 식생의 변화를 보면 시공 초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그령, 큰김의털, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과연수에 따라 이고들빼기, 뚝갈, 참취, 마타리, 쌀새, 노루오줌, 구절초 등의 다년초와 칩, 국수나무, 사위질빵 등의 관목류를 거쳐 쑥, 맑은대쑥, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 산초나무 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다.

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

표 15. 경상도와 전라도 화강암질 풍화토 절토비탈면의 plot와 환경과의 상관관계 분석

| Variables \ Axis | Canonical coefficients |       | Correlation coefficients |         |
|------------------|------------------------|-------|--------------------------|---------|
|                  | 1                      | 2     | 1                        | 2       |
| 경과연수             | 0.133                  | 0.338 | 0.118                    | 0.613** |
| 비탈면방향            | 0.010                  | 0.143 | 0.156                    | 0.258** |
| 해발고              | -0.417                 | 0.124 | -0.733**                 | 0.152   |
| 절토경사             | 0.255                  | 0.063 | 0.523**                  | -0.068  |
| 절토비탈면 길이         | -0.039                 | 0.000 | -0.156                   | -0.038  |
| Eigenvalue       | 0.340                  | 0.172 |                          |         |

\*\* p < 0.01

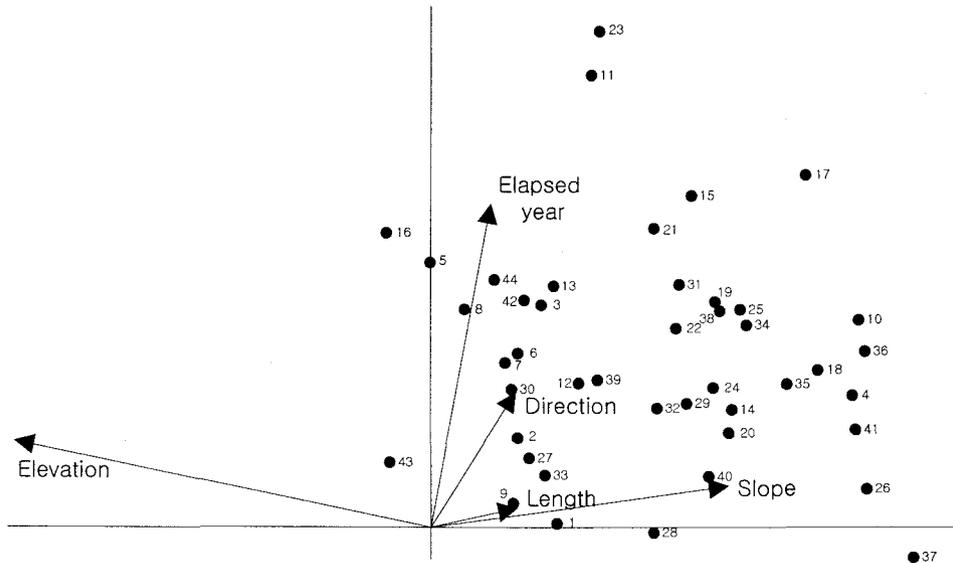


그림 19. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 종 ordination : 종(numbers)과 환경요인 (arrow).

1: 개망초, 2: 고추나물, 3: 구절초, 4: 국수나무, 5: 그늘사초, 6: 김의털, 7: 꽃머느리밥풀, 8: 노루오줌, 9: 능수참새그령, 10: 땃대이덩굴, 11: 등골나물, 12: 뚝갈, 13: 리기다소나무, 14: 마타리, 15: 맑은대쭈, 16: 물오리나무, 17: 사방오리나무, 18: 사위질빵, 19: 산딸기, 20: 산박하, 21: 산초나무, 22: 소나무, 23: 싸리, 24: 쌀새, 25: 쑥, 26: 아까시나무, 27: 양지꽃, 28: 오리새, 29: 왕고들빼기, 30: 이고들빼기, 31. 제비꽃, 32: 조록싸리, 33: 족제비싸리, 34: 졸참나무, 35. 주름조개풀, 36: 진달래, 37: 참싸리, 38: 참억새, 39: 참취, 40: 청미래덩굴, 41: 칩, 42: 큰기름새, 43: 큰김의털, 44: 큰까치수영.

## 라. 결 론

임도비탈면의 녹화에 적절한 식물을 초·목본을 선발하기 위하여 경상도 및 전라도 8개 시·군에서 개설 후 1~14년 경과된 임도에서, 각 임도별, 경과연수별, 절토비탈면에 조사구를 설치하고, 식생과 환경인자를 조사하였다.

화강암질 풍화토의 분석 결과 유기물은 0.4% 이하이고, 전질소는 0.03% 이하이며 수분함량도 12.4% 이하로 나타났다. 그리고 가비중은 평균 1.2g/cm<sup>3</sup> 이상으로 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 판단된다.

화강암질 풍화토 임도비탈면의 환경인자와 출현종들간의 상관관계를 보면 종의 분포에 영향을 미치는 환경요인은 시공후 경과연수, 해발고, 절토비탈면 방향 등으로 나타났다.

화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 소나무, 싸리, 산딸기, 물오리나무, 이고들빼기, 뚝갈, 쑥, 산초나무, 오리새 등의 순이다. 경과연

수에 따른 식생변화를 보면, 시공초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그령, 큰김의털, 싸리류, 족제비싸리 등이 경과연수에 따라 이고들빼기, 뚝갈, 참취, 마타리, 쌀새, 노루오줌, 구절초 등의 다년초와 칩, 국수나무, 사위질빵 등의 관목류를 거쳐 쭉, 맑은대쭉, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 산초나무 등으로 진행된 것으로 판단된다.

임도비탈면의 녹화시 외래 초종들 외에 싸리류, 칩, 족제비싸리 등의 콩과식물과 맑은대쭉, 쭉, 구절초, 참억새 등의 초본류 및 소나무, 산딸기, 산초나무, 진달래 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다.

### 3. 북부지방 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 식생의 생육환경 및 생태학적 특성 규명

#### 가. 서론

화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의 생태학적 특성을 규명하기 위해 중부지방과 남부지방에 이어 북부지방에 대한 조사를 실시하였다. 이를 통해 吉田博宣(1983)과 江岐次夫 等(1986)이 제시한 천이과정과의 비교를 실시하고 지역별로 화강암질 풍화토 비탈면에 생육이 우수한 초·목본식물들을 파악하여 화강암질 풍화토 비탈면에 적절한 녹화방법을 개발하고자 하였다.

특히 화강암질 풍화토 비탈면은 대부분의 모암이 화강암인 우리나라에 있어서 각종 개발로 인해 불가피하게 발생할 수밖에 없음에도 마사토의 특성상 보수력이 매우 낮고 조립질 사토이기 때문에 붕괴되기 쉬워 녹화기술 개발이 여전히 미흡한 실정이다. 따라서 대부분의 화강암질 풍화토 비탈면 녹화는 녹화 후 1~2년이 지나면 다시 황폐되는 경우가 빈번한 실정이며, 녹화를 성공적으로 유지시키기 위해서는 매우 고비용의 녹화방법이 사용되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 각 지역마다 화강암질 풍화토 비탈면에 생육하고 있는 초·목본 중 생육이 우수한 식물을 선정하므로써 적절한 종자배합기술 개발시 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

#### 나. 재료 및 방법

##### 1) 조사대상지의 선정

본 연구를 수행하기 위하여 강원도 지역의 화강암질 풍화토 절토비탈면에 외래종 및 자생 초·목본을 파종한 후 2년~16년이 경과한 절토 비탈면을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사지역은 강원도 양양군 현북면, 강릉시 강동면과 사천면 및 성산면,

홍천군 두촌면, 평창군 봉평면 지역이며, 지역에 따른 경과연수별 조사구 수는 표 16과 같다.

본 연구 조사 지역의 1971~2000년까지 30년 간 평균 기온과 평균 강수량을 살펴보면, 속초가 12.1℃와 1342.4mm, 강릉이 12.9℃와 1401.9mm, 홍천이 10.1℃와 1291.3mm이었다(기상청, 2001).

표 16. 경과연수에 따른 조사구 수

| 시·군 | 2 | 3 | 4 | 6  | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 16 | 계  |
|-----|---|---|---|----|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 강릉시 |   | 1 | 5 | 14 | 7 |   |    |    | 7  | 11 |    | 45 |
| 양양군 | 2 | 2 |   |    |   | 1 |    |    |    |    |    | 5  |
| 평창군 |   |   |   |    |   |   |    |    |    |    | 10 | 10 |
| 홍천군 |   | 4 | 2 | 4  | 1 | 1 | 2  | 2  |    |    |    | 16 |
| 계   | 2 | 7 | 7 | 18 | 8 | 2 | 2  | 2  | 7  | 11 | 10 | 76 |

조사지역의 임상은 소나무와 일본잎갈나무 등의 침엽수와 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등이 주로 분포하고 있다.

## 2) 조사 및 분석 방법

### 가) 식생조사 및 환경조사

식생조사와 환경조사는 2004년 7월부터 8월에 걸쳐 실시하였다. 식생조사는 임도비탈면의 피복도가 10% 이상이고 비탈면이 균일한 지역을 대상으로 임도비탈면에 분포하고 있는 종 목록을 작성하였다. 그리고 비탈면의 상부, 중부, 하부에서 각각 1개소씩 1×1m 크기의 방형구를 설치하고 종별 개체수와 피복도를 측정하였다. 또한 환경조사는 식생조사 지역에서 임도비탈면의 위치, 절토비탈면 방향, 해발고, 상부산지 경사, 절토비탈면 경사, 절토비탈면 길이 및 토사함유량을 조사하였다.

### 나) Ordination 및 토양 분석

Ordination을 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.

또한, 토양의 대략적인 이화학적 특성을 조사하기 위하여 화강암질 풍화토 비탈면

을 대상으로 지역별로 비탈면 중간지점의 표토층 0~10cm 깊이의 토양을 채취하여, 토양의 유기물함량은 Wakely-Black wet oxidation법으로 분석하였고, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법으로 정량하였으며, 치환성 K, Ca, Mg는 ICP로 분석하였다(Bickelhaupt and White, 1982). 토양의 pH는 1 : 5로 희석하였으며, 양이온치환용량은 Brown법으로 분석하였다. 토양의 가비중은 100cc can을 사용하여 구했으며, 수분함량을 위해 채취된 토양을 비닐에 넣은 뒤 실험실로 운반하여 건조기에서 105°C로 항량에 도달할 때까지 건조시켰다.

#### 다. 결과 및 고찰

##### 1) 북부지방 화강암질 풍화토의 이화학적 특성

본 조사지의 토양들은 우리나라에서 가장 널리 분포되어 있는 화강암질 풍화토로서 이 경우 풍화산물은 주로 모래가 된다. 분석 결과 모래가 아주 많거나 또는 많이 있는 사양토 또는 사질식양토로 나타났다(표 17). 유기물의 경우 식생의 성장을 위해 최소 3% 정도는 되어야 하나 본 조사지 토양에서 1.32% 이하로 나타나 매우 척박한 토양으로 보인다. 전질소 또한 0.08% 이하로 나타나 질소가 매우 부족한 것으로 판단된다. 유효인산의 경우도 대부분의 조사 지역에서 매우 적게 나타나 식물체에 인산 결핍이 크게 우려된다. 치환성 K, Ca, Mg의 경우도 우리나라 산림토양의 경우보다 훨씬 적게 나타나(박관수와 이승우, 2001) 식물의 성장 등이 매우 나쁠 것으로 판단된다. 양이온치환용량의 경우도 최소 100g당 10me 정도는 되어야 하나 본 연구 지역에서는 최대치가 9.60me/100g으로 매우 낮은 값을 보이고 있다. 토양 pH의 경우 우리나라 산림토양의 값인 pH 5.0 내외로 산도에 의한 문제는 없을 것으로 생각된다. 식물체 성장과 관계가 있는 지표로 사용되고 있는 가비중의 경우도 평균 1.20g/cm<sup>3</sup> 이상으로 식물체 성장 및 뿌리 성장 등에 매우 나쁜 입지로 나타났다. 수분함량도 점토가 적고 모래가 많은 지역에서의 전형적인 값인 10% 이하로 나타나 매우 열악한 입지로 생각된다(표 17 참조).

표 17. 북부지방 화강암질 풍화토 절토비탈면의 토양특성

| 지역         | O.M.<br>(%) | T-N<br>(%) | Av-P<br>(ppm) | Ex-K<br>(me/100g) | Ex-Ca<br>(me/100g) | Ex-Mg<br>(me/100g) | 토성        | C.E.C<br>(me/100g) | pH<br>(1: 5) | Soil<br>water<br>content<br>(%) | Bulk<br>density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|------------|-------------|------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|--------------|---------------------------------|---|
| 강릉시<br>(1) | 1.07        | 0.06       | 2.8           | 0.19              | 0.10               | 0.12               | 사질식<br>양토 | 9.60               | 4.64         | 9.9                             | 1.33                                    |
| 강릉시<br>(2) | 0.94        | 0.04       | 3.3           | 0.08              | 0.11               | 0.01               | 사양토       | 4.62               | 4.47         | 7.4                             | 1.28                                    |
| 강릉시<br>(3) | 1.24        | 0.08       | 4.1           | 0.21              | 0.35               | 0.12               | 사질식<br>양토 | 6.35               | 5.12         | 8.9                             | 1.27                                    |
| 홍천군        | 1.32        | 0.08       | 9.1           | 0.28              | 0.28               | 0.17               | 사양토       | 9.10               | 5.01         | 10.0                            | 1.24                                    |
| 평창군        | 1.11        | 0.07       | 8.8           | 0.24              | 0.34               | 0.09               | 사양토       | 8.50               | 4.90         | 9.2                             | 1.30                                    |
| 평균         | 1.14        | 0.07       | 5.6           | 0.31              | 0.24               | 0.10               | -         | 7.63               | 4.83         | 9.1                             | 1.28                                    |

## 2) 화강암질 풍화토 비탈면 식생의 생태학적 특성

### 가) 임도비탈면의 출현 종수와 피복도

임도비탈면의 출현 종수를 시공후 경과연수에 따라 살펴보면, 시공후 2~4년이 경과한 임도에서는 평균 9.9종, 시공후 6~8년 후에는 평균 14.8종, 10~13년 후에는 평균 14.6종, 16년 후에는 15.1종이 출현하는 것으로 미루어 보아, 임도의 식생은 시공후 6~8년 사이에 가장 많이 증가하며 그 이후로는 약간의 변화만 있을 뿐 눈에 띄는 종수의 변화는 없었다(그림 20 참조).

송호경 등(2003, 2004)이 경상도와 전라도 및 충청도 화강암질 풍화토 임도비탈면의 분석에서 시공후 4~5년이 경과한 임도비탈면에서 보다 다소 적은 수의 종이 출현하였는데, 이는 강원도가 다소 북쪽에 위치하고 있기 때문이라고 판단된다.

임도 시공후 경과연수에 따른 피복도는 임도 시공후 2~4년이 경과한 임도는 평균 20.2%가 피복되었으며, 시공후 6~8년이 경과한 임도는 평균 30.3%로 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 10~13년이 경과한 임도는 평균 64.3%, 16년이 경과한 임도에서는 평균 70%의 피복도를 가진 것으로 조사되었다. 피복도는 임도 시공후 8년이 경과한 후에 급격히 증가하다가 그 이후에는 조금씩 증가하는 경향을 보였다(그림 6).

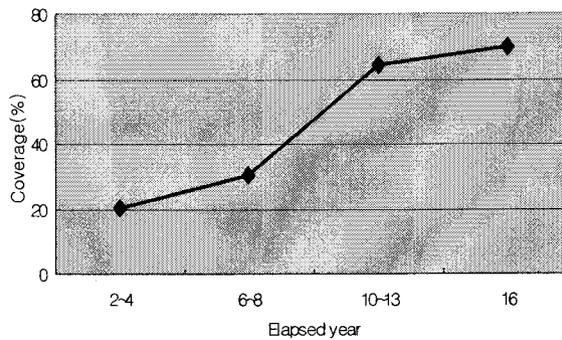
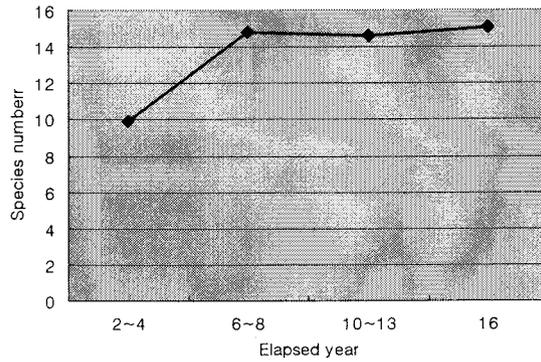


그림 20. 경과연수에 따른 종수(상)와 피복도(하)의 변화

송호경 등(2004)은 경상도와 전라도지방 임도의 화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조에 대한 연구에서 시공후 4~5년이 경과하면 피복도가 63.8%에 달한다고 보고하였는데, 본 조사에서 낮게 나타난 것은 조사지역의 년 평균기온에서 밝혔듯이 기온이 다소 낮은 북쪽에 위치하고 있기 때문이라고 판단된다.

#### 나) 임도비탈면에 출현하는 침입종의 출현 빈도

임도비탈면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도비탈면의 피복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지기 때문에 동일한 조건을 갖춘 조사구를 찾는다는 것이 쉽지 않았다.

표 18에서 보는 바와 같이, 시공 초기에 파종한 호밀풀, 오리새, 큰김의털 등의 외래초종은 파종 초기에는 빈도가 높게 출현하나, 경과연수에 따라 소멸되거나 감소함을 볼 수 있다. 그러나 초기에 파종된 싸리류(싸리, 참싸리, 조록싸리)는 시공후 16년이 경과한 임도비탈면에서도 높은 빈도로 출현하였다.

또한 큰기름새, 큰까치수영, 이고들빼기, 맑은대쭉, 넓은잎외잎쭉, 노루오줌, 쭉 등의 다년초는 시공후 2~4년 내지 6~8년 후에 출현하여 시공후 16년이 경과한 임도비탈면에서도 출현하고 있으며, 관목수종인 병꽃나무와 산딸기는 시공후 2~4년 내지 6~8년 후에 출현하여 시공후 16년이 경과한 임도비탈면에서도 높은 빈도로 출현하고 있었다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 초기녹화식물인 호밀풀, 오리새, 큰김의털은 시공후 6년부터 쇠퇴하기 시작함을 알 수 있으며, 시공후 2~4년이 경과한 임도비탈면에서는 다년초, 관목 및 소나무가 침입하기 시작하여 시공후 10~13년이 경과하면서 관목과 소나무가 우점하고 있다고 판단된다. 이러한 결과는 우보명 등(1996)과 이미정 등(2003)의 절토비탈면 출현식생의 분석 결과 초본류(다년생초본, 1년생초본)의 비율은 감소하였으며, 목본류(관목류, 교목류)의 출현비율이 증가하였다는 연구결과와 일치하고 있다.

김남춘 등(1998), 이미정 등(2003)과 송호경(2003, 2004)은 외래 초종은 척박한 마사토 비탈면에 생육이 가능하나 과다 파종될 경우 이들만으로 비탈이 우점됨으로써 주변의 2차식생의 침입이 억제되어 식생천이가 방해된다고 하였는데, 능수참새그렁, 큰김의털과 오리새가 시공후 16년이 경과한 임도에서도 높은 피도로 점유하여 2차식생의 침입이 제한된 곳도 있었다. 日本 名神高速道路法面에서의 식생천이(龜山章, 2002)의 진행양식을 보면, 시공후 2년이 경과하면 초본류의 침입이 시작되고 식생천이가 원활히 진행되기 위해서는 시공후 10여년이 경과되면 녹화용 초본류는 고사되거나 거의 소멸되어야 한다고 하였는데, 일부 지역에서 녹화용으로 파종한 능수참새그렁, 큰김의털과 오리새가 식생천이를 방해하는 것으로 확인되었다.

표 18. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 경과연수별 출현빈도

| 종      | 2~4  | 6~8  | 10-13 | 16   |
|--------|------|------|-------|------|
| 호밀풀*   | 0.25 |      |       |      |
| 큰김의털*  | 0.25 | 0.29 |       |      |
| 오리새*   | 0.56 | 0.36 |       | 0.20 |
| 싸리*    | 0.50 | 0.64 | 0.18  | 0.50 |
| 참싸리*   | 0.38 | 0.25 |       |      |
| 조록싸리*  | 0.13 | 0.18 | 0.09  |      |
| 죽제비싸리* | 0.19 | 0.50 |       |      |
| 김의털    | 0.38 | 0.11 |       |      |
| 산거울    | 0.19 | 0.07 |       |      |
| 포아풀    | 0.13 | 0.18 |       |      |
| 왕포아풀   | 0.31 | 0.07 |       |      |
| 산박하    |      | 0.18 | 0.14  |      |
| 큰기름새   | 0.31 | 0.25 | 0.14  | 0.20 |
| 미역취    |      | 0.07 | 0.14  |      |
| 큰까치수영  | 0.19 | 0.39 | 0.14  | 0.20 |
| 뚝갈     |      |      |       |      |
| 뱀딸기    | 0.19 | 0.11 |       |      |
| 이고들빼기  |      | 0.29 |       | 0.30 |
| 참취     |      | 0.11 | 0.14  |      |
| 맑은대쭈   |      | 0.11 | 0.09  | 0.20 |
| 넓은잎외잎쭈 |      | 0.14 | 0.09  | 0.30 |
| 노루오줌   |      | 0.11 | 0.14  | 0.30 |
| 쭈      |      | 0.25 |       | 0.20 |
| 취      | 0.19 | 0.18 | 0.14  |      |
| 병꽃나무   |      | 0.18 | 0.23  | 0.30 |
| 산초나무   | 0.19 | 0.14 | 0.09  |      |
| 산딸기    | 0.25 | 0.43 | 0.23  | 0.70 |
| 소나무    | 0.38 | 0.50 | 0.14  |      |

\* : 파종한 종

다) Ordination 분석

임도비탈면의 파종식물들은 공사 주체에 따라 동일하지 않고, 또한 임도비탈면의 파복상태에 따라 재파종 및 구조개량이 빈번하게 행해지는 현 시점에서 환경친화적인 임도건설을 위한 적절한 초종의 선발은 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정하여

선정하는 방법이 적절한 방안이라고 생각된다.

임도비탈면에 대한 시공년도별 조사를 통해 천이계열을 추정함으로써 지역에 따른 적절한 자생 초·목본을 선발하기 위하여 기존에 시공된 화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현한 종과 환경인자들 간의 상관관계를 규명하였다. 76개 조사구 중 5개 이상의 조사구에서 출현한 32종을 대상으로 8개 환경요인과 DCCA ordination을 실시한 결과를 I/II 평면상에 나타냈다(그림 21 참조).

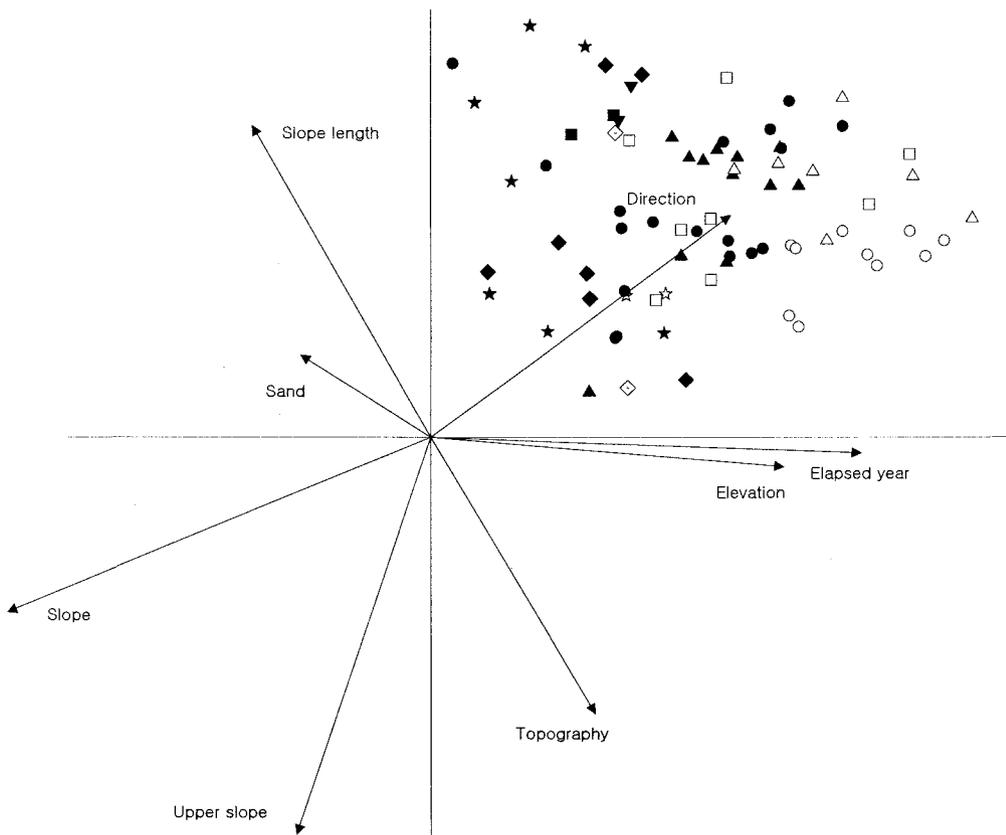


그림 21. 강원도 화강암질 풍화토 절토비탈면의 plots ordination : plots(☆, ★, ◆, ●, □, ◇, ■, ▼, △, ▲, ○)와 환경요인(arrow)에 따른 DCCA ordination.

The plots are : ☆ = 2 years; ★ = 3 years; ◆ = 4 years; ● = 6 years; □ = 7 years; ◇ = 8 years; ■ = 10 years; ▼ = 11 years; △ = 12 years; ▲ = 13 years; ○ = 16 years

그림 21에서 보는 바와 같이 조사구들은 8개의 환경 요인에 따라 분포하고 있으며, 이들 환경요인들의 상관관계를 살펴보면(표 19 참조), 여러 환경요인들이 종의 분포와

밀접한 상관관계가 있다는 것을 알 수 있다.

표 19. 강원도 화강암질 풍화토 절토비탈면의 plot와 환경과의 상관관계 분석

| Variables \ Axis | Canonical coefficients |        | Correlation coefficients |          |
|------------------|------------------------|--------|--------------------------|----------|
|                  | 1                      | 2      | 1                        | 2        |
| 경과연수             | 0.207                  | 0.105  | 0.549**                  | -0.020   |
| 위치               | 0.173                  | -0.098 | 0.209                    | -0.355** |
| 비탈면방향            | 0.354                  | 0.132  | 0.382**                  | 0.285*   |
| 해발고              | 0.165                  | -0.119 | 0.450**                  | -0.038   |
| 절토경사             | -0.591                 | 0.094  | -0.540**                 | -0.225   |
| 상부 산지경사          | 0.420                  | -0.420 | -0.171                   | -0.451** |
| 절토비탈면 길이         | -0.044                 | 0.352  | -0.227*                  | 0.399**  |
| 토사함유량            | -0.081                 | 0.113  | -0.166                   | 0.106    |
| Eigenvalue       | 0.518                  | 0.328  |                          |          |

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

제1축에서는 시공후 경과연수, 절토비탈면 경사, 해발고 및 비탈면방향이 높은 상관관계를 보여주고 있는 반면에 제2축에서는 상부산지 경사, 비탈면길이 및 지형요소가 높은 상관관계를 보여주고 있다. 矢橋震吾와 金光達太郎(1985)이 수분의 동태에 따라 녹화성공에 미치는 영향이 크다고 한 것과 吉田博宣(1982)이 경사도에 따라서 식생성립의 양적 변화가 심하다고 한 것을 볼 때, 본 연구에서 수분과 관계가 있는 산지사면방향이 종의 분포와 높은 상관을 보이는 것과 같은 결과라고 생각된다. 전반적으로 볼 때 시공후 경과연수와 산지사면방향이 종의 분포에 영향을 미치는 가장 중요한 인자라는 것을 알 수 있으며, 환경요인에 따른 종 분포를 알아본 결과는 그림 22와 같다. 그림 22에서 경과연수에 따른 식생의 변화를 보면 시공 초기에 과종하였던 오리새, 능수참새그렁, 큰김의털, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과연수에 따라 그늘사초, 포아풀, 뚝갈, 쑥, 큰기름새, 쌀새, 맑은대쑥, 넓은잎외잎쑥, 노루오줌, 큰기름새 등의 다년초와 산딸기, 병꽃나무 등의 관목류를 거쳐 호랑버들, 버드나무, 물푸레나무 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다.

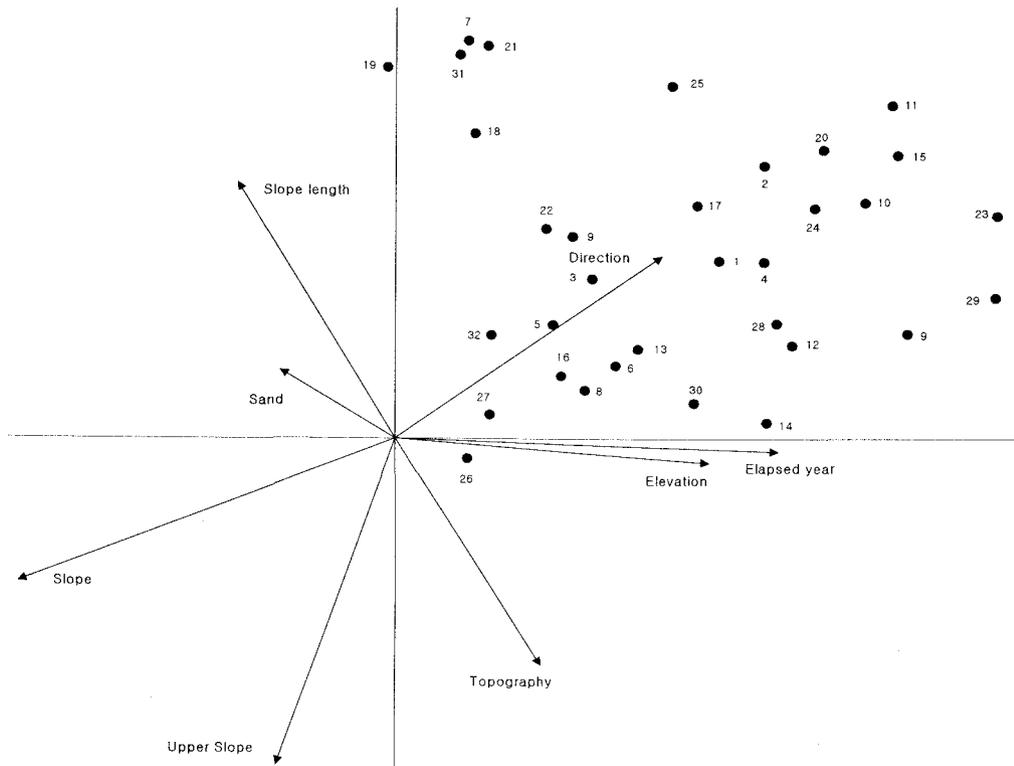


그림 22. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 종 ordination : 종(numbers)과 환경요인 (arrow).

1: 싸리, 2: 산딸기, 3: 소나무, 4: 큰까치수영, 5: 족제비싸리, 6. 오리새, 7. 참싸리, 8. 큰김의털, 9: 큰기름새, 10. 넓은잎의잎썩, 11. 병꽃나무, 12: 이고들빼기, 13: 조록싸리, 14: 호랑버들, 15: 노루오줌, 16: 썩, 17: 참취, 18: 쉼, 19: 김의털, 20. 산박하, 21: 산초나무, 22: 뚝갈, 23: 물푸레나무, 24. 미역취, 25: 쌀새, 26: 왕포아풀, 27: 그늘사초, 28: 맑은대썩, 29: 버드나무, 30: 산겨울, 31. 붉나무, 32: 포아풀.

큰김의털과 오리새는 초기에 파종한 외래초종임에도 불구하고, 김의털, 포아풀, 그늘사초, 뚝갈, 썩 등의 자생초종보다 나중에 출현하는 것으로 나타난 것과 그림 22에는 나타나지 않았지만, 외래초종인 능수참새그렁은 시공후 13년과 16년이 경과한 임도비탈면에 높은 피도로 나타나고 있는 것은 이들 초종들이 과도하게 파종되어 오랫동안 점유하고 있기 때문에 나타난 결과라고 판단된다. 이와 관련하여 김남춘(1997), 이미정 등(2003), 송호경(2003, 2004)도 도입 초종들만으로 녹화하면 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하기 때문에 생태천이에 지장을 준다고 하였는데, 본 조사지역의 일부에서 능수참새그렁과 큰김의털 등이 과도하게 파종되어 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하고 있었다. 이런 점을 고려할 때, 큰김의털, 능수참새그렁, 오리새

등 외래초종을 과종할 때는 생태천이 등을 고려하여 과도하게 과종되는 일이 없도록 유의해야 할 것이며, 임도비탈면의 녹화를 위해서는 오리새, 호밀풀, 큰김의털, 족제비싸리, 싸리류 이외에 쭉, 맑은대쭉, 넓은잎외잎쭉, 노루오줌, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 병꽃나무, 산초나무 등이 적합할 것으로 판단된다.

#### 라) 생태천이 분석

Kimmins(1997)는 한 시점에서의 생물상이 시간이 지남에 따라 점차 다른 생물상으로 변화하여 궁극적으로 주위환경과 조화를 이룸으로써 생물상의 변화가 거의 없어지는 안정상태로 유도되는 진행 과정을 생태천이라 하였다. 龜山章(2002)은 비탈면에서의 생태천이를 정상천이와 편향천이로 크게 구분하였으며, 초기 침입종으로 망초, 개망초, 쭉, 참억새 등이 침입하고 이후 싸리류와 소나무 등 2차 식생이 침입하여 천이의 마지막 단계에서 소나무와 진달래, 참나무류 등 목본식물이 우점하여 비탈면이 안정되는 정상천이와 초기 침입종으로 생육이 왕성하여 다른 종들의 침입을 허용하지 않는 아까시나무나 칩이 우점할 경우, 다른 종으로의 천이가 이루어지지 않고 지속적으로 이들 종이 우점하는 형태의 편향천이가 있다고 하였다.

본 지역의 임도 시공후 경과연수에 따른 생태천이를 분석하기 위하여 출현종을 중력형 목본류, 풍산포 관목류, 침입 초본류, 녹화용 초본류 등 4종류로 구분하고, 경과연수에 따른 출현종의 피복도를 기준으로 그래프를 작성한 결과(그림 23), 시공후 2~4년이 경과한 임도에서는 초기단계에 과종한 녹화용 초본류가 30% 이상을 차지하였으며, 경과연수가 지남에 따라 침입 초본류와 풍산포 관목류가 증가추세에 있는 것으로 조사되었다. 또한 목본류는 시공후 2년이 경과한 후에 출현하기 시작하였다.

정상천이의 생태천이 진행과정을 보면(龜山章, 2002), 풍산포 관목류는 시공후 2년이 경과하면서 출현하고, 중력형 목본류는 8년이 경과하면서 출현하는 것이 보통인데, 본 조사지역에서 풍산포 관목류가 시공 당년부터 출현하고 있는 것은 녹화용 초본류를 과종할 때, 싸리 등 풍산포 관목류를 함께 과종하기 때문이라고 생각된다. 아울러 목본류가 시공후 2년경부터 빨리 출현하기 시작하는 것도 임도비탈면위에 분포하고 있던 소나무가 침입하였기 때문이라고 생각된다. 중력형 목본류라고 할 수 있는 잣나무는 시공후 8년이 경과한 임도에서 3% 미만의 낮은 피도로 출현하기 시작하였다.

또 하나 간과할 수 없는 것은 정상적인 생태천이로 진행하기 위해서는 녹화용 초본류가 시공후 십여 년이 경과하면 도태되어야 하는데(龜山章, 2002), 일부 조사지역의 경우 시공후 16년이 경과된 임도비탈면에서도 녹화용 초본류가 피복도 6% 정도 점유

하고 있다는 점이다. 이미정 등(2003)과 송호경(2003, 2004)은 초기에 녹화용 초본류를 과도하게 파종하면 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해해 생태천이에 지장을 준다고 하였는데, 일부 조사지역에서 능수참새그렁, 큰김의털, 왕포아풀 및 오리새가 과도하게 파종되어 나중에 들어오는 식물들의 정착을 방해하고 있었다.

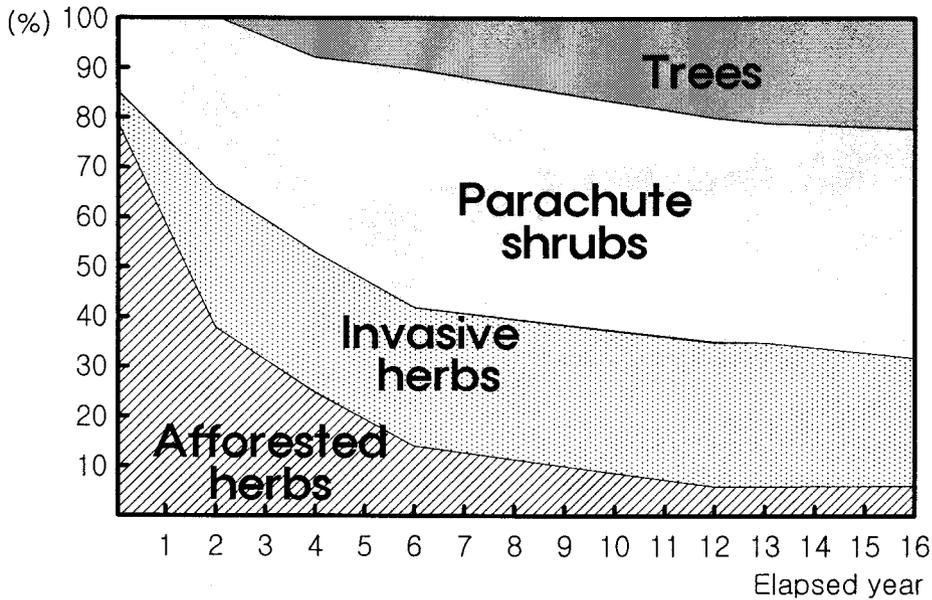


그림 23. 경과연수에 따른 화강암질 풍화토 절토비탈면의 천이계열

라. 결 론

임도비탈면의 녹화에 적절한 식물을 초·목본을 선발하기 위하여 강원도 4개 시·군에서 개설 후 2~16년 경과된 임도에서 경과연수별, 절토비탈면에 조사구를 설치하고, 식생과 환경인자를 조사하였다.

화강암질 풍화토의 분석 결과 유기물은 1.32% 이하이고, 전질소는 0.08% 이하이며 수분함량도 10.0% 이하로 나타났다. 그리고 가비중은 평균 1.24g/cm<sup>3</sup> 이상으로 식물체 성장에 매우 열악한 입지로 판단된다.

화강암질 풍화토 임도비탈면의 환경인자와 출현종들간의 상관관계를 보면 종의 분포에 영향을 미치는 환경요인은 시공후 경과연수, 절토비탈면 경사, 해발고, 비탈면방향 등으로 나타났다.

화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 싸리, 산딸

기, 소나무, 큰까치수영, 족제비싸리, 오리새, 참싸리, 큰김의털, 큰기름새, 넓은잎외잎쑥, 병꽃나무 등의 순이다. 경과연수에 따른 식생변화를 보면, 시공초기에 과종하였던 오리새, 능수참새그렁, 큰김의털, 싸리류, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과연수에 따라 그늘사초, 포아풀, 뚝갈, 쑥, 큰기름새, 쌀새, 맑은대쑥, 넓은잎외잎쑥, 노루오줌, 큰기름새 등의 다년초와 산딸기, 병꽃나무 등의 관목류를 거쳐 호랑버들, 버드나무, 물푸레나무 등으로 변화된 것을 알 수 있다.

임도비탈면의 녹화시 외래 초종들 외에 싸리류, 칩, 족제비싸리 등의 콩과식물과 맑은대쑥, 쑥, 넓은잎외잎쑥, 노루오줌, 큰기름새, 참억새 등의 초본류 및 소나무, 산딸기, 병꽃나무, 산초나무, 진달래 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다.

#### 4. 종합고찰 및 결론

##### 가. 화강암질 풍화토의 이화학적 특성

화강암질 풍화토 비탈면의 토양을 조사 분석한 결과 조사 지역별로 약간의 차이는 있었으나, 대체로 여러 가지 특성에서 매우 유사한 결과를 보였다. 토성의 경우 모래 성분이 매우 높게 나타났으며, 이는 양분이 매우 적고 토양의 입단화가 어려워 원활한 식물 성립을 위해 단시간에 좋은 토양으로서의 성립을 기대하기가 매우 어렵다는 것을 반증한다. 이러한 결과로 토양의 유기물, 질소, 인산 치환성양이온 등의 식물체 성장에 필요한 양분의 경우도 매우 낮게 나타났으며 원활한 성장을 기대하기가 어렵다고 판단된다. 토양의 가비중, 수분함량 등 토양의 물리성을 나타내는 지표들 역시 식물체 성장의 견지에서 매우 열악한 수준으로 나타났다. 개선방법으로 토양의 물리, 화학적 특성을 개선시키는 방안이 절실히 요구되며, 이를 위해 토양에 대한 비료 및 퇴비 등의 투입 등 여러 가지 방안이 절실히 요구된다.

##### 나. 화강암질 풍화토 비탈면 식생의 생태학적 특성

###### 1) 임도비탈면의 출현종수와 피복도

남부지방의 임도비탈면의 출현종수를 살펴보면, 시공후 6~9년 후에는 평균 19.4종이 출현하였고, 중부지방에서는 시공후 8~10년 후에는 평균 15.7종이 출현하였으며, 북부지방에서는 시공후 10~13년 후에는 평균 14.6종이 출현하였다.

피복도에 있어서도 남부지방에서는 시공후 11~14년이 경과한 임도에서 평균 80%가 피복된 것으로 조사되었고, 중부지방에서는 시공후 8~10년이 경과한 임도에서 평균 79%가 피복된 것으로, 북부지방에서는 시공후 16년이 경과한 임도에서 평균 70%

의 피복도를 가진 것으로 조사되었다. 출현종과 피복도에서 보는 바와 같이 남부지방에서 가장 높은 출현종과 피복도를 나타냈고, 북부지방에서 가장 적은 출현종과 피복도를 나타냈는데, 이는 강원도가 다소 북쪽에 위치하고 있어 평균기온이 다소 낮기 때문이라고 판단된다.

## 2) 조사지역의 출현빈도 우선순위

지역별 출현빈도 우선순위를 보면, 남부지방에서는 소나무, 싸리, 산딸기, 물오리나무, 이고들빼기, 뚝갈, 쭈, 산초나무, 오리새, 큰까치수영 등의 순서로 출현하였고, 중부지방에서는 소나무, 싸리, 뚝갈, 이고들빼기, 큰까치수영, 산초나무, 쭈, 오리새, 참억새 등의 순서로 출현하였으며, 북부지방에서는 싸리, 산딸기, 소나무, 큰기름새, 큰까치수영, 오리새, 참싸리, 큰김의털, 넓은잎의잎쭈 등의 순서로 출현하였다(표 20 참조).

전체적으로 보면, 싸리, 소나무, 산딸기, 이고들빼기, 뚝갈, 큰까치수영, 오리새, 쭈, 산초나무, 큰김의털 등의 순서로 출현하여 지역별로 큰 차이는 없었으나, 남부지방에서는 물오리나무가 빈도가 다소 높게 출현하였고, 중부지방에서는 참취와 참억새가, 북부지방에서는 큰기름새, 족제비싸리, 참싸리, 넓은잎의잎쭈가 빈도가 다소 높게 출현하였다.

임도 시공후 2~5년이 경과한 임도에서는 임도 시공시 파종한 싸리, 오리새, 큰김의털, 능수참새그렁, 족제비싸리, 호밀풀 등의 상대피도가 높으나, 점차 주변 식생에서 침입한 이고들빼기, 뚝갈, 큰까치수영, 쭈, 큰기름새, 참취, 참억새 등의 다년초와 산딸기, 산초나무, 참, 진달래, 병꽃나무 등의 관목과 주변 식생으로부터 침입한 소나무, 물오리나무, 사방오리나무, 참나무류의 목본류로 우점종이 변화되어 가는 것을 볼 수 있다. 그러나 임도 시공시에 파종된 싸리류는 경과연수에 관계없이 우점하는 것으로 판단된다.

표 20. 지역별 출현 빈도 우선순위

| 지역<br>순위 | 중부지역<br>(조사구 78개소) | 남부지역<br>(조사구 101개소) | 북부지역<br>(조사구 76개소) | 계<br>(255개소) |
|----------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 1        | 소나무                | 소나무                 | 싸리                 | 싸리           |
| 2        | 싸리                 | 싸리                  | 산딸기                | 소나무          |
| 3        | 뚝갈                 | 산딸기                 | 소나무                | 산딸기          |
| 4        | 이고들빼기              | 물오리나무               | 큰기름새               | 이고들빼기        |
| 5        | 큰까치수영              | 이고들빼기               | 큰까치수영              | 뚝갈           |
| 6        | 산초나무               | 뚝갈                  | 족제비싸리              | 큰까치수영        |
| 7        | 쭉                  | 쭉                   | 오리새                | 오리새          |
| 8        | 오리새                | 산초나무                | 참싸리                | 쭉            |
| 9        | 참                  | 오리새                 | 큰김의털               | 산초나무         |
| 10       | 참억새                | 큰까치수영               | 넓은잎외잎쭉             | 큰김의털         |
| 11       | 큰김의털               | 능수참새그렁              | 병꽃나무               | 큰기름새         |
| 12       | 진달래                | 참취                  | 이고들빼기              | 참            |
| 13       | 맑은대쭉               | 큰기름새                | 조록싸리               | 물오리나무        |
| 14       | 산딸기                | 큰김의털                | 노루오줌               | 참취           |
| 15       | 참싸리                | 참                   | 쭉                  | 능수참새그렁       |
| 16       | 개망초                | 조록싸리                | 참취                 | 참억새          |
| 17       | 물오리나무              | 사방오리나무              | 참                  | 맑은대쭉         |
| 18       | 산벚나무               | 양지꽃                 | 김의털                | 족제비싸리        |
| 19       | 호랑버들               | 맑은대쭉                | 산박하                | 조록싸리         |
| 20       | 큰기름새               | 참억새                 | 산초나무               | 참싸리          |
| 21       | 능수참새그렁             | 청미래덩굴               | 뚝갈                 | 양지꽃          |
| 22       | 왕포아풀               | 개망초                 | 물푸레나무              | 진달래          |
| 23       | 굴참나무               | 산박하                 | 미역취                | 개망초          |
| 24       | 족제비싸리              | 족제비싸리               | 쌀새                 | 사방오리나무       |
| 25       | 붉나무                | 쌀새                  | 왕포아풀               | 병꽃나무         |
| 26       | 양지꽃                | 왕고들빼기               | 그늘사초               | 아까시나무        |
| 27       | 버드나무               | 아까시나무               | 맑은대쭉               | 왕고들빼기        |

3) Ordination 분석

Ordination 분석 결과, 여러 환경요인들이 종의 분포와 밀접한 상관관계가 있고, 제 1축에서 비탈면방향과 해발고 및 절도비탈면 길이가 가장 높은 상관관계를 보여주고 있으며, 제2축은 시공후 경과연수가 높은 상관관계를 나타내어 시공후 경과연수와 비

탈면방향이 종의 분포와 가장 관계가 깊은 것으로 판단된다.

남부지방의 경과연수에 따른 식생의 변화를 보면, 시공 초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그렁, 큰김의털, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과연수에 따라 이고들빼기, 뚝갈, 참취, 마타리, 쌀새, 노루오줌, 구절초 등의 다년초와 칩, 국수나무, 사위질빵 등의 관목류를 거쳐 쑥, 맑은대쑥, 참억새, 소나무, 진달래, 산딸기, 산초나무 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다. 중부지방에서 시공초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그렁, 호밀풀, 큰김의털, 왕포아풀 등이 경과연수에 따라 싸리(참싸리), 진달래, 칩, 쑥, 붉나무, 소나무, 조록싸리 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다. 그리고 북부지방에서는 시공 초기에 파종하였던 오리새, 능수참새그렁, 큰김의털, 참싸리, 족제비싸리 등이 경과연수에 따라 그늘사초, 포아풀, 뚝갈, 쑥, 큰기름새, 쌀새, 맑은대쑥, 넓은잎외잎쑥, 노루오줌, 큰기름새 등의 다년초와 산딸기, 병꽃나무 등의 관목류를 거쳐 호랑버들, 버드나무, 물푸레나무 등으로 우점종이 변화된 것을 알 수 있다.

#### 다. 생태천이 분석

본 지역의 임도 시공후 경과연수에 따른 생태천이를 분석하기 위하여 출현종을 중력형 목본류, 풍산포 관목류, 침입 초본류, 녹화용 초본류 등 4종류로 구분하고, 경과연수에 따른 출현종의 피복도를 기준으로 그래프를 작성한 결과, 시공후 1~3년이 경과한 임도에서는 초기단계에 녹화용 초본류가 80% 이상을 차지하였으며, 경과연수가 지남에 따라 풍산포목본류와 침입초본류가 증가추세에 있는 것을 알 수 있다. 또한 중력형 목본류는 시공후 4년이 경과한 후에 출현하기 시작하였다.

정상천이의 생태천이 진행과정을 보면, 풍산포 관목류는 시공후 2년이 경과하면서 출현하고, 중력형 목본류는 8년이 경과하면서 출현하는 것이 보통인데, 일부 조사지역에서 풍산포 관목류가 시공 당년부터 출현하고 있는 것은 녹화용 초본류를 파종할 때, 싸리 등 풍산포관목류를 함께 파종하기 때문이라고 생각된다. 또 하나 간과할 수 없는 것은 정상적인 생태천이로 진행하기 위해서는 녹화용 초본류(능수참새그렁, 큰김의털, 왕포아풀 및 오리새)가 시공후 십여 년이 경과하면 도태되어야 하는데, 이들이 과도하게 파종되어 나중에 들어오는 식생들의 정착을 방해하고 있었다.

#### 라. 결론

화강암질 풍화토 비탈면의 토양을 조사 분석한 결과 조사 지역별로 약간의 차이는 있었으나, 토성의 경우 모래 성분이 매우 높게 나타났고, 또한 토양의 유기물, 질소,

인산 치환성양이온 등의 식물체 성장에 필요한 양분의 경우도 매우 낮게 나타났으며, 토양의 가비중, 수분함량 등 토양의 물리성을 나타내는 지표들 역시 식물체 성장의 견지에서 매우 열악한 수준으로 나타났다.

화강암질 풍화토 임도비탈면에 출현하는 종들의 빈도 우선순위를 보면, 싸리, 소나무, 산딸기, 이고들빼기, 뚝갈, 큰까치수영, 오리새, 쭉, 산초나무, 큰김의털 등의 순서로 출현하였다.

임도 시공후 화강암질 풍화토 임도비탈면의 천이 단계를 살펴보면 시공 직후 파종 식생인 오리새, 호밀풀, 큰김의털, 능수참새그령 등이 출현하며, 2~3년 경과후에는 개망초, 이고들빼기 등의 1년생 초본류가 가장 먼저 침입하며 점차 뚝갈, 큰까치수영, 쭉, 큰기름새, 참취, 참억새 등의 다년생 초본 및 산딸기, 병꽃나무, 진달래, 소나무, 물오리나무, 사방오리나무, 물푸레나무 등의 풍산포관목류, 산벗나무, 생강나무, 참나무류 등의 중력형목본류의 침입이 이루어지는 것으로 조사되었다.

또한 임도 시공시에 파종된 외래 초종들은 십여 년이 경과한 뒤에도 임도의 남·북사면 모두에서 출현하여 임도비탈면의 정상적인 식생침입과 생태천이를 방해하는 것으로 판단된다. 따라서 이러한 외래 초종들을 대신하여 파종에 적합한 자생 초종을 살펴보면, 남부지방의 경우 번식력이 강하여 초기 피복에 적합한 비수리, 족제비싸리, 싸리류, 칩 등의 콩과식물과 이고들빼기, 뚝갈, 쭉, 큰까치수영, 참취, 큰기름새, 양지꽃, 맑은대쭉, 참억새, 쌀새 등의 초본류 및 산딸기, 산초나무, 청미래덩굴, 진달래, 소나무, 물오리나무, 사방오리나무 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다. 중부지방의 경우 콩과식물 외에 이고들빼기, 뚝갈, 큰까치수영, 쭉, 참억새, 맑은대쭉, 큰기름새, 양지꽃 등의 초본류 및 산초나무, 진달래, 산딸기, 붉나무, 소나무, 물오리나무, 호랑버들, 버드나무 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다. 북부지방의 경우 콩과식물 외에 큰기름새, 큰까치수영, 넓은잎의잎쭉, 이고들빼기, 노루오줌, 쭉, 참취, 김의털, 뚝갈, 미역취, 쌀새, 그늘사초 등의 초본류 및 산딸기, 병꽃나무, 산초나무, 소나무, 물푸레나무 등의 목본류가 적합할 것으로 판단된다. 그러나 싸리의 경우 강한 번식력으로 다른 파종 식물을 피압할 우려가 있으므로 다른 종자와 혼파할 경우 그 비율에 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.

### 제3절. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식 녹화를 위한 종자 배합기술 개발

#### 1. 연구내용 및 방법

가. 점식 녹화를 위한 최적 천공방법 개발

##### 1) 시험지의 선정

화강암질 풍화토 비탈면이 많은 지역의 임도에서 4곳을 선정하였다. 각 시험지의 일반적 현황은 표 21과 같으며, 제1시험구와 제2시험구의 토양특성은 표 22와 같다.

표 21. 천공시험지의 일반현황

| 시험구                | 제1시험구                             | 제2시험구                             | 제3시험구                                      | 제4시험구                                      |                  |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|------------------|
| 위치                 | 전북 장수군 천천면<br>오봉리 쌍암 임도<br>(사유임도) | 전북 장수군 천천면<br>오봉리 쌍암 임도<br>(사유임도) | 전북 임실군 삼계면<br>죽계리~삼계면 삼<br>계리 임도<br>(사유임도) | 전북 임실군 삼계면<br>죽계리~삼계면 삼<br>계리 임도<br>(사유임도) |                  |
| 시공연도               | 2001                              | 2001                              | 1993년, 1995년<br>(2002년도 구조<br>개량 사업 대상지)   | 1993년, 1995년<br>(2002년도 구조<br>개량 사업 대상지)   |                  |
| 임도연장               | 760m                              | 760m                              | 5,320m                                     | 5,320m                                     |                  |
| 시험구<br>의<br>상<br>황 | 방위                                | S30°W                             | S30°W                                      | N80°W                                      | N80°W            |
|                    | 평균경사                              | 46~48°                            | 38°  | 40~42°                                     | 38~40°           |
|                    | 시험구의<br>크기                        | 가로 28m<br>×세로 7m                  | 가로 12m<br>×세로 6m                           | 가로 20.6m<br>×세로 5.5m                       | 가로 16m<br>×세로 5m |
|                    | 표면토양<br>경도                        | 33mm(평균10회)                       | 23mm(평균10회)                                | 28mm(평균10회)                                | 26mm(평균10회)      |
| 시험구내<br>식생         | 소나무, 억새                           | 소나무, 억새,<br>싸리, 아까시,<br>청미래, 썸바귀  | 무  | 무  |                  |

표 22. 실험대상지 비탈면의 토양 특성

| 구분                                    | 제1시험구 | 제2시험구 | 배양토   |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| 토성(미농무부분류)                            | 양질사토  | 사양토   | 사양토   |
| pH                                    | 5.67  | 5.01  | 6.26  |
| 유기물(%)                                | 0.13  | 0.30  | 2.32  |
| N(%)                                  | 0.05  | 0.11  | 0.08  |
| 유효P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm) | 7.3   | 3.6   | 110.8 |
| 치환성K(me/100g)                         | 0.10  | 0.19  | 0.54  |
| 치환성Ca(me/100g)                        | 1.53  | 1.09  | 5.25  |
| 치환성Mg(me/100g)                        | 0.76  | 0.84  | 1.16  |
| 치환성Na(me/100g)                        | 0.10  | 0.15  | 0.34  |
| 양이온치환용량(me/100g)                      | 3.03  | 4.70  | 8.01  |

2) 천공방법

천공작업은 2002년 6월 20일부터 6월 30일 사이에 실시하였고, 파종구멍의 천공 규격은 다음과 같이 정하였고 천공모식도는 그림 24와 같다.

- ▶ 구멍의 크기 : 파종구멍의 직경을 5cm, 10cm, 15cm 3가지 크기로 천공
- ▶ 구멍의 깊이 : 파종구멍의 깊이를 5cm, 10cm, 15cm 3가지 깊이로 천공
- ▶ 구멍의 각도 : 비탈면의 경사에 순응하여 직각으로 천공한 것, 상향 15°로 천공한 것, 하향 15°로 천공한 것으로 구분
- ▶ 구멍의 간격 : 30cm
- ▶ 1차 천공 : 직경 5cm의 전동 햄머드릴을 이용하여 깊이 5, 10, 15cm로 구분하여 천공
- ▶ 2차, 3차 천공 : 직경 5cm의 전동 햄머드릴에 강철 날개를 용접하여 직경 10cm 파종공은 드릴의 직경을 9cm로 제작하고, 직경 15cm 파종공은 드릴의 직경을 14cm로 제작하여 직경 10cm 파종구는 1차 천공작업의 연결작업으로 시행하고, 직경 15cm 파종구는 1차 및 2차 천공작업의 연결작업으로 시행(직경을 점차 확대하는 방법, 그림 25 참조)하였으며, 천공한 수량은 표 23과 같다.

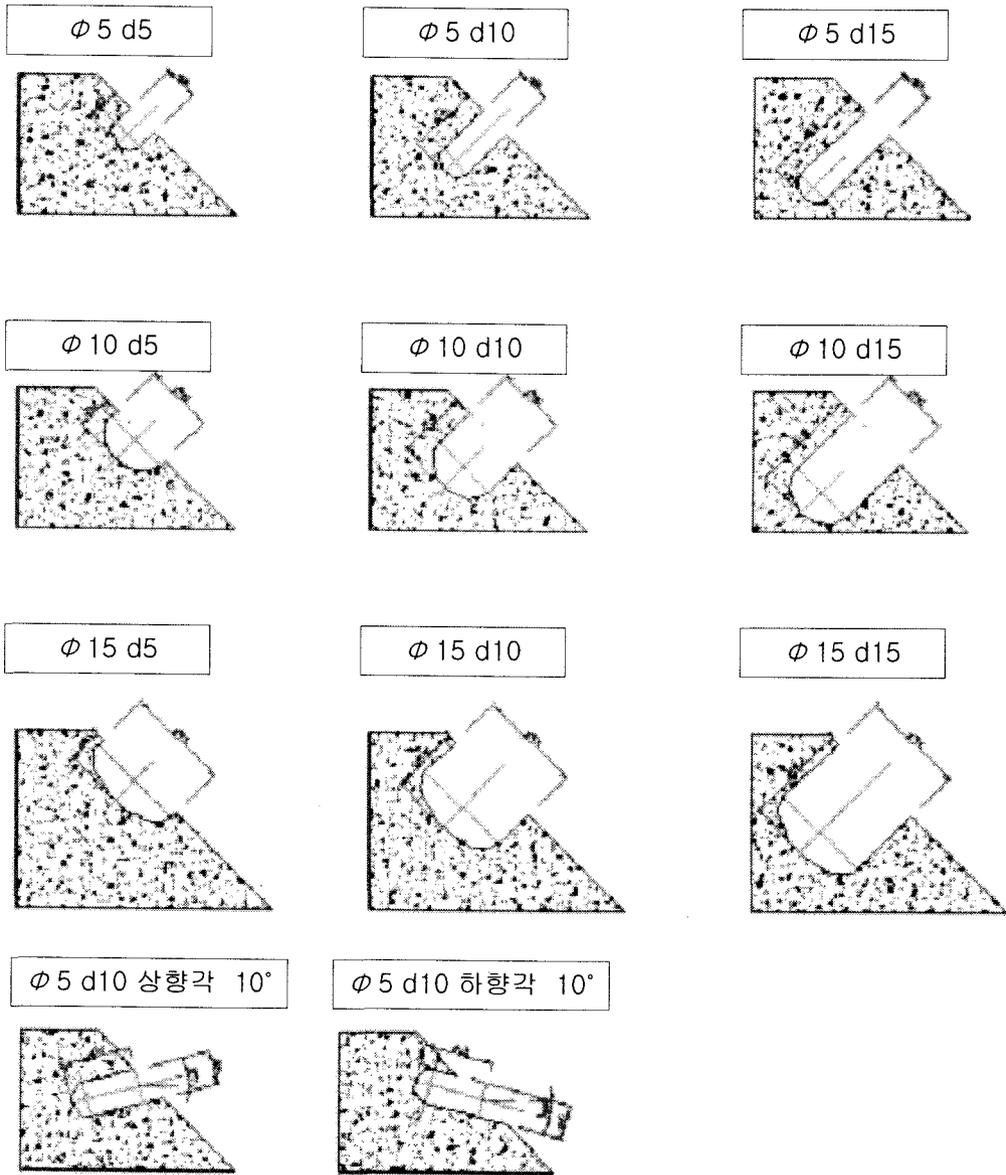


그림 24. 화강암질 풍화암 임도비탈면 식혈 천공 모식도



1시험구 천공작업 전경



2시험구 천공작업 전경



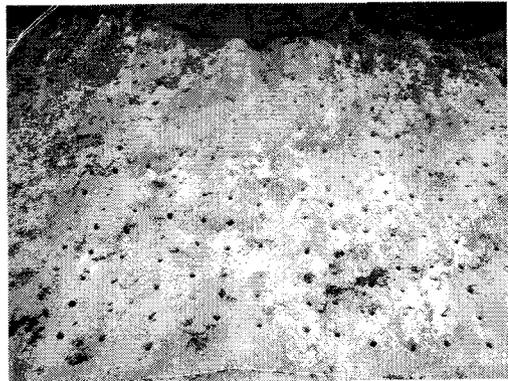
천공작업 근경(직각)



천공작업 근경(상향각)

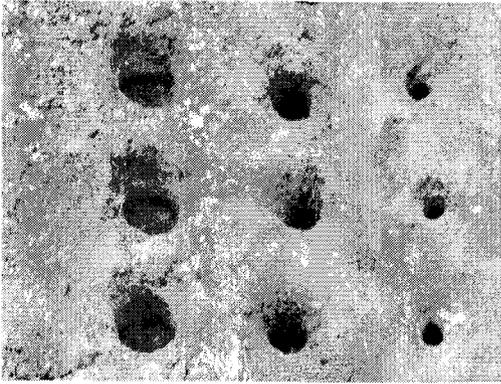


천공작업 근경(하향각)

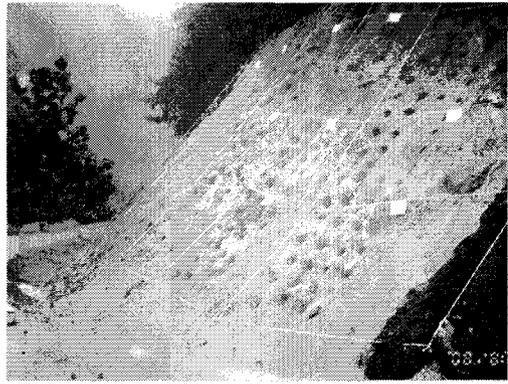


천공작업 완료 광경

그림 25. 시험지 및 천공작업 광경(I)



식혈 상세(좌측부터  $\Phi 15$ ,  $\Phi 10$ ,  $\Phi 5$ )



시험구 라벨 표식

그림 25. 시험지 및 천공작업 광경(II)

표 23. 천공방법별 천공현황

(단위: 개소)

| 시험구 | 방향 | $\Phi 5$ |     |     | $\Phi 10$ |     |     | $\Phi 15$ |     |     |
|-----|----|----------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|
|     |    | d5       | d10 | d15 | d5        | d10 | d15 | d5        | d10 | d15 |
| 1   | 직각 | 50       | 50  | 50  | 50        | 50  | 50  | 50        | 50  | 50  |
|     | 상향 | 20       | 20  | 20  |           |     |     |           |     |     |
|     | 하향 | 20       | 20  | 20  |           |     |     |           |     |     |
| 2   | 직각 | 50       | 50  | 50  | 50        | 50  | 50  | 50        | 50  | 50  |
|     | 상향 | 20       | 20  | 20  |           |     |     |           |     |     |
|     | 하향 | 20       | 20  | 20  |           |     |     |           |     |     |

#### 나. 점식 녹화용 식물의 발아시험

##### 1) 포장시험

##### 가) 재료 및 방법

##### (1) 실험장소

실험장소는 전라북도 전주시 덕진동 소재의 전북대학교 농업생명과학대학 내 묘포장에서 실시하였다.

##### (2) 공시 식물

선정된 식물은 목본류 3종(붉나무, 단풍나무, 적송), 관목류 4종(참싸리, 족제비싸리, 낭아초), 초본류 5종(억새, 새, 마타리, 비수리, 패랭이), 양잔디류 5종(Tall fescue,

Perennial rye grass, WLG, Creeping lovegrass, Kentucky bluegrass)등으로 총 16종의 식물을 선정 사용하였다.

종자의 선정기준은 최근에 녹화용 종자로 많이 이용되고 있으며, 시중에서 비교적 쉽게 구할 수 있는 종자 중 발아율이 비교적 우수한 것들을 선발하였다. 특히 내한성이 강하고 초기 피복이 우수한 양잔디류를 사용하여 조기 피복을 유도하였다. 아울러 콩과 식물인 남아초, 참싸리를 사용함으로써 식물의 뿌리에 질소를 고정하여 척박한 토양에서 잘 자랄 수 있도록 고려하였으며, 초본류인 야생화를 이용하여 경관미를 향상시키고자 하였다.

### (3) 공시 식물의 발아율 조사

녹화식물의 적정 파종량과 배합비를 산출하기 위한 실험에 사용될 식물들의 파종량을 계산하기 위하여 발아율 조사를 실시하였다. 실험에 사용한 종자는 태성녹화산업(주)에서 2003년 7월에 구입한 종자이며, 4℃ 저온 저장고에 보관하였다.

실험은 2003년 9월부터 시작되었으며 현재까지 모니터링을 실시하고 있다. 발아상(B.O.D. Incubater : DAE LIM)내에서 온도를 주간은 고온 10시간, 야간은 저온 14시간으로 설정하여 15℃(±1)~25℃(±1), 20℃(±1)~30℃(±1), 25℃(±1)~35℃(±1)의 3반복 실험을 하였으며 발아율의 조사는 치상 후 2주간 시행하였고 유근이 2mm 이상 나온 것을 발아된 것으로 간주하여 조사하였다(그림 26 참조).



그림 26. Growth Chamber에서의 발아율 실험

2) 현장시험

가) 1차년도(2002년)

임도현장의 제1시험구와 제2시험구에서 2002년 9월 14일과 15일에 해송, 참싸리, 낭아초, 위핑러브그라스, KY31 등 5종의 식물종자를 식혈에 파종하였다. 파종한 식물종자의 발아특성 및 파종기준은 표 5와 같다. 파종시 배합토는 유기질비료 10% + 생명분 5% + 토양 85%로 조제하였고 배양토를 식혈에 1차로 충전한 후 표 24와 같은 양의 종자를 파종하고 2차로 배합토와 CMC(0.5ton/20kg)를 혼합하여 덮어주었다.

제1시험구와 제2시험구의 파종시험구 배치현황은 그림 27과 그림 28에 나타난 바와 같다. 다만, 역새는 포기심기로 1시험구에서는  $\varnothing$ 5cm 깊이 10cm 식혈에 심었고, 2시험구에서는  $\varnothing$ 15cm, 깊이 10cm 식혈에만 식재하였다.

표 24. 시험식물 종자의 특성 및 파종 기준

| 식물명                   | 기대<br>본수 | 발아율<br>(%) | 순도<br>(%) | 립수/g  | 파종량<br>(g/m <sup>2</sup> ) | 직경5cm<br>파종량(g) | 직경10cm<br>파종량(g) | 직경15cm<br>파종량(g) |
|-----------------------|----------|------------|-----------|-------|----------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| 해송<br>소계              | 200      | 50         | 90        | 80±   | 555                        | 1.1             | 4.4              | 9.8              |
|                       | 200      |            |           |       | 555                        | 1.1             | 4.4              | 9.8              |
| 낭아초<br>참싸리<br>소계      | 250      | 70         | 95        | 168±  | 446                        | 0.9             | 3.5              | 7.8              |
|                       | 250      | 60         | 96        | 150±  | 581                        | 1.1             | 4.6              | 10.2             |
|                       | 500      |            |           |       | 1027                       | 2.0             | 8.1              | 18               |
| 위핑러브그라스<br>KY31<br>소계 | 1,000    | 80         | 97        | 2800± | 92                         | 0.2             | 0.7              | 1.6              |
|                       | 1,000    | 90         | 98        | 430±  | 527                        | 1.0             | 4.1              | 9.3              |
|                       | 2,000    |            |           |       | 619                        | 1.2             | 4.8              | 10.9             |
| 합계                    | 2,700    |            |           |       | 2201                       | 4.3             | 17.3             | 38.7             |

| 억새심기  | 비밀칭 |     |    | 차광망 |     |    | 코아넷 |     |    |
|-------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|
|       | φ5  | d10 |    | φ15 | φ10 | φ5 | φ15 | φ10 | φ5 |
| ○ ○ ○ | ①①  | ①①  | ①① | ①①  | ①①  | ①① | ①①  | ①①  | ①① |
| ○ ○ ○ | ②②  | ②②  | ②② | ②②  | ②②  | ②② | ②②  | ②②  | ②② |
| ○ ○ ○ | ③③  | ③③  | ③③ | ③③  | ③③  | ③③ | ③③  | ③③  | ③③ |
| ○ ○ ○ | ④④  | ④④  | ④④ | ④④  | ④④  | ④④ | ④④  | ④④  | ④④ |
| ○ ○ ○ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ |
|       |     |     |    |     |     |    |     |     |    |
| ○ ○ ○ | ①①  | ①①  | ①① | ①①  | ①①  | ①① | ①①  | ①①  | ①① |
| ○ ○ ○ | ②②  | ②②  | ②② | ②②  | ②②  | ②② | ②②  | ②②  | ②② |
| ○ ○ ○ | ③③  | ③③  | ③③ | ③③  | ③③  | ③③ | ③③  | ③③  | ③③ |
| ○ ○ ○ | ④④  | ④④  | ④④ | ④④  | ④④  | ④④ | ④④  | ④④  | ④④ |
| ○ ○ ○ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ |
|       |     |     |    |     |     |    |     |     |    |
| ○ ○ ○ | ①①  | ①①  | ①① | ①①  | ①①  | ①① | ①①  | ①①  | ①① |
| ○ ○ ○ | ②②  | ②②  | ②② | ②②  | ②②  | ②② | ②②  | ②②  | ②② |
| ○ ○ ○ | ③③  | ③③  | ③③ | ③③  | ③③  | ③③ | ③③  | ③③  | ③③ |
| ○ ○ ○ | ④④  | ④④  | ④④ | ④④  | ④④  | ④④ | ④④  | ④④  | ④④ |
| ○ ○ ○ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ | ⑤⑤  | ⑤⑤  | ⑤⑤ |

※식물종별 구분 ① = 해송 ② = 참싸리 ③ = 낭아초 ④ = WLG ⑤ = KY31

\*φ = 구멍의 직경 \*d = 구멍의 깊이

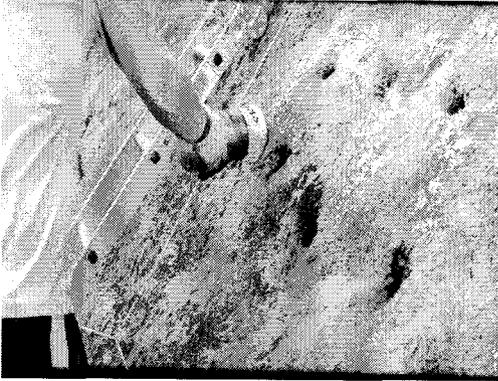
그림 27. 제1시험구의 파종시험 배치현황

| 억새심기  | 비밀칭 |     |     | 차광망 |     |     | 코아넷 |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | φ15 | d10 |     | φ15 | φ10 | φ5  | φ15 | φ10 | φ5  |
| ○ ○ ○ | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① |
| ○ ○ ○ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ○ ○ ○ | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② |
| ○ ○ ○ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ○ ○ ○ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ |
|       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ○ ○ ○ | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① |
| ○ ○ ○ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ○ ○ ○ | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② |
| ○ ○ ○ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ |
|       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ○ ○ ○ | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① | ④①① |
| ○ ○ ○ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| ○ ○ ○ | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② | ④②② |
| ○ ○ ○ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ | ⑤③③ |

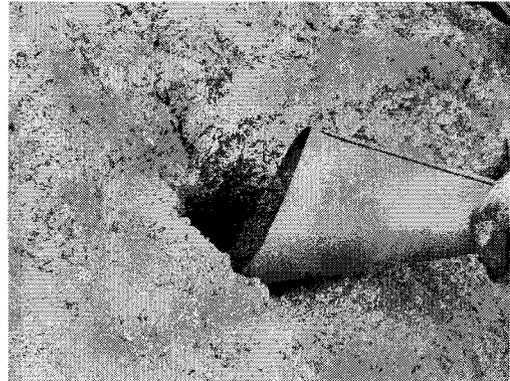
※식물종별 구분 ① = 해송 ② = 참싸리 ③ = 낭아초 ④ = WLG ⑤ = KY31

\*φ = 구멍의 직경 \*d = 구멍의 깊이

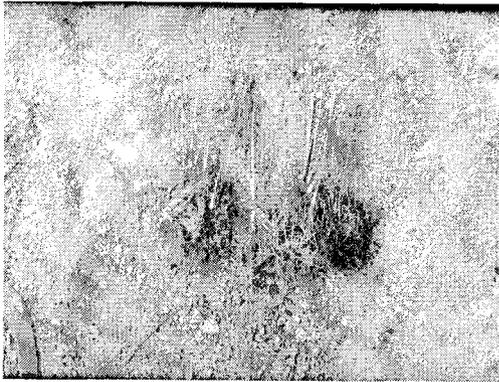
그림 28. 제2시험구의 파종시험 배치현황



식혈 내 수분 공급



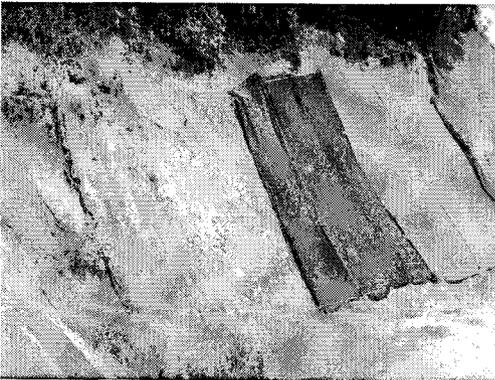
배양토 충전



억새심기 준비(H 10cm)



억새 심기



1시험구 파종 완료 후 모습



2시험구 파종 후 비닐멀칭

그림 29. 현장 파종시험 광경

나) 2차년도(2003년)

(1) 시험지 임도비탈면 선정

비탈면 천공시험지는 전북 장수군 친천면 오봉리 쌍암임도내 제1, 2시험지와 전북 임실군 삼계면 죽계리~삼계면 삼계리 임도내 제3, 4시험지에 천공작업을 하였으나 제3, 4 시험지의 마사토 비탈면이 토양경도가 약하여 천공 후 구멍의 유실로 시험지로서 부적당하여 제1, 2 시험지에만 종자파종실험을 실시하였다.

(2) 토양 경도

제1시험구와 제2시험구의 토양 경도는 SHM-1을 이용하여 식혈된 구멍의 안과 밖으로 구분하여 실시하였으며 천공 후 구멍의 크기는 줄자를 이용하여 현장에서 직접 측정하였다.

(3) 식혈 천공작업

비탈면의 천공작업 및 종자의 파종은 그림 30, 31과 같이 설계하였으며 구멍의 크기는  $\varnothing 10\text{cm}$ ,  $d10\text{cm}$ 으로 일정하게 천공하였다.

| 코아넷                              | 비밀칭                              | 역새        |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------|
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13    | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13 14 | ○ ○ ○ ○ ○ |
| 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 11 12 13    | ○         |
| 9 8 7 6 5 3 2                    | 10 9 7 6 5 4 3 2 1 11 12         |           |
| 9 8 7 5                          | 10 9 7 6 5 4 3 2 1 11 12         |           |
|                                  | 11                               |           |

그림 30. 2차년도 제1시험구 파종현황도

| 역새        | 코아넷  | 비밀칭                                      |
|-----------|--|--|
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○ ○ | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○   | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○ ○ ○ ○   | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                             | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1                     |
| ○         | 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1<br>9 8 7 6 5 3 2<br>9 8 7 5 | 10 9 7 6 5 4 3 2 1<br>10 9 7 6 5 4 3 2 1 |

그림 31. 2차년도 제2시험구 파종현황도

(4) 식물종별 구분 및 파종립 수

- |               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| ① 상수리 : 5개    | ⑧ 남아초 : 50개                 |
| ② 소나무 : 20개   | ⑨ Kentucky bluegrass : 50개  |
| ③ 족제비싸리 : 20개 | ⑩ WLG : 50개                 |
| ④ 옷나무 : 20개   | ⑪ 마타리 : 50개                 |
| ⑤ 붉나무 : 20개   | ⑫ Creeping redfescue : 50개  |
| ⑥ 비수리 : 50개   | ⑬ Tall fescue : 50개         |
| ⑦ 안고초 : 50개   | ⑭ Perennial rye grass : 50개 |

(5) 배합토 조제

유기질비료 10% + 생명분 5% + 토양(황토-점흙) 85%로 배합한 배양토를 식혈에 1차로 충전한 후 식물종별로 라)항에서 정해진 양씩 배양토 위에 파종하고, 유기질 비료 10% + 생명분 5% + 토양(황토-점토) 85%로 배합한 배양토에 CMC(0.5ton/20kg)을 혼합하여 덮어 주었다.

(6) 역새심기

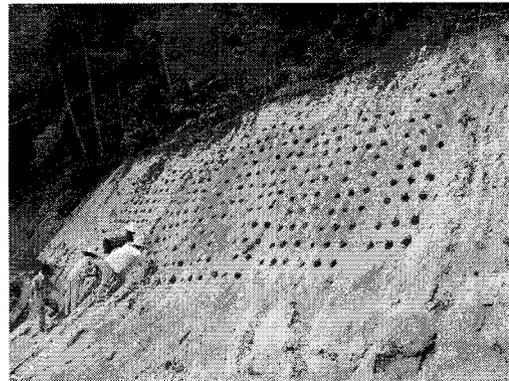
역새는 현지에서 직접 채취하여 지상 10cm에서 절단한 후 식재하였다.

(7) 식재시기

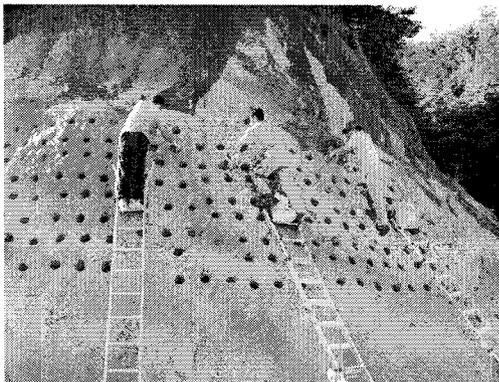
2003년 7월 30~31일에 걸쳐 천공 및 식재를 완료하였다. 8월 13일에 1차년도와 2차년도에 파종한 시험구의 성장상태를 조사한 결과 1차년도 시험구는 폭우로 인해 비탈면 위의 종자와 배양토가 유실되어 아랫부분에만 성장하고 있는 상태였고, 2차년도 시험구는 토양과 종자가 완전히 유실된 상태였다. 그래서 2차년도 시험구에는 9월 7일에 재파종하였으며, 강우에 의한 유실을 방지하기 위하여 전면을 비닐로 덮었으며 10월 5일에 걷었다(그림 32 참조).



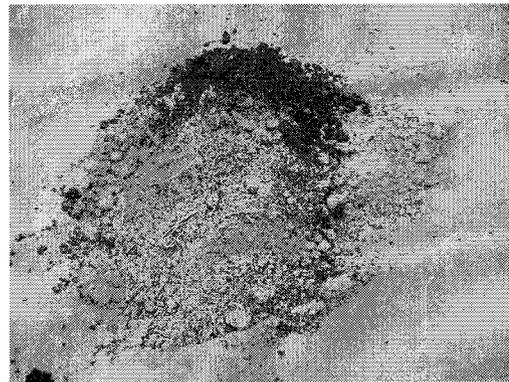
천공된 비탈면(Ø10, d10)



1시험구 파종 전 식혈 내 잔재물 제거

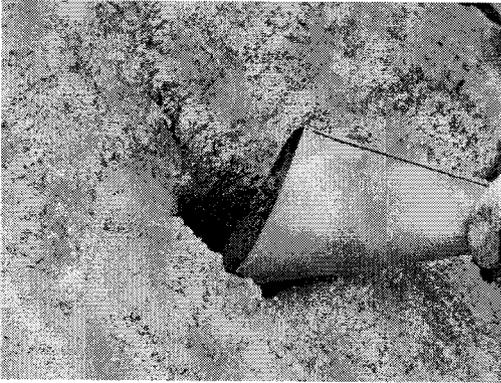


2시험구의 파종 전 식혈 내 잔재물 제거

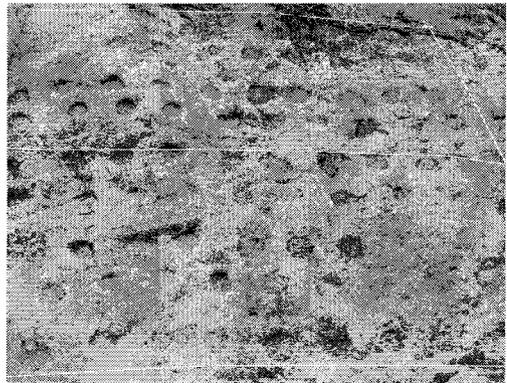


황토와 유기질비료 혼합

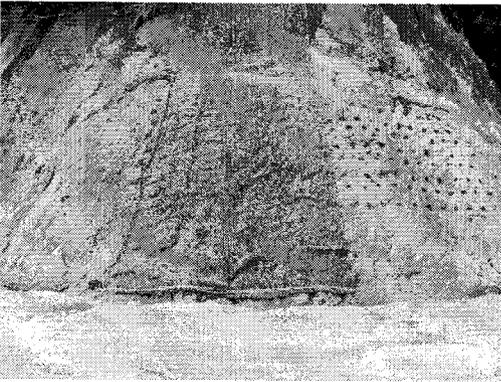
그림 32. 현장 파종시험 광경(I)



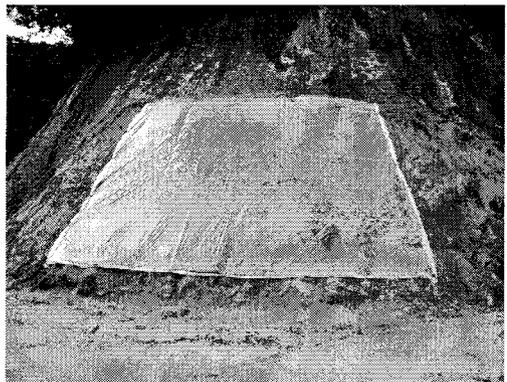
배양토 충전



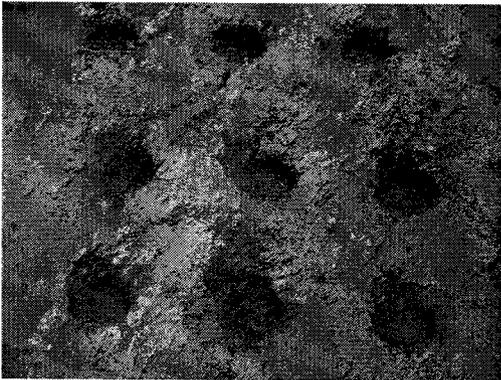
종자 파종 완료



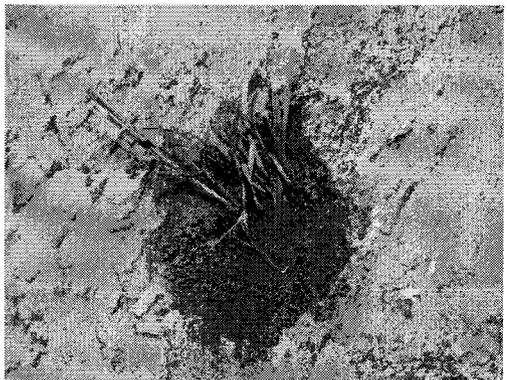
코아넷 멀칭과 비멀칭(1시험구)



유실방지를 위한 비닐멀칭(2시험구)



억새심기 전 배양토 충전



억새심기 완료

그림 32. 현장 파종시험 광경(II)

다. 녹화식물 종자 배합기술 개발

1) 포장시험

가) 실험장소

실험장소는 전라북도 전주시 덕진동 소재의 전북대학교 묘포장에서 실시하였다. 실험시공일부터 2일 간격으로 2회 관수를 실시하였고, 주변으로부터 소수의 잡초 등이 침입하여 제초작업을 하였다.

나) 공시재료

(1) 토양재료

일반상토, 대지개발 부엽토, 모래등, 안정제 등을 사용하였다.

(2) 토양 침식 방지제

태성녹화산업(주) 토양침식방지제 C.M.C 1종을 사용하였다.

(3) 공시식물

공시식물은 목본류 3종(붉나무, 단풍나무, 적송), 관목류 4종(참싸리, 족제비싸리, 낭아초), 초본류 5종(억새, 새, 마타리, 비수리, 패랭이), 양잔디류 5종(Tall fescue, Perennial rye grass, WLG, Creeping lovegrass, Kenturky bluegrass)등으로 총 16종의 식물을 선정하여 사용하였다.

다) 실험재료

(1) 유기질 비료 30% + 일반토양 70% +pro-tack(polyacrylamide Tackifier) 2g 사용하여 P.V.C 파이프(높이 20cm, 직경 10cm)에 1차년도와 달리 혼파 실험을 실시하였다.

(2) 목본류 3종(붉나무, 단풍나무, 적송), 관목류 4종(참싸리,족제비싸리, 낭아초), 초본류 5종(억새, 새, 마타리, 비수리, 패랭이), 양잔디류 5종(Tall fescue, Perennial rye grass, WLG, Creeping redfescue, Kenturky bluegrass)등으로 총 16종의 식물을 선정하여, 단파, 혼파로 시행하였으며 전체적인 실험내용은 1차년도와 유사하나 2차년도 실험에서는 다른 제조사의 토양접착제 사용과 혼파실험만을 시행하였다.

(3) 혼파 : 목본류, 관목류, 초본류, 양잔디류 4종을 파종하였고

(목복+관목), (목본 +초본), (목본 +양잔디), (관목+초본), (관목 +양잔디), (초본+양잔디), (목+관+초+양)으로 파종하였다.

▶ 위의 실험을 4반복으로 시행하였다.

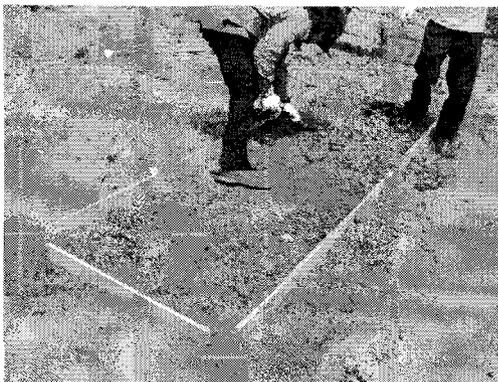
|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ |
| ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ |
| ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ |
| ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ | ○ ○ ○ |

그림 33. 시험구 배치도

좌측 시험구를 기준으로 하여

|       |                               |      |
|-------|-------------------------------|------|
| ○ ○ ○ | (목본+관목), (목본+초본), 관목          | 혼파실험 |
| ○ ○ ○ | (관목+양잔디), (목본+관목+초본+양잔디), 양잔디 |      |
| ○ ○ ○ | (목본+양잔디), (관목+초본), (초본+양잔디)   |      |
| ○ ○ ○ | 목본, 초본                        |      |

그림 34. 시험구 내 파종 형태

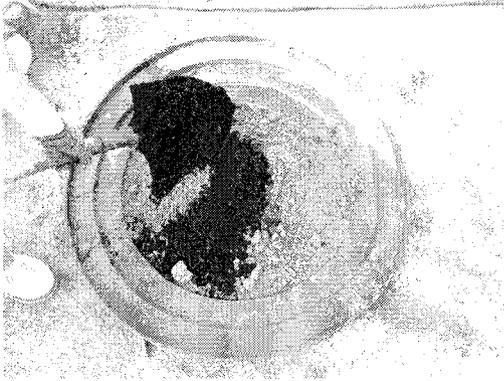


시험구 정리

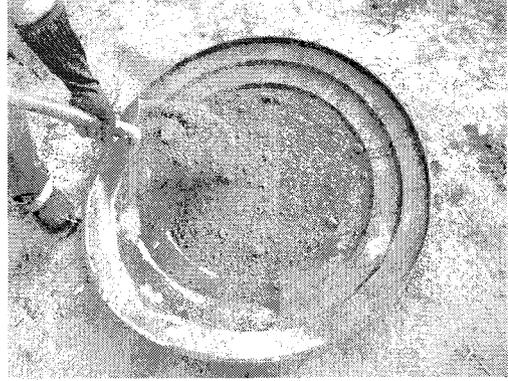


구멍 뚫기

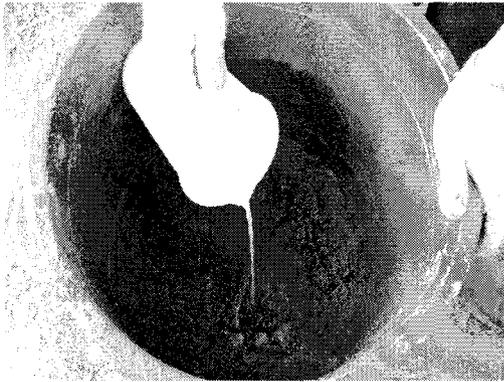
그림 35. 실험 재료 및 시공 과정(I)



실험 토양 배합



토양 혼합



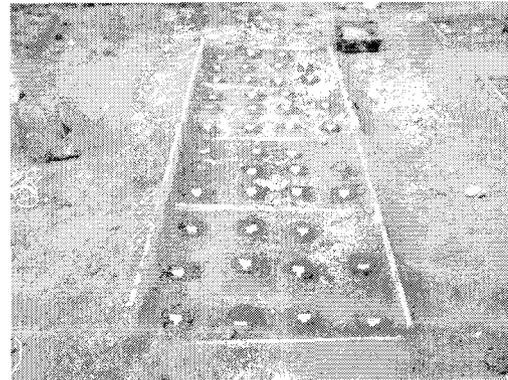
접착제 혼합 1



접착제 혼합 2



구멍에 실험토양 넣기



시험구 배치

그림 35. 실험 재료 및 시공 과정(II)

2) 현장혼파시험

가) 시험지 임도비탈면 선정

비탈면 천공시험지는 1, 2차년도에 시험했던 전북 장수군 천천면 오봉리 쌍암임도 내 제1, 2시험지 인근에 위치한 곳에 배치하였다.

나) 식혈 천공작업

식혈의 크기는  $\varnothing 10\text{cm}$ ,  $d10\text{cm}$ 로 일정하게 천공하였고, 천공작업 및 종자의 파종은 그림 36과 같이 설계하였다.

| 소나무+안고초+마타리 |   |   |   |   | 낭아초+싸리+Tall fescue |   |   |   |   |
|-------------|---|---|---|---|--------------------|---|---|---|---|
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |
| ①           | ① | ① | ① | ① | ②                  | ② | ② | ② | ② |

그림 36. 3차년도 제4시험구(재파종시험구) 파종현황도

다) 파종시기

2004년 9월 16일에 파종을 완료하였다.

라) 식물별 파종량

- ① 소나무+안고초+마타리(100+100+100개)
- ② 낭아초+싸리+Tall fescue(100+100+100개)

마) 배양토 조제

1, 3시험구에서는 10번 체(2mm)로 체가름 한 황토를 식혈에 1차로 충전(식혈 내 10%)한 후 유기질 비료 10% + 생명분 5% + 토양(황토-점토) 85%로 배합한 배양토에 식물종별로 구분하여 종자와 혼합한 다음 물로 희석시킨 접착제(pro-tack)를 반죽하여 사용하였다.

바) 시험방법개선

1차 시험에서는 2차년도까지의 실험결과 목초종류가 다른 종들에 비해 생장이 빨라 천공 내 토양 안정화 역시 빨랐는데 이는 직접적인 파종에서 1차적으로 안정이 된 후 간접적인 자연식생이 유도되어 2차적인 안정을 가져와 다른 초종들에 비해 좋은 생장을 보였다. 반면, 초기발아가 늦었던 목본류의 종들은 토양 안정화가 잘 이루어지지 못하였고 발아 또한 이루어지지 못하고 유실되어 본 시험에서는 접착제(pro-tack)를 사용하였다.

2004년 4월에 실시한 1차 시험에서도 배양토 및 종자 유실이 발생하여 2차 시험에서는 여러 가지 시험 방법을 달리하였는데 단파를 했던 방식에서 초기생장이 빠른 목초종류의 초종과 초기발아가 늦은 목본류를 혼합하는 혼파 방식을 채택하였고 발아와 생장기반을 도모하기 위한 식혈 내 배양토 채움에 있어서는 기존의 70%에서 10%정도만을 채우는 방식으로 바꾸어 실험을 설계하였다. 즉, 뒷채움의 배양토를 줄이는 대신 앞채움의 접착제를 혼합한 배양토의 비율을 높였다. 단, 종자 발아가 어려웠던 점을 보완하기 위해 접착제의 농도는 묽게 사용하였다. 접착제의 단파실험에서 생장이 좋았던 초본류인 안고초, 목초류인 마타리와 Tall fescue, 목본류인 소나무, 싸리, 남아초를 혼합하여 파종하였다.

라. 점식 녹화용 배양토 조제기술 개발

1) 포장시험

가) 식물생육에 적합한 토양제조

(1) 실험장소

실험장소는 전라북도 전주시 덕진동 소재의 전북대학교 묘포장에서 실시하였다. 실험시공일부터 지금까지 2일 간격으로 2회 관수를 실시하였고, 주변으로부터 소수의 잡초 등이 침입하여 제초작업을 하였다.

(2) 공시재료

(가) 토양재료

일반상토, 대지개발 부엽토, 모래등, 안정제등 을 사용하였다.

(나) 토양 침식 방지제

태성녹화산업(주) 토양침식방지제 C.M.C 1종을 사용하였다.

(다) 공시식물

공시식물은 목본류 3종(붉나무, 단풍나무, 적송), 관목류 4종(참싸리, 족제비싸리, 낭아초), 초본류 5종(억새, 새, 마타리, 비수리, 패랭이), 양잔디류 5종(Tall fescue, Perennial rye grass, WLG, Creeping lovegrass, Kenturky bluegrass)등으로 총 16종의 식물을 선정 사용하였다.

(라) 토양 재료별 특징

- ① 원예상토 : 일반 원예상토는 배수성, 보수성이 우수하고 어린 육묘 삽목이나 종자 파종용으로 상토를 많이 사용하고 있는 유기질 토양재료를 사용하였다.
- ② 대지개발 부엽토 : 대지개발의 유기질 비료는(목탄, 니탄, 깻물류, 약초 분말 기타)를 이용하여 토양의 단립구조를 형성하여 공극량 증가로 보비력이 크므로 식물의 뿌리신장을 촉진하고 보수력이 커서 “모관수” 공급량이 많고 투수성과 통기성을 향상시키며 보비력이 높은 특징을 가지고 있다.

(마) 토양 침식 방지제의 특징 및 효과

① 태성녹화산업(주) CMS

Seed spray, Hydro seeding등의 토양 집착제로 암 절개면, 보호 식재공 토양 안정제이며, 토양 입단을 형성하며 흠먼지 발생을 억제 빗물에 의한 토양 유실 및 골파임 등을 방지하며 모든 녹화용 자재(씨앗, 화이바, 토양,비료등)과 결합력이 우수 녹화자재 및 토양, 비료의 유실을 방지 토양, 씨앗 표면에 피막을 형성하여 보습, 보온효과 및 발아를 촉진하는 역할을 하는데 기본 사용량은 0.5ton당 20kg이다.

### (3) 시험구 유형

시험구는 한 가지 유형으로 4반복을 실시하였으며, 각각의 시험구의 크기는 깊이 20cm, 직경 10cm의 PVC파이프에 각각의 공시식물 파종량에 따라 공시식물을 파종하였다. 먼저 10cm를 일반모래를 넣었고 그 위에 상토, 부엽토, 토양안정제를 배합비에 맞추어 10cm 높이로 채워 넣었다.

### (4) 토양배합

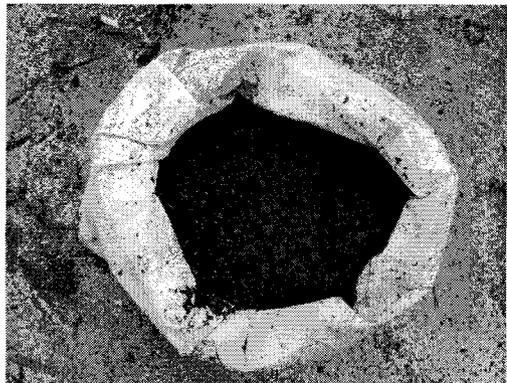
- ▶ 유기질비료 5% + 생명분 10% + 토양 및 CMC 85%를 배합하였으며 생명분 대신 부엽토를 사용할 경우에도 10% 사용하였고 CMC = 0.5<sup>ton</sup>/20kg 사용하였다.

### (5) 시험구의 설치

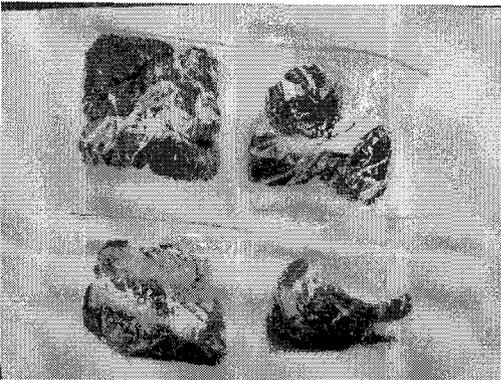
각 시험구는 2003년 9월 17일에 실험포지에 시험구 별로 파종하였다.



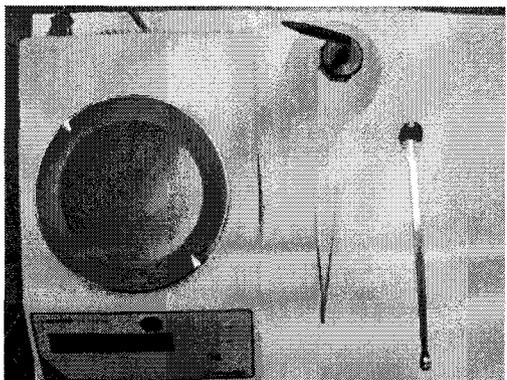
일반 상토



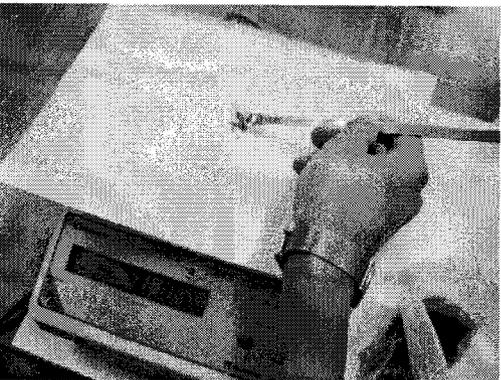
대지개발 부엽토



공시 식물



종자계량 재료

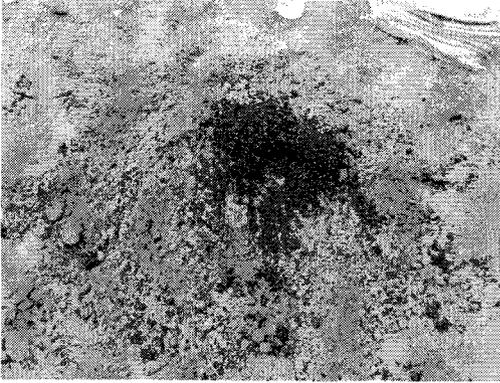


종자계량



종자 담기

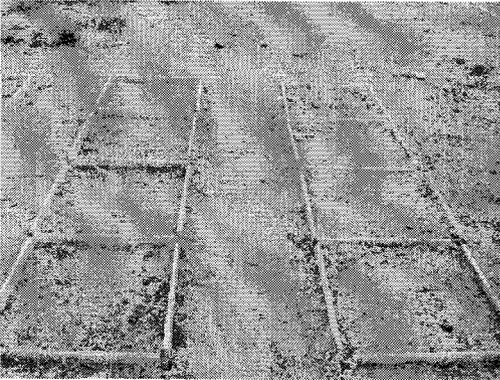
그림 37. 실험 재료 및 시공과정(I)



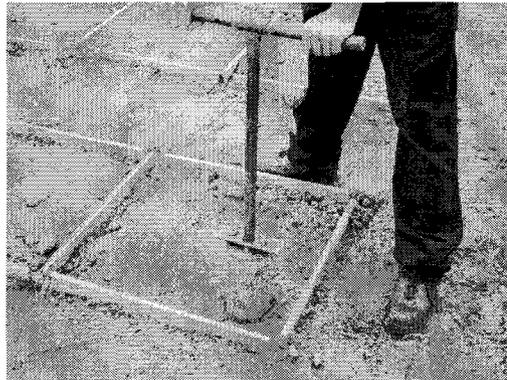
부엽토 혼합



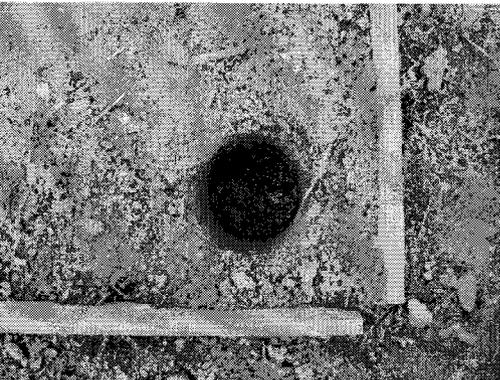
CMC혼합



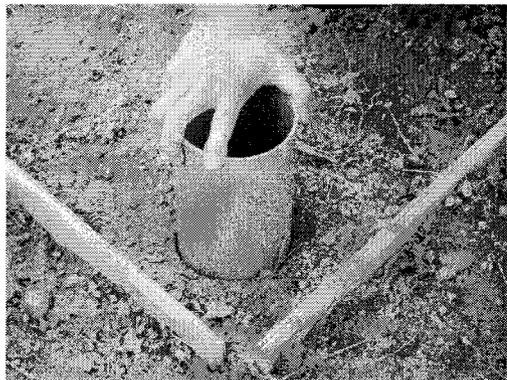
반복별 시험구 조성



구멍뚫기(깊이20cm)

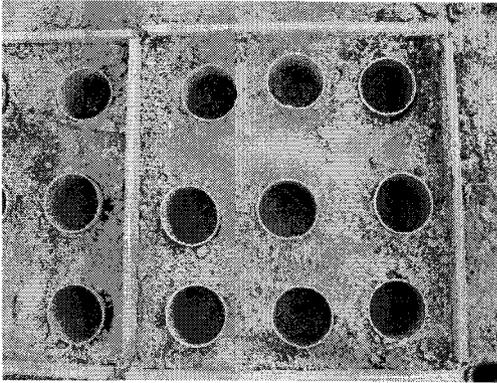


구멍뚫기(후)

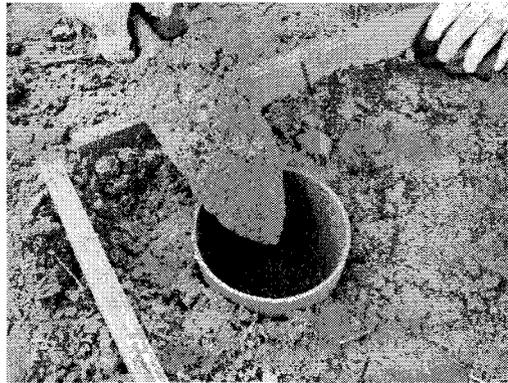


시험구 설치(깊이20cm)

그림 37. 실험 재료 및 시공과정(II)



시험구 설치(후)



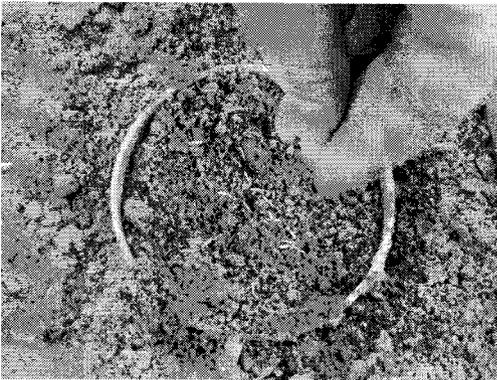
모래 채우기(10cm)



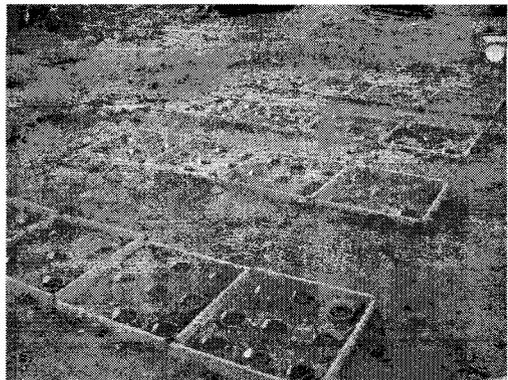
계량한 토양넣기(10cm)



계량한 토양넣기(후)



종자 파종



시험구 설치 전경

그림 37. 실험 재료 및 시공과정(III)

표 25. 실험 사용종자 및 배합표

| 구분   | 식물명        | 기대<br>본수 | 발아율<br>(%) | 순도(%) | 립수/g  | 과중량<br>(g/m <sup>3</sup> ) | 직경10cm당<br>과중량(g) |
|------|------------|----------|------------|-------|-------|----------------------------|-------------------|
| 목본류  | 불나무        | 200      | 20         | 70    | 69    | 20.00                      | 0.16              |
|      | 단풍나무       | 200      | 40         | 98    | 70    | 7.25                       | 0.05              |
|      | 적송(해송)     | 200      | 45         | 99    | 65    | 6.85                       | 0.05              |
| 관목류  | 참싸리        | 250      | 57         | 98    | 127   | 3.52                       | 0.03              |
|      | 족제비싸리      | 250      |            | 99    | 110   | 4.88                       | 0.04              |
|      | 낭아초        | 250      | 95         | 99    | 180   | 1.43                       | 0.01              |
| 초본류  | 억새         | 1,000    | 30         | 80    | 230   | 1.81                       | 0.014             |
|      | 새          | 1,000    | 51         | 30    | 1,020 | 6.41                       | 0.05              |
|      | 마타리        | 1,000    | 74         | 98    | 1,030 | 1.34                       | 0.01              |
|      | 비수리        | 1,000    | 30         | 99    | 520   | 6.49                       | 0.05              |
|      | 패랭이        | 1,000    | 40         | 99    | 1,890 | 1.34                       | 0.01              |
| 양잔디류 | 톨웨스큐       | 1,000    | 91         | 98    | 380   | 2.98                       | 0.02              |
|      | 페레니얼 라이그라스 | 1,000    | 98         | 98    | 490   | 2.12                       | 0.02              |
|      | 켄터키블루 그라스  | 1,000    | 86         | 81    | 2,730 | 0.53                       | 0.004             |
|      | 위핑러브 그라스   | 1,000    | 30         | 96    | 3,000 | 1.15                       | 0.009             |
|      | 크리핑레드 웨스큐  | 1,000    | 51         | 98    | 1,170 | 5.77                       | 0.05              |

\* 과중량(g/m<sup>3</sup>) = 예상성립본수/1g당 립수 × 발아율 × 순도

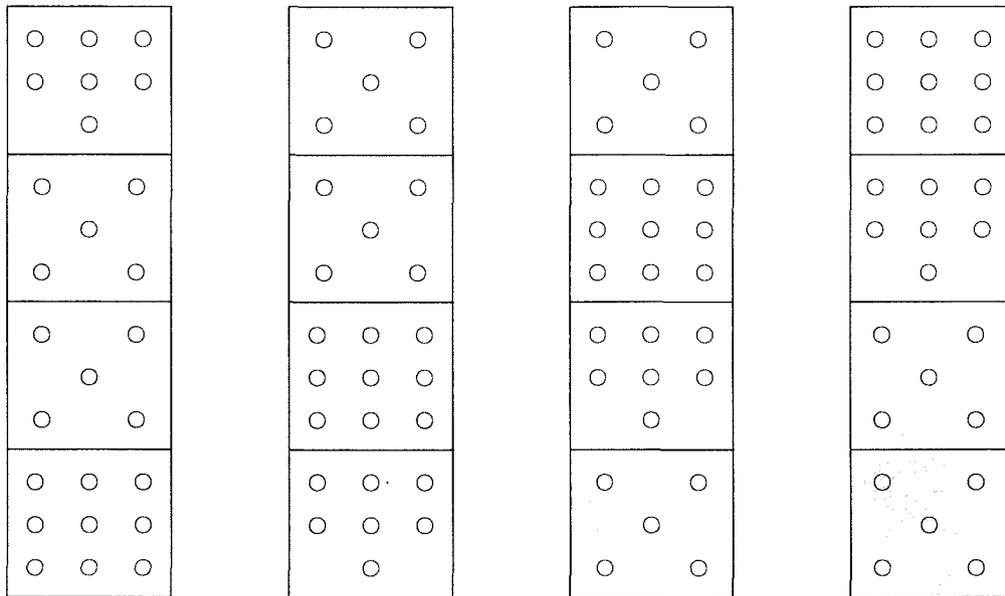


그림 38. 시험구 배치도

\* 단과 16개+(목본+관목)+(목본+초본)+(목본+양잔디)+(관목+초본)+(관목+양잔디)+(목본+관목+초본+양잔디)

\*\* 우측 시험구를 기준으로 하여

|                         |  |
|-------------------------|--|
| ○ ○ ○<br>○ ○ ○<br>○ ○ ○ | 붉나무, 단풍나무, 적송<br>참싸리, 족제비싸리, 낭아초<br>억새, 새, 마타리           |
| ○ ○ ○<br>○ ○ ○<br>○     | 비수리, 패랭이, 톨페스큐<br>페레니얼 라이그래스, KGB, 위핑러브그래스<br>크리핑 레드 페스큐 |
| ○ ○<br>○<br>○ ○         | 목본류, 관목류<br>목본+관목+초본+양잔디<br>초본류, 양잔디                     |
| ○ ○<br>○<br>○ ○         | (목본+관목), (목본+초본)<br>(관목+양잔디)<br>(목본+양잔디), (관목+초본)        |

그림 39. 시험구 내 종자파종 모식도

나) 비탈면 시공시 식생기반 토양의 적절한 토양접착제 배합

1, 2차년도 임도비탈면 녹화를 위한 현장 실험 시공시에 발생한 문제점 보완을 위해 추가 실험을 시행하였다. 즉, 현장 임도비탈면 시공시에 강우에 의해 구멍안에 있는 기반토양의 유실(부서짐)현상이 나타남에 따라 식물 생육이 불량하여 뿌리 활착이 되기 전에 토양 유실이 나타났다. 이에 따라 토양 배합시 토양 접착제의 적정량을 규명할 필요가 있었다. 토양 접착제로는 1, 2차 시공시 쓰여졌던 pro-tack (polyacrylamide Tackifier)를 사용하였다.

(1) 실험 방법

(가) 실험재료

- ▶ 유기질 비료 30% + 일반토양 70% + pro-tack(polyacrylamide Tackifier) 사용하여 P.V.C 파이프(높이 20cm, 직경 10cm)에 양잔디류중 발아율이 가장 좋은 Tall fescue로 1종의 식물을 선정하여 단파로 시행하였다.
- ▶ 접착제의 양은 1, 2차년도 배합량의 1/2, 2배, 3배로 나누어 시행하였으며 대조구로 1차년도에 쓰인 토양 접착제 C.M.C(0.02g)를 사용하였다

(나) 실험 배치도

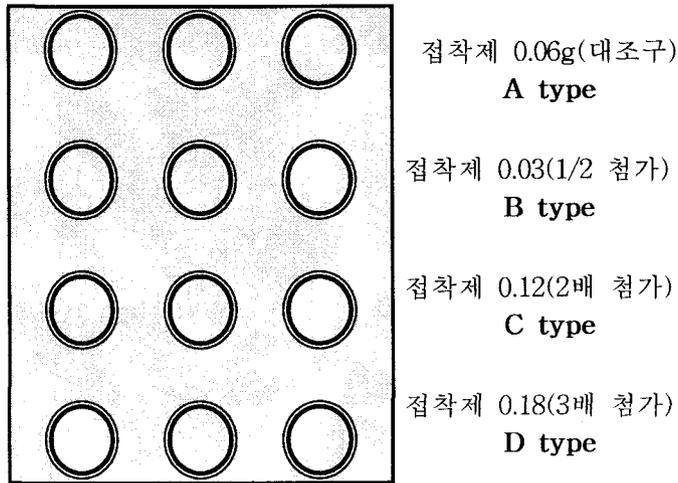


그림 40. 시험구 배치도

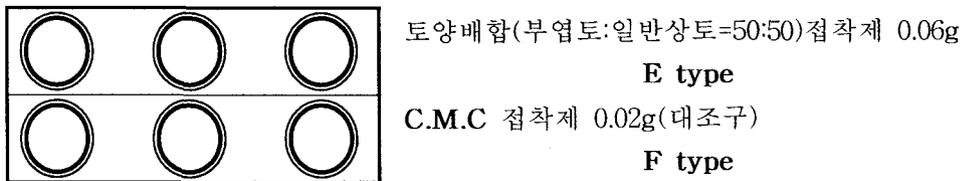


그림 41. 시험구 배치도

- ▶ 접착제 양을 4type으로 하여 시험구 별로 3반복 총 12개 시험구를 만들어 1, 2차년도 같은 조건 하에 단국대 실험포지 평지에 배치하였고 실험기간은 양잔디가 어느 정도 뗏장을 형성할수 있는 20일 정도의 기간후에 P.V.C 파이프를 제거한 후에 인공 강우 실험을 통해 토양의 경도와 유실을 측정하였다. 또한 인공강우 실험방법으로는 관수용 25mm 호스와 분사노즐을 이용하여 인공강우 조건을 조성하였으며 동시에 동량의 물 분출이 각 시험구에 분출될 수 있도록 하였다(그림 42 참조).

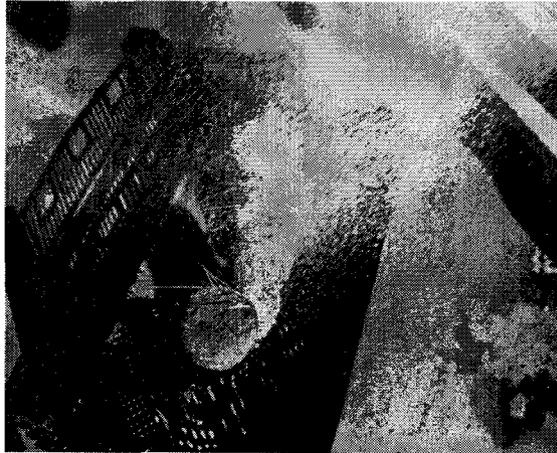
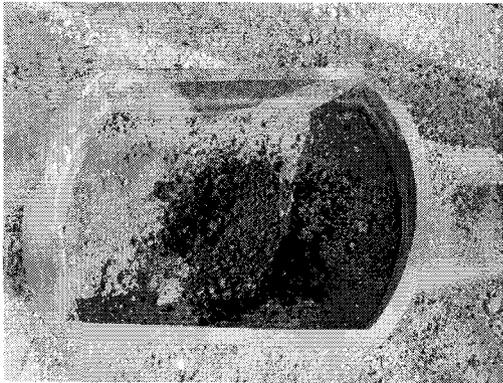


그림 42. 인공강우실험

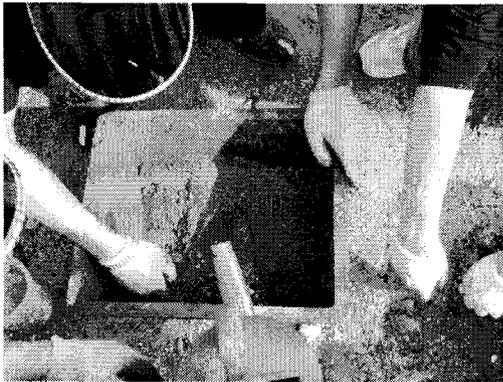
- ▶ 강우시 경도 분석 실험은 식생기반재의 건조 및 경화가 진행 되어진 시공 14일 후에 실시하였다. 관수호수의 노즐을 시간당 20mm의 물이 관수될 수 있도록 조정 한 후 실험 유형별로 5분 간격으로 산중식 경도계를 이용해 측정 하였고 2차년 도에 쓰인 토양 집착제 pro-tack는 10cm 직경에 10cm의 배양토를 채우는 실험 으로 7cm정도는 종자가 없는 배양토만으로, 겉의 3cm정도는 종자를 넣은 배양 토를 넣고 실험하였다.
- ▶ 직경 10cm의 면적을 대략  $0.02\text{m}^2$ 로 한다면 100구멍에 2g을 혼합하면 된다는 결 론을 얻을 수 있었다.



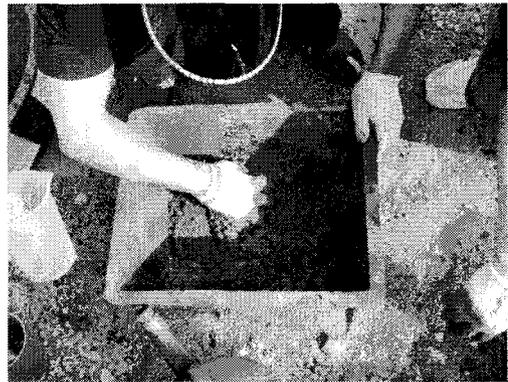
토양배합



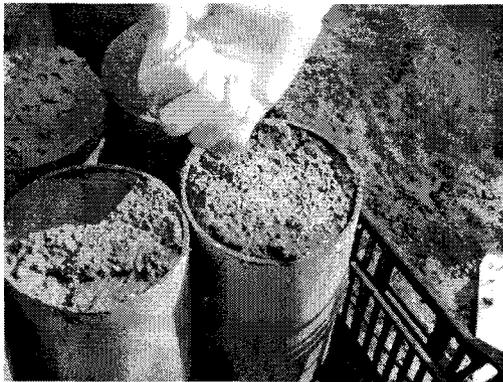
접착제 개량



접착제와 물 혼합



실험토양 개량

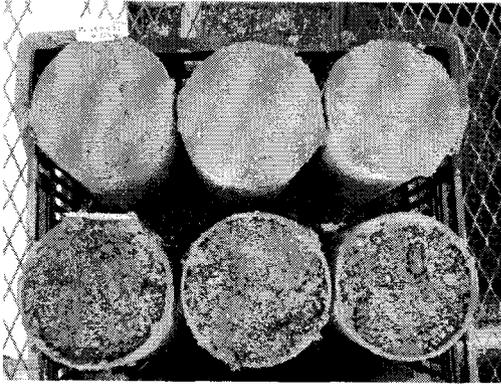


종자과종



시험구배치 1

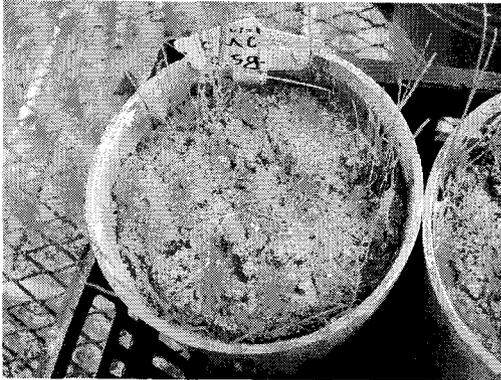
그림 43. 시공사진(I)



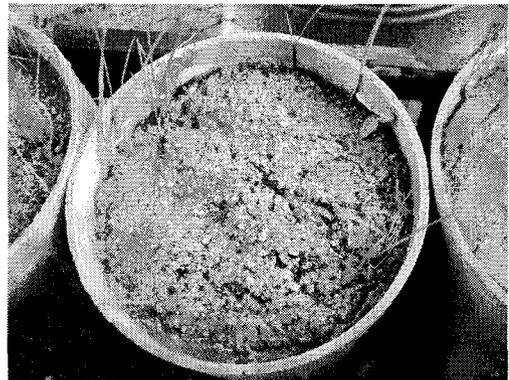
시험구 배치 2



과종 2주후



시험구 종자 발아



시험구 종자 발아

그림 43. 시공사진(II)

## 2) 현장시험

### 가) 시험지 임도비탈면 선정

비탈면 천공시험지는 1, 2차년도에 시험했던 전북 장수군 천천면 오봉리 쌍암임도 내 제1, 2시험지 인근에 위치한 곳에 4개의 시험구를 배치하였다.

### 나) 식혈 천공작업

식혈의 크기는  $\varnothing 10\text{cm}$ ,  $d10\text{cm}$ 로 일정하게 천공하였고, 천공작업 및 종자의 파종은 그림 44와 같이 설계하였다.

| 소나무       | Tall fescue | 비수리       | 안고초       | 낭아초       |
|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |
| ① ① ① ① ① | ② ② ② ② ②   | ③ ③ ③ ③ ③ | ④ ④ ④ ④ ④ | ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ ⑤ |

| 죽제비싸리     | 참싸리       | 마타리       | 단풍나무      | Perennial rye grass |
|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |
| ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ ⑥ | ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ ⑦ | ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ ⑧ | ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ ⑨ | ⑩ ⑩ ⑩ ⑩ ⑩           |

그림 44. 3차년도 제1시험구 파종현황도

| C.M.C |     |     |     |     |     |      | pro-tack |     |     |     |     |     |      |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 소나무   | 비수리 | 안고초 | 낭아초 | 마타리 | 참싸리 | 단풍나무 | 소나무      | 비수리 | 안고초 | 낭아초 | 마타리 | 참싸리 | 단풍나무 |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |
| ①①①   | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  | ①①①      | ②②② | ③③③ | ④④④ | ⑤⑤⑤ | ⑥⑥⑥ | ⑦⑦⑦  |

그림 45. 3차년도 제2시험구 파종현황도

| 갯버들 |   |   |   |   | 족제비싸리 |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |
| ①   | ① | ① | ① | ① | ②     | ② | ② | ② | ② |

그림 46. 3차년도 제3시험구 삼수 식재현황도

다) 파종 및 식재시기

2004년 4월 16~18일에 걸쳐 천공 및 식재를 완료하였다.

라) 식물별 파종량

※ 제1시험구

- ① WLG : 200                      ② Creeping redfescue : 200                      ③ 새 : 200  
 ④ 족제비싸리 : 200                      ⑤ 단풍나무 : 200                      ⑥ 마타리 : 200  
 ⑦ 낭아초 : 200                      ⑧ 참싸리 : 200                      ⑨ 적송 : 200  
 ⑩ 안고초 : 200

※ 제2시험구

- ① 소나무 : 200                      ② 비수리 : 200                      ③ 안고초 : 200                      ④ 낭아초 : 200  
 ⑤ 마타리 : 200                      ⑥ 참싸리 : 200                      ⑦ 단풍나무 : 200

※ 제3시험구

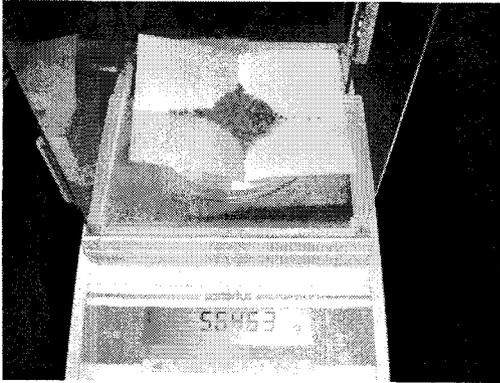
3시험구에서는 주변에 성장하고 있는 갯버들과 족제비싸리의 삼수(길이 20cm, 각 100本)를 채취하여 배양토 충전 후 식혈에 바로 삼목을 실시하였다.

마) 배양토 조제

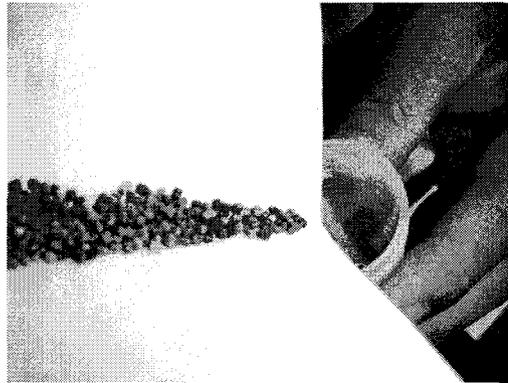
1, 3시험구에서는 10번 체(2mm)로 체가름 한 황토를 식혈에 1차로 충전(식혈 내 70%)한 후 유기질 비료 10% + 생명분 5% + 토양(황토-점토) 85%로 배합한 배양토에 식물종별로 구분하여 종자와 혼합한 다음 물로 희석시킨 접착제(pro-tack)를 반죽하여 사용하였고 2시험구에서는 토양안정재료로 접착제(PRO-TACK), CMC (0.5ton/20kg) 2가지 요인을 비교하였다.

표 27. 1, 2차 시험지의 파종방법별 구분

| 3차년도     | 1차시험      | 2차시험      |
|----------|-----------|-----------|
| 파종시기     | 2004. 04  | 2004. 09  |
| 파종방식     | 단파(1가지 종) | 혼파(3가지 종) |
| 천공당 파종립수 | 200립/1종   | 300립/3종   |
| 식혈 뒷채움   | 70%       | 10%       |
| 접착제 농도   | 중         | 저         |
| 멀칭여부     | -         | 비닐멀칭      |



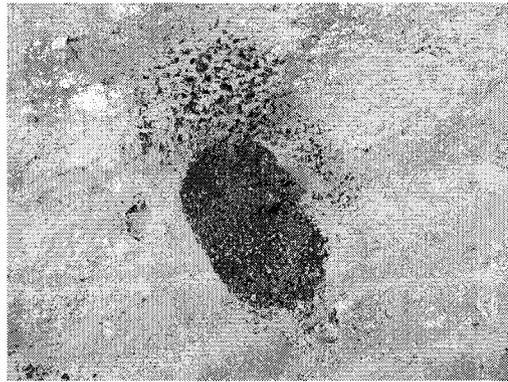
종자 계량



종자 담기



식혈 후 잔재물 제거



항토 1차중진



부엽토 포설



부엽토 혼합

그림 47. 현장 파종시험 광경(I)



종자 포설



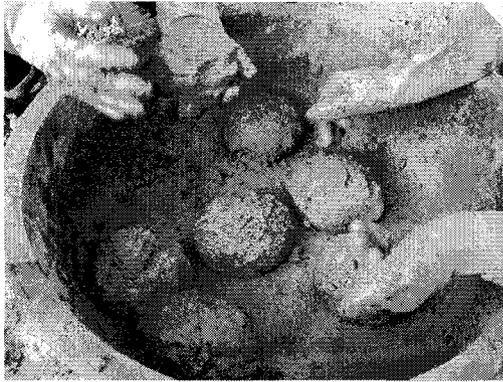
종자 혼합



접착제(pro-tack)



배양토 반죽

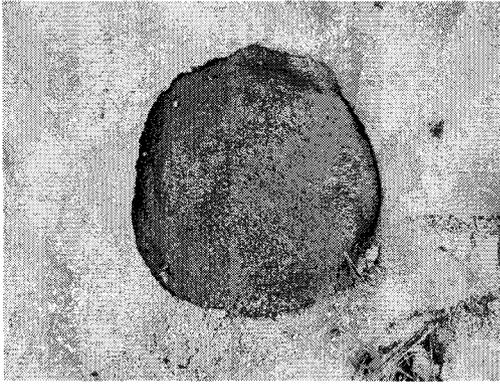


경단 만드는 과정

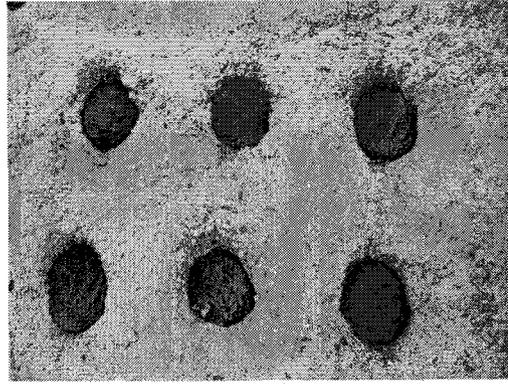


경단모양 완성

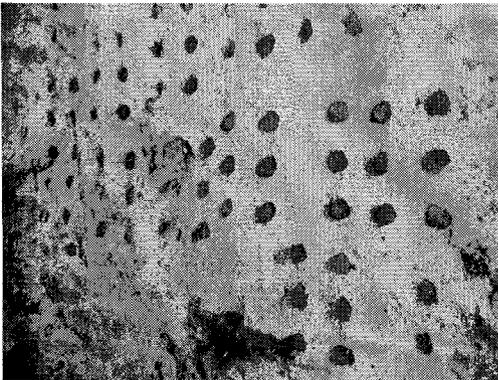
그림 47. 현장 파종시험 광경(II)



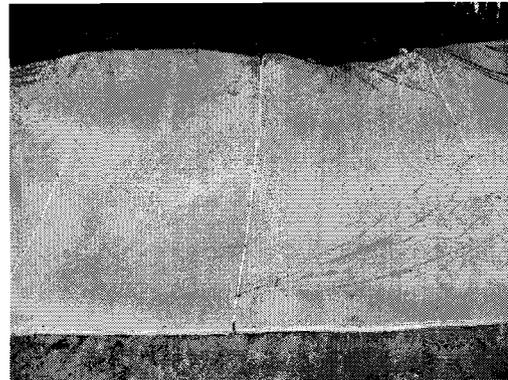
식혈구에 삽입된 경단 1



식혈구에 삽입된 경단 2



식혈구에 삽입된 경단 3



비닐 멀칭

그림 47. 현장 파종시험 광경(Ⅲ)

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 점식녹화를 위한 최적 천공방법 선정

#### 1) 천공작업상의 문제점

- ▶ 점토가 혼합되고 토양경도가 약간 낮은 2시험구는 1차 및 2차 천공작업이 원활 하였으나, 드릴의 흔들림으로 인해 직경이 기준치보다 약간 커지는 결과를 초래 하였다.
- ▶ 토층이 단단한 1시험구에서는 드릴의 날개 용접부가 파손되어 2차 및 3차 천공 작업이 어려웠다.

## 2) 천공작업의 시간분석

- ▶ 작업조 편성 ; 3~4인 1조(천공자, 사다리지지자, 드릴지지자, 천공자지지자)
- ▶ 1시험구 ;  $\phi 5\text{cm}$ -깊이 5cm, 10cm, 15cm -- 평균 36초
- ▶ 2시험구 ;  $\phi 5\text{cm}$ -깊이 5cm, 10cm, 15cm -- 평균 15초

이와 같이 1시험구와 2시험구의 천공작업 시간에 차이가 생긴 이유는 시험구 토양의 경도 때문인 것으로 판단된다. 즉, 제1시험구의 토양경도는 식혈된 구멍의 안과 밖으로 구분하여 측정(10회 평균)한 결과 구멍 안 31.1mm, 밖 33.3mm이었다. 제2시험구는 안 21.3mm, 밖 23.1mm로 시험지 모두 구멍의 바깥쪽이 약간 더 큰 경도를 보여 조금 더 단단함을 알 수 있었다. 이는 천공 실시 후 드릴에 의해 토양이 약간의 영향을 받은 것으로 판단된다.

제1, 2 시험구에 직경 10cm로 천공을 하였으나 줄자로 구멍의 표면 직경을 측정(20회 평균)한 결과 13.5cm로 구멍 표면의 직경이 더 컸다. 이는 천공 드릴의 회전속도에 의해 표면이 크게 식혈된 것으로 판단된다.

## 3) 최적 천공방법의 선정

- ▶ 천공 각도는 비로 인한 유실로 상향각, 하향각 모두 발아 및 생장상태가 좋지 않았지만 상향각이 하향각보다 좋았다. 하지만 비탈면에 직각으로 천공한 것과 비교해 볼 때 비탈면에 직각으로 천공한 것이 훨씬 양호한 것으로 조사되었다.
- ▶ 천공의 적정크기는 구멍이 클수록 좋으나 천공기의 효율성과 식혈 구멍의 뭉개짐 및 침식을 고려해볼 때  $\phi 10\text{cm}$ , d10cm가 가장 적절한 것으로 나타났다.
- ▶ 천공각도는 현장발아시험에서 비탈면에 직각으로 천공한 것이 발아 및 생장상태가 좋았으며 천공기의 조작과 용이성을 고려해 볼 때에도 비탈면에 직각 방향이 가장 적절한 것으로 조사되었다.

## 나. 점식 녹화용식물의 발아성적

### 1) 공시식물의 종자발아특성

시험에 사용한 식물들의 종자특성은 표 28에 나타난 바와 같다.

표 28. 공시 식물과 발아율과의 관계

| Scientific name                           | Common name | 발아율(%) | 순도(%) | 립수/g |
|---|-------------|--------|-------|------|
| <i>Rhus chinensis</i> MILL                | 붉나무         | 20     | 70    | 69   |
| <i>Acer palmatum</i> Thub                 | 단풍나무        | 40     | 98    | 70   |
| <i>Pinus densiflora</i> Siebold           | 적송(해송)      | 45     | 99    | 65   |
| <i>Lespedeza crytobotrya</i> Miqu.        | 참싸리         | 57     | 98    | 127  |
| <i>Amorpha fruticosa</i> Linne            | 죽제비싸리       |        | 99    | 110  |
| <i>Indigofera pseudo-tinctora</i>         | 낭아초         | 95     | 99    | 180  |
| <i>Miscanthus Anderss.</i>                | 억새          | 30     | 80    | 230  |
| <i>Arundinella hirta</i>                  | 새           | 51     | 30    | 1020 |
| <i>Patrinia sonbiosaefolia</i><br>Fischer | 마타리         | 74     | 98    | 1030 |
| <i>Lespedeza duneata</i>                  | 비수리         | 30     | 99    | 520  |
| <i>Dianthus sinensis</i> L.               | 패랭이         | 40     | 99    | 1890 |
| <i>Fesuca arundinacea</i> schar           | 톨웨스큐        | 91     | 98    | 380  |
| <i>Loium perenne</i>                      | 페레니얼라이그라스   | 98     | 98    | 490  |
| <i>Poa pratensis</i> L.                   | 켄터키블루 그라스   | 86     | 81    | 2730 |
| <i>Eragrostis curvula</i> schar.          | 위핑러브 그라스    | 30     | 96    | 3000 |
| <i>Festuca rubra</i> L.                   | 크리핑레드 웨스큐   | 51     | 98    | 1170 |

2) 현장시험

가) 1차년도 시험 결과

- ▶ 식혈 구멍의 지름이 크고 깊이가 깊을수록 종자 발아율과 성장상태가 좋았다. 이는 배양토의 양이 많아짐으로 영양분과 수분을 많이 흡수할 수 있기 때문이다.
- ▶ 5개 수종의 발아율과 성장상태를 비교해보면 초본이 목본보다 발아 및 성장상태가 좋았으며 초본은 Kentucky bluegrass, WLG, 낭아초 순이었고 참싸리가 해송보다 좋았다.
- ▶ 비로 인한 종자의 유실과 비탈면의 토양침식에 의해 비탈면 아래부분의 발아와 성장상태가 좋았다.
- ▶ 식혈에 과중한 종자 가운데서 많은 양이 강우에 의해 유실되었고, 시험구 상부에

과중한 종자 가운데서 일부는 하부의 식혈에서 발아하여 성장하였다.

- ▶ 역새는 제2시험지가 제1시험지보다 생장이 훨씬 좋았으며 이는 시험지의 토성차이 때문인 것으로 판단된다.
- ▶ 과중 후 3년이 경과한 때(2004년 10월)에 성장상황을 조사하여 도식화하였는데 그 결과는 그림 48~65와 표 29~52에 나타난 바와 같다.

표 29. 1차년도 1시험구 현장 발아 시험 결과(2002.10.20)

| 멸칭          | 해송          |            | 참싸리         |            | 낭아초         |            | WLG         |            | KY31        |            |      |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------|
|             | 생장량<br>(cm) | 발아율<br>(%) |      |
| 코<br>아<br>넷 | Φ5 d5       | 3.0        | 1.8         | 2.8        | 2.3         | *          | *           | 6.8        | 2.1         | 10.7       | 5.4  |
|             | Φ5 d10      | 5.3        | 5.4         | *          | *           | *          | *           | 3.3        | 1.4         | 18.7       | 10.4 |
|             | Φ5 d15      | *          | *           | *          | *           | 8.4        | 1.9         | 7.0        | 2.1         | 11.2       | 9.7  |
|             | Φ10 d5      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 7.0        | 0.8         | 15.0       | 2.6  |
|             | Φ10 d10     | 3.5        | 2.3         | *          | *           | *          | *           | 7.5        | 1.0         | 10.4       | 2.7  |
|             | Φ10 d15     | 5.7        | 3.7         | *          | *           | 9.3        | 1.5         | 7.3        | 1.4         | 12.0       | 5.3  |
|             | Φ15 d5      | 2.0        | 1.0         | *          | *           | 10.0       | 0.3         | 6.5        | 0.7         | 8.5        | 3.8  |
|             | Φ15 d10     | 4.0        | 0.9         | 2.3        | 0.5         | 8.6        | 0.8         | 7.8        | 0.8         | 12.4       | 10.7 |
|             | Φ15 d15     | 2.4        | 0.5         | 1.8        | 0.3         | 12.1       | 0.8         | 5.6        | 0.4         | 20.0       | 8.7  |
| 차<br>광<br>막 | Φ5 d5       | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 4.1        | 0.3         | 9.4        | 11.1 |
|             | Φ5 d10      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 4.1        | 1.0         | 11.0       | 8.4  |
|             | Φ5 d15      | 1.5        | 3.6         | *          | *           | 10.5       | 1.0         | 3.3        | 2.9         | 12.3       | 9.7  |
|             | Φ10 d5      | 3.8        | 1.2         | 3.0        | 1.1         | 1.0        | 1.5         | 4.5        | 0.4         | 12.6       | 8.8  |
|             | Φ10 d10     | *          | *           | 2.6        | 0.4         | 10.0       | 0.4         | *          | *           | 16.2       | 8.2  |
|             | Φ10 d15     | 2.1        | 0.5         | *          | *           | 12.3       | 2.3         | 6.8        | 1.2         | 12.4       | 6.8  |
|             | Φ15 d5      | 3.4        | 1.3         | 6.0        | 0.3         | 6.0        | 0.3         | 6.2        | 0.4         | 9.4        | 3.9  |
|             | Φ15 d10     | 4.5        | 0.5         | *          | *           | *          | *           | 6.3        | 0.5         | 11.5       | 3.0  |
|             | Φ15 d15     | 3.8        | 2.4         | 2.5        | 0.1         | 8.5        | 0.2         | 4.3        | 0.4         | 12.3       | 7.2  |
| 비<br>멸<br>칭 | Φ5 d5       | 1.5        | 5.4         | 2.2        | 4.4         | *          | *           | *          | *           | 9.1        | 6.3  |
|             | Φ5 d10      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 2.1        | 1.0         | 9.8        | 7.6  |
|             | Φ5 d15      | 1.8        | 15.2        | *          | *           | 4.0        | 5.7         | 2.8        | 2.1         | 8.3        | 8.3  |
|             | Φ10 d5      | 5.8        | 3.7         | *          | *           | 7.5        | 0.6         | 5.6        | 0.7         | 8.9        | 4.3  |
|             | Φ10 d10     | *          | *           | *          | *           | 7.1        | 1.5         | 3.0        | 0.4         | 10.6       | 4.6  |
|             | Φ10 d15     | 3.3        | 3.7         | *          | *           | 3.9        | 0.7         | 3.3        | 0.5         | 7.2        | 4.1  |
|             | Φ15 d5      | 2.8        | 3.2         | 2.0        | 0.2         | *          | *           | *          | *           | 16.0       | 5.9  |
|             | Φ15 d10     | *          | *           | *          | *           | 6.5        | 0.3         | *          | *           | 13.7       | 6.8  |
|             | Φ15 d15     | 3.5        | 2.4         | *          | *           | 4.5        | 0.7         | 4.3        | 0.5         | 10.1       | 9.8  |

표 30. 1차년도 2시험구 현장 발아 시험 결과(2002.10.20)

| 묘칭  | 해송       |         | 참싸리      |         | 남아초      |         | WLG      |         | KY31     |         |      |
|-----|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|------|
|     | 생장량 (cm) | 발아율 (%) |      |
| 코아넷 | Φ5 d5    | 3.1     | 1.8      | 5.2     | 2.2      | *       | *        | 6.0     | 2.2      | 15.0    | 14.7 |
|     | Φ5 d10   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 5.1     | 2.9      | 10.0    | 16.7 |
|     | Φ5 d15   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 5.7     | 6.0      | 12.0    | 25.0 |
|     | Φ10 d5   | 3.6     | 0.9      | 4.2     | 2.2      | *       | *        | 7.8     | 1.5      | 12.2    | 4.4  |
|     | Φ10 d10  | 3.7     | 3.0      | 2.5     | 1.3      | *       | *        | 8.0     | 1.7      | 13.0    | 5.1  |
|     | Φ10 d15  | 3.0     | 0.7      | 1.6     | 1.2      | *       | *        | *       | 0.0      | 12.0    | 10.2 |
|     | Φ15 d5   | 4.6     | 3.2      | 2.3     | 0.9      | *       | *        | 7.2     | 0.7      | 13.2    | 2.4  |
|     | Φ15 d10  | 2.3     | 3.6      | 2.0     | 0.2      | 6.3     | 0.1      | 7.0     | 0.6      | 14.0    | 3.0  |
|     | Φ15 d15  | 4.3     | 7.4      | 2.7     | 0.9      | *       | *        | 7.5     | 0.6      | 12.5    | 6.0  |
| 차광막 | Φ5 d5    | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 2.2     | 1.8      | 8.2     | 8.9  |
|     | Φ5 d10   | 4.5     | 8.9      | 2.1     | 1.5      | *       | *        | 6.5     | 2.1      | 6.5     | 12.5 |
|     | Φ5 d15   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 3.9     | 1.5      | 12.3    | 11.1 |
|     | Φ10 d5   | 2.0     | 0.9      | 3.1     | 0.7      | 8.1     | 0.4      | 7.0     | 1.0      | 9.0     | 4.1  |
|     | Φ10 d10  | 3.5     | 0.9      | 3.0     | 0.2      | 7.5     | 0.3      | 8.3     | 1.0      | 8.6     | 3.0  |
|     | Φ10 d15  | 5.3     | 1.0      | 3.9     | 0.7      | 8.7     | 0.7      | 5.7     | 1.6      | 13.5    | 4.7  |
|     | Φ15 d5   | 3.0     | 1.6      | 3.2     | 0.6      | *       | *        | 5.5     | 0.7      | 17.8    | 3.0  |
|     | Φ15 d10  | 2.6     | 1.1      | *       | *        | 15.0    | 0.1      | 5.6     | 0.9      | 20.3    | 3.3  |
|     | Φ15 d15  | 4.1     | 2.8      | 2.8     | 0.2      | 17      | 0.5      | 5.6     | 0.8      | 18.3    | 6.0  |
| 비묘칭 | Φ5 d5    | 3.3     | 9.9      | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 3.0     | 5.6  |
|     | Φ5 d10   | 3.2     | 10.7     | 3.0     | 2.2      | 5       | 2.5      | 2.5     | 1.2      | 3.2     | 8.3  |
|     | Φ5 d15   | 3.0     | 14.3     | *       | *        | *       | *        | 2.7     | 1.5      | 5.0     | 4.2  |
|     | Φ10 d5   | 2.8     | 1.6      | 2.2     | 2.5      | 4.2     | 0.6      | *       | *        | 7.4     | 3.4  |
|     | Φ10 d10  | 3.2     | 3.0      | 2.7     | 1.3      | 5       | 0.3      | 2.3     | 0.5      | 8.2     | 3.6  |
|     | Φ10 d15  | *       | *        | *       | *        | 3.7     | 0.5      | 2.5     | 0.8      | 9.3     | 2.7  |
|     | Φ15 d5   | 3.2     | 1.6      | 2.0     | 0.1      | 6       | 0.1      | 1.5     | 0.1      | 10.2    | 1.2  |
|     | Φ15 d10  | 3.7     | 2.0      | *       | *        | 3.9     | 0.2      | 2.2     | 0.1      | 13.5    | 2.1  |
|     | Φ15 d15  | 3.6     | 1.3      | 4.1     | 0.1      | 4.1     | 0.3      | *       | *        | 14.2    | 1.5  |

표 31. 1차년도 역새의 생장현황

| 시험구   | 식혈크기 (cm) | 식재식혈수 (개) | 식재당시초장 (cm) | 45일 경과 후 평균초장 (cm) | 평균생장율 (%) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------|-----------|
| 1 시험구 | Φ5 d10    | 45        | 10          | 10.6               | 6.0       |
| 2 시험구 | Φ5 d10    | 45        | 30          | 63.5               | 111.7     |

표 32. 1차년도 1시험구 현장 발아 시험 결과(2003.8.13)

| 묘칭          | 해송          |            | 참싸리         |            | 낭아초         |            | WLG         |            | KY31        |            |      |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------|
|             | 생장량<br>(cm) | 발아율<br>(%) |      |
| 코<br>아<br>넷 | Φ5 d5       | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 18.5       | 2.1         | 21.5       | 4.5  |
|             | Φ5 d10      | *          | *           | *          | *           | 65         | 0.2         | 18.4       | 8.2         | 23.5       | 10.0 |
|             | Φ5 d15      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 18.3       | 17.3        | 29.8       | 10.6 |
|             | Φ10 d5      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 20.2       | 2.6         | 38.2       | 4.1  |
|             | Φ10 d10     | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 30.1       | 5.7         | 40.0       | 5.1  |
|             | Φ10 d15     | *          | *           | *          | *           | 25.0       | 0.3         | 31.3       | 13.3        | 42.3       | 8.3  |
|             | Φ15 d5      | *          | *           | *          | *           | 10.0       | 0.3         | 33.2       | 0.9         | 36.9       | 4.2  |
|             | Φ15 d10     | *          | *           | 36.0       | 0.1         | 50.0       | 0.1         | 38.3       | 4.5         | 43.9       | 11.7 |
|             | Φ15 d15     | *          | *           | 42.0       | 0.2         | 40.0       | 0.2         | 46.3       | 6.7         | 44.8       | 9.3  |
| 차<br>광<br>막 | Φ5 d5       | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 20.0       | 4.0         | 21.1       | 12.5 |
|             | Φ5 d10      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 23.5       | 2.5         | 25.0       | 11.1 |
|             | Φ5 d15      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 17.4       | 3.6         | 29.4       | 13.2 |
|             | Φ10 d5      | *          | *           | 36.5       | 0.5         | *          | *           | 28.1       | 1.6         | 26.9       | 9.5  |
|             | Φ10 d10     | *          | *           | 42.3       | 0.2         | 28.7       | 0.3         | 28.6       | 2.1         | 27.5       | 11.9 |
|             | Φ10 d15     | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 34         | 3.1         | 30.9       | 11.7 |
|             | Φ15 d5      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 30.7       | 1.8         | 27.4       | 5.3  |
|             | Φ15 d10     | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 39.1       | 2.1         | 36.4       | 3.8  |
|             | Φ15 d15     | *          | *           | 60.3       | 0.2         | 35.5       | 0.1         | 41.3       | 3.1         | 47.2       | 7.7  |
| 비<br>묘<br>칭 | Φ5 d5       | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *    |
|             | Φ5 d10      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 36.1       | 2.8         | 36.1       | 11.8 |
|             | Φ5 d15      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *    |
|             | Φ10 d5      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *    |
|             | Φ10 d10     | *          | *           | 50         | 0.1         | 42.0       | 0.2         | 31.8       | 1.7         | 38.8       | 5.6  |
|             | Φ10 d15     | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 34.9       | 2.6         | 40.6       | 5.8  |
|             | Φ15 d5      | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *    |
|             | Φ15 d10     | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *           | *          | *    |
|             | Φ15 d15     | *          | *           | *          | *           | *          | *           | 41.1       | 1.5         | 45.2       | 9.6  |

표 33. 1차년도 2시험구 현장 발아 시험 결과(2003.8.13)

| 묘칭  | 해송       |         | 참새리      |         | 낭아초      |         | WLG      |         | KY31     |         |      |
|-----|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|------|
|     | 생장량 (cm) | 발아율 (%) |      |
| 코아넷 | Φ5 d5    | *       | *        | 45.0    | 1.5      | *       | *        | 15.2    | 10.4     | 18.9    | 17.4 |
|     | Φ5 d10   | *       | *        | 35.1    | 0.7      | 50.0    | 0.1      | 14.9    | 8.9      | 18.2    | 18.1 |
|     | Φ5 d15   | *       | *        | *       | *        | 40.0    | 0.1      | 19.0    | 13.0     | 17.3    | 25.0 |
|     | Φ10 d5   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 15.2    | 4.2      | 20.0    | 6.1  |
|     | Φ10 d10  | *       | *        | 32.8    | 0.2      | 45.0    | 0.1      | 21.9    | 3.9      | 19.5    | 6.8  |
|     | Φ10 d15  | *       | *        | 41.0    | 0.3      | 48.0    | 0.1      | *       | *        | 21.5    | 8.5  |
|     | Φ15 d5   | *       | *        | *       | *        | 20.0    | 0.1      | *       | *        | 23.8    | 6.5  |
|     | Φ15 d10  | *       | *        | 33.0    | 0.1      | 28.0    | 0.1      | 24.4    | 3.3      | 25.6    | 8.5  |
|     | Φ15 d15  | *       | *        | 36.9    | 0.2      | *       | *        | 25.1    | 5.0      | 27.0    | 15.2 |
| 차광막 | Φ5 d5    | *       | *        | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 25.0    | 16.7 |
|     | Φ5 d10   | *       | *        | 26.0    | 1.2      | *       | *        | 23.1    | 5.2      | 27.0    | 13.9 |
|     | Φ5 d15   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 25.5    | 5.7      | 28.0    | 13.9 |
|     | Φ10 d5   | *       | *        | 23.0    | 0.7      | 9.2     | 0.5      | *       | *        | 26.3    | 22.2 |
|     | Φ10 d10  | *       | *        | 25.0    | 0.7      | 32.5    | 0.3      | 27.2    | 2.4      | 27.2    | 13.9 |
|     | Φ10 d15  | *       | *        | 30.0    | 1.5      | *       | *        | *       | *        | 25.8    | 25.0 |
|     | Φ15 d5   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 20.5    | 13.9 |
|     | Φ15 d10  | *       | *        | 28.5    | 0.7      | 30.0    | 0.3      | 27.0    | 1.3      | 30.8    | 55.6 |
|     | Φ15 d15  | *       | *        | 30.0    | 1.5      | 40.0    | 0.2      | 27.0    | 2.4      | 32.2    | 41.7 |
| 비묘칭 | Φ5 d5    | *       | *        | *       | *        | 25.0    | 0.6      | *       | *        | *       | *    |
|     | Φ5 d10   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 40.0    | 11.1 |
|     | Φ5 d15   | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 43.5    | 7.3      | 39.2    | 9.7  |
|     | Φ10 d5   | *       | *        | 20.0    | 0.5      | *       | *        | *       | *        | *       | *    |
|     | Φ10 d10  | *       | *        | 22.5    | 0.2      | *       | *        | *       | *        | 40.0    | 16.7 |
|     | Φ10 d15  | *       | *        | 47.5    | *        | *       | *        | 43.0    | 3.0      | 42.2    | 12.5 |
|     | Φ15 d5   | *       | *        | 20.0    | 0.1      | *       | *        | 45.0    | 2.1      | *       | *    |
|     | Φ15 d10  | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 43.5    | 2.4      | 43.5    | 22.2 |
|     | Φ15 d15  | *       | *        | *       | *        | *       | *        | 42.5    | 2.2      | 45.0    | 27.8 |

표 34. 1차년도 억새의 성장현황

| 시험구   | 식혈크기 (cm) | 식재식혈수 (개) | 식재당시초장 (cm) | 1년 경과 후 평균초장(cm) | 평균생장율 (%) |
|-------|-----------|-----------|-------------|------------------|-----------|
| 1 시험구 | Φ5 d10    | 45        | 10          | 19.1             | 91.0      |
| 2 시험구 | Φ5 d10    | 45        | 30          | 70.9             | 136.3     |

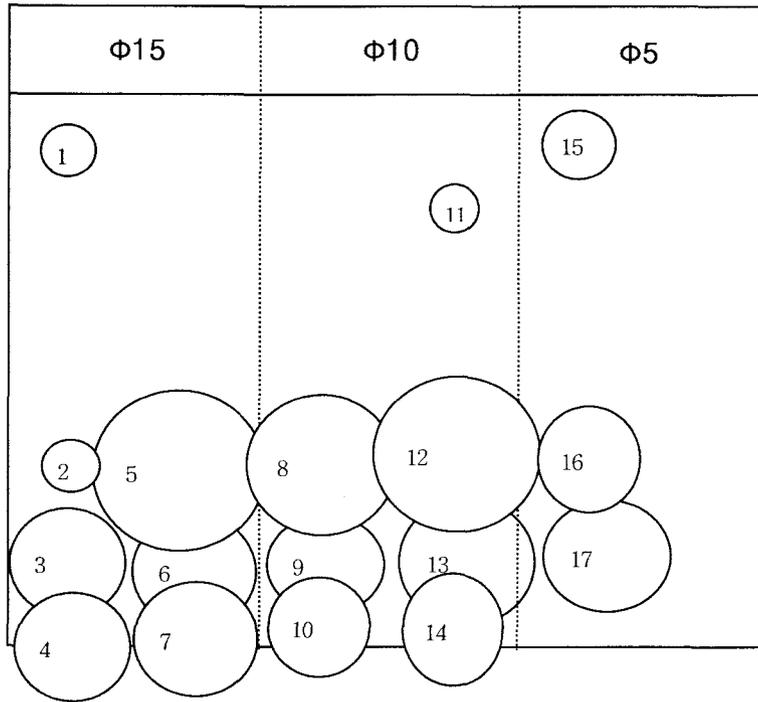


그림 48. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(코아넷-d5)

표 35. 1차년도 1시험구 성장현황(d5cm, 코아넷 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|------|-----|--------|
| 1  | 해송   | 16.1 | 14.2 | 1   | 1.2    |
| 2  | 해송   | 24.5 | 22.3 | 1   | 1.8    |
| 3  | KY31 | 32.4 | 36.8 |     | 2.3    |
| 4  | KY31 | 44.6 | 48.9 |     | 3.2    |
| 5  | 위평   | 86.2 | 81.6 |     | 6.3    |
| 6  | KY31 | 37.3 | 41.7 |     | 2.7    |
| 7  | KY31 | 52.2 | 66.7 |     | 3.8    |
| 8  | 위평   | 84.5 | 86.2 |     | 6.1    |
| 9  | KY31 | 33.4 | 39.5 |     | 2.4    |
| 10 | KY31 | 31.4 | 34.1 |     | 2.3    |
| 11 | 참싸리  | 4.3  | 16.6 | 1   | 0.3    |
| 12 | 위평   | 88.6 | 87.2 |     | 6.4    |
| 13 | KY31 | 54.7 | 65.4 |     | 4.0    |
| 14 | KY31 | 32.4 | 28.3 |     | 2.3    |

\* 침입종

표 35. <계속>

| 번호 | 구분    | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|-------|------|------|-----|--------|
| 15 | 해송    | 16.3 | 18.3 | 1   | 1.2    |
| 16 | 위평    | 34.7 | 43.9 |     | 2.5    |
| 17 | 강아지풀* |      |      |     |        |
| 계  |       |      |      |     | 48.8   |

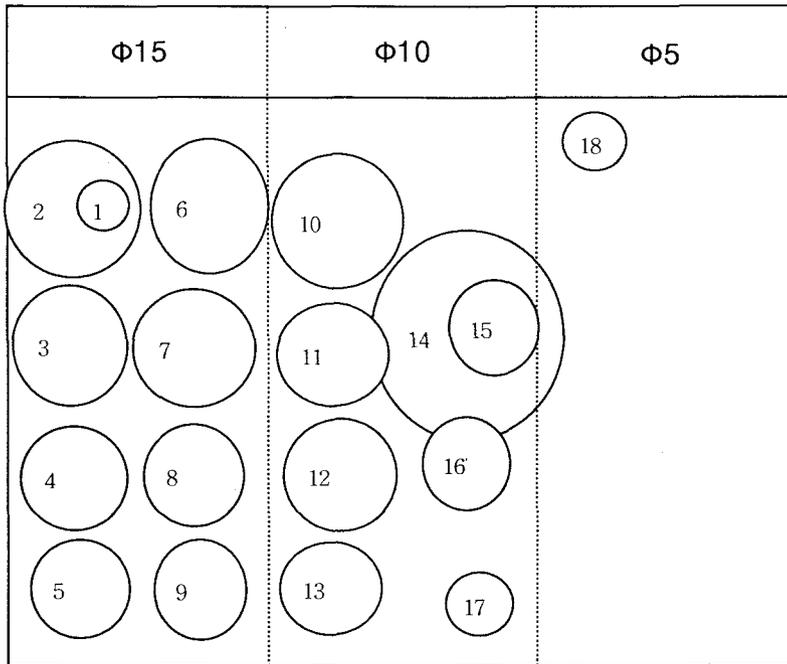


그림 49. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(코아넷-d10)

표 36. 1차년도 1시험구 성장현황(d10cm, 코아넷 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|------|-----|--------|
| 1  | 참싸리  | 16.3 | 33.9 | 1   | 1.3    |
| 2  | KY31 | 64.5 | 60.8 |     | 5.3    |
| 3  | KY31 | 68.4 | 61.5 |     | 5.6    |
| 4  | 위평   | 56.1 | 43.7 |     | 4.6    |
| 5  | KY31 | 39.7 | 31.9 |     | 3.3    |
| 6  | KY31 | 68.2 | 59.1 |     | 5.6    |
| 7  | KY31 | 65.3 | 53.9 |     | 5.4    |
| 8  | 위평   | 53.6 | 42.8 |     | 4.4    |

표 36. <계속>

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이    | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|-------|-----|--------|
| 9  | KY31 | 43.1 | 39.6  |     | 3.5    |
| 10 | KY31 | 68.0 | 64.6  |     | 5.6    |
| 11 | KY31 | 59.3 | 61.7  |     | 4.9    |
| 12 | KY31 | 43.7 | 55.1  |     | 3.6    |
| 13 | KY31 | 39.6 | 38.8  |     | 3.2    |
| 14 | 위평   | 95.1 | 108.2 |     | 7.8    |
| 15 | 남아초  | 42.3 | 62.9  | 1   | 3.5    |
| 16 | KY31 | 52.4 | 44.3  |     | 4.3    |
| 17 | 해송   | 14.7 | 16.5  | 1   | 1.2    |
| 18 | 해송   | 14.3 | 12.3  | 1   | 1.2    |
| 계  |      |      |       |     | 74.2   |

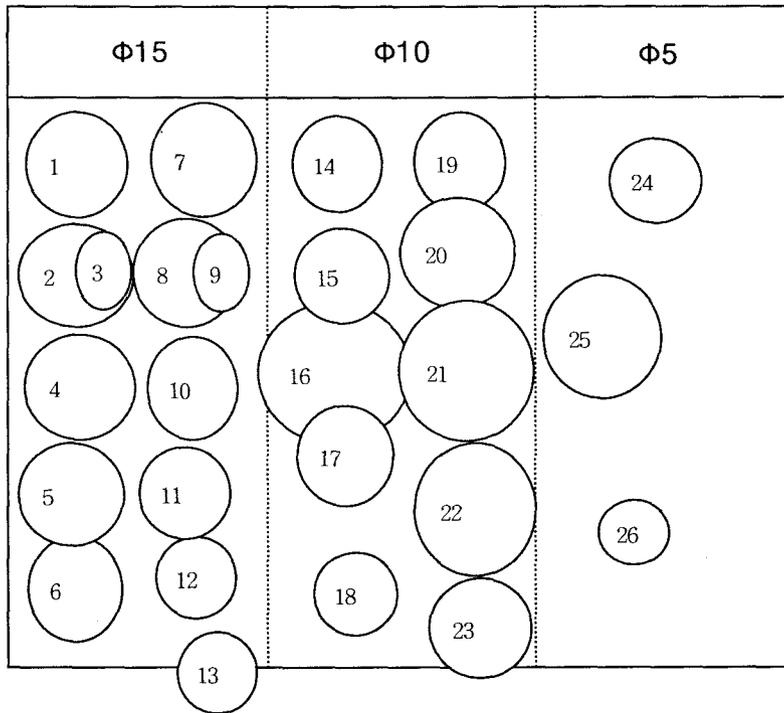


그림 50. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(코아넷-d15)

표 37. 1차년도 1시험구 성장현황(d15cm, 코아넷 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|------|-----|--------|
| 1  | KY31 | 53.4 | 58.2 |     | 3.1    |
| 2  | KY31 | 62.1 | 61.9 |     | 3.7    |
| 3  | 참싸리  | 26.3 | 62.4 | 1   | 1.5    |
| 4  | KY31 | 64.8 | 68.5 |     | 3.8    |
| 5  | KY31 | 65.1 | 70.4 |     | 3.8    |
| 6  | KY31 | 77.6 | 71.9 |     | 4.6    |
| 7  | KY31 | 49.1 | 57.6 |     | 2.9    |
| 8  | KY31 | 63.5 | 68.3 |     | 3.7    |
| 9  | 참싸리  | 8.6  | 41.5 | 1   | 0.5    |
| 10 | KY31 | 38.5 | 44.9 |     | 2.3    |
| 11 | KY31 | 49.5 | 51.2 |     | 2.9    |
| 12 | KY31 | 51.3 | 43.8 |     | 3.0    |
| 13 | KY31 | 54.5 | 52.6 |     | 3.2    |
| 14 | KY31 | 45.7 | 48.9 |     | 2.7    |
| 15 | KY31 | 66.3 | 71.3 |     | 3.9    |
| 16 | 낭아초  | 84.2 | 68.4 | 1   | 5.0    |
| 17 | KY31 | 53.1 | 42.7 |     | 3.1    |
| 18 | KY31 | 54.8 | 44.3 |     | 3.2    |
| 19 | KY31 | 57.1 | 53.7 |     | 3.4    |
| 20 | KY31 | 71.6 | 84.1 |     | 4.2    |
| 21 | KY31 | 80.5 | 96.7 |     | 4.7    |
| 22 | 위평   | 79.4 | 83.7 |     | 4.7    |
| 23 | KY31 | 54.5 | 46.2 |     | 3.2    |
| 24 | KY31 | 49.7 | 41.8 |     | 2.9    |
| 25 | KY31 | 64.3 | 77.6 |     | 3.8    |
| 26 | KY31 | 22.4 | 17.4 |     | 1.3    |
| 계  |      |      |      |     | 85.2   |

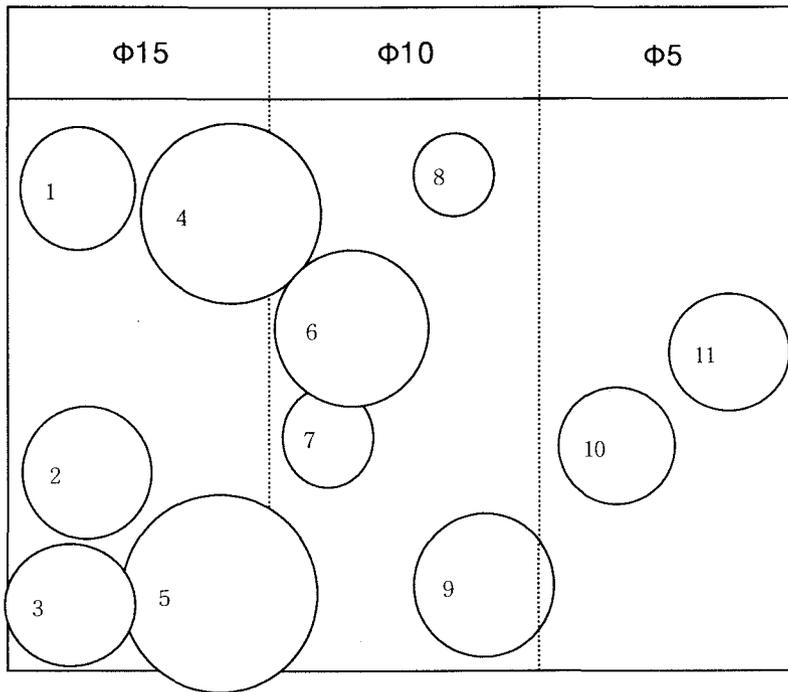


그림 51. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(차광망-d5)

표 38. 1차년도 1시험구 성장현황(d5cm, 차광망 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|------|------|-----|-------------|
| 1  | KY31 | 36.5 | 33.8 |     | 2.4         |
| 2  | KY31 | 54.1 | 51.7 |     | 3.5         |
| 3  | KY31 | 67.8 | 65.2 |     | 4.4         |
| 4  | 위평   | 74.3 | 53.4 |     | 4.8         |
| 5  | KY31 | 79.5 | 68.9 |     | 5.2         |
| 6  | 위평   | 73.6 | 75.5 |     | 4.8         |
| 7  | KY31 | 46.2 | 42.8 |     | 3.0         |
| 8  | 해송   | 28.4 | 34.6 | 2   | 1.8         |
| 9  | KY31 | 71.4 | 65.7 |     | 4.6         |
| 10 | 위평   | 58.3 | 63.3 |     | 3.8         |
| 11 | 위평   | 66.5 | 71.9 |     | 4.3         |
| 계  |      |      |      |     | <b>42.7</b> |

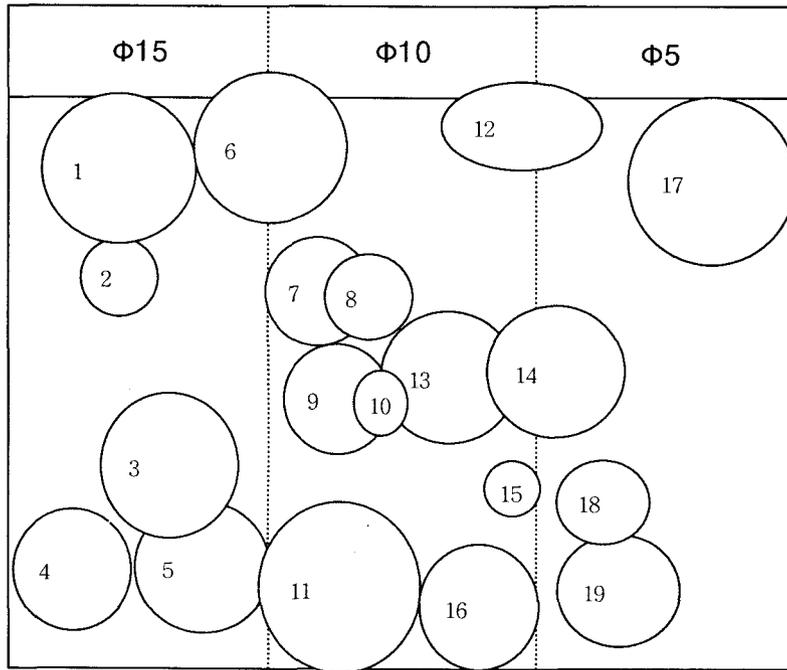


그림 52. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(차광망-d10)

표 39. 1차년도 1시험구 성장현황(d10cm, 차광망 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|------|------|-----|-------------|
| 1  | KY31 | 78.5 | 77.4 |     | 5.1         |
| 2  | 참싸리  | 24.6 | 50.1 | 1   | 1.6         |
| 3  | KY31 | 76.2 | 69.4 |     | 5.0         |
| 4  | KY31 | 67.4 | 63.7 |     | 4.4         |
| 5  | KY31 | 72.3 | 58.4 |     | 4.7         |
| 6  | KY31 | 84.2 | 71.6 |     | 5.5         |
| 7  | KY31 | 66.1 | 64.8 |     | 4.3         |
| 8  | 참싸리  | 22.3 | 46.1 | 1   | 1.4         |
| 9  | KY31 | 53.2 | 49.2 |     | 3.5         |
| 10 | 낭아초  | 5.4  | 44.9 | 1   | 0.4         |
| 11 | KY31 | 83.4 | 67.1 |     | 5.4         |
| 12 | KY31 | 77.6 | 59.0 |     | 5.0         |
| 13 | KY31 | 74.5 | 66.8 |     | 4.8         |
| 14 | KY31 | 71.2 | 63.4 |     | 4.6         |
| 15 | KY31 | 22.9 | 18.9 |     | 1.5         |
| 16 | KY31 | 79.6 | 66.2 |     | 5.2         |
| 17 | KY31 | 84.2 | 63.7 |     | 5.5         |
| 18 | KY31 | 53.2 | 47.3 |     | 3.5         |
| 19 | KY31 | 55.8 | 54.1 |     | 3.6         |
| 계  |      |      |      |     | <b>74.9</b> |

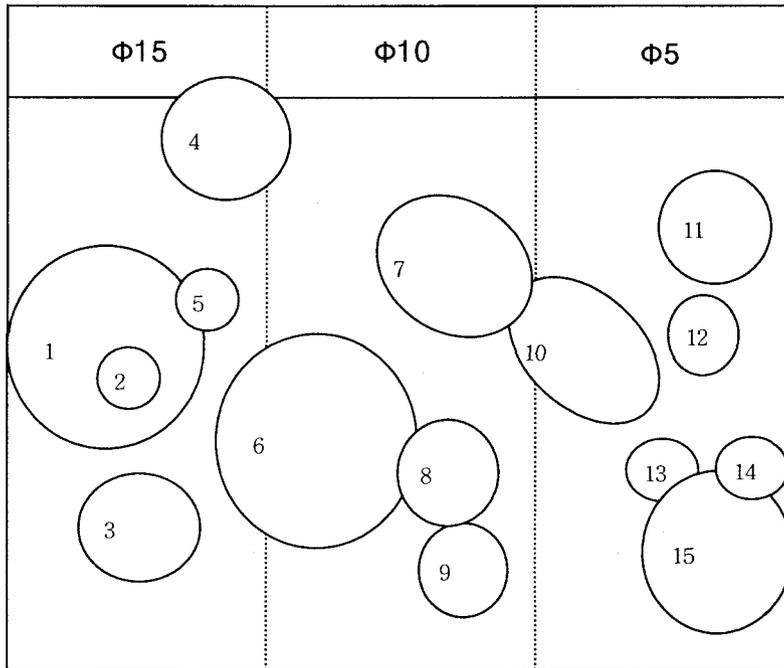


그림 53. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(차광망-d15)

표 40. 1차년도 1시험구 성장현황(d15cm, 차광망 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|------|------|-----|-------------|
| 1  | KY31 | 96.2 | 89.3 |     | 7.0         |
| 2  | 남아초  | 16.8 | 53.4 | 1   | 1.2         |
| 3  | KY31 | 64.1 | 61.7 |     | 4.6         |
| 4  | KY31 | 68.3 | 59.1 |     | 5.0         |
| 5  | 참싸리  | 18.5 | 54.9 | 1   | 1.3         |
| 6  | KY31 | 94.2 | 87.3 |     | 6.8         |
| 7  | KY31 | 56.3 | 59.4 |     | 4.1         |
| 8  | 참싸리  | 46.7 | 85.6 | 4   | 3.4         |
| 9  | KY31 | 41.6 | 33.6 |     | 3.0         |
| 10 | KY31 | 63.7 | 59.7 |     | 4.6         |
| 11 | KY31 | 58.4 | 46.4 |     | 4.2         |
| 12 | KY31 | 53.6 | 32.7 |     | 3.9         |
| 13 | 참싸리  | 22.4 | 59.8 | 1   | 1.6         |
| 14 | 참싸리  | 41.2 | 80.7 | 3   | 3.0         |
| 15 | KY31 | 79.5 | 54.2 |     | 5.8         |
| 계  |      |      |      |     | <b>59.6</b> |

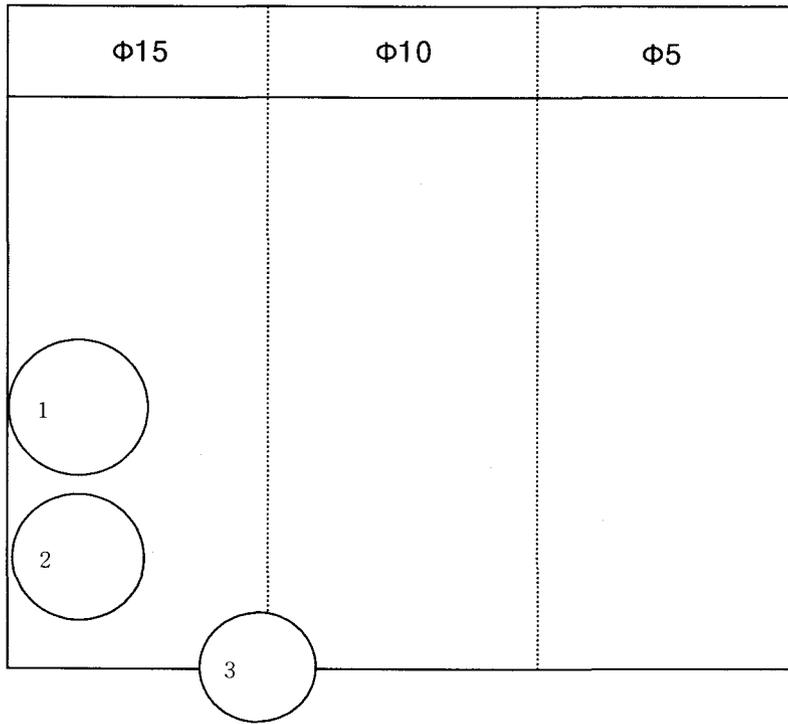


그림 54. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(비밀칭-d5)

표 41. 1차년도 1시험구 성장현황(d5cm, 비밀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|------|-----|--------|
| 1  | 위평   | 59.6 | 71.1 |     | 3.9    |
| 2  | KY31 | 57.3 | 48.6 |     | 3.7    |
| 3  | KY31 | 34.1 | 29.7 |     | 2.2    |
| 계  |      |      |      |     | 9.8    |

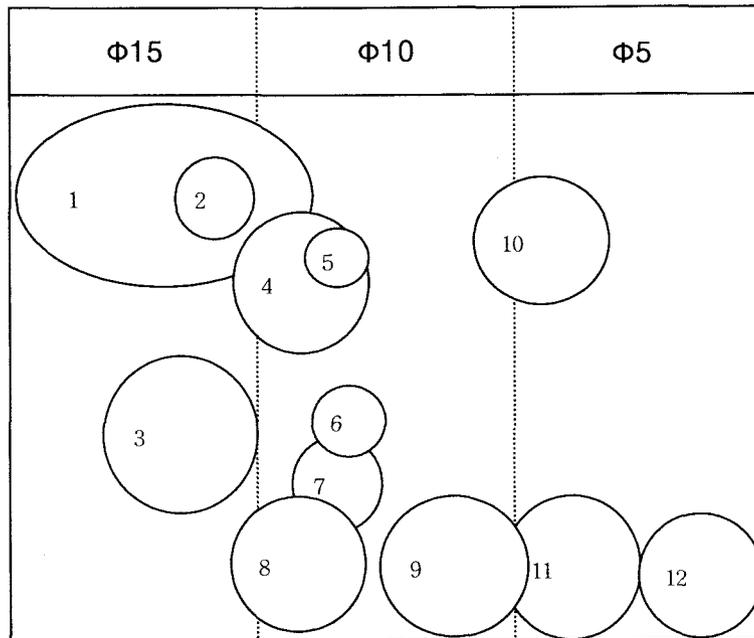


그림 55. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(비밀칭-d10)

표 42. 1차년도 1시험구 성장현황(d10cm, 비밀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭     | 길이   | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|-------|------|-----|-------------|
| 1  | 낭아초  | 106.5 | 84.3 | 2   | 6.9         |
| 2  | 참싸리  | 18.4  | 33.1 | 1   | 1.2         |
| 3  | 위평   | 75.3  | 74.6 |     | 4.9         |
| 4  | KY31 | 59.3  | 48.6 |     | 3.9         |
| 5  | 참싸리  | 14.5  | 83.2 | 1   | 0.9         |
| 6  | 낭아초  | 18.7  | 46.7 | 1   | 1.2         |
| 7  | KY31 | 57.4  | 43.3 |     | 3.7         |
| 8  | KY31 | 62.3  | 54.2 |     | 4.0         |
| 9  | KY31 | 64.8  | 53.6 |     | 4.2         |
| 10 | KY31 | 46.2  | 29.7 |     | 3.0         |
| 11 | KY31 | 59.7  | 38.4 |     | 3.9         |
| 12 | KY31 | 51.6  | 35.4 |     | 3.4         |
| 계  |      |       |      |     | <b>41.2</b> |

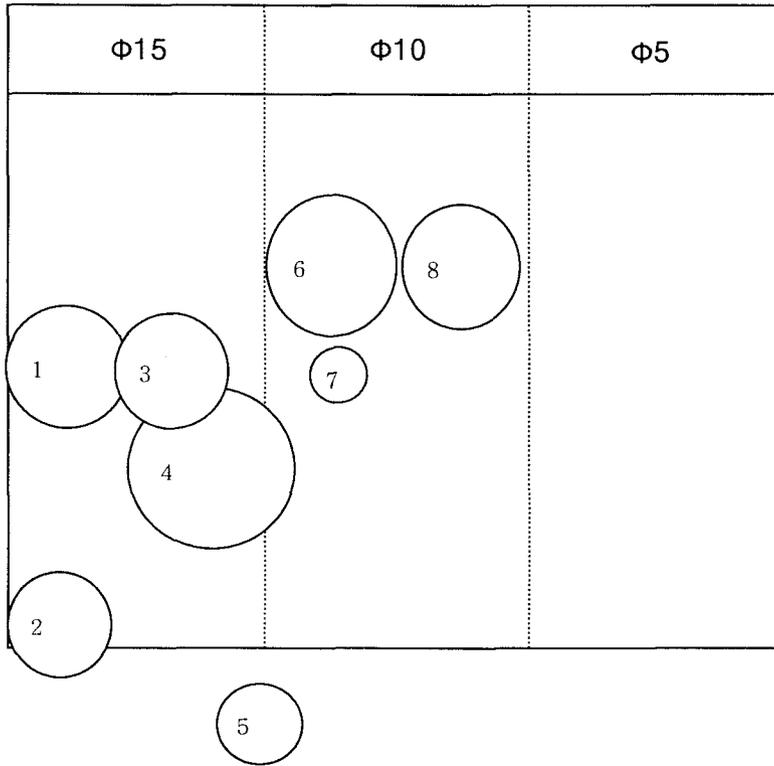


그림 56. 제1시험구의 3년 경과 후 생육상황(비밀칭-d15)

표 43. 1차년도 1시험구 성장현황(d15cm, 비밀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|------|-----|--------|
| 1  | KY31 | 69.5 | 51.2 |     | 4.5    |
| 2  | KY31 | 66.4 | 39.8 |     | 4.3    |
| 3  | KY31 | 58.1 | 47.6 |     | 3.8    |
| 4  | KY31 | 77.8 | 82.4 |     | 5.1    |
| 5  | KY31 | 44.3 | 32.9 |     | 2.9    |
| 6  | KY31 | 65.7 | 48.1 |     | 4.3    |
| 7  | 낭아초  | 16.1 | 73.8 | 1   | 1.0    |
| 8  | KY31 | 63.5 | 44.2 |     | 4.1    |
| 계  |      |      |      |     | 30.0   |

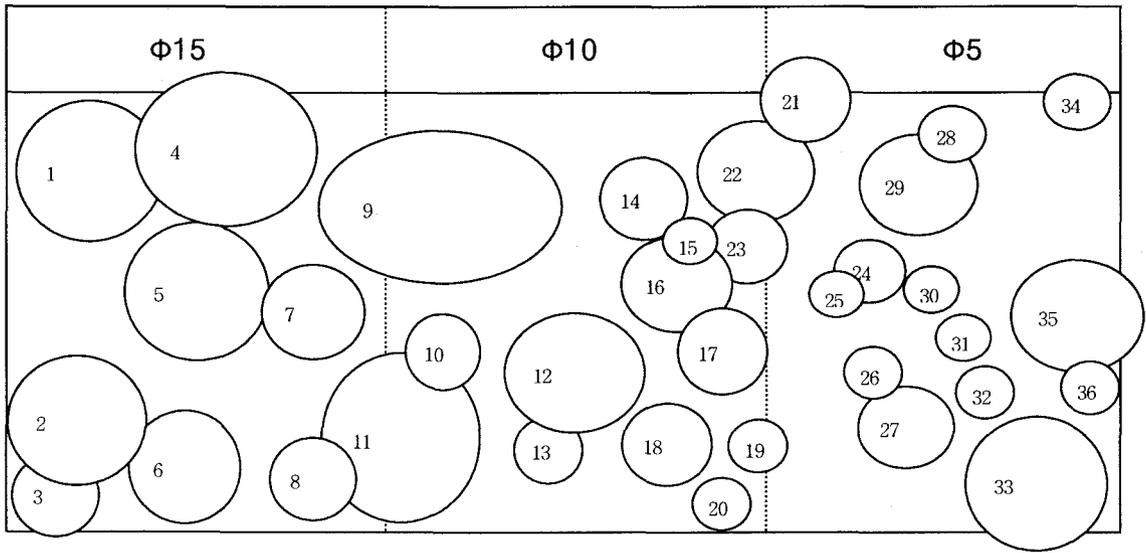


그림 57. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(코아넷-d5)

표 44. 1차년도 2시험구 성장현황(d5cm, 코아넷 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이    | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|-------|-----|--------|
| 1  | 위평   | 64.1 | 72.3  |     | 3.9    |
| 2  | KY31 | 47.3 | 33.4  |     | 2.9    |
| 3  | 위평   | 44.6 | 42.6  |     | 2.7    |
| 4  | 위평   | 79.7 | 88.1  |     | 4.9    |
| 5  | KY31 | 53.6 | 28.3  |     | 3.3    |
| 6  | KY31 | 39.4 | 26.1  |     | 2.4    |
| 7  | 위평   | 53.1 | 65.4  |     | 3.3    |
| 8  | KY31 | 36.4 | 22.0  |     | 2.2    |
| 9  | 위평   | 96.2 | 92.6  |     | 5.9    |
| 10 | 참싸리  | 14.3 | 54.5  | 1   | 0.9    |
| 11 | 위평   | 87.5 | 76.7  |     | 5.4    |
| 12 | 위평   | 64.2 | 58.3  |     | 3.9    |
| 13 | 낭아초  | 30.3 | 110.4 | 1   | 1.9    |
| 14 | KY31 | 32.8 | 16.4  |     | 2.0    |
| 15 | 해송   | 12.4 | 13.7  | 1   | 0.8    |
| 16 | KY31 | 37.9 | 26.8  |     | 2.3    |

표 44. <계속>

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이    | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|------|-------|-----|-------------|
| 17 | 참싸리  | 34.7 | 94.3  | 6   | 2.1         |
| 18 | 낭아초  | 24.5 | 72.0  | 2   | 1.5         |
| 19 | 낭아초  | 11.6 | 53.4  | 1   | 0.7         |
| 20 | 낭아초  | 18.5 | 34.6  | 2   | 1.1         |
| 21 | 위평   | 51.4 | 46.3  |     | 3.1         |
| 22 | 위평   | 69.3 | 53.7  |     | 4.2         |
| 23 | 낭아초  | 24.1 | 72.6  | 3   | 1.5         |
| 24 | 낭아초  | 33.4 | 81.9  | 3   | 2.0         |
| 25 | 해송   | 13.2 | 15.3  | 1   | 0.8         |
| 26 | 낭아초  | 18.6 | 56.3  | 1   | 1.1         |
| 27 | 참싸리  | 35.8 | 58.9  | 8   | 2.2         |
| 28 | 낭아초  | 19.3 | 47.4  | 1   | 1.2         |
| 29 | KY31 | 44.0 | 29.3  |     | 2.7         |
| 30 | 낭아초  | 15.5 | 45.2  | 1   | 0.9         |
| 31 | 낭아초  | 18.3 | 67.8  | 1   | 1.1         |
| 32 | 참싸리  | 14.3 | 32.7  | 4   | 0.9         |
| 33 | 낭아초  | 42.1 | 100.1 | 5   | 2.6         |
| 34 | 참싸리  | 9.5  | 46.2  | 1   | 0.6         |
| 35 | KY31 | 47.4 | 23.7  |     | 2.9         |
| 36 | 해송   | 16.6 | 19.0  | 1   | 1.0         |
| 계  |      |      |       |     | <b>83.0</b> |

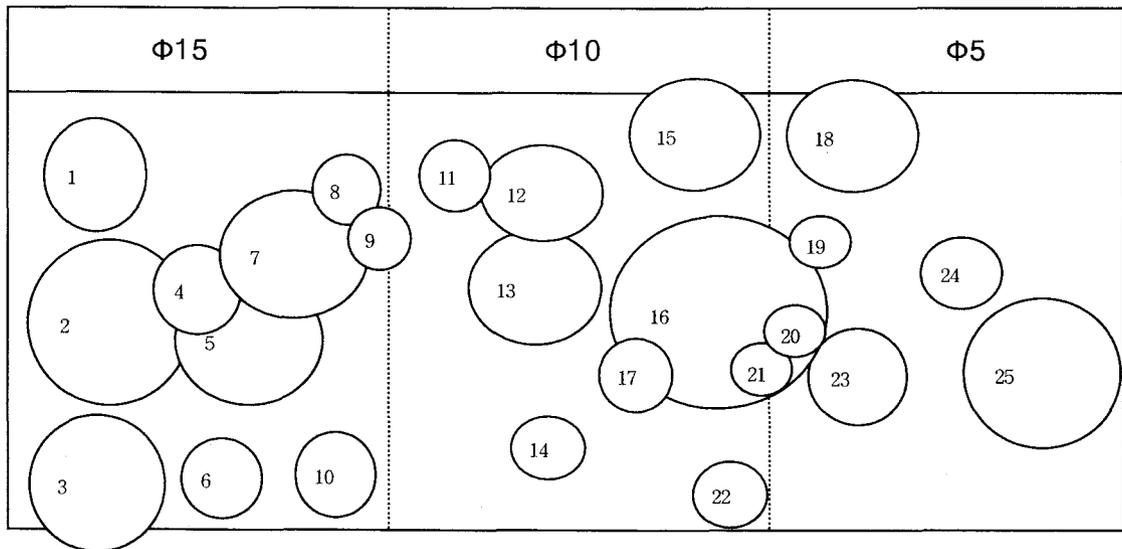


그림 36. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(코아넷-d10)

표 45. 1차년도 2시험구 생장현황(d10cm, 코아넷 멀칭구)

| 번호 | 구분    | 폭    | 길이    | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|-------|------|-------|-----|-------------|
| 1  | 위평    | 34.2 | 33.2  |     | 2.7         |
| 2  | 위평    | 68.7 | 61.5  |     | 5.3         |
| 3  | KY31  | 52.6 | 31.7  |     | 4.1         |
| 4  | 참싸리   | 36.4 | 80.6  | 6   | 2.8         |
| 5  | 위평    | 66.8 | 57.3  |     | 5.2         |
| 6  | KY31  | 28.6 | 17.9  |     | 2.2         |
| 7  | 낭아초   | 80.7 | 90.5  | 2   | 6.3         |
| 8  | 참싸리   | 13.5 | 58.7  |     | 1.0         |
| 9  | 참싸리   | 14.4 | 67.6  |     | 1.1         |
| 10 | KY31  | 41.6 | 29.3  |     | 3.2         |
| 11 | 해송    | 14.7 | 17.4  |     | 1.1         |
| 12 | 참싸리   | 55.9 | 124.3 | 3   | 4.3         |
| 13 | KY31  | 43.6 | 28.8  |     | 3.4         |
| 14 | 해송    | 11.5 | 14.1  | 3   | 0.9         |
| 15 | KY31  | 47.2 | 33.3  |     | 3.7         |
| 16 | 낭아초   | 92.4 | 87.6  | 3   | 7.2         |
| 17 | 해송    | 12.3 | 16.4  | 4   | 1.0         |
| 18 | 위평    | 53.8 | 48.3  |     | 4.2         |
| 19 | 참싸리   | 9.6  | 62.4  | 1   | 0.7         |
| 20 | 해송    | 15.5 | 21.7  | 1   | 1.2         |
| 21 | 참싸리   | 11.2 | 36.9  | 1   | 0.9         |
| 22 | 참싸리   | 14.3 | 69.1  | 1   | 1.1         |
| 23 | 낭아초   | 41.5 | 80.4  | 2   | 3.2         |
| 24 | 신갈나무* | 40.9 | 55.3  | 1   | 3.2         |
| 25 | 참싸리   | 72.1 | 108.4 | 3   | 5.6         |
| 계  |       |      |       |     | <b>75.7</b> |

\*침입종

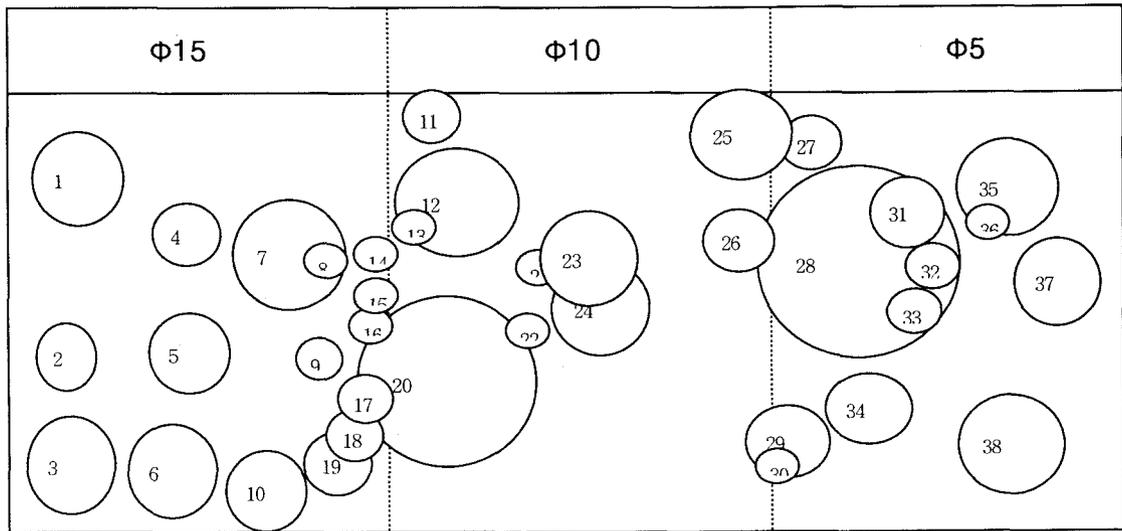


그림 59. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(코아넷-d15)

표 46. 1차년도 2시험구 성장현황(d15cm, 코아넷 멀칭구)

| 번호 | 구분    | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|-------|------|------|-----|--------|
| 1  | KY31  | 39.5 | 36.4 |     | 2.4    |
| 2  | KY31  | 34.2 | 32.6 |     | 2.1    |
| 3  | KY31  | 48.6 | 44.3 |     | 3.0    |
| 4  | KY31  | 36.5 | 33.7 |     | 2.2    |
| 5  | KY31  | 44.3 | 41.6 |     | 2.7    |
| 6  | KY31  | 54.1 | 48.5 |     | 3.3    |
| 7  | 위평    | 66.8 | 52.6 |     | 4.1    |
| 8  | 해송    | 12.3 | 15.2 | 1   | 0.8    |
| 9  | 참싸리   | 10.3 | 48.7 | 1   | 0.6    |
| 10 | 줄참나무* | 34.2 | 36.1 | 1   | 2.1    |
| 11 | 해송    | 13.7 | 14.3 | 1   | 0.8    |
| 12 | KY31  | 55.9 | 43.7 |     | 3.4    |
| 13 | 참싸리   | 8.7  | 49.5 | 1   | 0.5    |
| 14 | 참싸리   | 11.2 | 31.2 | 1   | 0.7    |
| 15 | 참싸리   | 14.3 | 33.4 | 1   | 0.9    |
| 16 | 참싸리   | 10.6 | 49.5 | 1   | 0.6    |
| 17 | 참싸리   | 15.3 | 52.8 | 1   | 0.9    |
| 18 | 참싸리   | 34.3 | 68.8 | 3   | 2.1    |
| 19 | 낭아초   | 46.2 | 75.3 | 2   | 2.8    |

표 46. <계속>

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|------|-----|--------|
| 20 | 낭아초  | 78.6 | 56.9 | 1   | 4.8    |
| 21 | 참싸리  | 14.6 | 23.4 | 1   | 0.9    |
| 22 | 참싸리  | 17.3 | 31.8 | 1   | 1.1    |
| 23 | KY31 | 48.9 | 34.2 |     | 3.0    |
| 24 | KY31 | 51.3 | 33.9 |     | 3.1    |
| 25 | 참싸리  | 48.1 | 94.0 | 1   | 2.9    |
| 26 | 억새*  | 44.0 | 51.5 | 1   | 2.7    |
| 27 | 위평   | 32.1 | 41.1 |     | 2.0    |
| 28 | 위평   | 94.8 | 93.3 | 1   | 5.8    |
| 29 | 위평   | 35.6 | 33.2 |     | 2.2    |
| 30 | 참싸리  | 7.6  | 57.7 | 2   | 0.5    |
| 31 | 참싸리  | 34.2 | 68.0 | 1   | 2.1    |
| 32 | 위평   | 31.7 | 34.2 |     | 1.9    |
| 33 | 위평   | 28.7 | 26.6 |     | 1.8    |
| 34 | 억새*  | 40.3 | 48.1 | 1   | 2.5    |
| 35 | 위평   | 33.2 | 38.0 |     | 2.0    |
| 36 | 참싸리  | 11.4 | 24.0 | 1   | 0.7    |
| 37 | 낭아초  | 73.6 | 82.4 | 3   | 4.5    |
| 38 | 위평   | 68.9 | 59.3 |     | 4.2    |
| 계  |      |      |      |     | 84.8   |

\* 침입종

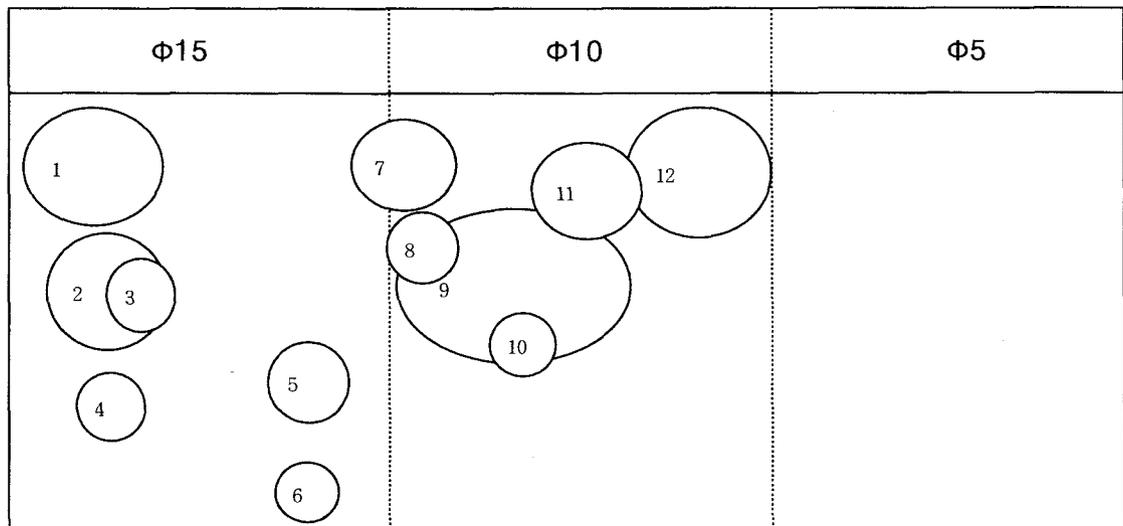


그림 60. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(차광망-d5)

표 47. 1차년도 2시험구 성장현황(d5cm, 차광망 멀칭구)

| 번호 | 구분     | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|--------|------|------|-----|--------|
| 1  | 참싸리    | 44.3 | 52.1 | 3   | 3.0    |
| 2  | KY31   | 41.1 | 36.6 |     | 2.8    |
| 3  | 참싸리    | 21.6 | 62.3 | 2   | 1.5    |
| 4  | 참싸리    | 16.2 | 35.7 | 1   | 1.1    |
| 5  | 참싸리    | 22.4 | 57.4 | 1   | 1.5    |
| 6  | 참싸리    | 15.2 | 44.1 | 1   | 1.0    |
| 7  | 참싸리    | 45.2 | 61.9 | 2   | 3.1    |
| 8  | 참싸리    | 23.4 | 58.4 | 1   | 1.6    |
| 9  | KY31   | 75.8 | 83.0 |     | 5.2    |
| 10 | 참싸리    | 16.6 | 54.9 | 1   | 1.1    |
| 11 | 참싸리    | 42.1 | 30.2 | 6   | 2.9    |
| 12 | 아까시나무* |      |      | 1   |        |
| 계  |        |      |      |     | 24.9   |

\* 침입종

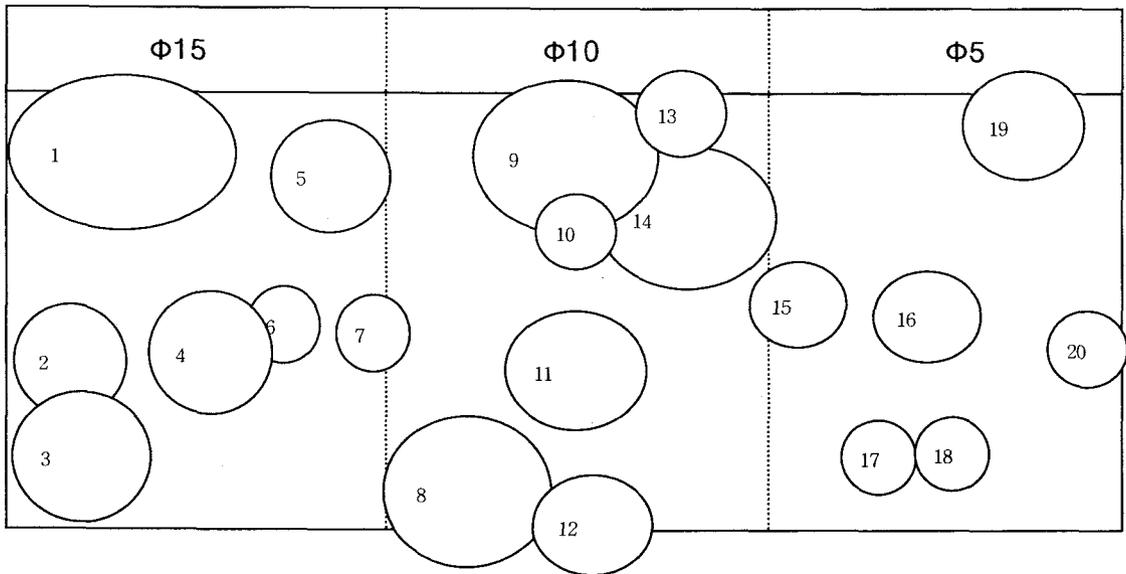


그림 61. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(차광망-d10)

표 48. 1차년도 2시험구 성장현황(d10cm, 차광망 멀칭구)

| 번호 | 구분    | 폭    | 길이    | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|-------|------|-------|-----|-------------|
| 1  | KY31  | 79.3 | 73.6  |     | 5.4         |
| 2  | KY31  | 53.6 | 44.2  |     | 3.7         |
| 3  | 위평    | 63.1 | 58.5  |     | 4.3         |
| 4  | KY31  | 61.2 | 41.1  |     | 4.2         |
| 5  | 낭아초   | 42.6 | 67.9  | 2   | 2.9         |
| 6  | 참싸리   | 18.3 | 57.7  | 1   | 1.3         |
| 7  | 참싸리   | 23.4 | 84.0  | 1   | 1.6         |
| 8  | 참싸리   | 87.6 | 168.9 | 3   | 6.0         |
| 9  | 신갈나무* | 68.0 | 104.0 | 1   | 4.7         |
| 10 | 참싸리   | 16.2 | 72.3  | 1   | 1.1         |
| 11 | KY31  | 54.3 | 38.6  |     | 3.7         |
| 12 | 위평    | 47.6 | 54.2  |     | 3.3         |
| 13 | 참싸리   | 22.1 | 67.7  | 1   | 1.5         |
| 14 | 위평    | 64.5 | 57.9  |     | 4.4         |
| 15 | 참싸리   | 32.4 | 84.0  | 1   | 2.2         |
| 16 | 참싸리   | 53.2 | 78.8  | 6   | 3.6         |
| 17 | 낭아초   | 24.6 | 61.6  | 1   | 1.7         |
| 18 | 낭아초   | 43.0 | 63.3  | 3   | 2.9         |
| 19 | KY31  | 36.2 | 82.0  |     | 2.5         |
| 20 | 참싸리   | 32.4 | 73.1  | 1   | 2.2         |
| 계  |       |      |       |     | <b>63.3</b> |

\* 침입종

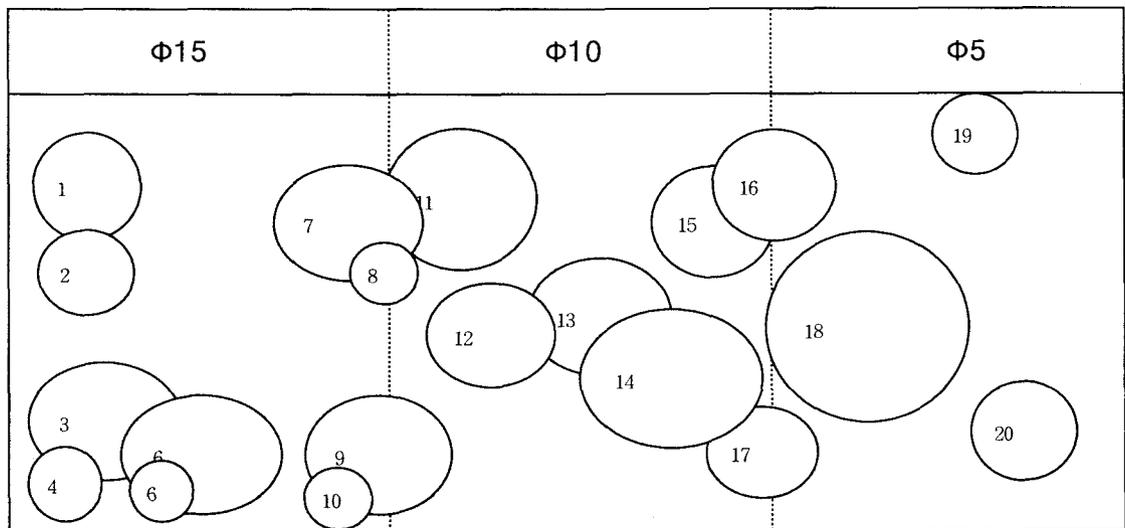


그림 62. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(차광망-d15)

표 49. 1차년도 2시험구 성장현황(d15cm, 차광망 멀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭     | 길이    | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|-------|-------|-----|-------------|
| 1  | KY31 | 48.5  | 33.1  |     | 3.3         |
| 2  | KY31 | 46.6  | 35.4  |     | 3.2         |
| 3  | KY31 | 67.9  | 48.6  |     | 4.7         |
| 4  | 참싸리  | 41.1  | 81.2  | 3   | 2.8         |
| 5  | KY31 | 61.7  | 43.2  |     | 4.2         |
| 6  | 낭아초  | 58.3  | 74.0  |     | 4.0         |
| 7  | 참싸리  | 60.2  | 71.4  | 6   | 4.1         |
| 8  | 참싸리  | 22.3  | 58.3  |     | 1.5         |
| 9  | KY31 | 57.5  | 42.8  |     | 3.9         |
| 10 | KY31 | 32.3  | 27.3  | 1   | 2.2         |
| 11 | KY31 | 65.9  | 54.5  |     | 4.5         |
| 12 | KY31 | 53.8  | 45.5  |     | 3.7         |
| 13 | 낭아초  | 80.4  | 78.1  | 3   | 5.5         |
| 14 | KY31 | 77.7  | 81.2  |     | 5.3         |
| 15 | KY31 | 56.3  | 46.6  |     | 3.9         |
| 16 | 참싸리  | 68.2  | 94.3  | 6   | 4.7         |
| 17 | KY31 | 41.0  | 32.2  |     | 2.8         |
| 18 | 낭아초  | 102.3 | 116.0 | 3   | 7.0         |
| 19 | KY31 | 33.6  | 76.5  |     | 2.3         |
| 20 | KY31 | 43.8  | 77.1  |     | 3.0         |
| 계  |      |       |       |     | <b>76.7</b> |

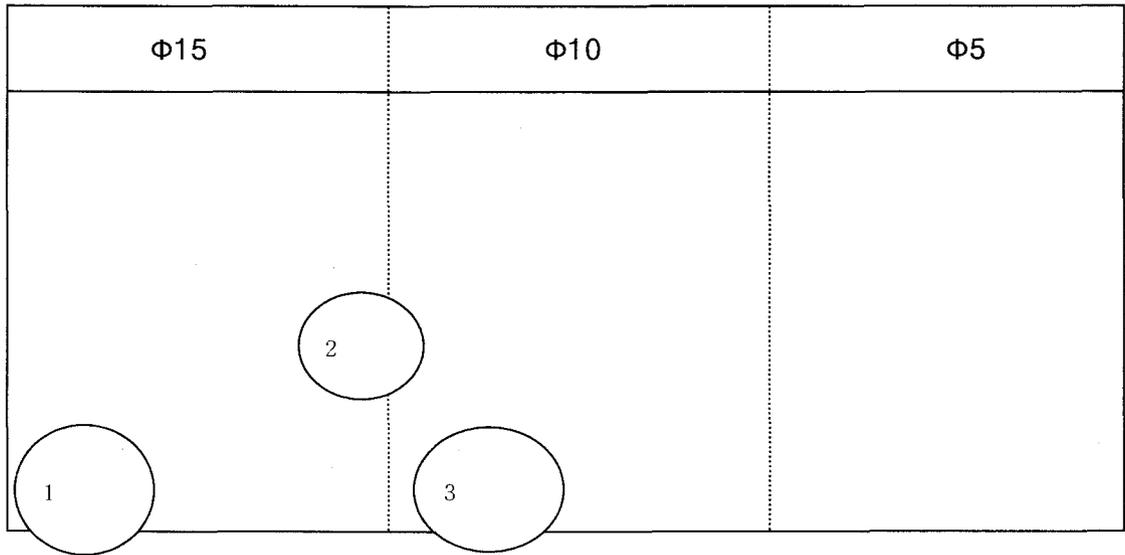


그림 63. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(비멸칭-d5)

표 50. 1차년도 2시험구 성장현황(d5cm, 비멸칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%) |
|----|------|------|------|-----|--------|
| 1  | KY31 | 61.3 | 54.8 |     | 4.2    |
| 2  | 참싸리  | 32.9 | 28.3 | 8   | 2.3    |
| 3  | 참싸리  | 34.1 | 41.8 | 4   | 2.3    |
| 계  |      |      |      |     | 8.8    |

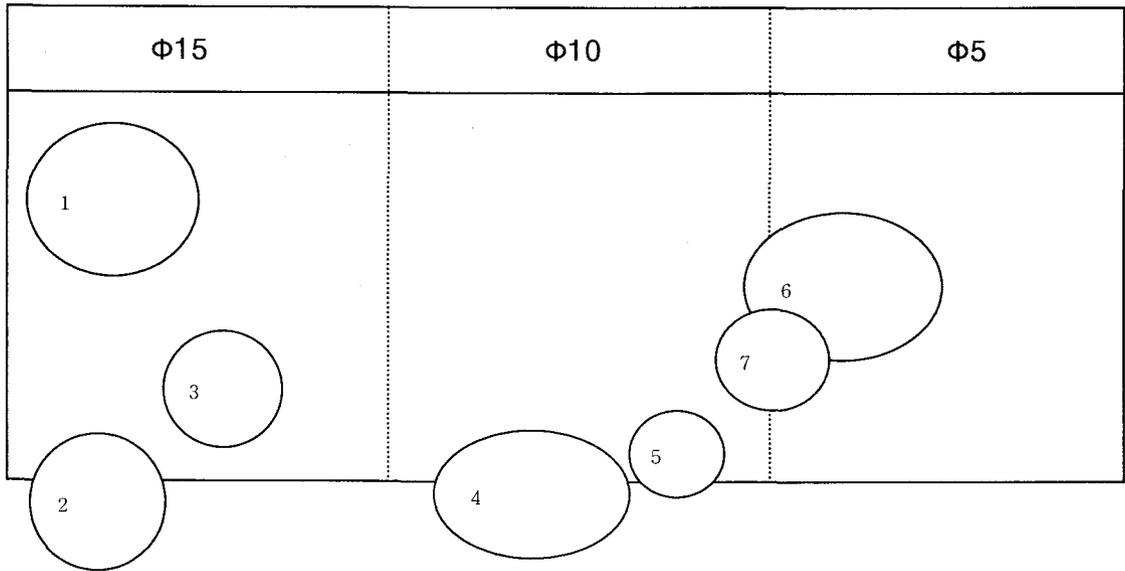


그림 64. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(비밀칭-d10)

표 51. 1차년도 2시험구 성장현황(d10cm, 비밀칭구)

| 번호 | 구분   | 폭    | 길이   | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|------|------|-----|-------------|
| 1  | KY31 | 84.3 | 68.3 |     | 5.8         |
| 2  | KY31 | 67.8 | 56.5 |     | 4.6         |
| 3  | 위평   | 62.1 | 54.2 |     | 4.3         |
| 4  | KY31 | 71.0 | 57.4 |     | 4.9         |
| 5  | 참싸리  | 36.0 | 72.6 | 3   | 2.5         |
| 6  | KY31 | 85.2 | 83.3 |     | 5.8         |
| 7  | 참싸리  | 44.4 | 61.0 | 4   | 3.0         |
| 계  |      |      |      |     | <b>30.9</b> |

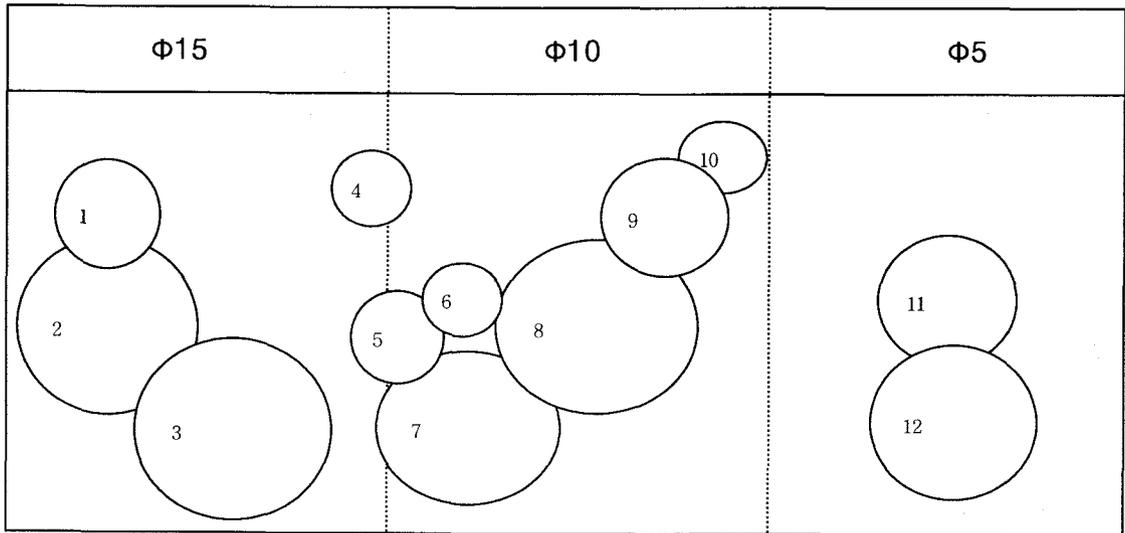
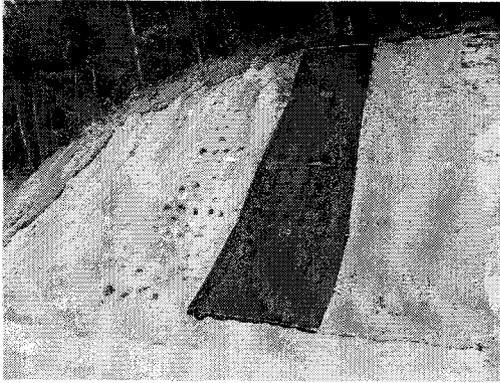


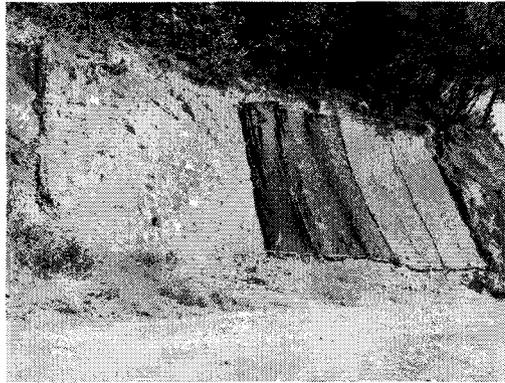
그림 65. 제2시험구의 3년 경과 후 생육상황(비밀칭-d15)

표 52. 1차년도 2시험구 성장현황(d15cm, 비밀칭구)

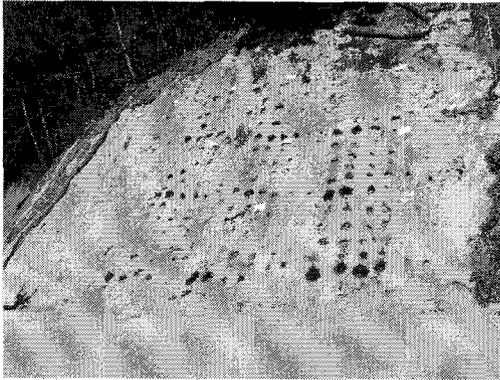
| 번호 | 구분   | 폭     | 길이    | 포기수 | 피복율(%)      |
|----|------|-------|-------|-----|-------------|
| 1  | KY31 | 58.4  | 57.1  |     | 4.0         |
| 2  | KY31 | 103.1 | 92.3  |     | 7.1         |
| 3  | 참싸리  | 132.0 | 160.2 | 2   | 9.0         |
| 4  | 참싸리  | 23.4  | 67.4  | 1   | 1.6         |
| 5  | 참싸리  | 46.8  | 74.2  | 1   | 3.2         |
| 6  | 참싸리  | 41.2  | 55.8  | 2   | 2.8         |
| 7  | KY31 | 94.8  | 92.6  | 6   | 6.5         |
| 8  | 참싸리  | 122.3 | 120.4 |     | 8.4         |
| 9  | 참싸리  | 94.0  | 204.0 | 2   | 6.4         |
| 10 | 참싸리  | 67.6  | 115.0 | 1   | 4.6         |
| 11 | KY31 | 74.4  | 67.3  |     | 5.1         |
| 12 | KY31 | 87.3  | 75.1  |     | 6.0         |
| 계  |      |       |       |     | <b>64.7</b> |



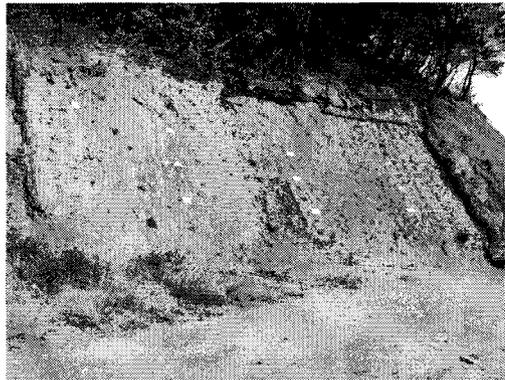
1시험구의 30일 경과 (멀칭건기 전)



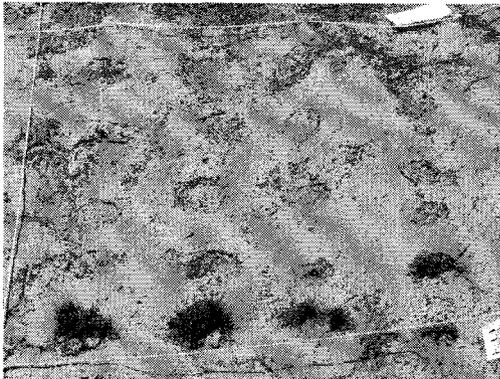
2시험구의 30일 경과 (멀칭건기 전)



1시험구의 30일 경과 (멀칭건은 후)



2시험구의 30일 경과 (멀칭건은 후)

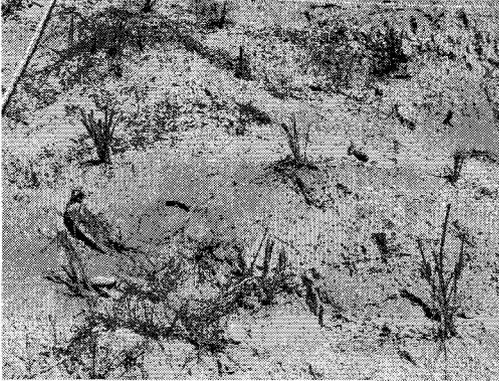


코아네트 시험구



차광망 시험구

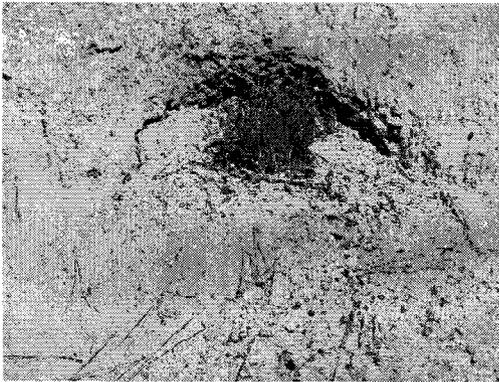
그림 66. 1차년도 시험구의 생육상황(I)



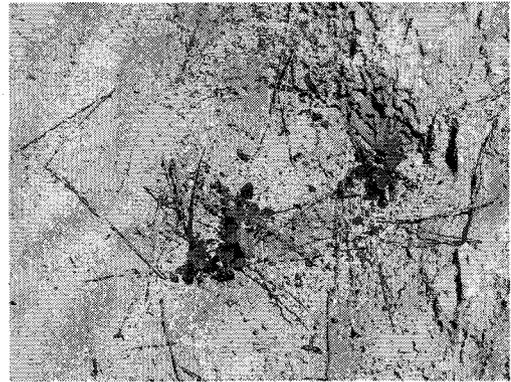
억새 심기(현지채취)



30일 경과 후 KY31 활착모습



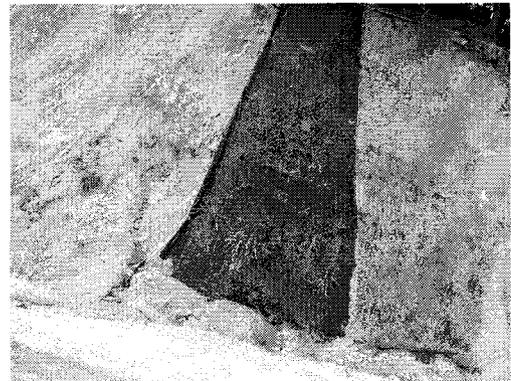
WLG 활착모습(30일 경과 후)



참싸리 활착모습(30일 경과 후)



억새심기(1년 경과 후)



1시험구(1년 경과 후)

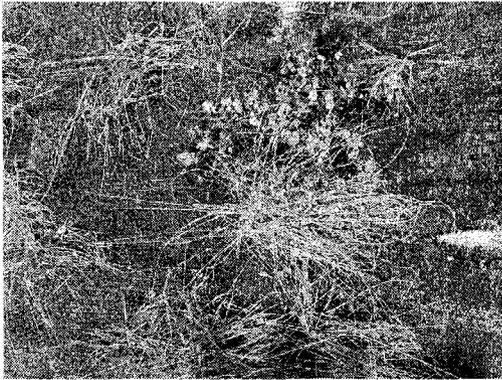
그림 66. 1차년도 시험구의 생육상황(II)



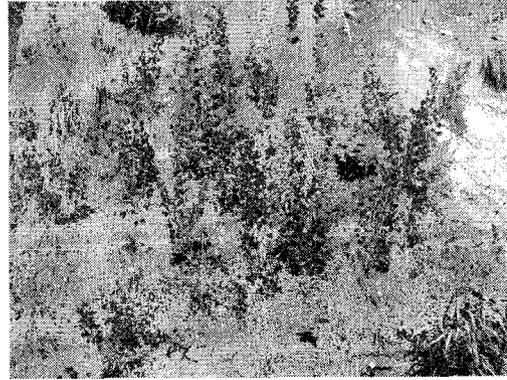
1시험구 생육상황(2년 경과 후)



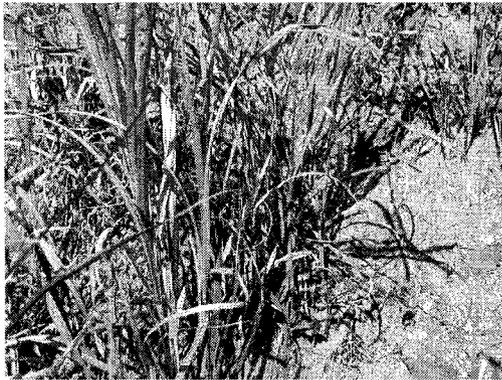
2시험구 생육상황(2년 경과 후)



1시험구 생육상황 상세(2년 경과 후)



2시험구 생육상황상세(2년 경과 후)



억새 생육 상황(2년 경과 후)



해송 생육상황(2년 경과 후)

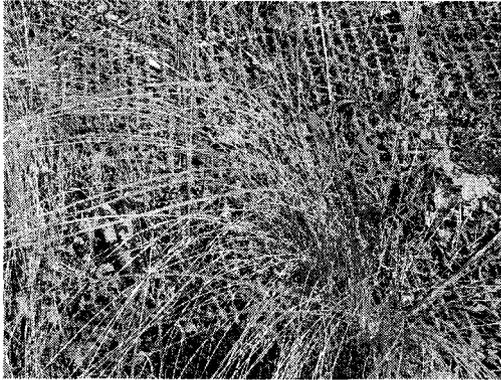
그림 66. 1차년도 시험구의 생육상황(III)



참싸리와 해송의 생육상황(2년 경과 후)



남아초 생육상황(2년 경과 후)



WLG 생육상황(2년 경과 후)



KY31 생육상황(2년 경과 후)

그림 66. 1차년도 시험구의 생육상황(IV)

#### 나) 2차년도 시험 결과

- ▶ 14개 식물종의 발아율과 성장상태를 비교해보면 초본이 목본보다 발아 및 성장 상태가 좋았으며 초본은 WLG, Kentucky bluegrass, Creeping redfescue 순이었고 마타리 또한 좋은 생육을 보였다. 옷나무와 붉나무가 족제비싸리와 소나무보다 좋았다.
- ▶ 비교적 코아네트 멀칭을 한 시험구가 비멀칭 시험구보다 발아율과 성장상태가 양호하였는데 초본류 중 마타리와 목본류 중 족제비싸리는 비멀칭에서 더 좋았다.
- ▶ 배양토별 비교 시험 결과 황토가 마사토보다 월등히 좋았는데 토성차이에 의한 종자 유실과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

- ▶ 식혈에 종자 가운데서 많은 양이 강우에 의해 유실되었고, 시험구 상부에 파종한 종자 가운데서 일부는 하부의 식혈에서 발아하여 성장하였다.

표 53. 1시험구의 생육상황(코아넷 멀칭)

| 공시식물                | 총 천공 수<br>(개) | 발아한<br>천공 수(개) | 생장량<br>(cm) | 발아수<br>(개) | 천공 발아율<br>(%) |
|---------------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|
| WLG                 | 10            | 7              | 8.8         | 15.0       | 70.0          |
| Kenturky bluegrass  | 12            | 8              | 15.0        | 8.6        | 66.7          |
| 낭아초                 | 12            | 1              | 25.8        | 1.0        | 8.3           |
| 안고초                 | 12            | 5              | 41.8        | 6.4        | 41.7          |
| 비수리                 | 11            | 4              | 12.2        | 1.5        | 36.4          |
| 붉나무                 | 12            | 5              | 9.4         | 1.8        | 41.7          |
| 옻나무                 | 10            | 5              | 8.8         | 3.6        | 50.0          |
| 죽제비싸리               | 11            | -              | -           | -          | -             |
| 소나무                 | 11            | -              | -           | -          | -             |
| 상수리나무               | 10            | -              | -           | -          | -             |
| 마타리                 | 9             | 4              | 8.9         | 25.5       | 44.4          |
| Creeping redfescue  | 9             | 4              | 19.2        | 24.5       | 44.4          |
| Tall fescue         | 9             | 3              | 80.0        | 3.3        | 33.3          |
| Perennial rye grass | 8             | 3              | 5.8         | 1.7        | 37.5          |

표 54. 1시험구의 생육상황(비멀칭)

| 공시식물                | 총 천공 수<br>(개) | 발아한<br>천공수(개) | 생장량<br>(cm) | 발아수<br>(개) | 천공 발아율<br>(%) |
|---------------------|---------------|---------------|-------------|------------|---------------|
| WLG                 | 12            | 2             | 49.8        | 19.0       | 16.7          |
| Kenturky bluegrass  | 12            | 2             | 8.2         | 16.5       | 16.7          |
| 낭아초                 | 10            | 2             | 148.0       | 1.0        | 20.0          |
| 안고초                 | 12            | 2             | 35.1        | 1.0        | 16.7          |
| 비수리                 | 12            | 6             | 7.8         | 2.2        | 50.0          |
| 붉나무                 | 12            | 5             | 5.2         | 1.2        | 41.7          |
| 옻나무                 | 12            | 6             | 4.5         | 3.2        | 50.0          |
| 죽제비싸리               | 12            | 1             | 19.6        | 2.0        | 8.3           |
| 소나무                 | 12            | -             | -           | -          | -             |
| 상수리나무               | 12            | 1             | 28.6        | 1.0        | 8.3           |
| 마타리                 | 13            | 12            | 28.1        | 9.1        | 92.3          |
| Creeping redfescue  | 12            | 5             | 19.3        | 11.2       | 41.7          |
| Tall fescue         | 10            | 3             | 18.3        | 28.0       | 30.0          |
| Perennial rye grass | 9             | 2             | 56.3        | 13.5       | 22.2          |

표 55. 2시험구의 생육상황(코아넷 멀칭)

| 공시식물               | 총 천공 수<br>(개) | 발아한<br>천공 수(개) | 생장량<br>(cm) | 발아수<br>(개) | 천공발아율<br>(%) |
|--------------------|---------------|----------------|-------------|------------|--------------|
| WLG                | 10            | 5              | 16.9        | 15.4       | 50.0         |
| Kenturky bluegrass | 12            | 5              | 15.9        | 22.2       | 41.7         |
| 낭아초                | 12            | -              | -           | -          | -            |
| 안고초                | 12            | 1              | 38.4        | 3.0        | 8.3          |
| 비수리                | 11            | -              | -           | -          | -            |
| 붉나무                | 12            | 3              | 8.1         | 1.0        | 25.0         |
| 웃나무                | 10            | 2              | 5.3         | 2.5        | 20.0         |
| 죽제비싸리              | 11            | 1              | 26.4        | 2.0        | 9.1          |
| 소나무                | 11            | -              | -           | -          | -            |
| 상수리나무              | 10            | 2              | 16.2        | 1.0        | 20.0         |

표 56. 2시험구의 생육상황(비멀칭)

| 공시식물               | 총 천공 수<br>(개) | 발아한<br>천공 수(개) | 생장량<br>(cm) | 발아수<br>(개) | 천공 발아율<br>(%) |
|--------------------|---------------|----------------|-------------|------------|---------------|
| WLG                | 12            | 6              | 28.7        | 17.7       | 50.0          |
| Kenturky bluegrass | 12            | 1              | 14.1        | 16.0       | 8.3           |
| 낭아초                | 10            | 1              | 102.4       | 1          | 10.0          |
| 안고초                | 12            | -              | -           | -          | -             |
| 비수리                | 12            | 1              | 35.4        | 1          | 8.3           |
| 붉나무                | 12            | 1              | 6.2         | 1          | 8.3           |
| 웃나무                | 12            | -              | -           | -          | -             |
| 죽제비싸리              | 12            | -              | -           | -          | -             |
| 소나무                | 12            | 1              | 14.5        | 1          | 8.3           |
| 상수리나무              | 12            | -              | -           | -          | -             |

표 57. 2차년도의 멀칭재료 및 배양토에 따른 수종별 발아율(%)

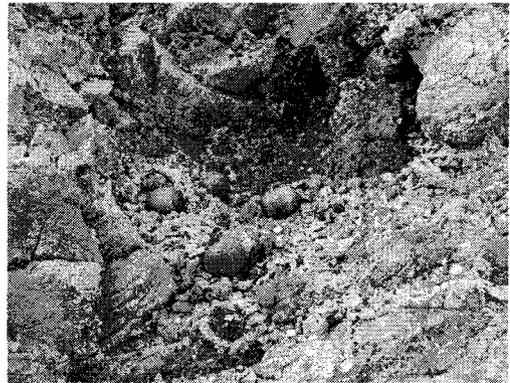
| 공시식물                | 코아넷          |               | 비멀칭          |               |
|---------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|                     | 황토<br>(1시험구) | 마사토<br>(2시험구) | 황토<br>(1시험구) | 마사토<br>(2시험구) |
| WLG                 | 70.0         | 50.0          | 16.7         | 50.0          |
| Kenturky bluegrass  | 66.7         | 41.7          | 16.7         | 8.3           |
| 낭아초                 | 8.3          | -             | 20.0         | 10.0          |
| 안고초                 | 41.7         | 8.3           | 16.7         | -             |
| 비수리                 | 36.4         | -             | 50.0         | 8.3           |
| 붉나무                 | 41.7         | 25.0          | 41.7         | 8.3           |
| 웃나무                 | 50.0         | 20.0          | 50.0         | -             |
| 죽제비싸리               | -            | 9.1           | 8.3          | -             |
| 소나무                 | -            | -             | -            | 8.3           |
| 상수리나무               | -            | 20.0          | 8.3          | -             |
| 마타리                 | 44.4         |               | 92.3         |               |
| Creeping redfescue  | 44.4         |               | 41.7         |               |
| Tall fescue         | 33.3         |               | 30.0         |               |
| Perennial rye grass | 37.5         |               | 22.2         |               |

표 58. 2차년도의 멀칭재료 및 배양토에 따른 수종별 길이생장량(cm)

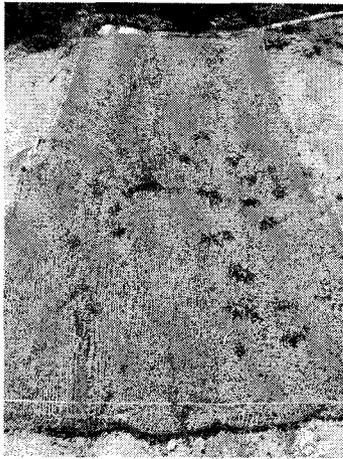
| 공시식물                | 코아넷          |               | 비멀칭          |               |
|---------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|                     | 황토<br>(1시험구) | 마사토<br>(2시험구) | 황토<br>(1시험구) | 마사토<br>(2시험구) |
| WLG                 | 8.8          | 16.9          | 49.8         | 28.7          |
| Kenturky bluegrass  | 15.0         | 15.9          | 8.2          | 14.1          |
| 낭아초                 | 25.8         | -             | 148.0        | 102.4         |
| 안고초                 | 41.8         | 38.4          | 35.1         | -             |
| 비수리                 | 12.2         | -             | 7.8          | 35.4          |
| 붉나무                 | 9.4          | 8.1           | 5.2          | 6.2           |
| 웃나무                 | 8.8          | 5.3           | 4.5          | -             |
| 죽제비싸리               | -            | 26.4          | 19.6         | -             |
| 소나무                 | -            | -             | -            | 14.5          |
| 상수리나무               | -            | 16.2          | 28.6         | -             |
| 마타리                 | 8.9          |               | 28.1         |               |
| Creeping redfescue  | 19.2         |               | 19.3         |               |
| Tall fescue         | 80.0         |               | 18.3         |               |
| Perennial rye grass | 5.8          |               | 56.3         |               |



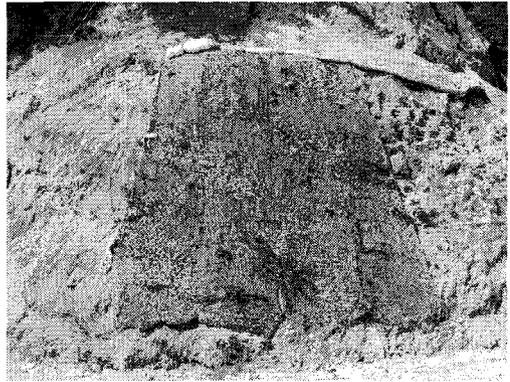
완전히 유실된 배양토와 종자



유실되기 직전인 상수리나무 종자



1시험구의 코아네트



2시험구의 코아네트와 비말칭



좌측의 토끼풀과 우측의 옷나무

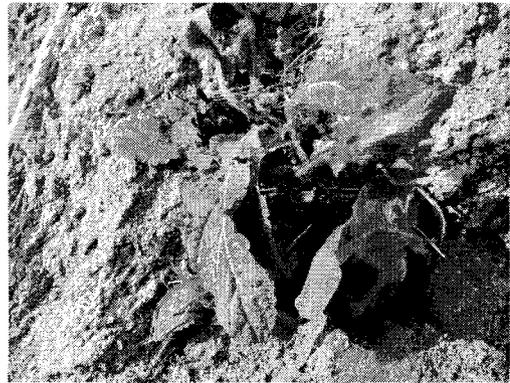


비말칭구의 발아 모습

그림 45. 2차년도 시험구의 생육상황(I)



점나도나물



냉이



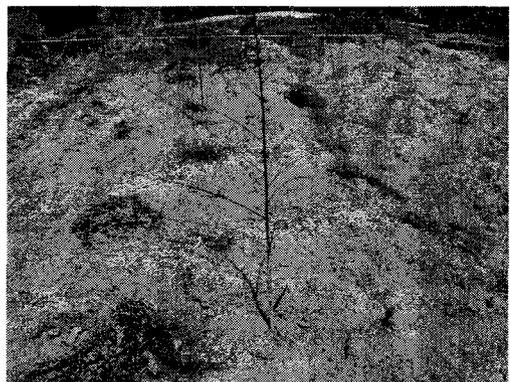
2시험구 WLG 생육상황



코아네트에서 생육한 1시험구 WLG

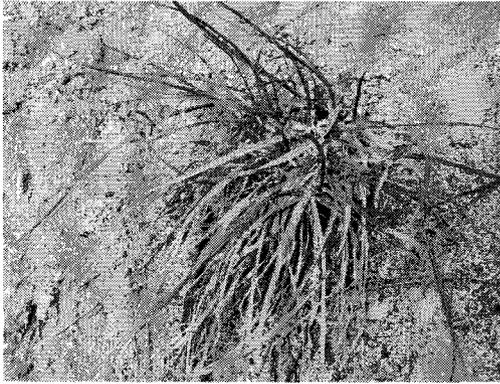


생장측정을 위한 코아네트 제거



낭아초

그림 45. 2차년도 시험구의 생육상황(II)



1시험구의 Kentucky bluegrass



토끼풀과 옷나무



2시험구의 코아베트 제거한 모습



2시험구의 비밀칭

그림 45. 2차년도 시험구의 생육상황(III)

#### 다. 녹화식물 종자배합기술 개발

##### 1) 1차년도 시험 결과

##### 가) 단파 및 혼파 시험 결과

- ▶ 단파실험의 경우 5월 발아가 단풍나무를 제외한 다른 종자의 발아율은 저조하였으나, 9, 10월의 모니터링에서는 붉나무, 단풍나무, 적송의 생육이 양호함을 관찰할 수 있었다.
- ▶ 싸리류의 생육이 우수하였으며, 10월 모니터링에서는 모든 종자의 발아가 양호한 것을 알 수 있다.
- ▶ 5월 모니터링에서는 비수리, 패랭이의 발아가 우수하였으며 마타리의 경우 발아가 저조한 것을 관찰할 수 있었다.
- ▶ 단파 파종한 양잔디의 종자의 경우 모든 종자의 발아가 우수하였으며, 생육후기

로 갈수록 잔디의 생육이 왕성한 것을 알 수 있었다.

- ▶ 목본류 혼파의 경우 발아율과 개체수 모두 저조한 것을 관찰할 수 있었다.
- ▶ 관목류 혼파는 초기 발아는 저조하였으나 생육 후기로 갈수록 양호한 것을 알 수 있었다.
- ▶ 초본류는 생육초기 비수리와 패랭이의 생육이 우수하였으나, 상대적으로 발아율이 저조한 억새와 새류의 생육이 저조하였다.
- ▶ 양잔디 혼파의 시험구는 모든 종자의 발아생육이 저조한 것을 관찰할 수 있었다.

표 59. 제1차년도 단과 및 혼과 시험구 결과

| 과종법               | 초종                  | 종자배합유형별 초장(cm) / 초폭(cm) / 개체수(2.0m <sup>2</sup> ) |      |      |     |     |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-------------------|---------------------|---|------|------|-----|-----|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|                   |                     | 5월  |      |      | 6월  |     |      | 7월   |      |      | 8월    |      |      | 9월   |      |      | 10월  |      |      |     |
| 단과                | 붉나무                 |   |      |      | 1.5 | 1.0 | 1.3  | 0.8  | 1.8  | 0.3  | 1.3   | 2.5  | 0.3  | 21.8 | 6.0  | 0.5  | 20.8 | 7.3  | 0.5  |     |
|                   | 단풍나무                | 1.4   | 1.0  | 0.5  | 3.0 | 2.5 | 2.0  |      |      |      |       |      |      | 5.5  | 3.0  | 0.5  | 18.3 | 2.8  | 0.5  |     |
|                   | 적송                  |   |      |      | 5.3 | 2.5 | 1.5  | 2.3  | 1.5  | 1.0  | 1.8   | 1.3  | 0.8  | 2.8  | 1.8  | 0.8  | 3.3  | 3.3  | 0.8  |     |
|                   | 참싸리                 | 0.9   | 0.9  | 3.8  | 5.3 | 2.3 | 4.8  | 9.3  | 4.5  | 3.8  | 11.25 | 4.8  | 3.0  | 21.5 | 10.8 | 3.0  | 35.0 | 5.0  | 1.3  |     |
|                   | 죽제비싸리               |   |      |      | 0.8 | 0.3 | 0.5  | 5.8  | 2.8  | 1.5  | 9.8   | 4.0  | 1.3  | 7.5  | 3.8  | 0.5  | 57.0 | 9.0  | 1.5  |     |
|                   | 낭아초                 |   |      |      | 2.0 | 1.3 | 2.3  | 3.3  | 1.3  | 0.8  | 5     | 2.5  | 0.5  | 5.0  | 2.0  | 0.3  | 33.0 | 7.0  | 0.8  |     |
|                   | 억새                  |   |      |      | 1.0 | 0.5 | 1.8  | 13.5 | 9.0  | 4.8  | 12.3  | 6.5  | 3.0  | 23.3 | 16.0 | 3.5  | 49.5 | 10.0 | 4.5  |     |
|                   | 새                   |   |      |      | 0.8 | 0.5 | 3.8  | 12.0 | 6.0  | 8.8  | 17.5  | 7.3  | 6.0  | 25.3 | 10.5 | 11.3 | 35.0 | 14.5 | 7.8  |     |
|                   | 마타리                 |   |      |      |     |     |      | 0.8  | 1.0  | 0.8  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   | 비수리                 | 0.5   | 0.4  | 12.5 | 2.3 | 1.0 | 5.8  | 6.8  | 3.3  | 5.8  | 7.8   | 3.5  | 7.3  | 26.0 | 11.0 | 5.8  | 46.0 | 8.3  | 2.5  |     |
|                   | 패랭이                 | 0.6   | 0.5  | 8.8  | 5.8 | 2.8 | 7.3  | 9.8  | 3.3  | 6.3  | 12.5  | 4.3  | 6.3  | 17.8 | 7.8  | 5.0  | 41.8 | 6.0  | 5.8  |     |
|                   | Tall fescue         | 6.5   | 0.4  | 24.0 | 3.3 | 0.1 | 6.0  | 18.5 | 6.3  | 14.0 | 20.3  | 8.3  | 9.5  | 23.0 | 7.3  | 15.8 | 55.8 | 16.8 | 15.0 |     |
|                   | Perennial rye grass | 4.5   | 0.5  | 26.5 | 2.0 | 0.1 | 8.3  | 10.5 | 4.5  | 24.5 | 12.0  | 5.0  | 18.8 | 9.8  | 4.0  | 16.8 | 27.8 | 5.8  | 12.3 |     |
|                   | Kenturky bluegrass  | 2.9   | 0.5  | 34.0 | 1.5 | 0.1 | 5.0  | 7.8  | 3.5  | 16.5 | 11.8  | 6.5  | 13.3 | 15.0 | 5.0  | 20.8 | 47.0 | 7.8  | 13.3 |     |
|                   | WLG                 | 0.6   | 0.4  | 27.3 | 2.0 | 0.1 | 8.8  | 20.5 | 6.3  | 19.0 | 23.8  | 7.3  | 21.3 | 37.5 | 10.0 | 30.5 | 41.2 | 22.0 | 29.3 |     |
| Creping redfescue | 3.0                 | 0.4   | 23.5 | 2.5  | 0.1 | 8.8 | 14.5 | 5.8  | 27.8 | 20.5 | 10.0  | 16.5 | 22.3 | 5.8  | 24.5 | 50.0 | 12.0 | 16.0 |      |     |
| 혼과                | 목본류                 | 붉나무   |      |      |     |     |      |      | 4.5  | 4.0  | 2.8   | 4.5  | 4.5  | 2.5  | 8.3  | 6.5  | 2.8  | 15.8 | 5.0  | 0.8 |
|                   |                     | 단풍나무  |      |      |     |     |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      | 14.3 | 0.8  | 1.0 |
|                   |                     | 적송  |      |      |     |     |      |      | 5.3  | 3.0  | 3.5   | 5.8  | 3.0  | 3.5  | 5.8  | 3.5  | 3.3  | 12.0 | 4.3  | 2.8 |
|                   | 관목류                 | 참싸리   |      |      |     |     |      |      | 11.8 | 4.0  | 2.5   | 13.3 | 5.0  | 3.0  | 13.8 | 7.0  | 2.5  | 11.0 | 0.8  | 0.3 |
|                   |                     | 죽제비싸리   |      |      |     |     |      |      | 7.0  | 3.0  | 1.3   | 12.0 | 4.8  | 1.3  | 16.5 | 8.3  | 1.5  | 10.0 | 6.0  | 0.8 |
|                   |                     | 낭아초   |      |      |     |     |      |      | 3.8  | 1.8  | 1.3   | 1.3  | 0.8  | 0.8  | 1.8  | 1.0  | 0.3  |      |      |     |
|                   | 초본류                 | 억새  |      |      |     |     |      |      | 6.3  | 5.0  | 0.5   |      |      |      | 20.0 | 11.3 | 0.8  |      |      |     |
|                   |                     | 새   |      |      |     |     |      |      |      |      |       | 5.8  | 2.3  | 2.0  | 12.5 | 6.3  | 2.0  | 15.0 | 11.0 | 3.5 |
|                   |                     | 마타리   |      |      |     |     |      |      | 3.3  | 1.3  | 1.5   |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | 비수리   |      |      |     |     |      |      | 4.0  | 2.0  | 1.5   | 5.3  | 2.0  | 3.8  | 15.8 | 5.5  | 2.0  | 5.5  | 0.8  | 0.3 |
|                   |                     | 패랭이   |      |      |     |     |      |      | 8.5  | 3.5  | 8.5   | 11.5 | 4.3  | 4.8  | 14.8 | 5.5  | 4.8  | 61.8 | 5.5  | 6.8 |
|                   |                     | Tall fescue                                       |      |      |     |     |      |      | 4.5  | 1.0  | 6.5   | 5.0  | 1.3  | 9.3  | 23.8 | 6.8  | 56.8 | 55.5 | 16.8 | 9.5 |
|                   | 양잔디                 | Perennial rye grass                               |      |      |     |     |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      | 2.0  | 5.5  | 5.0 |
|                   |                     | Kenturky bluegrass                                |      |      |     |     |      |      | 10.8 | 4.8  | 49.0  | 18.0 | 7.3  | 29.0 |      |      |      | 2.5  | 2.0  | 4.5 |
|                   |                     | WLG   |      |      |     |     |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      | 18.8 | 2.5  | 9.5 |
| Creping redfescue |                     |   |      |      |     |     |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      | 3.8  | 3.8  | 5.0  |     |

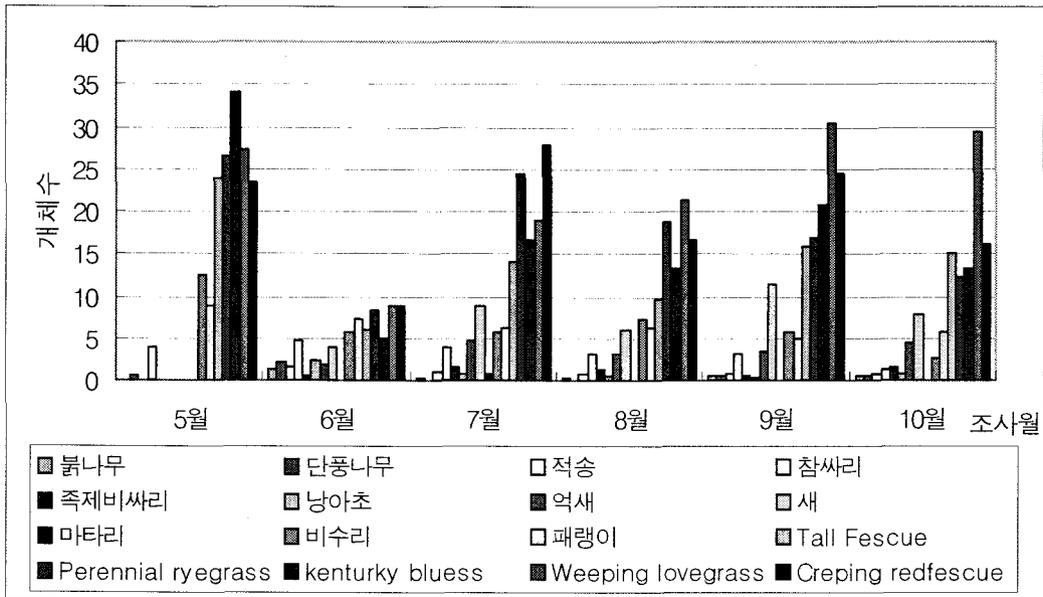


그림 68. 1년차 단파 시험구 개체수 현황

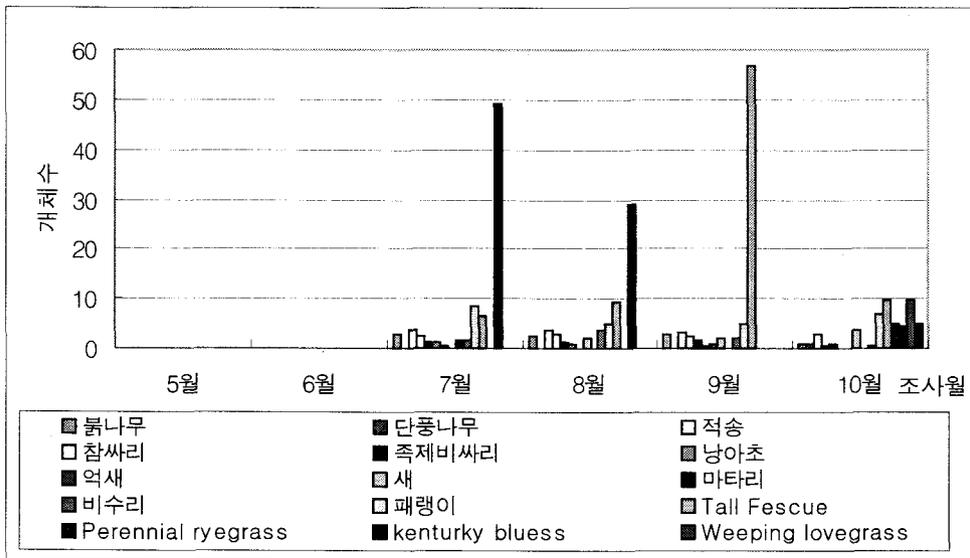
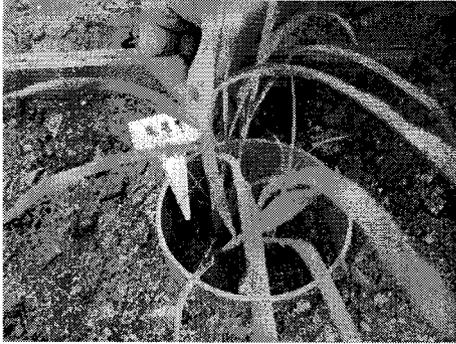


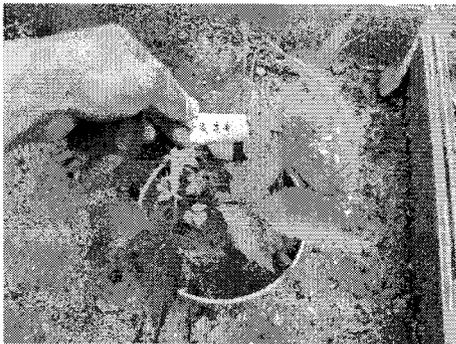
그림 69. 1년차 혼파 시험구 개체수 현황



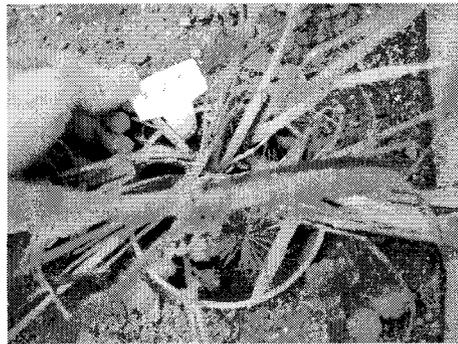
목본류 6월 모니터링



목본류 8월 모니터링



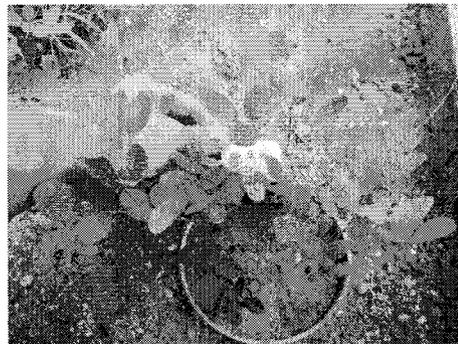
목본류 9월 모니터링



목본류 10월 모니터링



관목류 6월 모니터링



관목류 8월 모니터링

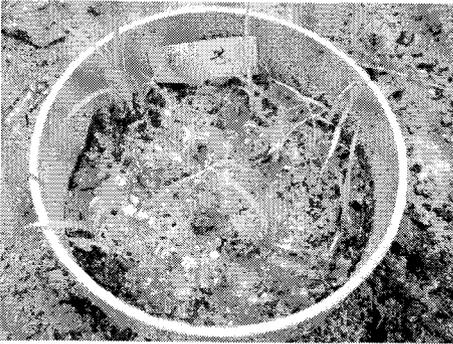
그림 70. 시험구별 모니터링 사진(I)



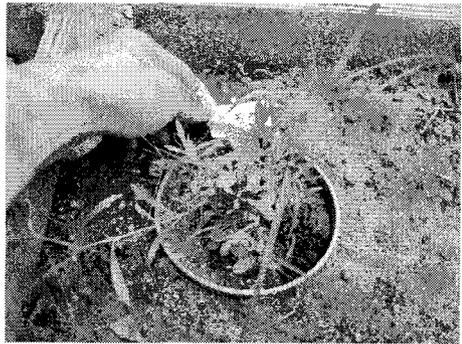
관목류 9월 모니터링



관목류 10월 모니터링



초본류 6월 모니터링



초본류 8월 모니터링

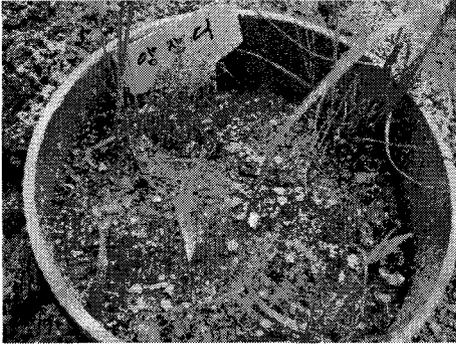


초본류 9월 모니터링



초본류 10월 모니터링

그림 70. 시험구별 모니터링 사진(II)



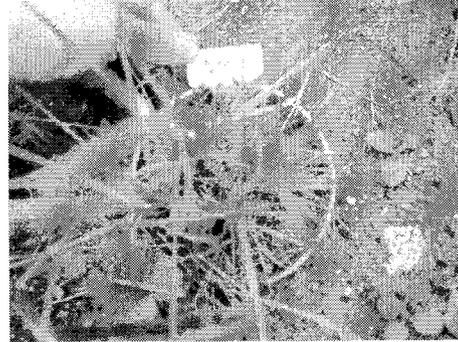
양잔디류 6월 모니터링



양잔디류 8월 모니터링



양잔디류 9월 모니터링



양잔디류 10월 모니터링

그림 70. 시험구별 모니터링 사진(Ⅲ)

나) 혼파 시험 결과

- ▶ 목본 + 관목의 시험구는 초기 발아생육이 우수한 싸리류의 우점으로 초기 발아가 저조한 목본류를 피압 함으로써 생육후기로 갈수록 목본류의 생장은 관찰할 수 없었다.
- ▶ 관목 + 초본의 경우 모든 종자의 발아를 관찰할수 있었지만, 10월 모니터링의 경우 싸리류의 휴면으로 비수리, 패랭이류만을 관찰할 수 있었다.
- ▶ 관목 + 양잔디의 시험구는 전체적으로 발아가 저조한 것을 관찰할 수 있었다. 하지만 싸리류의 경우 저조하지만 1~2개의 개체수를 관찰할 수 있었다.

표 60. 제1차년도 혼파 시험구 결과

| 과종법               | 초종                  | 종자배합유형별 초장(cm) / 초폭(cm) / 개체수(2.0m <sup>2</sup> ) |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-------------------|---------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|                   |                     | 5월  |     |     | 6월  |      |      | 7월   |      |      | 8월   |      |      | 9월   |      |      | 10월  |      |      |     |
| 혼<br>파            | 목본+<br>관목           | 붉나무   | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 1.5  | 1.0  | 1.3  | 1.5  | 0.8  | 0.8  |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | 단풍나무  | 1.0 | 0.8 | 1.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | 적송  | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 1.3  | 0.5  | 0.5  | 2.8  | 1.5  | 1.0  | 1.0  | 0.8  | 0.8  | 2.3  | 1.5  | 1.0  | 5.0  | 1.5  | 1.0 |
|                   |                     | 참싸리   |     |     |     | 4.8  | 2.0  | 4.0  | 2.0  | 1.0  | 0.8  | 7.8  | 3.4  | 1.3  | 13.8 | 7.0  | 1.8  |      |      |     |
|                   |                     | 족제비싸리   |     |     |     | 1.8  | 0.6  | 1.0  | 4.0  | 1.8  | 2.0  | 6.3  | 2.5  | 0.8  | 7.5  | 5.0  | 0.8  | 1.9  | 3.8  | 0.5 |
|                   |                     | 낭아초   |     |     |     | 1.5  | 1.0  | 1.0  | 2.5  | 1.5  | 1.5  | 5.0  | 1.0  | 0.5  |      |      |      |      |      |     |
|                   | 목본+<br>초본           | 붉나무   |     |     |     | 0.5  | 0.8  | 0.3  | 1.5  | 0.8  | 0.8  | 4.5  | 2.8  | 2.3  | 4.3  | 2.8  | 1.5  | 0.3  | 0.3  | 0.3 |
|                   |                     | 단풍나무  | 1.0 | 0.8 | 1.3 | 3.3  | 2.5  | 2.5  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | 적송  | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 2.0  | 1.3  | 0.8  | 2.3  | 1.5  | 1.0  | 2.3  | 1.0  | 1.0  | 2.5  | 1.5  | 1.0  | 9.0  | 2.5  | 1.5 |
|                   |                     | 억새  |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 18.8 | 12.5 | 1.5  |      |      |     |
|                   |                     | 새   |     |     |     |      |      |      | 4.0  | 1.8  | 0.8  |      |      |      | 20.5 | 7.8  | 4.5  | 20.0 | 6.3  | 1.5 |
|                   |                     | 마타리   |     |     |     |      |      |      | 1.5  | 0.8  | 0.3  |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | 비수리   | 0.3 | 0.1 | 7.3 | 1.5  | 1.0  | 2.8  | 0.8  | 0.4  | 0.8  | 3.0  | 1.3  | 0.8  | 7.3  | 2.8  | 1.0  |      |      |     |
|                   | 패랭이                 |   |     |     | 4.3 | 2.5  | 5.8  | 9.3  | 3.5  | 7.5  | 11.0 | 4.8  | 4.8  | 12.0 | 4.5  | 4.3  | 35.0 | 5.3  | 6.5  |     |
|                   | 목본+<br>양잔디          | 붉나무   |     |     |     | 0.5  | 0.3  | 0.3  | 5.5  | 3.3  | 1.8  | 5.0  | 3.3  | 1.5  | 7.0  | 3.8  | 1.8  | 4.0  | 0.8  | 0.5 |
|                   |                     | 단풍나무  | 2.0 | 0.1 | 2.0 | 4.0  | 2.3  | 2.0  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | 적송  |     |     |     | 2.3  | 0.8  | 1.3  | 2.0  | 1.5  | 1.0  | 3.0  | 1.8  | 1.3  | 5.5  | 2.8  | 1.5  | 19.8 | 2.3  | 1.0 |
|                   |                     | Tall fescue                                       | 2.8 | 0.1 | 7.8 |      |      |      | 5.0  | 1.0  | 3.8  |      |      |      | 25.5 | 8.3  | 44.8 | 15.0 | 16.8 | 7.3 |
|                   |                     | Perennial rye grass                               |     |     |     | 5.0  | 0.1  | 4.5  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | Kenturky bluegrass                                |     |     |     |      |      |      | 13.9 | 6.4  | 22.5 | 18.8 | 7.25 | 26.8 |      |      |      |      |      |     |
|                   |                     | WLG   |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 21.3 | 3.8  | 9.3 |
|                   | Creping redfescue   |   |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 25.0 | 1.3  | 5.0  |     |
|                   | 관목+<br>초본           | 참싸리   |     |     |     | 2.0  | 0.5  | 1.3  | 2.0  | 1.0  | 0.8  | 3.3  | 1.8  | 1.5  | 8.3  | 5.3  | 1.8  |      |      |     |
|                   |                     | 족제비싸리   |     |     |     |      |      |      | 1.5  | 0.8  | 0.5  | 1.3  | 0.8  | 0.8  | 15.0 | 7.5  | 0.8  |      |      |     |
| 낭아초               |                     |   |     |     |     |      |      | 4.5  | 2.5  | 5.5  | 2.0  | 0.8  | 0.8  | 6.3  | 2.3  | 1.5  |      |      |      |     |
| 억새                |                     |   |     |     |     |      |      | 4.0  | 1.8  | 0.5  |      |      |      | 15.0 | 10.0 | 0.5  |      |      |      |     |
| 새                 |                     |   |     |     |     |      |      | 4.3  | 1.8  | 0.3  |      |      |      | 3.0  | 1.3  | 2.0  | 34.0 | 10.0 | 3.5  |     |
| 마타리               |                     |   |     |     |     |      |      | 0.0  | 0.0  | 0.0  |      |      |      | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |     |
| 비수리               |                     |   |     |     | 4.5 | 1.6  | 8.5  | 4.8  | 2.0  | 2.3  | 2.3  | 1.0  | 2.8  | 9.0  | 3.0  | 2.0  | 39.3 | 3.8  | 0.3  |     |
| 패랭이               |                     |   |     | 6.0 | 2.5 | 12.0 | 12.8 | 4.3  | 10.0 | 11.3 | 4.3  | 7.3  | 10.0 | 5.5  | 5.8  | 17.0 | 4.3  | 7.8  |      |     |
| 관목+<br>양잔디        | 참싸리                 |   |     |     | 1.4 | 0.6  | 2.5  | 0.8  | 0.4  | 0.5  | 2.5  | 1.0  | 1.3  | 4.8  | 1.8  | 1.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |     |
|                   | 족제비싸리               |   |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      | 7.5  | 3.8  | 0.5  | 10.5 | 1.3  | 0.5  |     |
|                   | 낭아초                 |   |     |     |     |      |      | 3.0  | 1.8  | 2.5  | 1.0  | 0.3  | 0.8  | 0.8  | 0.5  | 0.5  |      |      |      |     |
|                   | Tall fescue         | 5.0   | 0.1 | 2.5 | 5.0 | 0.1  | 5.0  | 12.5 | 3.0  | 10.8 |      |      |      | 23.8 | 7.0  | 46.5 | 55.0 | 16.8 | 9.0  |     |
|                   | Perennial rye grass | 1.8   | 0.1 | 1.0 | 3.0 | 0.1  | 4.3  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                   | Kenturky bluegrass  |   |     |     | 7.8 | 0.3  | 6.8  | 15.5 | 7.5  | 49.3 | 23.0 | 7.3  | 32.5 |      |      |      | 1.3  | 2.0  | 7.3  |     |
|                   | WLG                 |   |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2.5  | 1.3  | 4.0  |     |
| Creping redfescue |                     |   |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 35.0 | 2.5  | 7.5  |      |     |

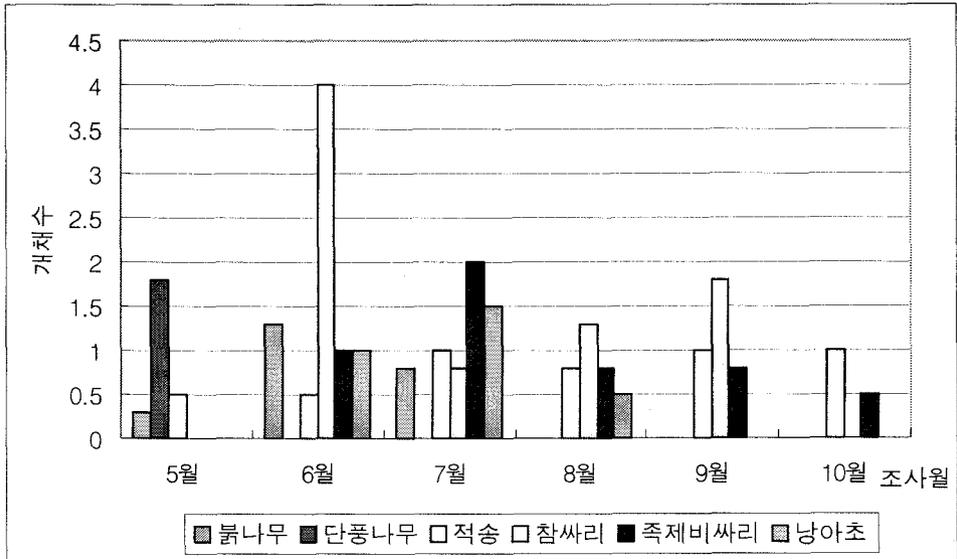


그림 71. 혼파(목본+관목) 시험구 개체수 그래프 현황

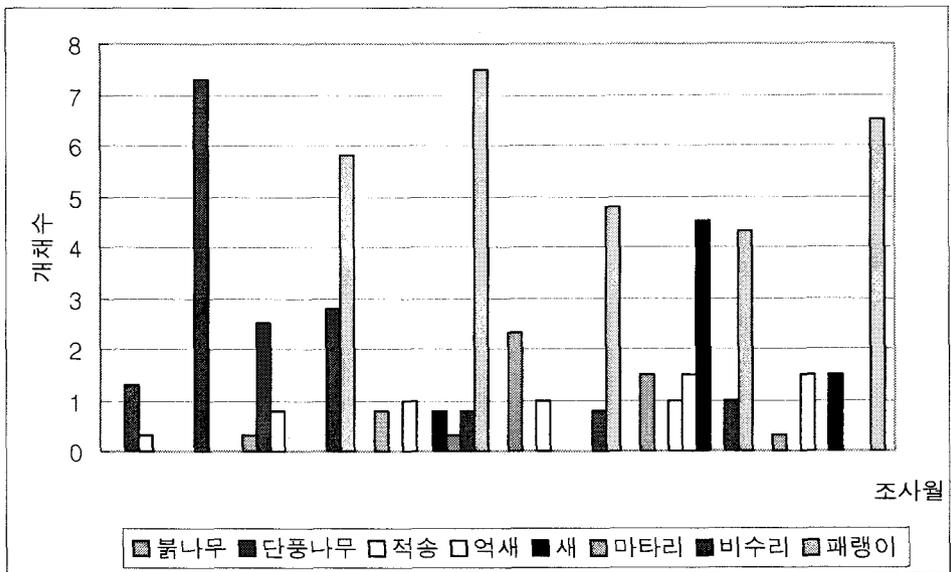


그림 72. 혼파(목본+초본) 개체수 그래프 현황

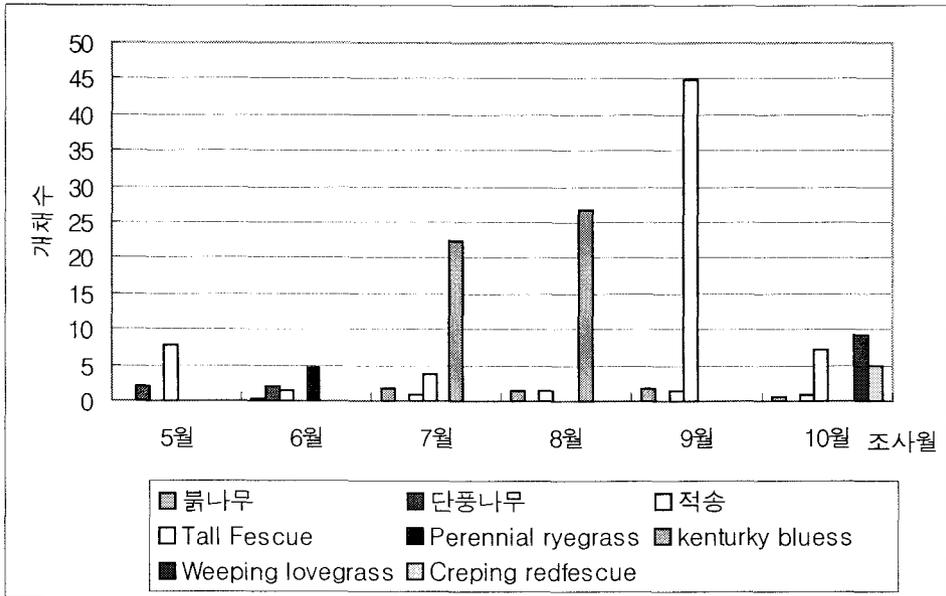


그림 73. 혼파(목본+양잔디) 개체수 그래프 현황

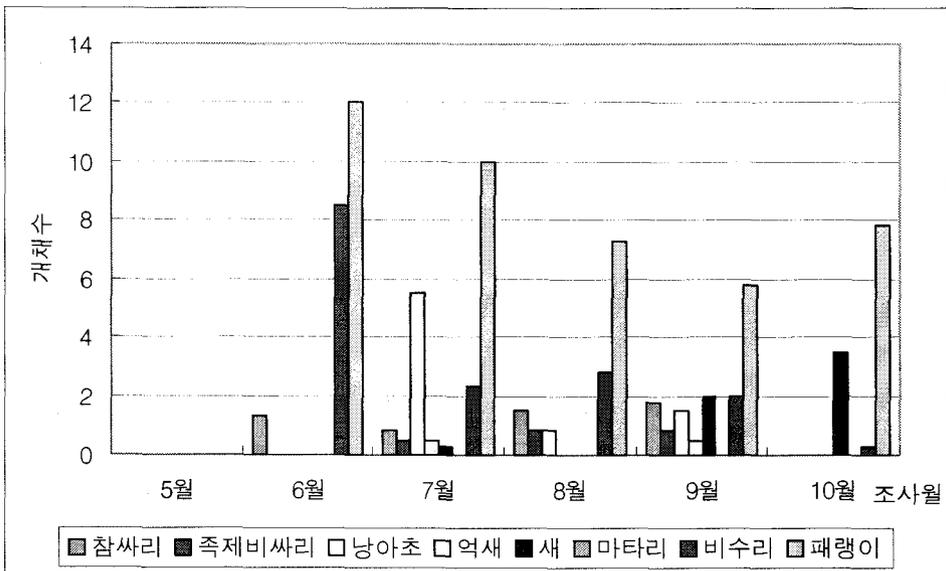


그림 74. 혼파(관목+초본) 개체수 그래프 현황

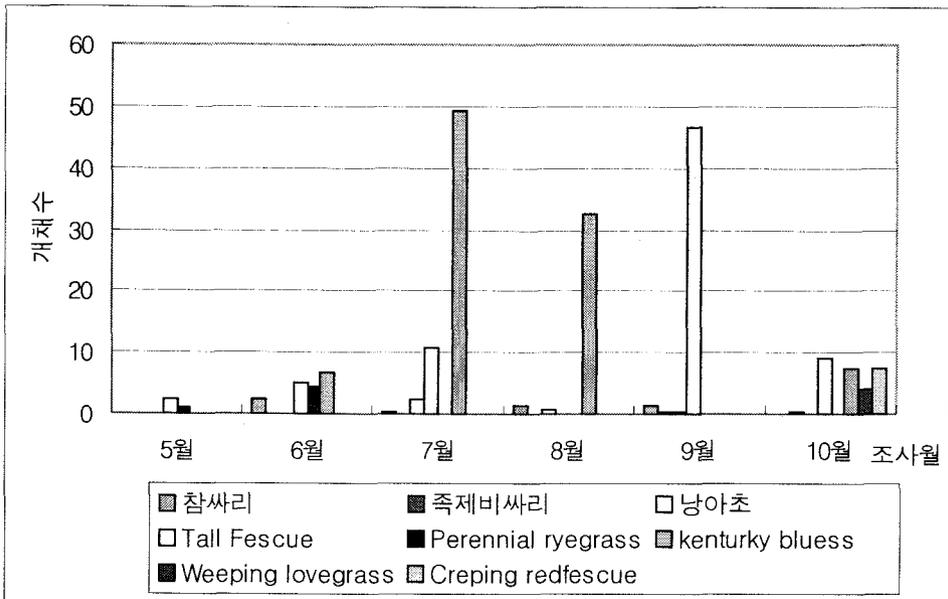
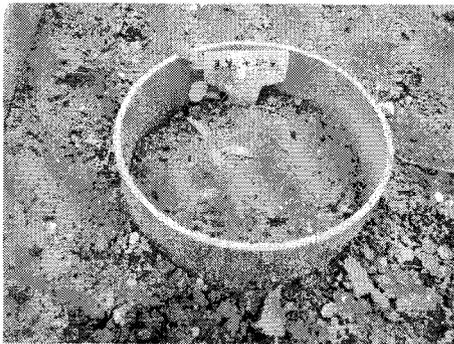
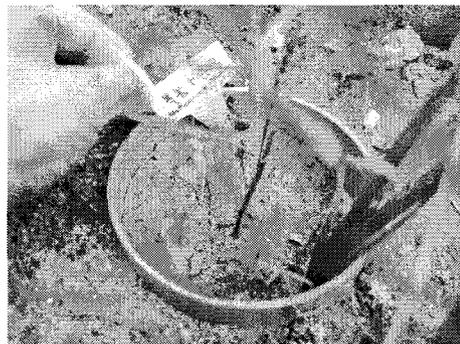


그림 75. 혼파(관목+양잔디) 개체수 그래프 현황



목본+관목 6월 모니터링



목본+관목 8월 모니터링

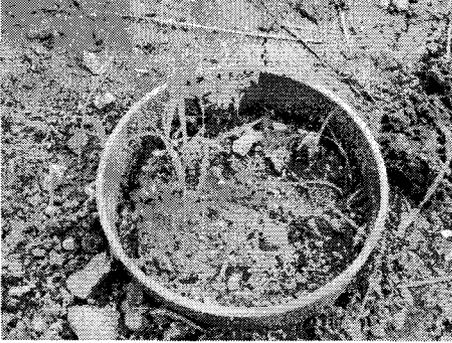


목본+관목 9월 모니터링

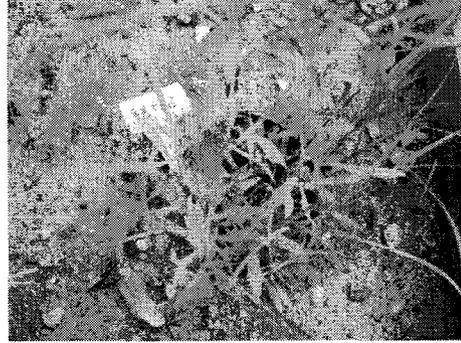


목본+관목 10월 모니터링

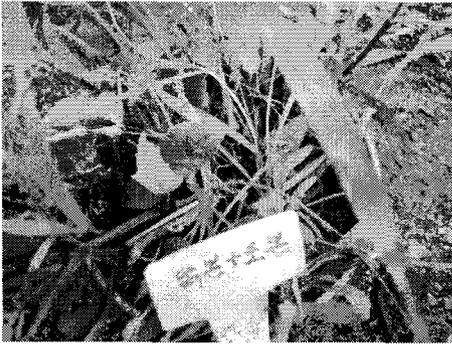
그림 76. 시험구별(혼파) 모니터링 사진(I)



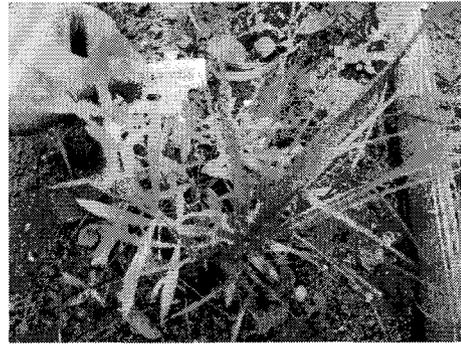
목본+초본 6월 모니터링



목본+초본 8월 모니터링



목본+초본 9월 모니터링



목본+초본 10월 모니터링



목본+양잔디 6월 모니터링

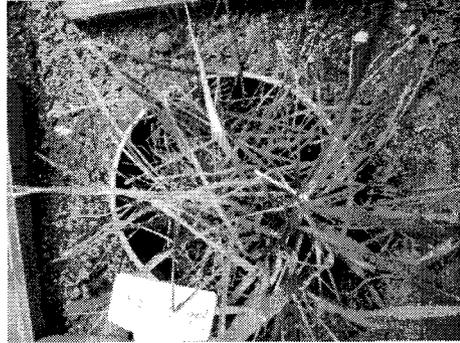


목본+양잔디 8월 모니터링

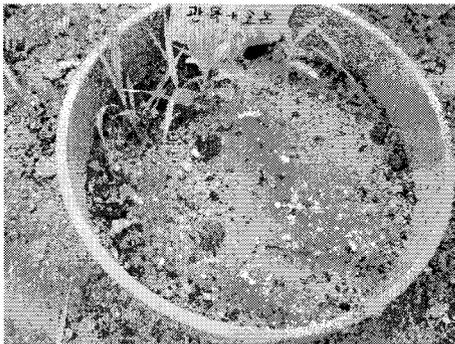
그림 76. 시험구별(혼파) 모니터링 사진(II)



목본+양잔디 9월 모니터링



목본+양잔디 10월 모니터링



관목+초본 6월 모니터링



관목+초본 8월 모니터링

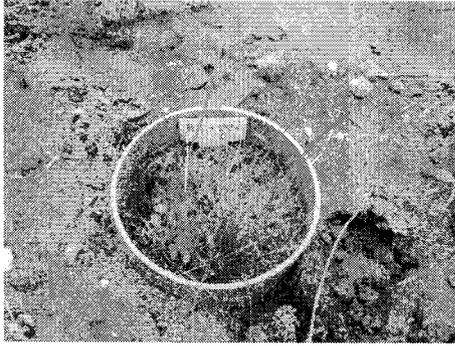


관목+초본 9월 모니터링

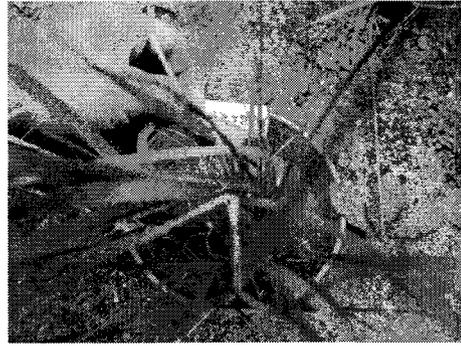


관목+초본 10월 모니터링

그림 76. 시험구별(혼파) 모니터링 사진(Ⅲ)



관목+양잔디 6월 모니터링



관목+양잔디 8월 모니터링



관목+양잔디 9월 모니터링



관목+양잔디 10월 모니터링

그림 76. 시험구별(혼파) 모니터링 사진(IV)

다) 상기종자혼합 시험 결과

- ▶ 전체 혼파한 시험구의 경우 목본+관목, 목본+초본, 양잔디류의 발아만이 관찰되었다. 이는 처음 싸리류와 양잔디류의 피압으로 다른 종자의 발아가 저조한건 것으로 사료된다.

표 61. 제1차년도 상기종자혼합 시험구 결과

| 과종법                        | 초종                  | 종자배합유형별 초장(cm) / 초폭(cm) / 개체수(2.0m <sup>2</sup> ) |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|----------------------------|---------------------|---|-------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|-----|--|--|--|
|                            |                     | 5월  |       |     | 6월  |      |     | 7월  |     |      | 8월   |     |      | 9월   |     |      | 10월  |      |     |  |  |  |
|                            |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| 상<br>기<br>종<br>자<br>혼<br>합 | 목본+<br>관목           | 붉나무   |       |     |     |      |     |     |     |      |      | 0.8 | 0.5  | 0.3  | 0.8 | 0.3  | 0.3  |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 단풍나무  |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 적송  |       |     |     |      |     | 1.0 | 0.8 | 0.3  | 3.5  | 1.5 | 0.5  | 3.0  | 1.5 | 0.5  | 3.0  | 0.5  | 0.5 |  |  |  |
|                            |                     | 참싸리   |       |     |     |      |     | 1.3 | 0.5 | 1.3  | 6.3  | 2.0 | 2.5  | 8.0  | 4.3 | 1.3  |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 족제비싸리   |       |     |     |      |     | 3.0 | 1.5 | 0.8  | 3.0  | 0.8 | 0.3  | 16.8 | 8.8 | 1.5  | 40.0 | 10.5 | 1.5 |  |  |  |
|                            |                     | 낭아초   |       |     |     |      |     | 1.3 | 1.0 | 2.3  |      |     |      | 3.8  | 2.5 | 0.5  |      |      |     |  |  |  |
|                            | 목본+<br>초본           | 붉나무   |       |     | 1.0 | 0.5  | 2.0 |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 단풍나무  |       |     | 0.8 | 0.5  | 0.3 |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 적송  |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 억새  |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      | 8.8  | 3.8 | 0.5  |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 새   |       |     |     |      |     | 3.5 | 2.5 | 0.5  | 8.8  | 3.0 | 10.5 | 13.8 | 8.8 | 1.0  |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 마타리   |       |     |     |      |     | 0.3 | 0.5 | 0.5  |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 비수리   |       |     | 3.0 | 1.8  | 3.3 | 2.0 | 0.8 | 0.3  | 2.5  | 0.8 | 0.8  | 8.8  | 3.3 | 0.5  | 0.5  | 1.3  | 0.3 |  |  |  |
|                            | 패랭이                 |   |       | 3.3 | 1.5 | 6.5  | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 4.0  | 2.3  | 1.8 | 3.0  | 1.5  | 4.0 | 20.0 | 0.5  | 1.5  |     |  |  |  |
|                            | 목본+<br>양잔디          | 붉나무   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 단풍나무  | 1.3   | 0.8 | 0.3 |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 적송  | 1.0   | 0.3 | 3.0 |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | Tall fescue                                       |       |     |     |      |     | 5.0 | 1.8 | 9.3  |      |     |      | 14.8 | 4.0 | 31.5 | 25.0 | 15.0 | 5.5 |  |  |  |
|                            |                     | Perennial rye grass                               |       |     |     |      |     | 3.5 | 1.3 | 9.3  |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | Kentucky bluegrass                                |       |     |     |      |     | 6.5 | 3.3 | 7.0  | 14.3 | 4.5 | 16.5 |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | WLG   |       |     |     |      |     | 2.5 | 1.0 | 24.5 | 0.0  |     |      |      |     |      | 10.0 | 2.3  | 6.8 |  |  |  |
|                            |                     | Creping redfescue                                 |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     | 관목+<br>초본   | 참싸리   |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            |                     |   | 족제비싸리 |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| 낭아초                        |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| 억새                         |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     | 50.0 | 7.5  | 1.0  |     |  |  |  |
| 새                          |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| 마타리                        |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| 비수리                        |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| 패랭이                        |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| 관목+<br>양잔디                 | 참싸리                 |   |       | 1.6 | 0.6 | 2.8  |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            | 족제비싸리               |   |       | 5.0 | 0.1 | 12.5 |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            | 낭아초                 |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            | Tall fescue         |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            | Perennial rye grass |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            | Kentucky bluegrass  |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
|                            | WLG                 |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |
| Creping redfescue          |                     |   |       |     |     |      |     |     |     |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |  |  |  |

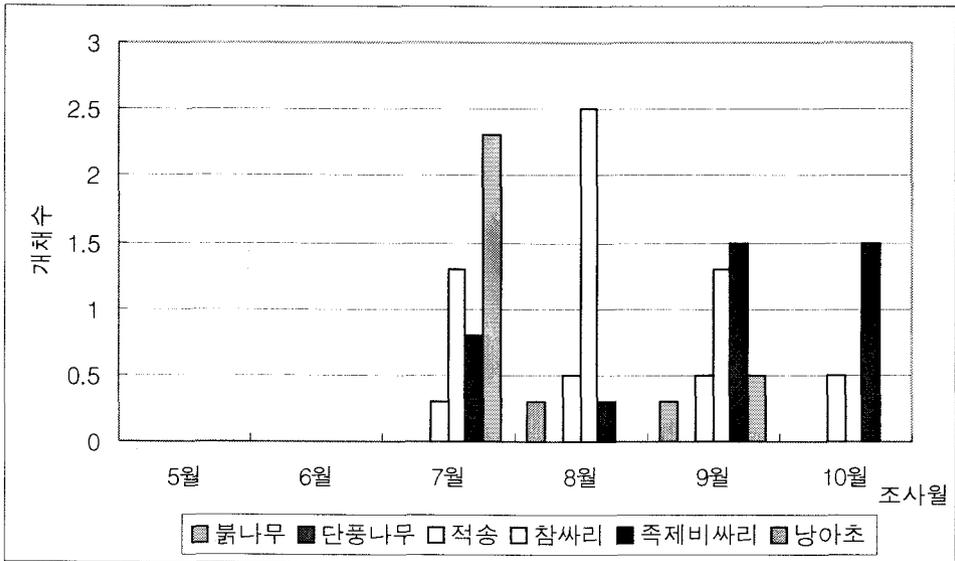


그림 77. 상기종자혼합(목본+관목) 개체수 그래프 현황

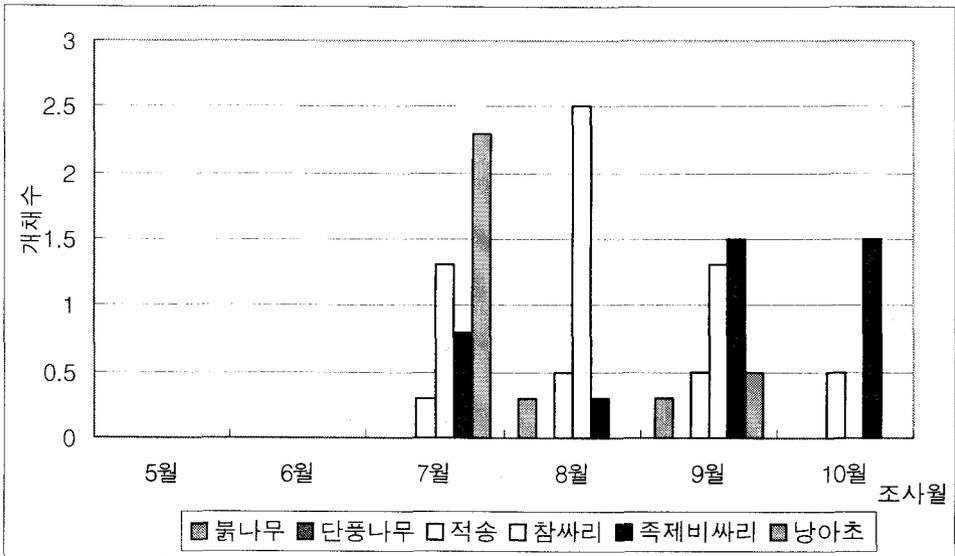


그림 78. 상기종자혼합(목본+초본) 개체수 그래프 현황

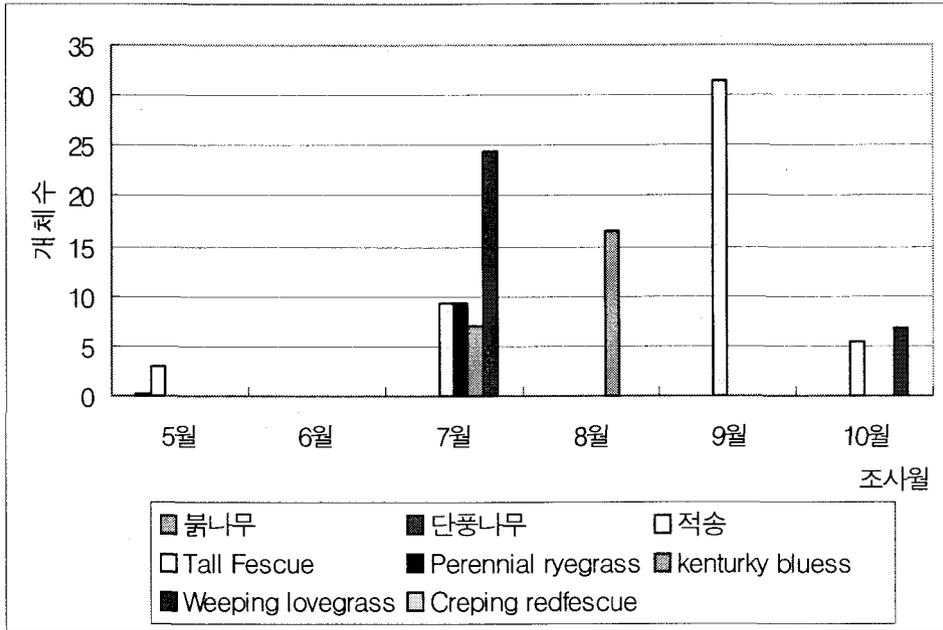


그림 79. 상기종자혼합(목본+양잔디) 개체수 그래프 현황

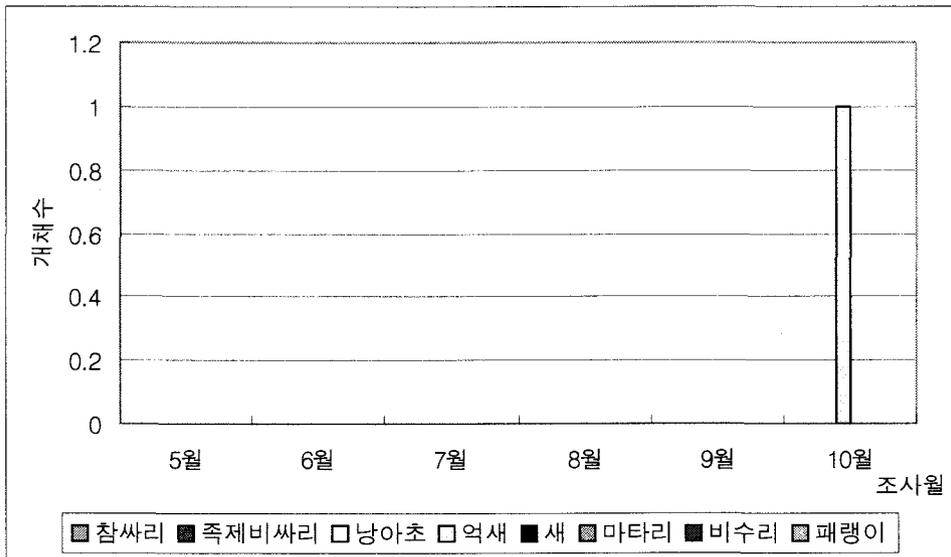


그림 80. 상기종자혼합(관목+초본) 개체수 그래프 현황

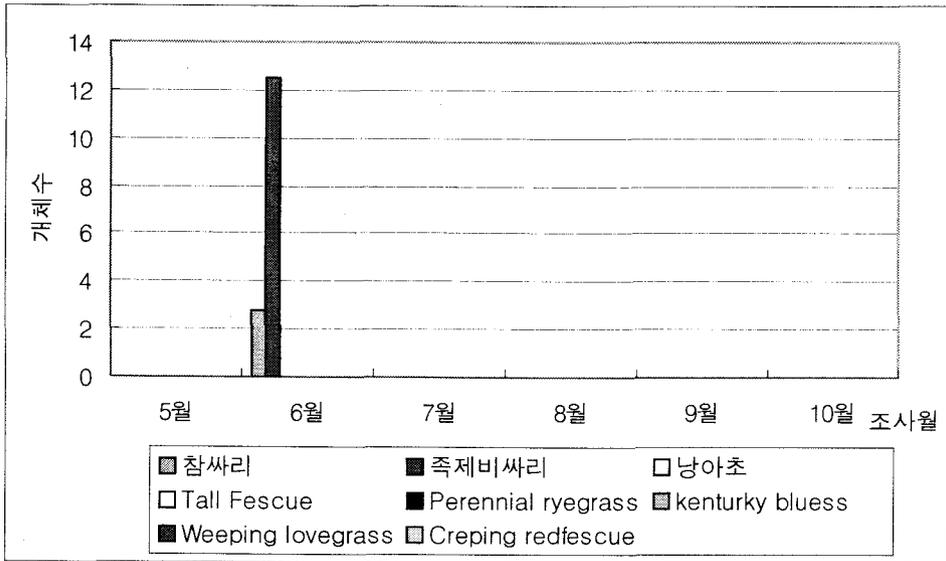
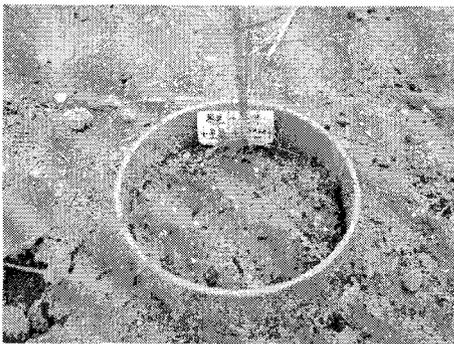
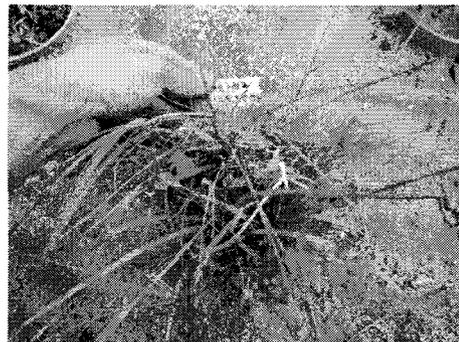


그림 81. 상기종자혼합(관목+양잔디) 개체수 그래프 현황



상기종자혼합 6월 모니터링



상기종자혼합 8월 모니터링



상기종자혼합 9월 모니터링



상기종자혼합 10월 모니터링

그림 82. 상기종자혼합 시험구 모니터링 사진

## 2) 2차년도 시험결과

### 가) 혼파 시험결과

- ▶ 혼파실험에서 초본+양잔디의 시험구는 양잔디의 피압으로 초본류의 생육은 저조한 것을 관찰할 수 있었다.
- ▶ 목본 + 관목 혼파의 경우 붉나무의 생육만이 관찰되었다.
- ▶ 목본 + 양잔디의 경우 양잔디의 피압으로 목본의 발아를 관찰할 수 없었다.
- ▶ 관목 + 초본의 경우 새, 패랭이의 생육만을 관찰할 수 있었다.
- ▶ 관목 + 양잔디의 경우 평균 개체수는 2개로 저조한 결과를 보였다.

표 62. 제2차년도 단파 시험구 결과

| 파종법 |     | 초종                  | 종자배합유형별 초장(cm) / 초폭(cm) / 개체수(2.0m <sup>2</sup> ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|-----|-----|---------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|
|     |     |                     | 5월  |     |     | 6월  |     |     | 7월  |     |     | 8월  |     |     | 9월   |     |     | 10월  |      |     |
| 혼파  | 목본류 | 붉나무                 |   |     |     | 1.5 | 1   | 1.3 | 1.8 | 1.8 | 0.5 | 2.8 | 3.8 | 0.5 | 3.5  | 4.8 | 0.5 | 5.3  | 5.3  | 0.8 |
|     |     | 단풍나무                | 0.8   | 0.3 | 0.3 | 1.3 | 1.3 | 0.3 |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|     |     | 적송                  |   |     |     | 3.0 | 1.5 | 0.5 |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|     | 관목류 | 참싸리                 |   |     |     | 2.8 | 1.3 | 1.8 |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|     |     | 죽제비싸리               |   |     |     | 0.8 | 0.3 | 0.5 |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|     |     | 낭아초                 |   |     |     | 2.0 | 1.3 | 2.3 |     |     |     |     |     |     |      |     |     | 7.5  | 3.0  | 0.3 |
|     | 초본류 | 억새                  |   |     |     | 1.0 | 0.5 | 1.8 |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|     |     | 새                   | 1.5   | 0.6 | 7.5 | 0.8 | 0.5 | 3.8 | 3.8 | 2.5 | 6.8 | 9.3 | 6.5 | 6.8 | 14.3 | 8.5 | 6.5 | 7.5  | 8.5  | 3.5 |
|     |     | 비수리                 |   |     |     | 1.8 | 0.8 | 3.0 |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|     |     | 패랭이                 |   |     |     | 2.8 | 1.5 | 3.8 |     |     |     |     |     |     |      |     |     | 6.3  | 2.5  | 0.3 |
|     | 양잔디 | Tall fescue         |   |     |     | 3.3 | 0.3 | 6.0 |     |     |     | 3.8 | 1.5 | 8.3 | 5.8  | 2.8 | 8.3 | 9.5  | 13.3 | 2.3 |
|     |     | Perennial rye grass |   |     |     | 2.0 | 0.3 | 7.3 |     |     |     |     |     |     |      |     |     | 0.8  | 0.8  | 0.8 |
|     |     | Kenturky bluegrass  | 2.8   | 0.4 | 4.0 | 1.5 | 0.3 | 5.0 | 3.8 | 2.0 | 3.0 |     |     |     |      |     |     | 10.5 | 7.3  | 1.3 |
|     |     | WLG                 |   |     |     | 2.5 | 0.3 | 8.8 | 2.0 | 0.8 | 1.3 |     |     |     |      |     |     |      |      |     |
|     |     | Creping redfescue   |   |     |     | 2.0 | 0.3 | 8.3 |     |     |     |     |     |     |      |     |     | 2.5  | 1.3  | 0.3 |

표 63. 제2차년도 혼파 시험구 결과

| 파종법 | 초종     | 종자배합유형별 초장(cm) / 초폭(cm) / 개체수(2.0m <sup>2</sup> ) |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|-----|--------|---|-----|-----|-----|--|--|----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|     |        | 5월  |     |     | 6월  |  |  | 7월 |     |     | 8월  |      |      | 9월  |      |      | 10월  |      |      |      |     |     |     |
| 혼파  | 초본+양잔디 | 억새  |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|     |        | 새   |     |     |     |  |  |    | 5.5 | 2.8 | 2.0 | 11.5 | 6.5  | 2.0 | 18.5 | 8.5  | 2.0  | 2.5  | 3.8  | 0.8  |     |     |     |
|     |        | 마타리   |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|     |        | 비수리   |     |     |     |  |  |    | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5  | 0.5  | 0.3 | 1.0  | 0.5  | 0.3  |      |      |      |     |     |     |
|     |        | 패랭이   |     |     |     |  |  |    | 1.0 | 0.8 | 0.3 |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|     |        | Tall fescue                                       |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      | 6.5  | 4.3 | 6.5  | 11.3 | 5.3  | 9.5  | 6.3  | 13.0 | 2.0 |     |     |
|     |        | Perennial rye grass                               |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      | 3.8  | 3.0 | 2.0 |     |
|     |        | Kenturky bluegrass                                | 3.8 | 0.7 | 4.8 |  |  |    |     | 5.5 | 2.8 | 4.3  |      |     |      |      |      |      |      |      | 2.0 | 3.8 | 1.3 |
|     | WLG    |   |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      | 2.5  | 0.8 | 0.3 |     |
|     | 목본+관목  | 붉나무   |     |     |     |  |  |    |     | 2.3 | 1.5 | 0.8  | 2.5  | 3.5 | 1.0  | 3.0  | 5.0  | 1.0  | 5.0  | 9.8  | 1.3 |     |     |
|     |        | 붉나무   |     |     |     |  |  |    |     | 1.0 | 1.0 | 0.3  |      |     |      | 1.3  | 1.8  | 0.5  | 2.5  | 3.8  | 0.8 |     |     |
|     | 목본+초본  | 적송  | 1.3 | 0.4 | 0.5 |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|     |        | 억새  |     |     |     |  |  |    | 1.8 | 0.8 | 0.8 |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|     |        | 새   | 1.5 | 0.4 | 5.0 |  |  |    | 3.8 | 2.0 | 3.8 | 9.8  | 5.8  | 6.0 | 17.3 | 7.8  | 8.0  | 25.0 | 26.5 | 3.8  |     |     |     |
|     |        | 비수리   | 0.5 | 0.3 | 0.5 |  |  |    | 2.0 | 1.3 | 0.8 |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |     |     |
|     | 목본+양잔디 | Tall fescue                                       |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      | 10.5 | 4.5 | 5.5  | 11.5 | 5.3  | 6.3  | 7.5  | 6.3  | 1.5 |     |     |
|     |        | Perennial rye grass                               | 2.3 | 0.4 | 3.0 |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      | 1.3  | 1.0 | 0.3 |     |
|     |        | Kenturky bluegrass                                |     |     |     |  |  |    | 9.0 | 5.3 | 5.0 |      |      |     |      |      |      |      |      | 1.3  | 1.8 | 0.8 |     |
|     |        | WLG   |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      | 5.0 | 2.5 | 1.3 |
|     |        | Creping redfescue                                 |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      | 2.5 | 0.5 | 0.8 |
|     | 관목+초본  | 새   |     |     |     |  |  |    |     | 5.5 | 3.0 | 2.0  | 10.5 | 6.0 | 5.0  | 16.3 | 9.5  | 5.0  | 18.8 | 22.0 | 4.0 |     |     |
|     |        | 패랭이   |     |     |     |  |  |    |     | 1.0 | 0.8 | 0.3  |      |     |      |      |      |      |      | 1.3  | 0.8 | 0.3 |     |
|     | 관목+양잔디 | 참싸리   | 1.0 | 0.3 | 0.5 |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      | 4.8  | 1.8 | 0.5 |     |
|     |        | Tall fescue                                       |     |     |     |  |  |    |     |     |     |      |      | 7.0 | 4.0  | 13.3 | 10.5 | 5.0  | 16.3 | 10.5 | 9.3 | 3.3 |     |
|     |        | Perennial rye grass                               | 1.3 | 0.4 | 5.3 |  |  |    |     |     |     |      |      |     |      |      |      |      |      |      | 4.5 | 4.0 | 3.3 |
|     |        | Kenturky bluegrass                                |     |     |     |  |  |    |     | 6.3 | 3.0 | 2.5  |      |     |      |      |      |      |      |      | 1.3 | 1.8 | 0.8 |

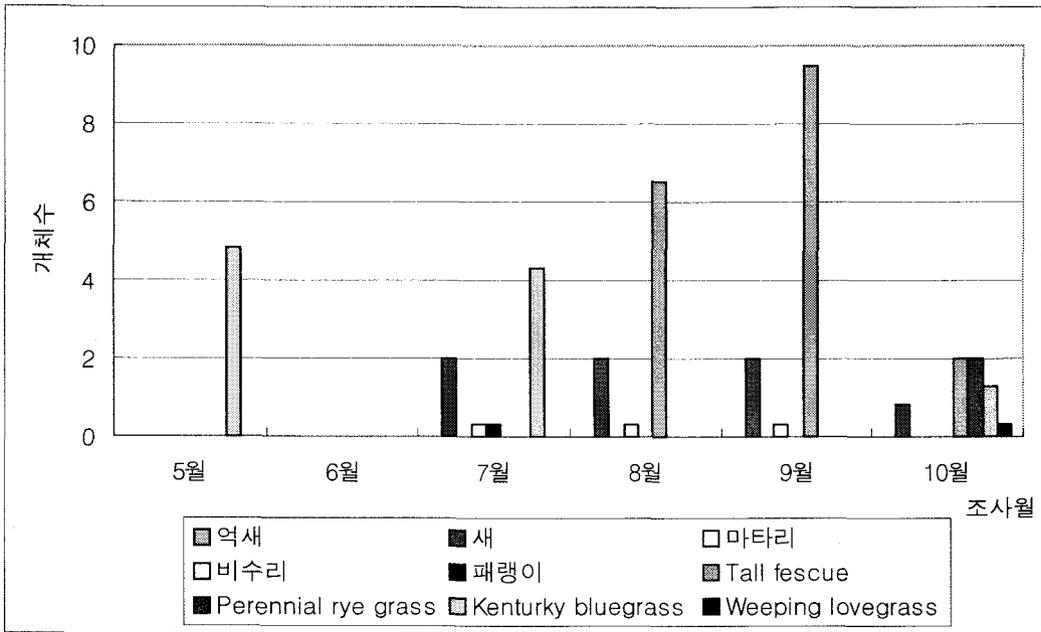


그림 83. 2년차 혼파(초본+양잔디) 시험구 개체수 그래프 현황

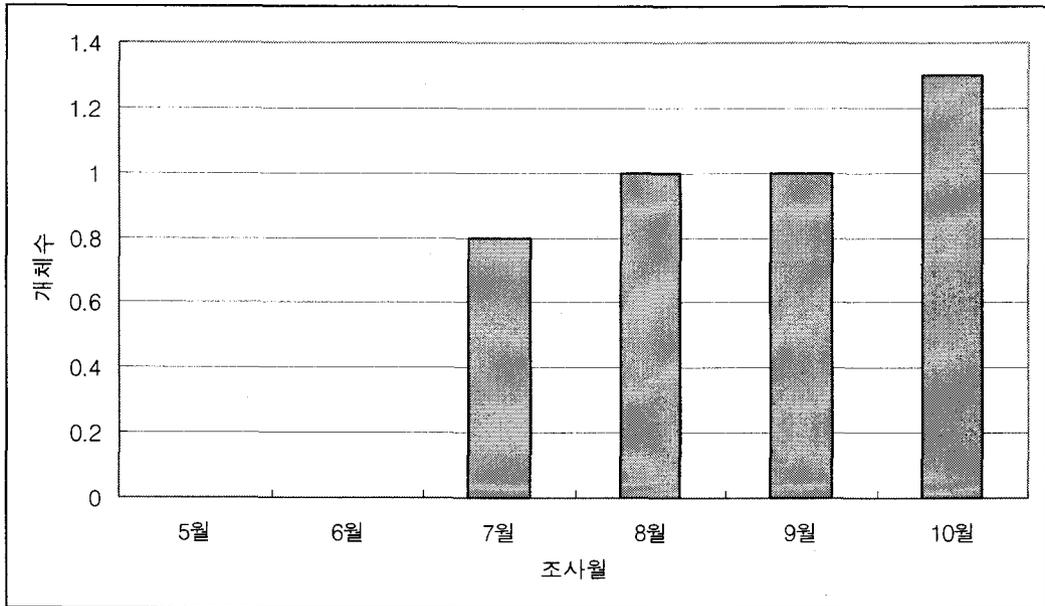


그림 84. 2년차 혼파(목본+관목) 시험구 개체수 그래프 현황(붉나무)

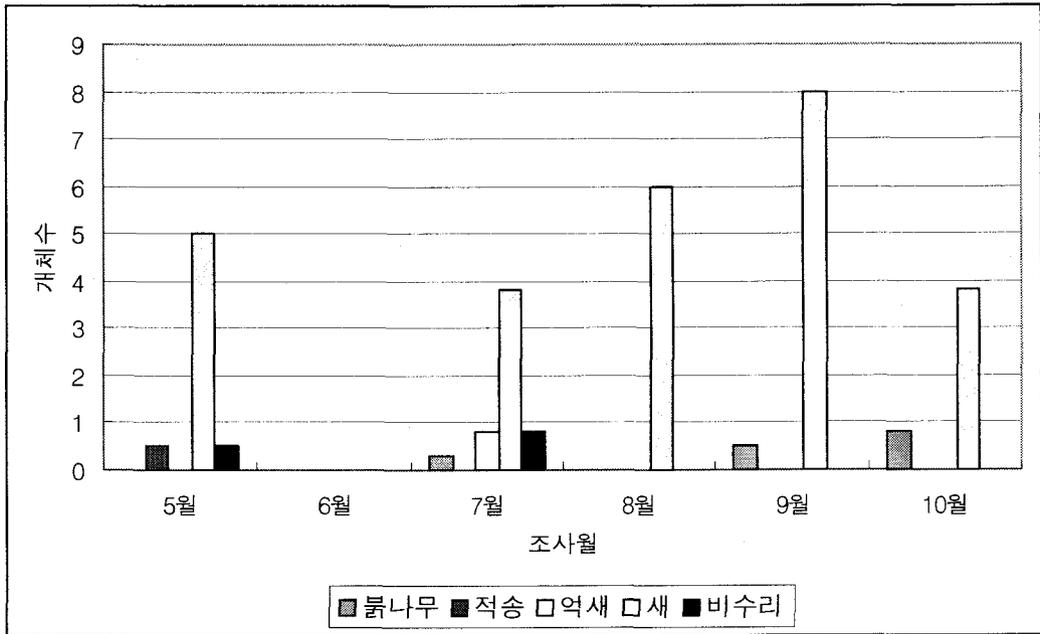


그림 85. 2년차 혼파(목본+초본) 시험구 개체수 그래프 현황

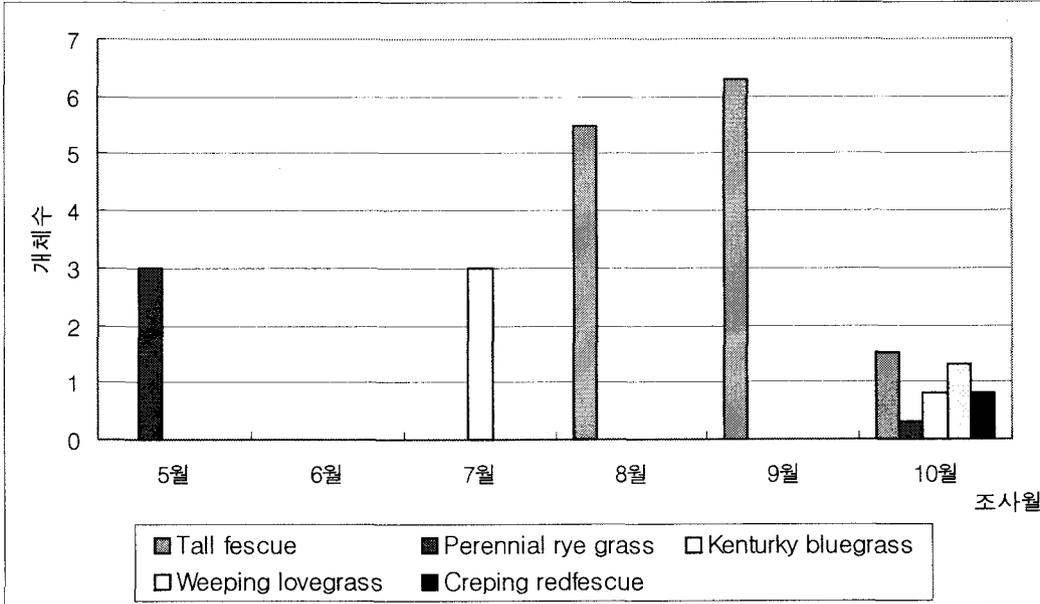


그림 86. 2년차 혼파(목본+양잔디) 시험구 개체수 그래프 현황

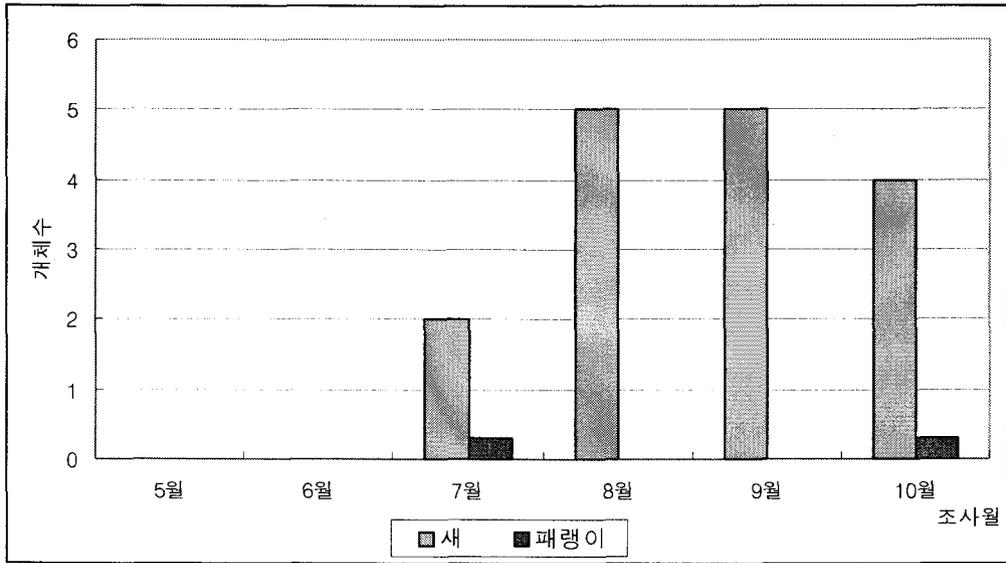
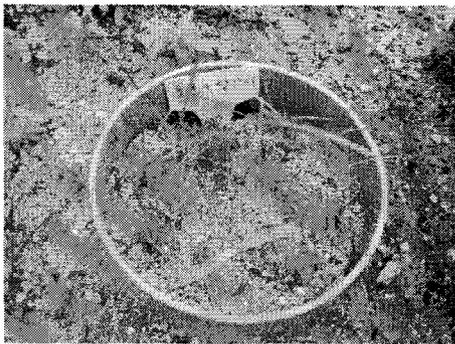
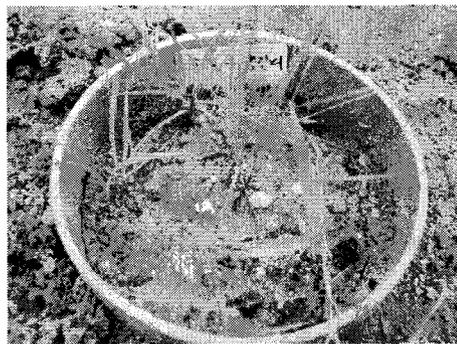


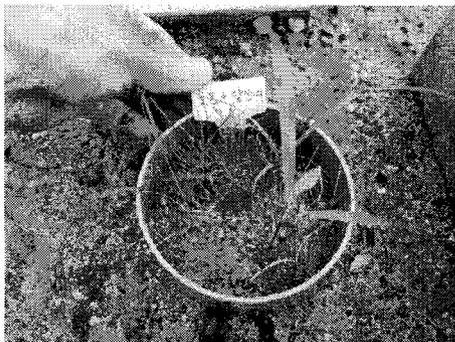
그림 87. 제2차년도 혼파(관목+초본) 시험구 개체수 그래프 현황



초본+양잔디 6월 모니터링



초본+양잔디 8월 모니터링

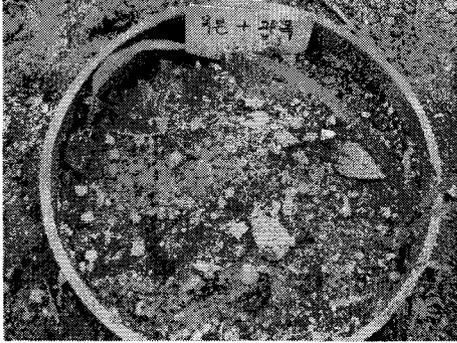


초본+양잔디 9월 모니터링



초본+양잔디 10월 모니터링

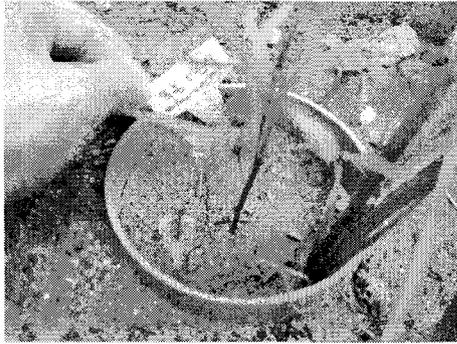
그림 88. 2차년도 혼파 시험구 모니터링(I)



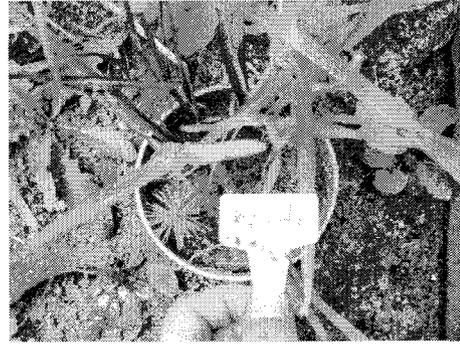
목본+관목 6월 모니터링



목본+관목 8월 모니터링



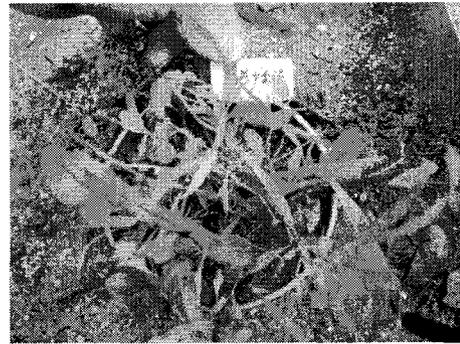
목본+관목 9월 모니터링



목본+관목 10월 모니터링



목본+초본 6월 모니터링



목본+초본 8월 모니터링

그림 88. 2차년도 혼파 시험구 모니터링(II)



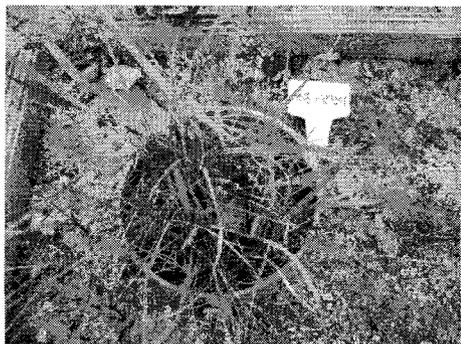
목본+초본 9월 모니터링



목본+초본 10월 모니터링



목본+양잔디 6월 모니터링



목본+양잔디 8월 모니터링



목본+양잔디 9월 모니터링



목본+양잔디 10월 모니터링

그림 88. 2차년도 혼파 시험구 모니터링(Ⅲ)

표 64. 상기종자혼합 시험구 결과

| 과종법        | 초종     | 종자배합유형별 초장(cm) / 초폭(cm) / 개체수(2.0m <sup>2</sup> ) |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|------------|--------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
|            |        | 5월  |     |     | 6월  |     |     | 7월  |      |     | 8월  |      |     | 9월  |      |      | 10월 |     |     |     |
| 상기종<br>자혼합 | 목본+관목  | 붉나무   |     |     |     |     |     |     | 1.5  | 1.5 | 0.8 | 2.3  | 1.5 | 0.8 | 3.3  | 1.5  | 1.3 |     |     |     |
|            |        | 죽제비싸리   |     |     |     |     |     |     | 3.0  | 1.5 | 1.8 | 4.0  | 2.0 | 1.0 | 4.5  | 3.0  | 0.3 | 6.3 | 3.8 | 0.3 |
|            | 목본+초본  | 붉나무   |     |     |     |     |     |     | 1.0  | 1.3 | 0.3 |      |     |     |      |      |     | 2.5 | 3.0 | 0.3 |
|            |        | 새   | 0.3 | 0.3 | 0.8 |     |     |     | 6.3  | 2.8 | 3.5 |      |     |     |      |      |     | 2.5 | 2.5 | 0.3 |
|            |        | 패랭이   |     |     |     |     |     |     | 1.3  | 0.8 | 0.3 |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|            |        | 비수리   |     |     |     |     |     |     | 1.3  | 1.0 | 0.8 |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|            | 목본+양잔디 | 붉나무   |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |     |     |      |      |     | 1.3 | 1.8 | 0.3 |
|            |        | Kenturky bluegrass                                |     |     |     |     |     |     | 11.3 | 6.3 | 5.8 |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|            | 관목+초본  | 새   | 0.5 | 0.3 | 0.8 |     |     |     | 1.0  | 0.5 | 0.5 | 12.8 | 7.5 | 1.0 | 15.8 | 10.5 | 1.8 |     |     |     |
|            | 관목+양잔디 | 참싸리   |     |     |     |     |     |     | 1.3  | 1.0 | 0.3 |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|            |        | 죽제비싸리   |     |     |     |     |     |     | 2.5  | 1.0 | 0.5 |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|            |        | Kenturky bluegrass                                | 1.0 | 0.3 | 1.5 |     |     |     | 7.5  | 3.3 | 7.0 |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|            | 침입종    | Kenturky bluegrass                                |     |     |     | 1.5 | 0.3 | 0.8 |      |     |     |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
|            |        | Perennial rye grass                               |     |     |     | 2.5 | 0.3 | 0.3 |      |     |     |      |     |     |      |      |     |     |     |     |
| 싸리         |        |   |     |     |     |     |     |     |      |     | 0.5 | 0.5  | 1.0 | 1.0 | 0.5  | 0.8  |     |     |     |     |
| 발아미상       |        |   |     |     |     |     |     |     |      |     | 2.0 | 1.0  | 0.3 | 3.3 | 1.5  | 0.3  |     |     |     |     |
| 참나무        |        |   |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |     |     |      |      | 7.5 | 3.0 | 0.3 |     |
| 쇠뜨기        |        |   |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |     |     |      |      | 1.3 | 3.0 | 0.5 |     |
| 바랭이        |        |   |     |     |     |     |     |     |      |     |     |      |     |     |      |      | 7.5 | 2.5 | 0.5 |     |

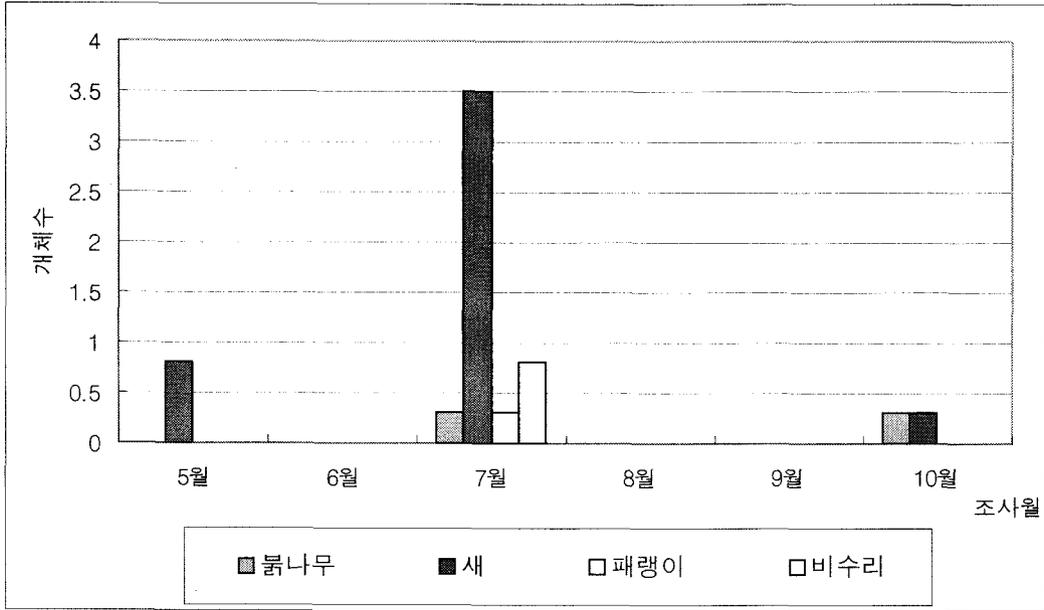


그림 89. 2년차 상기종자혼합(목본+초본) 시험구 개체수 그래프 현황

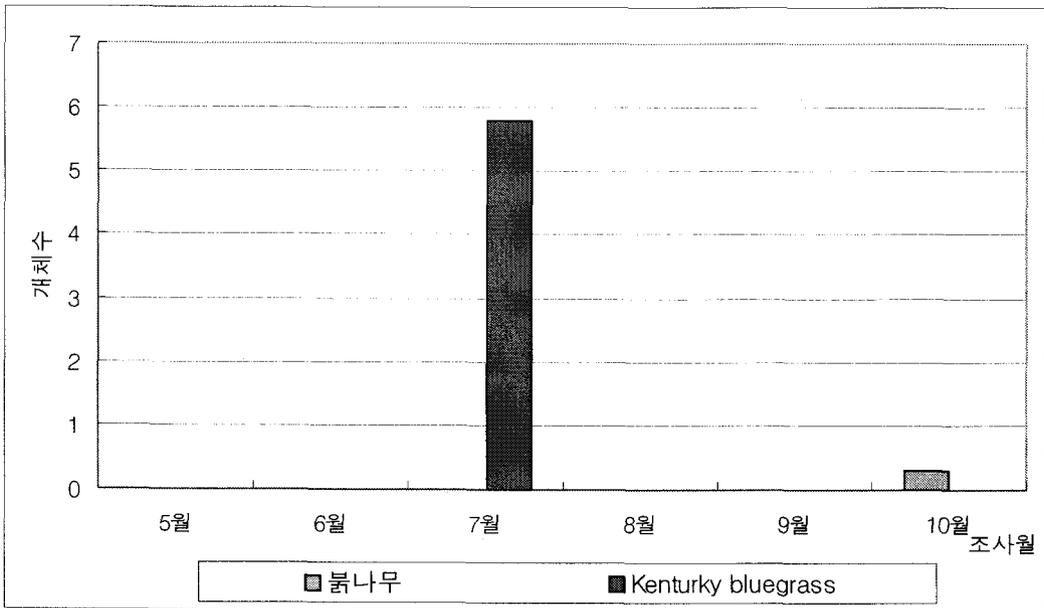
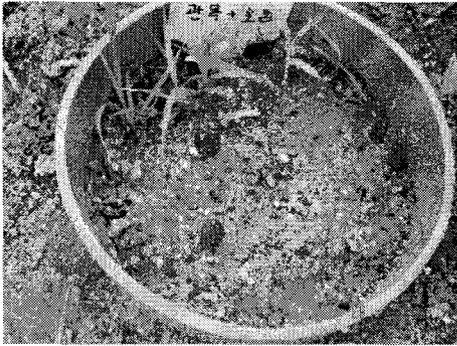


그림 90. 2년차 상기종자혼합(목본+양잔디) 시험구 개체수 그래프 현황



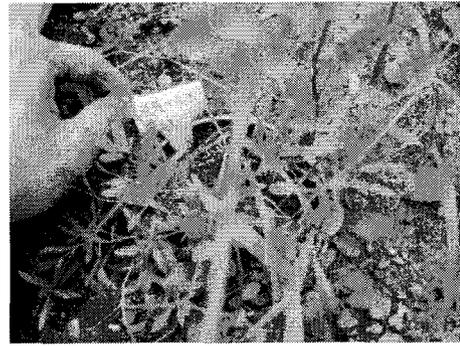
관목+초본 6월 모니터링



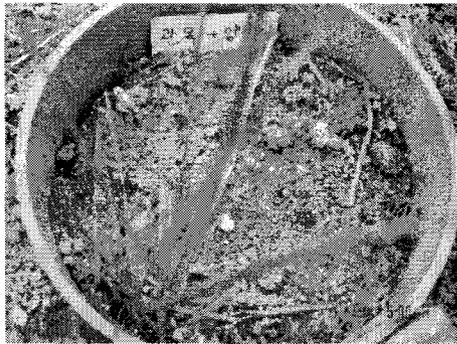
관목+초본 8월 모니터링



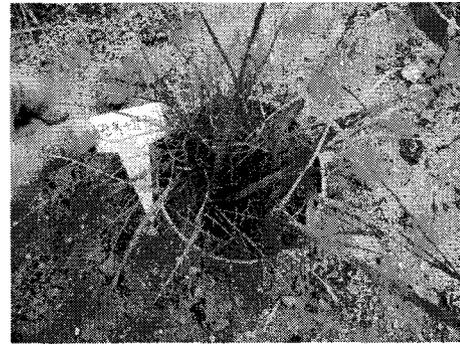
관목+초본 9월 모니터링



관목+초본 10월 모니터링



관목+양잔디 6월 모니터링

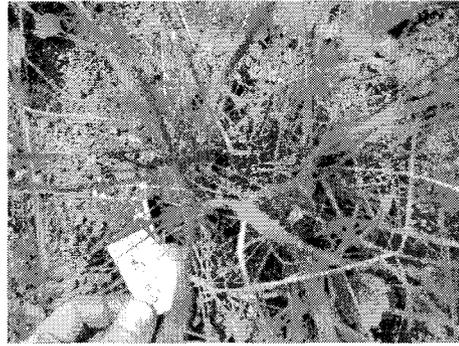


관목+양잔디 8월 모니터링

그림 88. 2차년도 혼파 시험구 모니터링(IV)



관목+양잔디 9월 모니터링



관목+양잔디 10월 모니터링

그림 88. 2차년도 혼파 시험구 모니터링(V)

나) 상기종자혼합 시험 결과

- ▶ 전체 종자 혼합의 시험구에서는 7월 출현종이 가장 많았으며, 10월 관찰시 족제비싸리와 붉나무, 새류의 식물만이 관찰되었다.
- ▶ 침입종의 경우 참나무, 쇠뜨기, 바랭이가 관찰되었다.

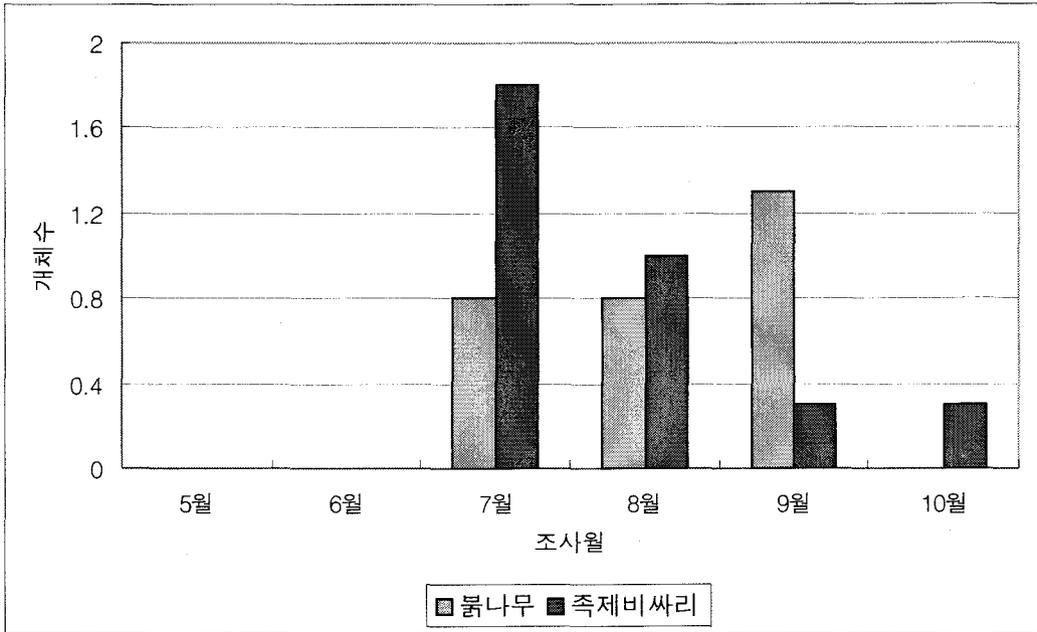


그림 91. 2년차 상기종자혼합(목본+관목) 시험구 개체수 그래프 현황

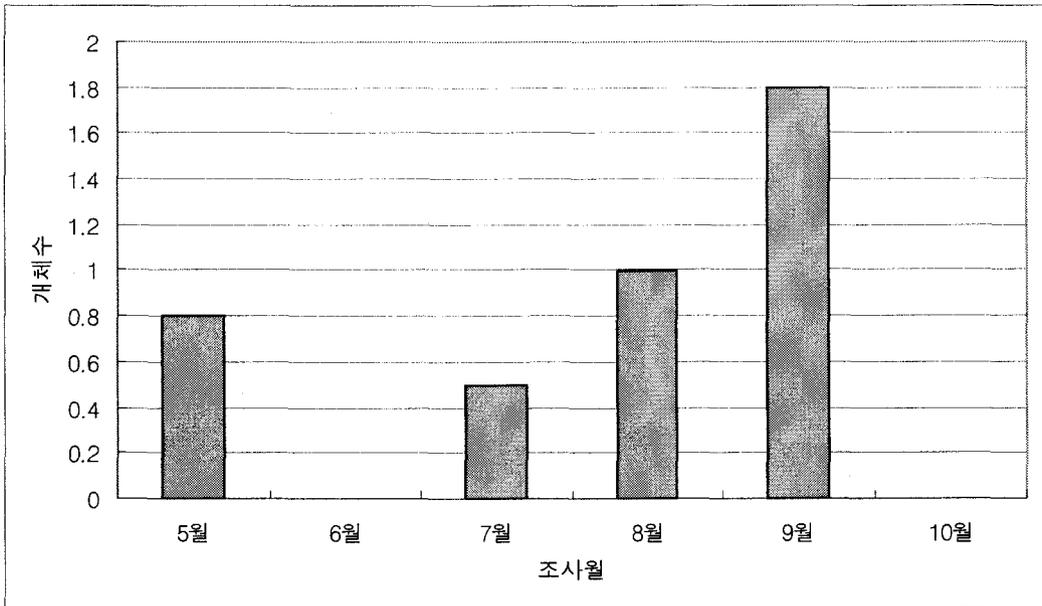


그림 92. 2년차 상기종자혼합(관목+초본) 시험구 개체수 그래프 현황(새)

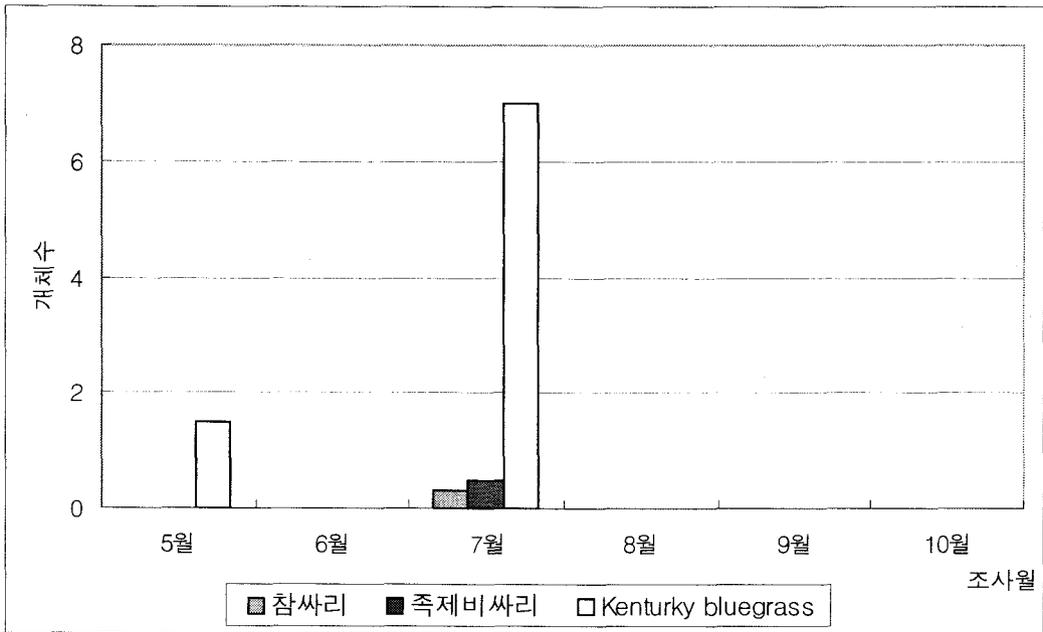
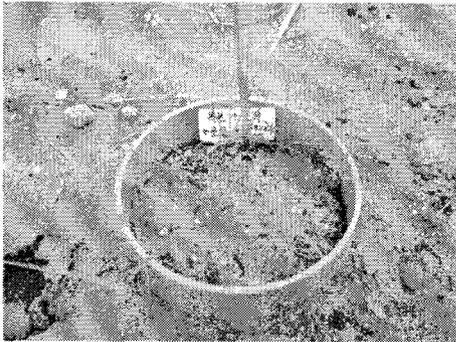
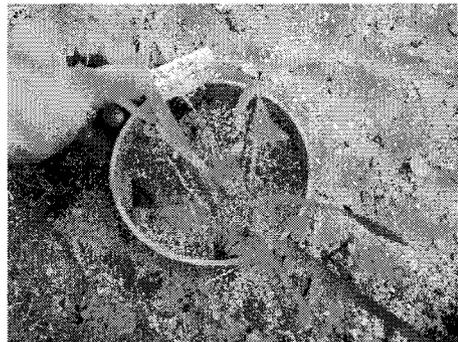


그림 93. 제2차년도 상기종자혼합(관목+양잔디) 시험구 개체수 그래프 현황



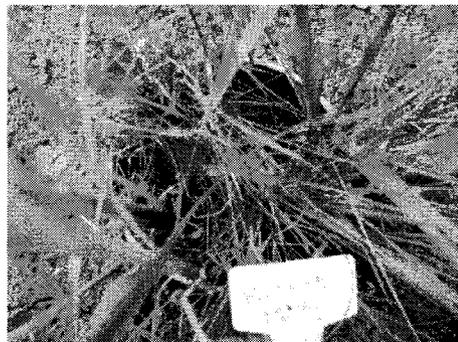
상기종자혼합 6월 모니터링



상기종자혼합 8월 모니터링



상기종자혼합 9월 모니터링



상기종자혼합 10월 모니터링

그림 94. 2차년도 상기종자혼합 시험구 모니터링

### 3) 현장 혼파 시험결과

2004년 9월 16일에 파종하여 30일이 경과한 10월 16일에 발아상황을 조사하였다.

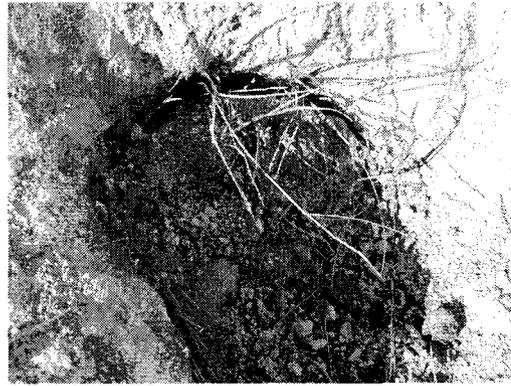
- ▶ 소나무+안고초+마타리(100+100+100개)를 혼파한 시험구에서는 소나무만이 발아 시작 단계에 있었고 안고초와 마타리는 발아하지 않은 상태였다.
- ▶ 낭아초+싸리+Tall fescue(100+100+100개)를 혼파한 시험구에서는 싸리(2-4cm), Tall fescue(5-7cm)의 유묘가 성장하고 있었고 50개의 식혈중에서 44개의 식혈에서 발아하여 식혈 수에 의한 발아율은 88%였다.

표 45. 현장 혼파시험구 발아현황

| 혼합방법                                      | 식혈수 | 발아한<br>식혈수 | 식물종별 발아수 |    |     | 식혈당<br>발아율(%) |
|---|-----|------------|----------|----|-----|---------------|
|   |     |            | 낭아초      | 싸리 | T.F |               |
| 소나무(100)+안고초<br>(100)+마타리(100)            | 50  | -          | -        | -  | -   | -             |
| 낭아초(100)+<br>싸리(100)+<br>Tall fescue(100) | 50  | 1          | -        | 11 | 4   | 5.0           |
|   |     | 2          | -        | 1  |     | 0.3           |
|   |     | 3          | -        | 1  | 1   | 0.7           |
|   |     | 4          | -        | 2  | 2   | 1.3           |
|   |     | 5          | -        | 3  |     | 1.0           |
|   |     | 6          | -        |    | 3   | 1.0           |
|   |     | 7          | -        | 1  | 4   | 1.7           |
|   |     | 8          | -        | 3  | 9   | 4.0           |
|   |     | 9          | -        | 2  | 4   | 2.0           |
|   |     | 10         | -        | 3  |     | 1.0           |
|   |     | 11         | -        |    | 1   | 0.3           |
|   |     | 12         | -        | 3  | 2   | 1.7           |
|   |     | 13         | -        |    | 3   | 1.0           |
|   |     | 14         | -        | 2  |     | 0.7           |
|   |     | 15         | -        | 1  |     | 0.3           |
|   |     | 16         | -        | 1  | 5   | 2.0           |
|   |     | 17         | -        | 5  | 10  | 5.0           |
|   |     | 18         | -        | 2  | 6   | 2.7           |
|   |     | 19         | -        | 2  |     | 0.7           |
|   |     | 20         | -        | 3  | 2   | 1.7           |
|   |     | 21         | -        | 3  |     | 1.0           |
|   |     | 22         | -        | 1  | 4   | 1.7           |
|   |     | 23         | -        | 2  |     | 0.7           |
|   |     | 24         | -        | 1  | 5   | 2.0           |
|   |     | 25         | -        | 1  | 2   | 1.0           |
|   |     | 26         | -        | 1  | 3   | 1.3           |
|   |     | 27         | -        | 2  | 10  | 4.0           |
|   |     | 28         | -        | 2  | 5   | 2.3           |
|   |     | 29         | -        | 2  | 4   | 2.0           |
|   |     | 30         | -        | 8  | 14  | 7.3           |
|   |     | 31         | -        | 4  | 1   | 1.7           |
|   |     | 32         | -        | 1  | 1   | 0.7           |
|   |     | 33         | -        |    | 1   | 0.3           |
|   |     | 34         | -        | 5  | 4   | 3.0           |
|   |     | 35         | -        |    | 2   | 0.7           |
|   |     | 36         | -        | 2  | 6   | 2.7           |
|   |     | 37         | -        | 2  | 8   | 3.3           |
|   |     | 38         | -        | 2  | 5   | 2.3           |
|   |     | 39         | -        |    | 5   | 2.7           |
|   |     | 40         | -        | 5  | 4   | 3.0           |
|   |     | 41         | -        | 1  |     | 0.3           |
|   |     | 42         | -        | 2  | 4   | 2.0           |
|   |     | 43         | -        | 2  | 2   | 1.3           |
|   |     | 44         | -        | 4  | 10  | 4.7           |



30일 경과 후 싸리와 Tall fescue



30일 경과 후 싸리와 Tall fescue

그림 95. 현장 혼파시험구의 발아생육상황(2004년 10월)

#### 라. 식생기반 배양토 조제 방법 개발

##### 1) 포장시험 결과

장마철 집중 강우시 토양경도의 변화를 측정함으로써 식생기반재로 쓰이는 기반재의 침식 및 토양 복구 능력을 간접적으로 판단할 수 있도록 인공강우를 통한 토양침식 및 토양경도 변화의 수치를 측정하였다.

- ▶ 각기 다른 양의 토양침식 방지제를 사용한 시험구에 대하여 인공강우 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결과를 볼 수 있었다.
- ▶ A type(접착제 pro-tack 0.06g)의 경우 강우 전 측정된 토양경도는 12.5mm이었고 양잔디의 생육이 우수하였으며 인공강우 실험 후에도 토양의 침식은 거의 없는 것으로 관찰되었으나 20분 후의 경도 측정에서는 8.5mm로 수치가 많이 내려갔다.
- ▶ B type(접착제 pro-tack 0.03g)의 경우 강우전 측정된 토양경도에서는 8.5mm이었으며 10분 후 측정에서는 토양의 부서짐 현상이 심하여 토양이 모두 유실되었다. 접착제의 양이 적어 토양의 경도가 매우 낮았고 강우량이 많을 때에는 토양 침식이 심할 것으로 판단된다.
- ▶ C type(접착제 pro-tack 0.12g)의 경우 강우전 토양경도는 15.5mm 으로 높은 수치를 나타내었고 토양 또한 매우 단단하였으며 강우실험 20분 후의 측정값 또한 12mm으로 거의 토양의 부서짐 현상을 관찰할 수 없었다. 하지만 토양경도가 매우 높아 식물의 발아하는데 있어 좋지 못한 조건이기 때문에 식물의 발아·생육은 매우 저조하였다.

- ▶ D type(접착제 pro-tack 0.18g)의 경우 강우전 토양경도는 18.5mm로 다른 시험구보다 높은 수치를 나타냈으며 강우 실험 20분 후 12.5mm로 매우 높은 수치를 나타내었다. 그러나 C type과 마찬가지로 토양경도가 높아 식물의 발아·생육하는데 지장을 주는 것으로 관찰되었다.
- ▶ E type(부엽토: 일반상토(50:50), 접착제 pro-tack 0.06g)의 경우 토양의 경도는 A type과 유사한 값을 보였지만 강우실험 15분 후부터 토양의 침식과 부서짐 현상이 나타났다. 이는 식물생육이 A type보다 저조 하였기 때문에 토양 침식 및 부서짐 현상이 심한 것으로 판단된다.
- ▶ F type(접착제 C.M.C 0.02g)의 경우 강우전 토양경도는 16.5mm로 관찰되었고 20분 후의 관찰에서는 10.8mm로 나타났다. 식물발아·생육에서도 양호한 것을 관찰할 수 있었다.

표 66. 인공강우 실험에 따른 토양타입별 경도변화

| 구 분     | 경 도(mm) |      |       |       |       |
|---------|---------|------|-------|-------|-------|
|         | 강우전     | 5분 후 | 10분 후 | 15분 후 | 20분 후 |
| A typez | 12.5    | 12.0 | 12.0  | 10.8  | 8.5   |
| B type  | 8.5     | 6.5  | -     | -     | -     |
| C type  | 15.5    | 14.0 | 13.2  | 12.5  | 12    |
| D type  | 18.5    | 15.0 | 15.0  | 14.0  | 12.5  |
| E type  | 12.5    | 10.8 | 8.5   | -     | -     |
| F type  | 16.5    | 12.5 | 12.0  | 12.0  | 10.8  |

A type : 접착제 pro-tack 0.06g

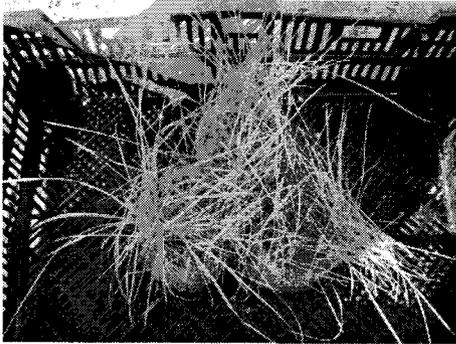
B type : 접착제 pro-tack 0.03g

C type : 접착제 pro-tack 0.12g

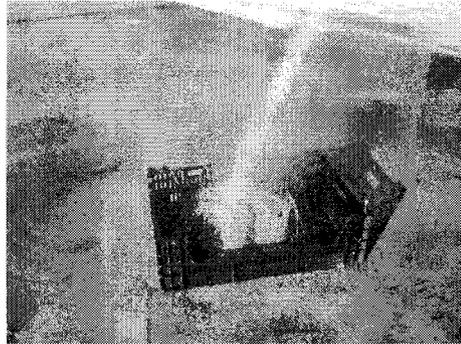
D type : 접착제 pro-tack 0.18g

E type : 부엽토:일반상토(50:50) 접착제 pro-tack 0.06g

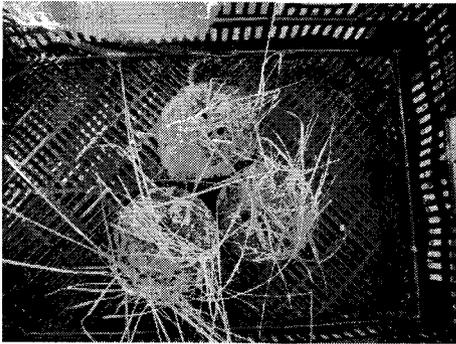
F type : 접착제 C.M.C 0.02g



A type 인공강우 실험 전



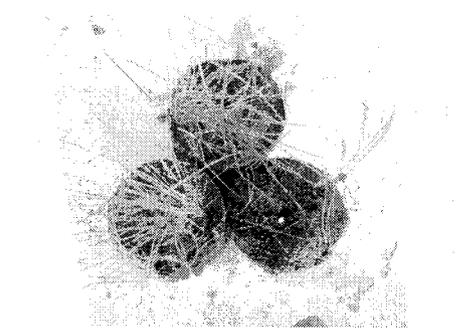
A type 인공강우 실험 후



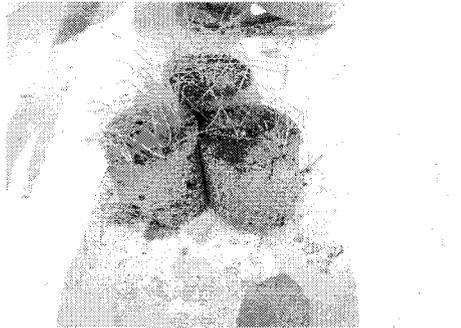
B type 인공강우 실험 전



B type 인공강우 실험 후

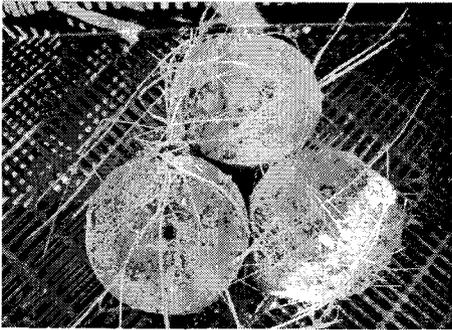


C type 인공강우 실험 전



C type 인공강우 실험 후

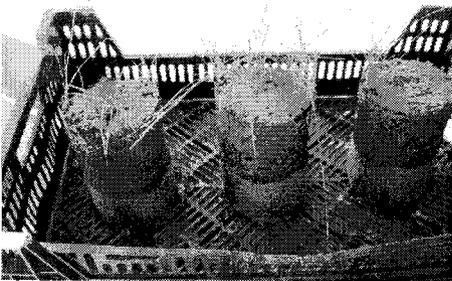
그림 96. 시험구별 인공강우실험 전·후 생육 상황(I)



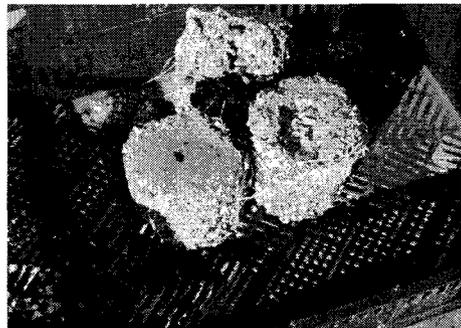
D type 인공강우 실험 전



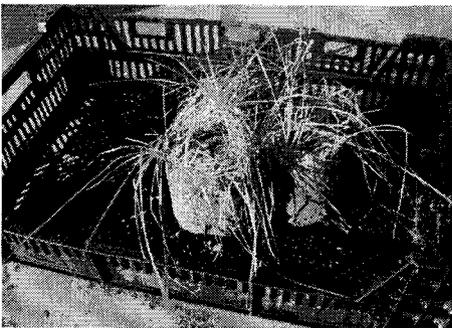
D type 인공강우 실험 후



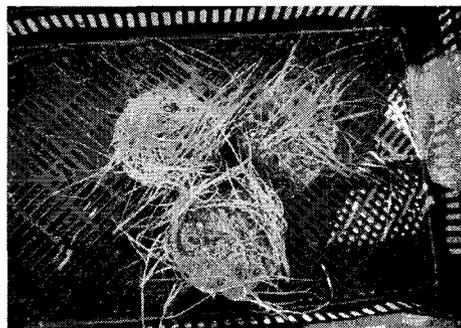
E type 인공강우 실험 전



E type 인공강우 실험 후



F type 인공강우 실험 전



F type 인공강우 실험 후

그림 96. 시험구별 인공강우실험 전·후 생육 상황(II)

2) 현장시험 결과

- ▶ 7개월 후 측정결과 제1시험구에서 초류로는 안고초, 마타리, WLG가 좋은 생육을 보였고, 목본류로는 단풍나무는 전혀 발아하지 않은 반면 적송의 생육은 비교적 좋았다.

- ▶ 제2시험구에서는 2가지 접착제를 비교 시험한 결과 C.M.C보다 pro-tack의 발아율이 월등히 높았다.
- ▶ CMC에서 안고초, 비수리, 족제비싸리는 발아하지 않았는데 강우로 인한 토양과 함께 종자도 유실된 것으로 보인다.
- ▶ 제3시험구에서는 주변 식생을 이용한 삼목 실험에서 수종별 각 50개의 식월에 100本씩 식재하여 6개월 후 측정된 결과 족제비싸리는 16%의 생존율을 보였고 갯버들은 7%의 생존율을 나타냈다.

표 67. 3차년도 1시험구 생육상황

| 공시식물               | 식혈 수 (개) | 발아한 식혈의 수(개) | 생장량 (cm) | 발아수 (개) | 식혈당 발아율 (%) |
|--------------------|----------|--------------|----------|---------|-------------|
| WLG                | 50       | 28           | 8.9      | 3.8     | 56.0        |
| Creeping redfescue | 50       | 26           | 8.2      | 5.0     | 52.0        |
| 새                  | 50       | 22           | 9.1      | 4.7     | 44.0        |
| 족제비싸리              | 50       | 19           | 9.1      | 4.7     | 38.0        |
| 단풍나무               | 50       | -            | -        | -       | 0.0         |
| 마타리                | 50       | 29           | 8.4      | 6.3     | 58.0        |
| 낭아초                | 50       | 16           | 8.1      | 1.8     | 32.0        |
| 참싸리                | 50       | 13           | 8.5      | 4.0     | 26.0        |
| 적송                 | 50       | 29           | 3.2      | 2.0     | 58.0        |
| 안고초                | 50       | 34           | 4.5      | 3.6     | 68.0        |

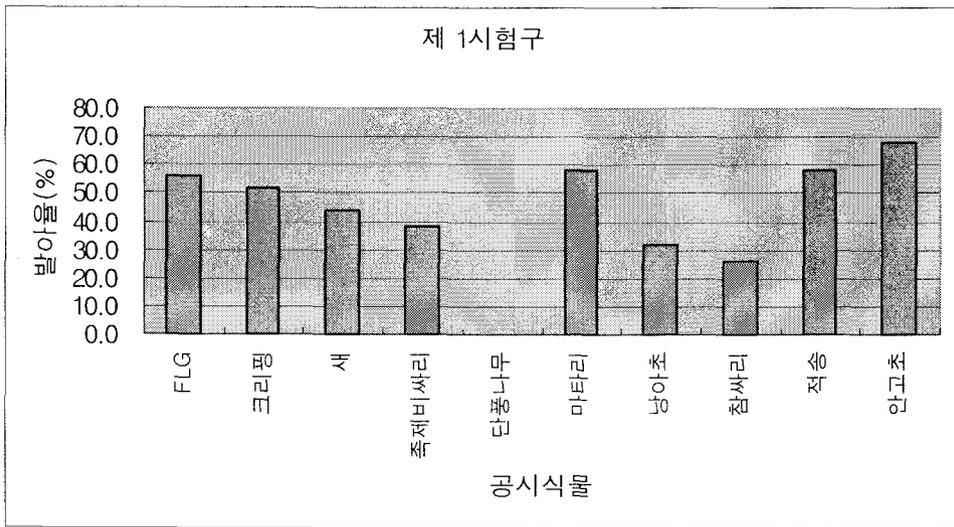


그림 97. 3차년도 1시험구의 식물종별 발아율(%)

표 68. 3차년도 2시험구 생육상황(C.M.C)

| 공시식물  | 식혈수<br>(개) | 발아한<br>식혈의 수(개) | 생장량<br>(cm) | 발아수<br>(개) | 식혈당 발아율<br>(%) |
|-------|------------|-----------------|-------------|------------|----------------|
| 안고초   | 30         | -               | -           | -          | -              |
| 비수리   | 30         | -               | -           | -          | -              |
| 낭아초   | 30         | 4               | 9.6         | 1.0        | 13.3           |
| 참싸리   | 30         | 9               | 8.3         | 3.2        | 30.0           |
| 족제비싸리 | 30         | -               | -           | -          | -              |
| 적송    | 30         | 2               | 4.6         | 1          | 6.7            |
| 목초류   | 30         | 3               | 4.2         | 3          | 10.0           |

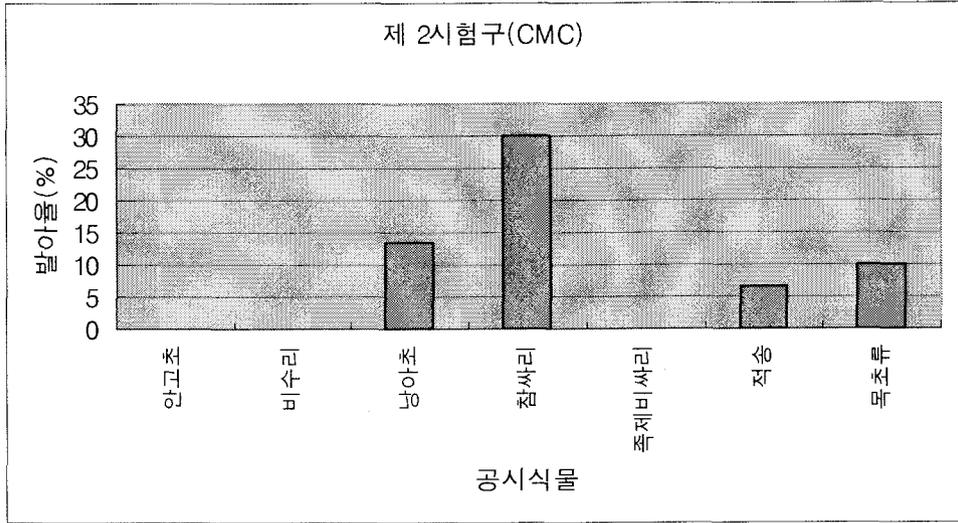


그림 98. 3차년도 2시험구(C.M.C)의 식물종별 발아율(%)

표 69. 3차년도 2시험구 생육상황(pro-tack)

| 공시식물  | 식혈수<br>(개) | 발아한<br>식혈의 수(개) | 생장량<br>(cm) | 발아수<br>(개) | 식혈당 발아율<br>(%) |
|-------|------------|-----------------|-------------|------------|----------------|
| 안고초   | 30         | 27              | 4.2         | 22.4       | 90.0           |
| 비수리   | 30         | 4               | 5.4         | 1.8        | 13.3           |
| 낭아초   | 30         | 21              | 17.2        | 2.1        | 70.0           |
| 참싸리   | 30         | 20              | 8.2         | 7.1        | 66.7           |
| 족제비싸리 | 30         | 21              | 4.0         | 11.0       | 70.0           |
| 적송    | 30         | 10              | 3.3         | 1.4        | 33.3           |
| 목초류   | 30         | 30              | 10.9        | 7.4        | 100.0          |

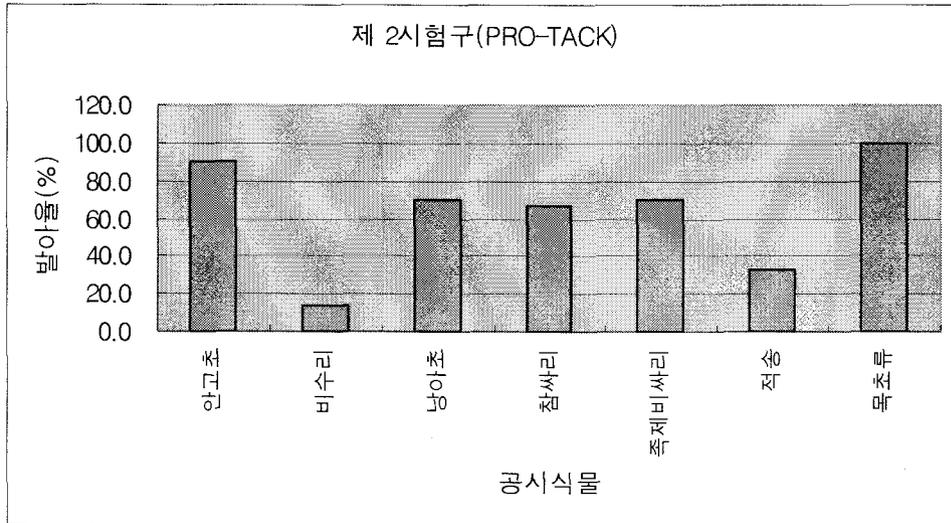
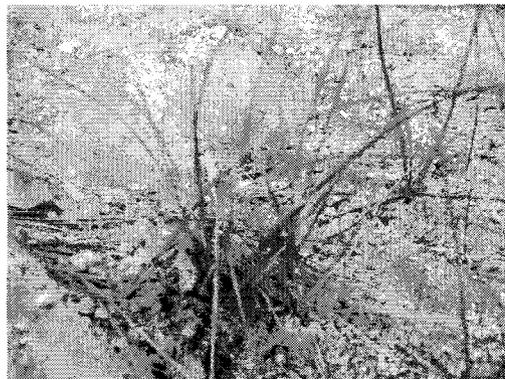


그림 99. 3차년도 2시험구(pro-tack)의 식물종별 발아율(%)

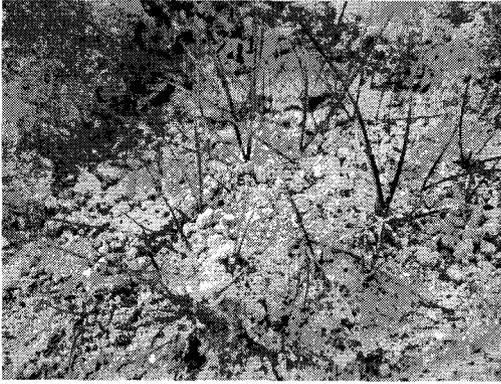


WLG

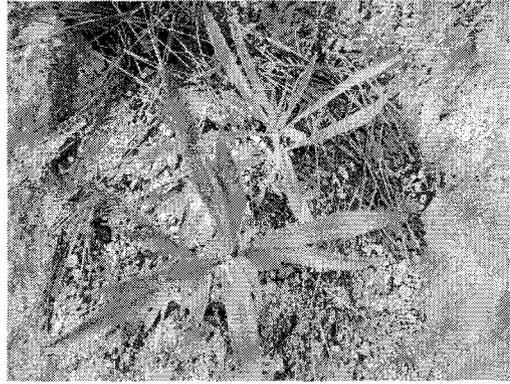


Creeping redfescue

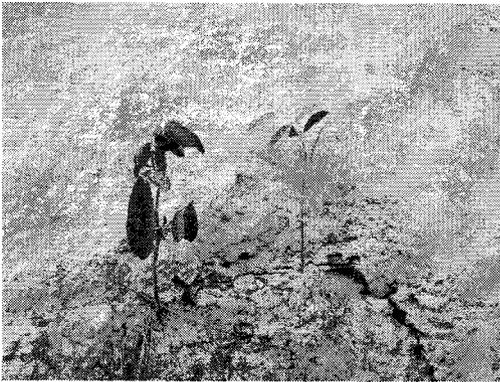
그림 100. 제1시험구의 6개월 후 발아상황(2004년 10월)(I)



새



마타리



낭아초

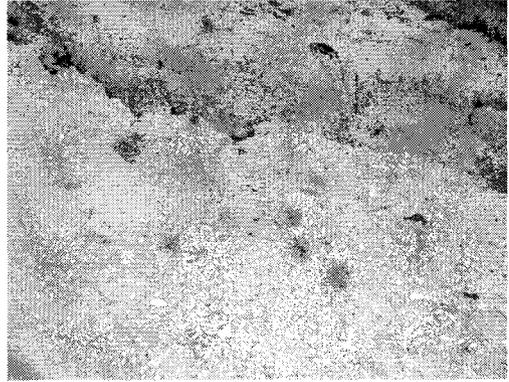


죽제비싸리

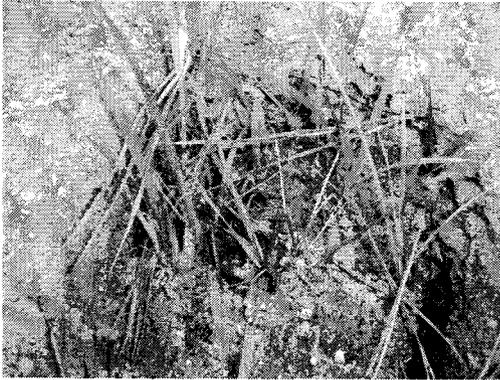
그림 100. 제1시험구의 6개월 후 발아상황(2004년 10월)(II)



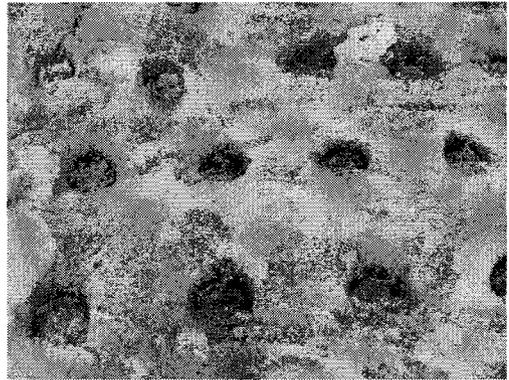
적송



유실된 적송 종자 발아



목초류



참싸리

그림 101. 제2시험구의 6개월 후 발아상황(2004년 10월)



현지에서 채취한 족제비싸리 삼목



현지에서 채취한 버드나무류 삼목

그림 102. 제3시험구의 생육상황(2004년 10월)

### 3. 결론

#### 가. 점식녹화를 위한 최적 천공방법 선정

식혈의 크기와 각도는 천공작업의 효율성과 식혈의 안정성 등을 고려해볼 때 비탈면에 직각 방향으로 천공하고, 크기는 Ø10cm, d10cm가 가장 적절한 것으로 판단되었다.

#### 나. 녹화식물 종자배합기술 개발

단파실험의 경우 목본류는 싸리류와 단풍나무가 초기에 발아하였고, 가을에는 싸리류, 붉나무, 단풍나무, 적송의 발아와 생장이 모두 양호하였다. 모든 종류의 양잔디는 초기발아가 우수하였으며, 생육후기로 갈수록 잔디의 생육이 왕성하였다. 재래초류 중에서 비수리와 패랭이의 초기발아가 우수하였으며 마타리와 억새는 저조하였다.

혼파시험의 경우 목본+관목의 시험구에서는 초기 발아생육이 우수한 싸리류가 목본류의 발아와 생장을 저해하였다. 관목+재래초본의 시험구에서는 모든 식물이 발아하였고, 관목+양잔디의 시험구에서는 싸리류를 제외하고 전체적으로 관목의 발아가 저조하였다. 따라서, 혼파할 경우에는 싸리류를 주종으로 하고, 여기에 재래초종이나 도입 목초류를 배합하여 파종하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

전체 종자를 혼합한 시험구에서는 7월에 출현종이 가장 많았고, 10월에는 족제비싸리와 붉나무, 새류의 식물만이 관찰되었다.

종자 파종시기에 있어서 도입 목초류는 거의 제한을 받지 않았고, 싸리류는 봄철에 파종하는 것이 좋았으며, 일부 재래초류는 봄과 가을에 파종이 가능한 것으로 나타났다.

시험포장에서 관찰된 침입식물은 쇠뜨기와 바랭이이었고 현장시험지에서 관찰된 침입식물은 억새와 강아지풀 등이었는데, 시험기간이 짧아 외부침입식물과 파종한 식물들 사이의 경쟁관계는 파악할 수 없었다.

#### 다. 현장시험을 통한 점식녹화 가능성

화강암질 풍화토 임도비탈면에 천공하여 점식녹화를 위한 현장시험에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

목초류와 증부지방 화강암질풍화토 비탈면에 자생하는 식물종의 발아율과 성장상태는 초본식물이 목본식물보다 양호하였다. 초본은 WLG, Kentucky bluegrass, Creeping redfescue, 마타리의 순이었다. 목본식물은 참싸리, 윗나무, 붉나무가 족제비싸리, 해송, 소나무에 비해 좋았다. 비로 인한 종자의 유실과 비탈면의 토양침식에 의

해 비탈면 아래 부분의 발아와 성장상태가 좋았다. 또한, 시험구 상부에 파종한 종자 가운데서 일부는 하부의 식혈에서 발아하여 성장하였다. 전반적으로 코아네트 멀칭을 한 시험구가 비멀칭 시험구보다 발아와 생장이 양호하였다. 역새심기 시험결과 토양 경도가 상대적으로 낮은 시험구에서 생장이 양호하였다. 죽제비싸리를 식혈 배양토에 직접 삽목한 결과 16%의 생존율을 나타내어 활용 가능성을 나타내었다.

낭아초+싸리+Tall fescue를 혼파한 결과 파종한 식혈의 88%에서 발아하였고, 싸리와 Tall fescue의 발아와 생장이 양호하였다.

#### 라. 식생기반 배양토 조제 방법 개발

배양토의 토양재료로는 황토가 마사토보다 발아와 성장에서 월등히 좋았다. 포장에서 토양침식방지제의 종류와 혼합량을 다르게 하여 혼합 후 건조한 상태의 토양경도, 인공강우 후 토양경도와 침식과 부서짐, 식물의 발아와 성장량 등을 시험하였다. 그 결과 A type(접착제 pro-tack 0.06g), C type(접착제 pro-tack 0.12g), F type(접착제 C.M.C 0.02g)이 강우 후에 토양이 안정되었고, 식물의 발아와 성장도 양호하였다. 장기간의 현장시험에서는 C.M.C(0.02g)보다 pro-tack(0.06g)의 발아율이 월등히 높았다. 따라서, 점식녹화용 배양토를 조제할 때에는 기본토양으로 점질토양을 사용하고, 토양 침식방지제로는 pro-tack 0.06~0.12g을 혼합하는 것이 적합할 것으로 판단되었다.

## 제4장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절. 비탈면 점식 녹화를 위한 굴삭기 부착형 식혈기계 (Digger) 개발

- 임도공사를 비롯한 다양한 종류의 토목공사에 널리 사용되고 있는 굴삭기를 이용한 부착형 식혈기계의 개발함(목표 달성도 100%).
- 산악지역의 임도비탈면이나 도로 절개지, 기타 장소에서 중비토구멍 또는 기타의 용도로 사용할 수 있는 장치로 다수(6개)의 구멍을 동시에 천공작업을 할 수 있고, 화강암질 풍화토 비탈면에 뚫어 구멍을 쉽게 낼 수 있으며, 화강암질 풍화토에 대해 확실한 피복도를 보장할 수 있도록 개발함(목표 달성도 100%).
- 식혈기계 개발이 종료된 후에 실제 현장에서 작업을 실시하면서 개발된 기계의 개선점을 조사하여 수정·개선하고 식혈작업의 경제성 분석을 실시함(목표 달성도 100%)

### 제2절. 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의 생태학적 특성 규명

- 북부, 중부, 남부지역의 식생조사 : 화강암질 풍화토 비탈면에서 자생하는 초본류와 목본류의 종류 및 지상부와 하부의 생육상태를 조사한다(목표 달성도 100%).
- 북부, 중부, 남부지역의 지형환경조사 : 경사, 방위, 해발고 등을 조사한다(목표 달성도 100%).
- 북부, 중부, 남부지역의 토양의 이화학적 특성 조사 및 분석 : 유기물, pH, 전질소, 유효인산, 치환성칼리, 칼슘, 마그네슘, CEC 및 토성, 토색, 경도, 수분함량, 가비중 등을 조사 분석한다(목표 달성도 100%).
- 특히 개발된 기계의 시험시공지 주변의 식생을 정밀 조사하여 점식녹화용 자의 선택 및 확보를 도모한다(목표 달성도 100%).

### 제3절. 화강암질 풍화토 임도비탈면의 점식 녹화를 위한 종자 배합기술 개발

- 중부, 남부, 북부지방에서 이용가능한 식물종 선정(목표 달성도 100%).
- 선정된 식물의 종자 취득(종자의 확보는 전문 종자회사에서 구입하거나 현장 조사 시 직접 채취하는 방법 병행)(목표 달성도 100%).
- 종자의 발아율 검정, 저장방법 등 구명(목표 달성도 100%).
- 파종혈의 다양한 규격에(깊이, 각도 등) 대한 활착율 등을 구명(목표 달성도 100%).
- 식물 종별, 유형별 종자배합비율 구명(목표 달성도 100%)
- 파종시기 및 파종량 구명(목표 달성도 100%).
- 배양토의 조제방법 개발(목표 달성도 100%).
- 파종식물과 이입식생과의 경쟁관계 분석(목표 달성도 100%)

## 제5장. 연구개발결과의 활용 계획

- 매년 각종 토목공사로 발생하고 있는 엄청난 양의 비탈면 중 녹화가 가장 어려운 화강암질 풍화토 비탈면에 대한 기초자료를 수집하여 향후 화강암질 풍화토 비탈면 녹화를 위한 기초자료를 제공하였다.
- 화강암질 풍화토 비탈면의 경우 토심이 얇고 토양입자간의 응집력이 매우 약하며 토양구조가 발달되어 있지 않기 때문에 식물의 정착과 생육을 어렵게 한다. 특히 화강암질 풍화토(일명 마사토 decomposed granite, weathered granitic soil)는 그 물리적 특성상 건조기에는 단단히 고결되고, 강우시에는 점착력이 극히 약해져서 표면침식과 붕괴가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 이러한 미숙한 토양에 초본류나 수목의 식재가 이루어지더라도 식물의 정착과 생육을 어렵게 하며 집중호우시 침식이나 산사태 등이 발생하게 된다. 본 연구에서는 이러한 화강암질 풍화토 비탈면을 확실하게 녹화할 수 있는 점식녹화 공법을 개발하였다.
- 화강암질 풍화토 비탈면의 점식녹화를 위해 그동안 일부에서 적용되어 온 인력에 의한 점식녹화를 대체할 수 있는 굴삭기(기타 건설기계 부착 가능) 부착형 식혈기계를 제작하였다.
- 학술발표회와 학회지 발간 등을 통해 연구결과를 발표하여 기술을 전파하였으며 향후에도 지속적으로 수행할 예정이다.
  - 한국임학회와 한국환경복원녹화기술학회, 한국환경생태학회, 한국산림공학기술연구회 등에 논문을 투고하고 학술발표를 실시하였으며, 향후에도 포스터와 실물 전시를 통해 기술을 전파할 예정이다.
  - 화강암질 풍화토 비탈면이 발생한 임도에 대해 식혈기계를 통해 식혈 실시 후 종비토를 시공하는 시범사업을 실시할 예정이다.
- 시범사업을 실시한 후 이를 토대로 산림조합 등의 산림사업업체에 점식녹화기술 및 종자배합기술 등을 이전함으로써 비탈면 녹화기술 상향화에 기여할 예정이다.

- 북부, 중부, 남부지역의 화강암질 풍화토 비탈면의 토양특성과 비탈면에 자생하며 생육이 우수한 식생에 대해서도 중요회사나 산림조합 등에 전파하고 교육을 실시할 예정이다.

## 제6장. 연구개발과정에서 수집한 과학기술정보

해당사항 없음.

## 제7장. 참고문헌

- 건설교통부. 1998. 환경친화적인 도로건설 요령. 489쪽.
- 기상청. 2001. 한국기후표. 기상청. 632쪽.
- 김남춘. 1990. 도로비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본식물의 지하부생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구. 한국조경학회지 18(2):45-55.
- 김남춘. 1991. 녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구. 서울대학교대학원 박사학위논문. 78쪽.
- 김남춘. 1997a. 사면녹화공사용 자생목본식생의 파종적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(1):73-81.
- 김남춘. 1997b. 주요초본식물의 비탈면 파종적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(2):62-72.
- 김남춘. 1998. 경관훼손지의 생태적 복구방안에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 1(1):28-44.
- 김남춘·석원진·남상준. 1998. 비탈면 조기 식생녹화를 위한 식물배합에 관한 연구. 한국조경학회지 26(3):8-18.
- 박관수·이승우. 2001. 공주, 포항 그리고 양양지역 굴참나무 천연림 생태계의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 90(6):692-698.
- 박문수. 1997. 절토비탈면의 식생침입과 식물피복도에 미치는 인자들의 영향. 순천대학교 농업과학연구소 11:17-27.
- 박문수. 2002. 임도 절토비탈면의 우점식물과 식물피복에 미치는 인자들의 영향. 한국환경복원녹화기술학회지 5(1):19-27.
- 방광자, 이종석, 이택주, 강현경, 설정호. 1998. 자생 초본식물의 녹화소재로서의 특성에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 1(1):45-53
- 송호경, 박관수, 이미정, 김효정, 지윤의, 이준우. 2003. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 자생식물선정(충청도와 경상북도 임도를 중심으로). 한국환경복원녹화기술학회지 6(5):48-58.
- 송호경, 박관수, 이준우, 이미정, 김효정, 권오원. 2004. 화강암질 풍화토 절토비탈면의 식생구조분석(경상도와 전라도 임도를 중심으로). 한국환경복원녹화기술학회지 7(1):59-67.

- 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-중부고속도로를 중심으로. 한국임학회지 85(3):347-359.
- 이광선. 2000. 절·성토사면의 합리적인 처리방안. 2000년도 임도연찬회 자료집 79-91.
- 이미정, 송호경, 이준우, 전권석, 김호정, 정도현. 2003a. 임도 절토비탈면의 식생천이(충청도를 중심으로). 한국임학회지 92(4):397-408.
- 이미정, 이준우, 전권석, 지윤의, 김명준, 김중윤, 송호경. 2003b. 임도사면의 생태적 녹화를 위한 자생식물 선정 및 관속식물상-경상남도과 전라남도 임도를 중심으로. 한국환경생태학회지 17(3):43-52.
- 이은엽, 문석기. 1999. 인공지반용 식재용토의 배합이 목본식물의 생장에 미치는 영향. 한국환경복원녹화기술학회지 2(3):18-24
- 이재필. 1995. 도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위논문. 57쪽.
- 이준우, 김재수. 2000. 폐탄광지의 훼손산지 및 폐석장이 산림환경보존에 미치는 주요 영향 및 폐탄광지 복구체제에 대하여. 폐탄광지의 환경복원녹화 기술개발 국제심포지엄 자료집. 217-225.
- 이준우, 최윤희, 김명준. 2000. 임도시공경과년수 및 물리적 인자에 따른 성토사면 선형의 변화. 한국환경복원녹화기술학회지 3(2):47-52.
- 이준우, 김남춘, 김재수, 송창섭. 1997. 절토법면 붕괴 및 유실에 관한 검토 -상월공주간 No 18+12-750구간의 법면안정 및 녹화 중심으로-. 충북대학교 농업과학연구소. 296쪽.
- 이준우, 차두송, 김중윤, 이형민, 유형진, 전석봉, 송문서, 주영시, 목영주. 2000. 환경친화적인 녹색임도 시설에 관한 연구. 산림조합중앙회. 244쪽.
- 이준우, 김남춘, 김재수. 2000. 채광·채석지의 적정복구비용 산정 등에 관한 연구. 산림청. 315쪽.
- 임재홍, 김동욱, 장성완. 1999. 비탈면 녹화용 몇가지 자생식물의 종자발아특성. 한국환경복원녹화기술학회지 2(3):25-31.
- 전기성, 우보명. 1998. 사면 녹화용 외래초종의 혼파조합에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 1(1):102-109.

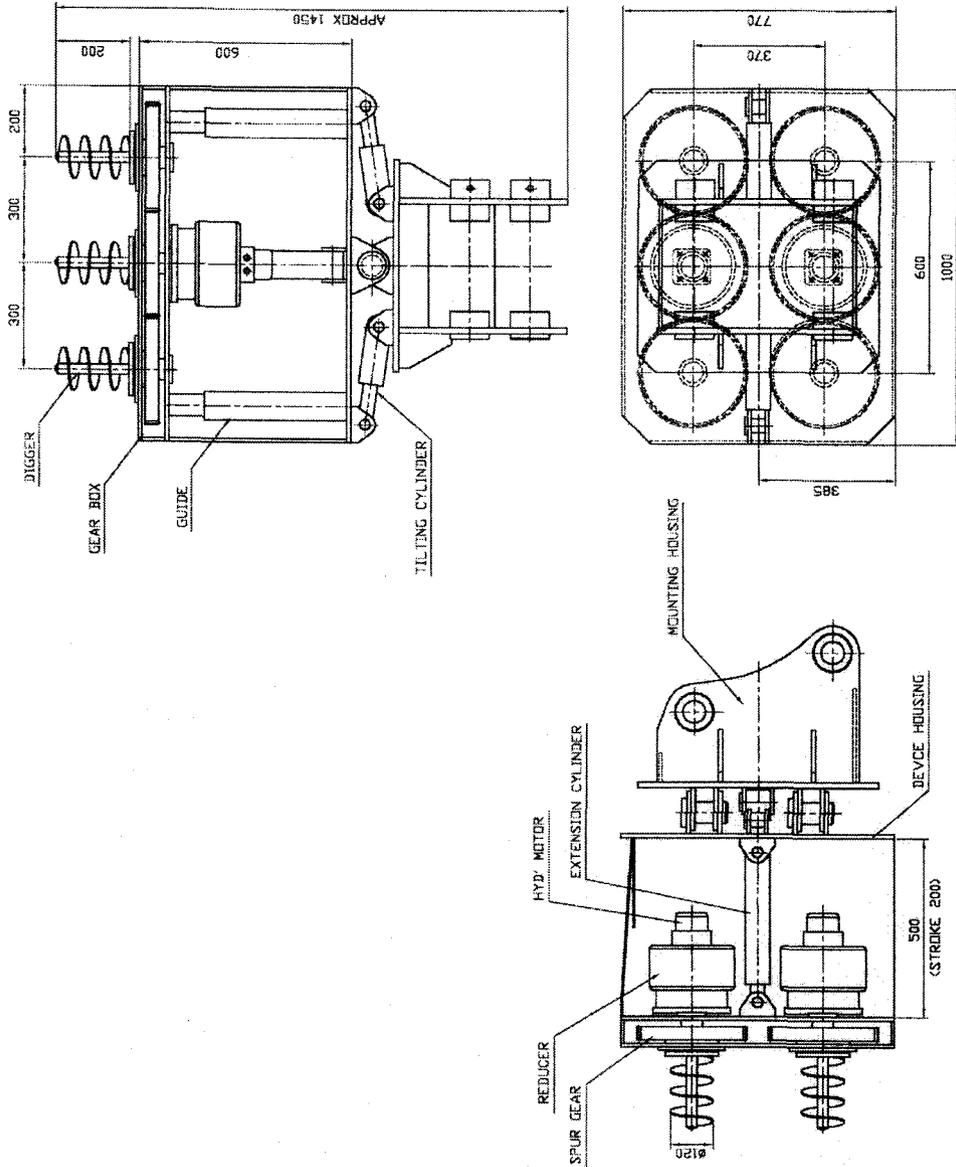
- 전기성·우보명. 1999a. 사면녹화용 외래초종과 재래 목·초본식물의 적정파종량 및 혼파비에 관한 연구(I). 한국환경복원녹화기술학회지 2(3):33-42.
- 전기성·우보명. 1999b. 사면녹화용 외래초종과 재래 목·초본식물의 적정파종량 및 혼파비에 관한 연구(II). 한국환경복원녹화기술학회지 2(3):43-52.
- 한국도로공사. 1995. 고속도로 절토비탈면 녹화공법 연구. 354쪽.
- 江崎次夫. 1984. 林道のり面の保全に關する研究. 愛媛大演報 21:1-116.
- 江崎次夫·藤久正文·山本正男·河野修一. 1986. 林道のり面の植生遷移に關する研究(IV). 暖溫帶地域の盛土のり面における木本植物の侵入推移について. 愛媛大演習林報告 24:111-128.
- 江崎次夫·伏見知道. 1976. 日本産雜草類のり面保護工に對する利用方法に關す研究(II). 林道切取りのり面での檢討. 愛媛大演習林報告 13:161-174.
- 龜山 章 編. 2002. 生態工學. 朝倉書店. 168面.
- 吉田博宣. 1982. 林道切取りのり面の植生景觀に關する研究. 京都大學 博士學位論文. 94面.
- 吉田博宣. 1983. 道路切取にのり面の植生景觀に關する研究. 造園雜誌 47(1):46-51.
- 山寺喜成. 1975. 木本植物と草本植物の混播に關する實驗. 綠化工技術 3(1):14-16
- 山寺喜成. 1985. 木本植物と草本植物の混播に關する實驗(II). 綠化工技術 11(2):16-20
- 山寺喜成. 1986. 播種工による早期樹林化方式の提案. 綠化工技術 12(2):25-35
- 山田守 外4人. 1995. 播種條件の違いが木本植物の發芽·初期生育に及ぼす影響について(I). 綠化工技術 21(1):34-40
- 小橋登治·村井宏. 1995. のり面綠化の最先端. ソフトサイエンス社.
- 矢橋震吾·金光達太郎. 1985. マサ土法面の水平分布と崩壞について. 造園雜誌 48(5):103-108.
- 平塚勇二. 1981. 花崗岩マサ地帯における山腹勾配と綠化工法についての考察. 治山林道研究會研究論文集 16:122-124.
- Bickelhaupt, D.H. and E.H. White. 1982. Laboratory manual for soil and plant tissue analysis. SUNY Coll. Envir. Sci. and For., Syracuse, N.Y. pp. 67.
- Bratton, S.P. 1982. The effects of exotic plant and animal species on nature preserves. Natural Areas Journal 2(3):3-13.
- Hill, M.O. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis and

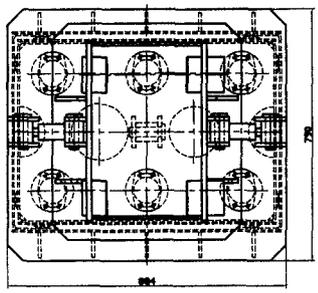
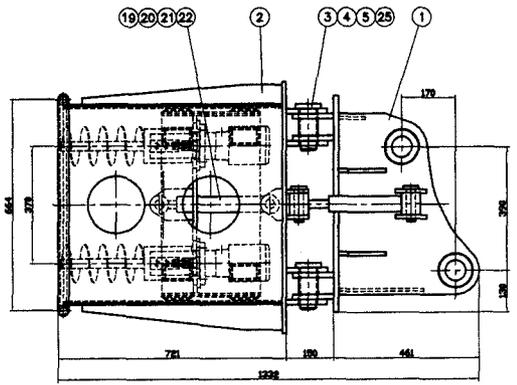
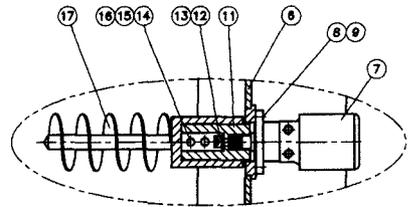
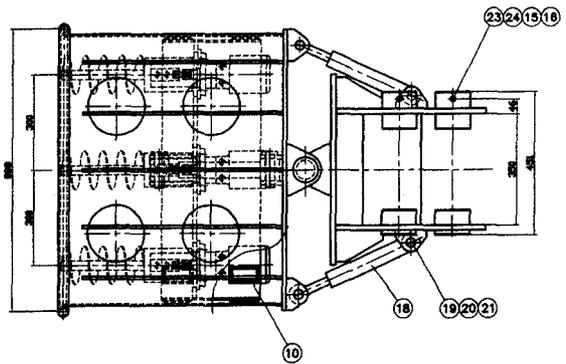
Improved Ordination Technique. *Vegetatio* 42 : 47-58.

- Horn, H.S. 1975. Markovian properties of forest succession. In *Ecology and Evolution of Communities*. M.L. Cody and J.M. Diamond. ed. pp196-211.
- Huang, C.L. & del Moral, R. 1988. Plant-environment relationships on the Montlake wildlife area, Seattle, Washington, USA. *Vegetatio* 75 : 103-113.
- Kimmins, J.P. 1997. *Forest Ecology*. Prentice Hall. New Jersey. pp. 400.
- Morrison, D.G. 1981a. Principles of renegotiating mined Lands. *Proceedings of wildlife Values of Gravel Pits*. Madison, Wisconsin : University of Wisconsin-Madison. pp. 51-57.
- Morrison, D.G. 1981b. Vegetation and iron ore tailings ; short-term conclusions. *Landscape Architecture/July* : 47-48.
- Morrison, D.G. 1996. *Design, restoration and management*. Dept. of Landscape Architecture, University of Georgia, Athens.
- Ovington, J.D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. *Adv. Ecol. Res.* 1 : 103-192.
- 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.
- Waring, R.H. and Schlesinger, W.H. 1985. *Forest Ecosystems: Concepts and Mangement*. Academic Press, N.Y. 340pp.
- Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42 : 207-264.

# 부록

## 식혈기계 관련 설계도





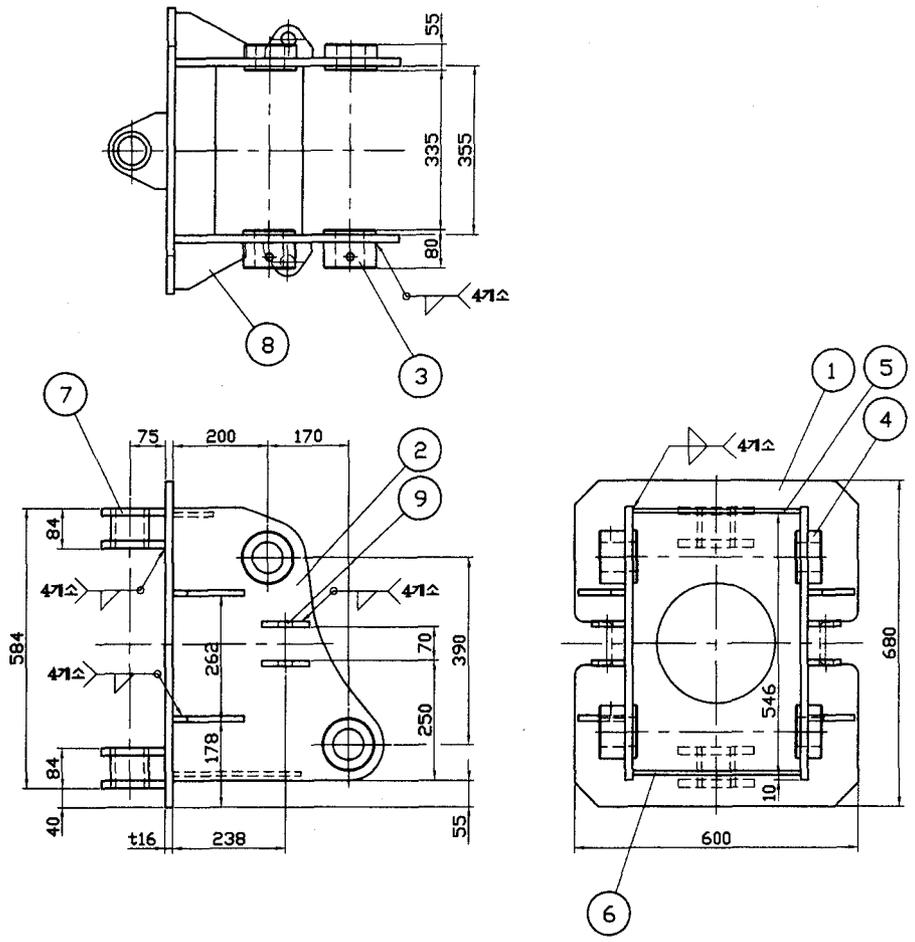
|             |           |                      |        |        |                   |
|-------------|-----------|----------------------|--------|--------|-------------------|
| 26          | 80000024  | BRN, DU              | -      | 2      | 800K3             |
| 24          | 01173774  | BOLT, HEX HEAD       | SCH440 | 2      | M16xL140          |
| 23          | A0000342  | SHAFT                | SCH432 | 2      | -                 |
| 22          | A0000024  | CYLINDER, TELESCOPIC | -      | 1      | 440022<br>3 J0525 |
| 21          | 01123012  | WASHER, SPRING       | H5WR4  | 6      | M20               |
| 20          | 01112061  | NUT, HEAD            | SM43C  | 6      | M20               |
| 19          | A0000028  | PIV                  | SM43C  | 6      | -                 |
| 18          | A0000031  | CYLINDER, SPRING     | -      | 2      | 440022<br>3 J0525 |
| 17          | A0000034  | SCREW ASSY           | -      | 6      | -                 |
| 16          | 01111623  | WASHER, SPRING       | H5WR4  | 14     | M16               |
| 15          | 01111664  | NUT, HEX             | SM43C  | 14     | M16               |
| 14          | 01173774  | BOLT, HEX HEAD       | SCH440 | 12     | M16xL180          |
| 13          | 01121623  | WASHER, SPRING       | H5WR4  | 6      | M16               |
| 12          | 80000034  | BOLT, SOCKET HEAD    | SCH440 | 6      | IMP2/8-16         |
| 11          | A0000037  | ADAPTER              | SCH432 | 6      | -                 |
| 10          | A0000036  | PIAD                 | MC301  | 16     | -                 |
| 9           | 80000031  | WASHER, SPRING       | H5WR4  | 24     | M14               |
| 8           | 80000032  | BOLT, HEX HEAD       | SCH440 | 24     | M14xL35           |
| 7           | A0000031  | MOTOR, HYD           | -      | 6      | -                 |
| 6           | A0000032  | HOUSING, SCREW       | -      | 1      | -                 |
| 5           | 01123017  | WASHER, SPRING       | H5WR4  | 2      | M20               |
| 4           | 01112463  | NUT, HEX             | SM43C  | 2      | M20               |
| 3           | A0000034  | SHAFT                | SCH432 | 2      | -                 |
| 2           | A0000032  | HOUSING, DROOP       | -      | 1      | -                 |
| 1           | A0000032  | HOUSING, ATTACHMENT  | -      | 1      | -                 |
| NO PART NO. | PART NAME | MAT                  | QTY    | REMARK |                   |

LAY-OUT 1/3  
 G0000005  
 IG TECH A1  
 IMD





|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



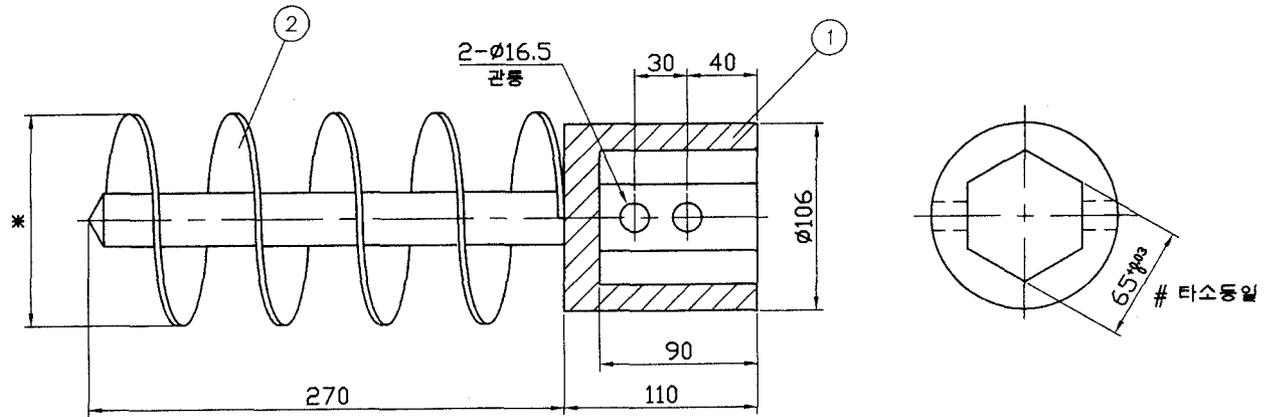
**주 기**

1. 용접릿살 및 날카로운 부위 제거 할 것.
2. 적갈색 프라이머 하도 할 것. (HOLE 및 TAP부 제외)

| NO.          | PART NO. | PART NAME | MAT'  | QTY | REMARK |
|--------------|----------|-----------|-------|-----|--------|
| 9            | A0000369 | PLATE     | SS400 | 4   | t12    |
| 8            | A0000368 | PLATE     | SS400 | 4   | t12    |
| 7            | A0000367 | BRACKET   |       | 2   |        |
| 6            | A0000366 | PLATE     | SS400 | 1   | t12    |
| 5            | A0000365 | PLATE     | SS400 | 1   | t12    |
| 4            | A0000364 | BOSS      | SM45C | 2   |        |
| 3            | A0000363 | BOSS      | SM45C | 2   |        |
| 2            | A0000362 | PLATE     | SS400 | 2   | t16    |
| 1            | A0000361 | PLATE     | SS400 | 1   | t16    |
| NO. PART NO. |          | PART NAME | MAT'  | QTY | REMARK |

|                     |          |          |        |
|---------------------|----------|----------|--------|
| APPROVAL            | DWG NAME |          | SCALE  |
| CHECK               | MATERIAL | DWG NO.  |        |
| DESIGN              | DATE     | WEIGHT   | SHEET  |
| HOUSING, ATTACHMENT |          |          | 1/8    |
|                     |          | A0000352 |        |
|                     |          | IG TECH  | A3     |
|                     |          | MODEL    | IMD150 |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

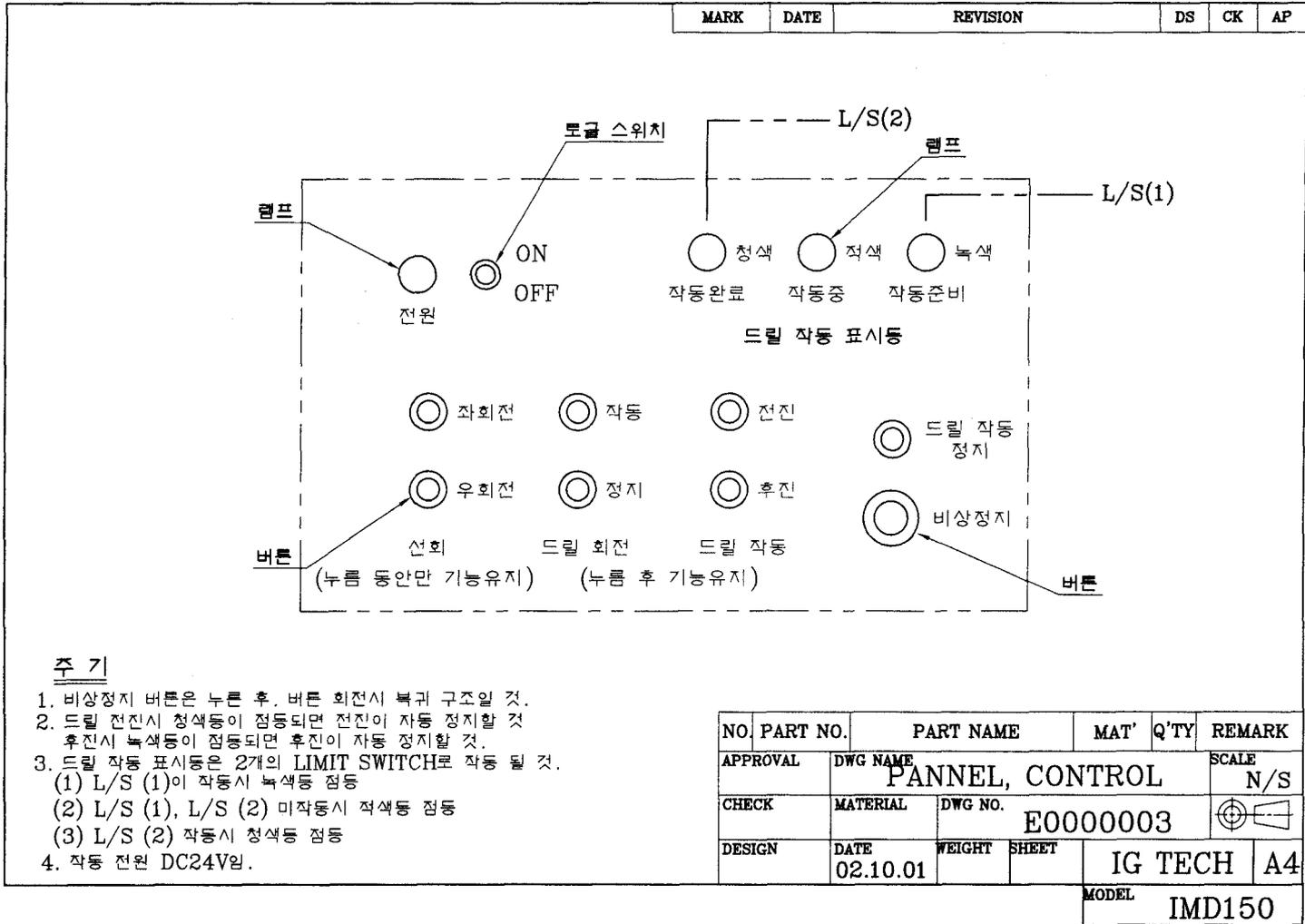


| *부 치수      |          |
|------------|----------|
| PART NO.   | SCREW 외경 |
| A0000358-1 | φ50      |
| A0000358-2 | φ100     |
| A0000358-3 | φ150     |

**주 기**

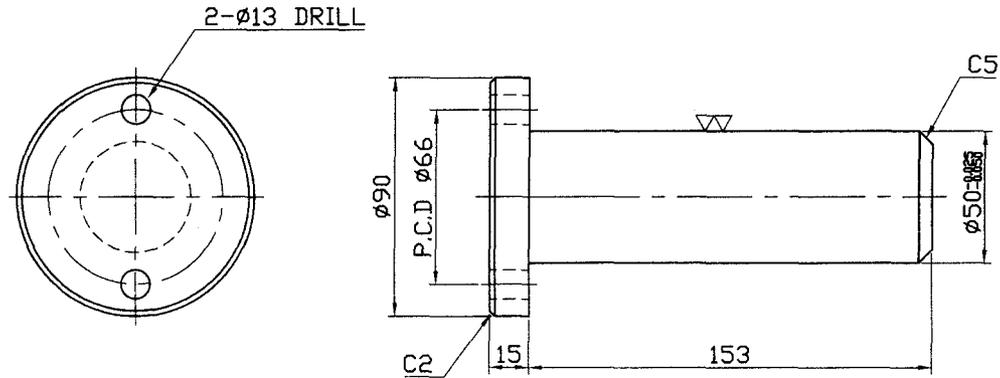
1. 날카로운 모서리 제거할 것.
2. 1번 부품 지시없는 모서리 C1, 라운드 R1
3. 1번 부품 소재 Q&T 처리할 것. 경도 HRC27~32
4. 2번 부품은 업체 사양에 준하여 제작할 것.

| 2        | -           | SCREW     |        | 1       |        |
|----------|-------------|-----------|--------|---------|--------|
| 1        | A0000385    | ADAPTER   | SCM435 | 1       |        |
| NO.      | PART NO.    | PART NAME | MAT'   | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME    |           | SCALE  |         |        |
|          | SCREW ASS'Y |           | 1/2    |         |        |
| CHECK    | MATERIAL    | DWG NO.   |        |         |        |
|          |             | A0000358  |        |         |        |
| DESIGN   | DATE        | WEIGHT    | SHEET  |         |        |
|          | 02.09.10    |           |        | IG TECH | A4     |
| MODEL    |             |           | IMD150 |         |        |



|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

▽ (▽▽)



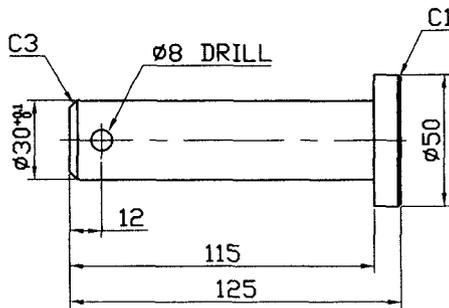
주 기

1. 날카로운 모서리 제거할 것.
2. Q&T 처리할 것. (HRC27-35)
3. 표면처리 : 아연도금(MF ZnI-C) 5~8 μm(천연색)

|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           |       | SCALE   |        |
|          | SHAFT    |           |       | 1/3     |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   |       |         |        |
|          | SCM435   | A0000354  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET |         |        |
|          | 02.09.10 |           |       | IG TECH | A4     |
|          |          |           |       | MODEL   | IMD150 |

| MARK  | DATE     | REVISION          | DS                  | CK    | AP           |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |
|---|----------|-------------------|---------------------|-------|--------------|-----|----------|-----------|------|------|--------|----------|--|----------|-----|--|--------------|-------|--|-------------------|---------------------|--|--|--------|--|------------------|--------|-------|--------------|-----------------|--|--|--|--|--|
| <u>t10</u>  |          |                   |                     |       |              |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |
|   |          |                   |                     |       |              |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">NO.</th> <th style="width: 15%;">PART NO.</th> <th style="width: 30%;">PART NAME</th> <th style="width: 5%;">MAT'</th> <th style="width: 5%;">Q'TY</th> <th style="width: 40%;">REMARK</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">APPROVAL</td> <td>DWG NAME</td> <td colspan="2">PAD</td> <td>SCALE<br/>1/1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CHECK</td> <td>MATERIAL<br/>MC801</td> <td colspan="2">DWG NO.<br/>A0000356</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">DESIGN</td> <td>DATE<br/>02.09.10</td> <td>WEIGHT</td> <td>SHEET</td> <td>IG TECH   A4</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: right;">MODEL<br/>IMD150</td> </tr> </tbody> </table> |          |                   |                     |       |              | NO. | PART NO. | PART NAME | MAT' | Q'TY | REMARK | APPROVAL |  | DWG NAME | PAD |  | SCALE<br>1/1 | CHECK |  | MATERIAL<br>MC801 | DWG NO.<br>A0000356 |  |  | DESIGN |  | DATE<br>02.09.10 | WEIGHT | SHEET | IG TECH   A4 | MODEL<br>IMD150 |  |  |  |  |  |
| NO.   | PART NO. | PART NAME         | MAT'                | Q'TY  | REMARK       |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |
| APPROVAL  |          | DWG NAME          | PAD                 |       | SCALE<br>1/1 |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |
| CHECK   |          | MATERIAL<br>MC801 | DWG NO.<br>A0000356 |       |              |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |
| DESIGN  |          | DATE<br>02.09.10  | WEIGHT              | SHEET | IG TECH   A4 |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |
| MODEL<br>IMD150   |          |                   |                     |       |              |     |          |           |      |      |        |          |  |          |     |  |              |       |  |                   |                     |  |  |        |  |                  |        |       |              |                 |  |  |  |  |  |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



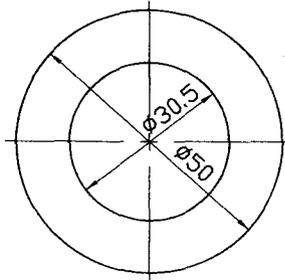
주 기

1. 날카로운 모서리 제거할 것.
2. Q&T 처리할 것. (HRC18-24)
3. 표면처리 : 아연도금(MF ZnII-C) 5~8 um(천연색)

|          |          |           |          |         |        |
|----------|----------|-----------|----------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'     | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           | PIN      |         | SCALE  |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   | A0000359 |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET    | IG TECH | A4     |
|          | 02.09.11 |           |          | MODEL   | IMD150 |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

t4.5



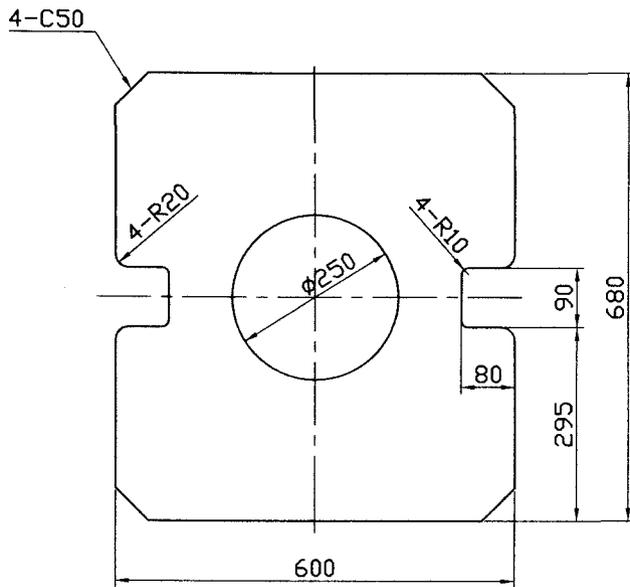
주 기

1. 적갈색 프라이머 하도할 것.

|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           | SCALE |         |        |
|          | WASHER   |           | 1/1   |         |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG No.   |       |         |        |
|          | SS400    | A0000360  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET |         |        |
|          | 02.09.11 |           |       | IG TECH | A4     |
|          |          |           | MODEL | IMD150  |        |

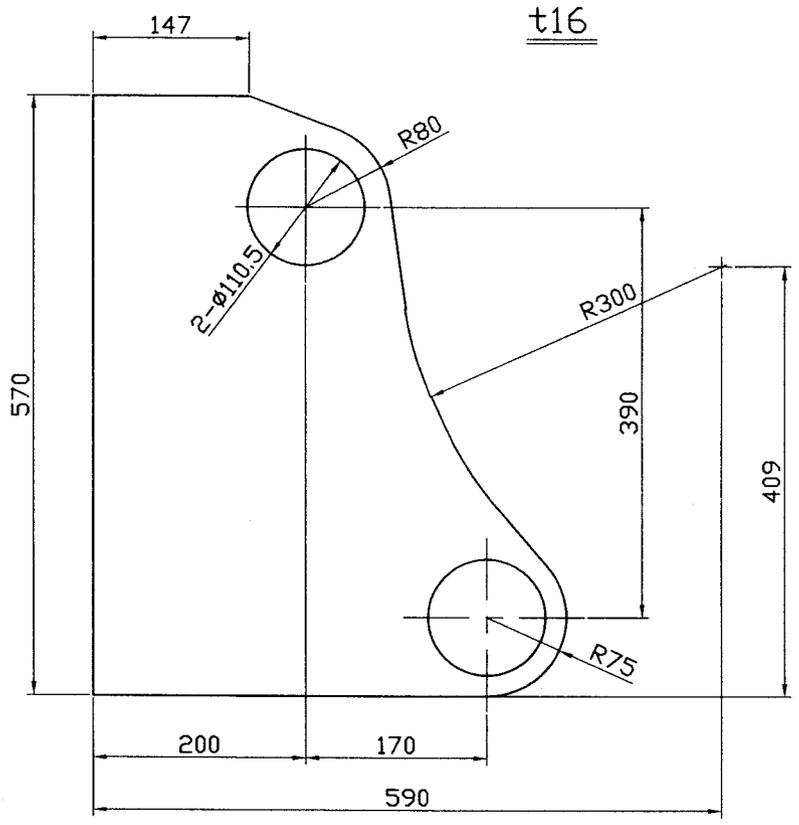
|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

t16



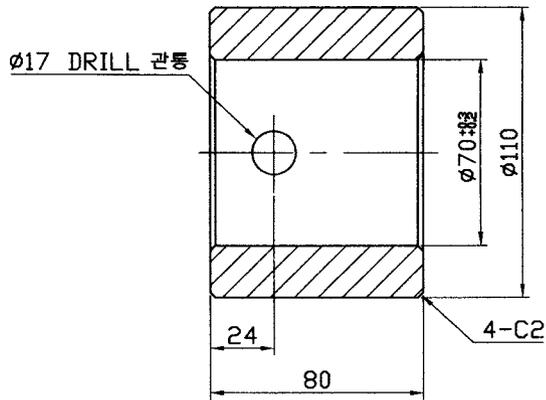
|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           | SCALE |         |        |
|          | PLATE    |           | 1/8   |         |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   |       |         |        |
|          | SS400    | A0000361  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET |         |        |
|          | 02.09.10 |           |       | IG TECH | A4     |
|          |          |           | MODEL | IMD150  |        |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



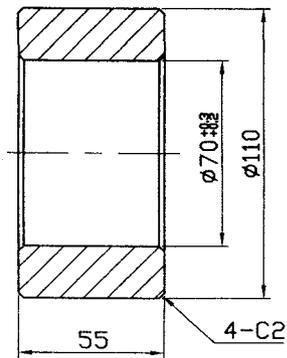
|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           |       | SCALE   |        |
|          | PLATE    |           |       | 1/5     |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG No.   |       |         |        |
|          | SS400    | A0000362  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET |         |        |
|          | 02.09.10 |           |       | IG TECH | A4     |
|          |          |           | MODEL | IMD150  |        |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



|          |          |           |          |         |        |
|----------|----------|-----------|----------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'     | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           | BOSS     |         | SCALE  |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   | A0000363 |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET    | IG TECH | A4     |
|          | 02.09.10 |           |          | MODEL   | IMD150 |

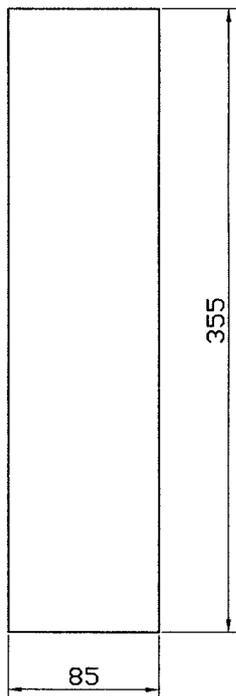
|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



|          |                   |           |          |         |              |
|----------|-------------------|-----------|----------|---------|--------------|
| NO.      | PART NO.          | PART NAME | MAT'     | Q'TY    | REMARK       |
| APPROVAL | DWG NAME          |           | BOSS     |         | SCALE<br>1/2 |
| CHECK    | MATERIAL<br>SM45C | DWG NO.   | A0000364 |         |              |
| DESIGN   | DATE<br>02.09.10  | WEIGHT    | SHEET    | IG TECH | A4           |
|          |                   |           |          | MODEL   | IMD150       |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

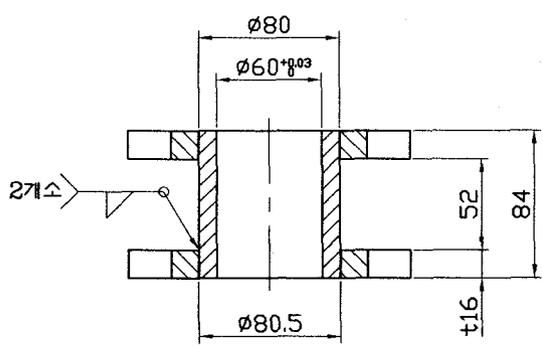
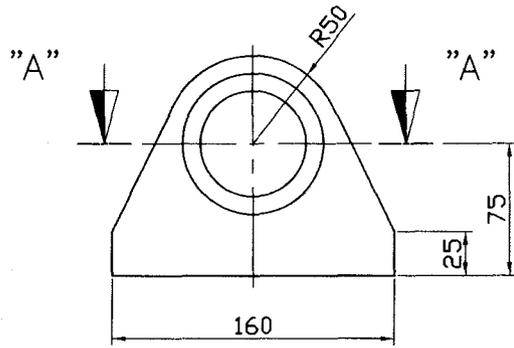
t12



|          |                   |                     |       |         |              |
|----------|-------------------|---------------------|-------|---------|--------------|
| NO.      | PART NO.          | PART NAME           | MAT'  | Q'TY    | REMARK       |
| APPROVAL | DWG NAME          | PLATE               |       |         | SCALE<br>1/3 |
| CHECK    | MATERIAL<br>SS400 | DWG NO.<br>A0000365 |       |         |              |
| DESIGN   | DATE<br>02.09.10  | WEIGHT              | SHEET | IG TECH | A4           |
|          |                   |                     |       | MODEL   | IMD150       |

| MARK       | DATE | REVISION | DS | CK        | AP    |           |      |        |
|------------|------|----------|----|-----------|-------|-----------|------|--------|
| <u>t12</u> |      |          |    |           |       |           |      |        |
|            |      |          |    |           |       |           |      |        |
| NO.        |      | PART NO. |    | PART NAME |       | MAT'      | Q'TY | REMARK |
| APPROVAL   |      | DWG NAME |    | PLATE     |       | SCALE 1/3 |      |        |
| CHECK      |      | MATERIAL |    | DWG NO.   |       |           |      |        |
|            |      | SS400    |    | A0000366  |       |           |      |        |
| DESIGN     |      | DATE     |    | WEIGHT    | SHEET | IG TECH   |      | A4     |
|            |      | 02.09.10 |    |           |       | MODEL     |      | IMD150 |

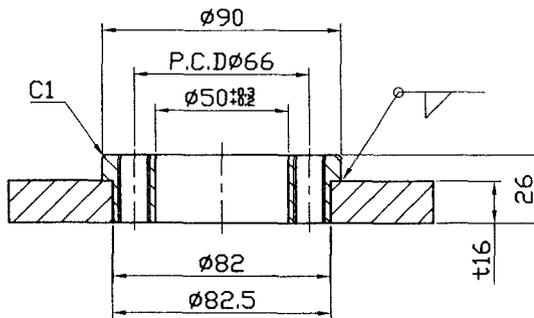
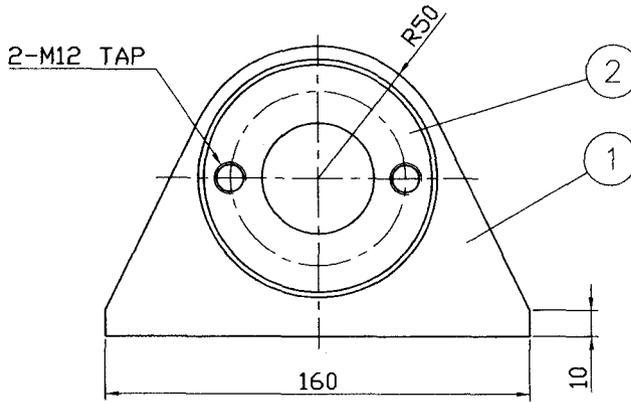
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|
|------|------|----------|----|----|----|



Section A-A'

|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| 2        | A0000371 | BOSS      | SM45C | 1       |        |
| 1        | A0000370 | PLATE     | SS400 | 2       | t16    |
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           |       | SCALE   |        |
|          | BRACKET  |           |       | 1/3     |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   |       |         |        |
|          |          | A0000367  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET | IG TECH | A4     |
|          | 02.09.10 |           |       |         |        |
| MODEL    |          |           |       |         |        |

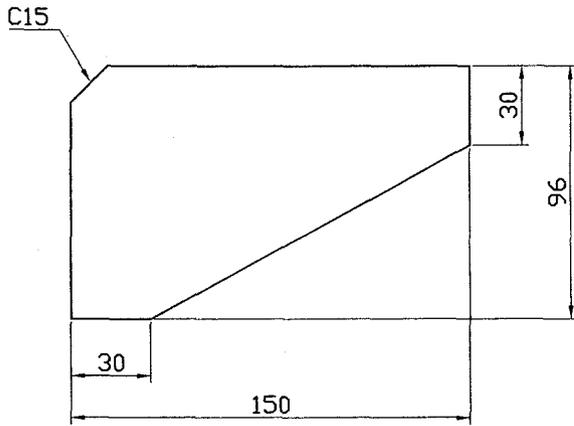
|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



|          |          |           |          |         |        |
|----------|----------|-----------|----------|---------|--------|
| 2        | A0000379 | BOSS      | SM45C    | 1       |        |
| 1        | A0000378 | PLATE     | SS400    | 1       | t16    |
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'     | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           |          | SCALE   |        |
|          | BRACKET  |           |          | 1/2     |        |
| CHECK    |          | DWG NO.   | A0000375 |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET    |         |        |
|          | 02.09.10 |           |          | IG TECH | A4     |
|          |          |           |          | MODEL   |        |
|          |          |           |          | IMD150  |        |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

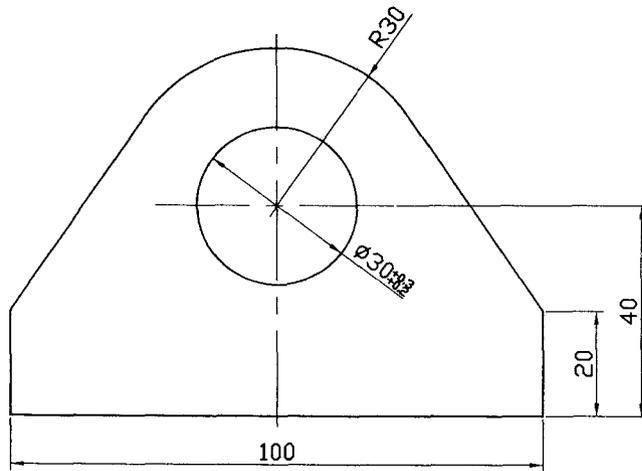
t12



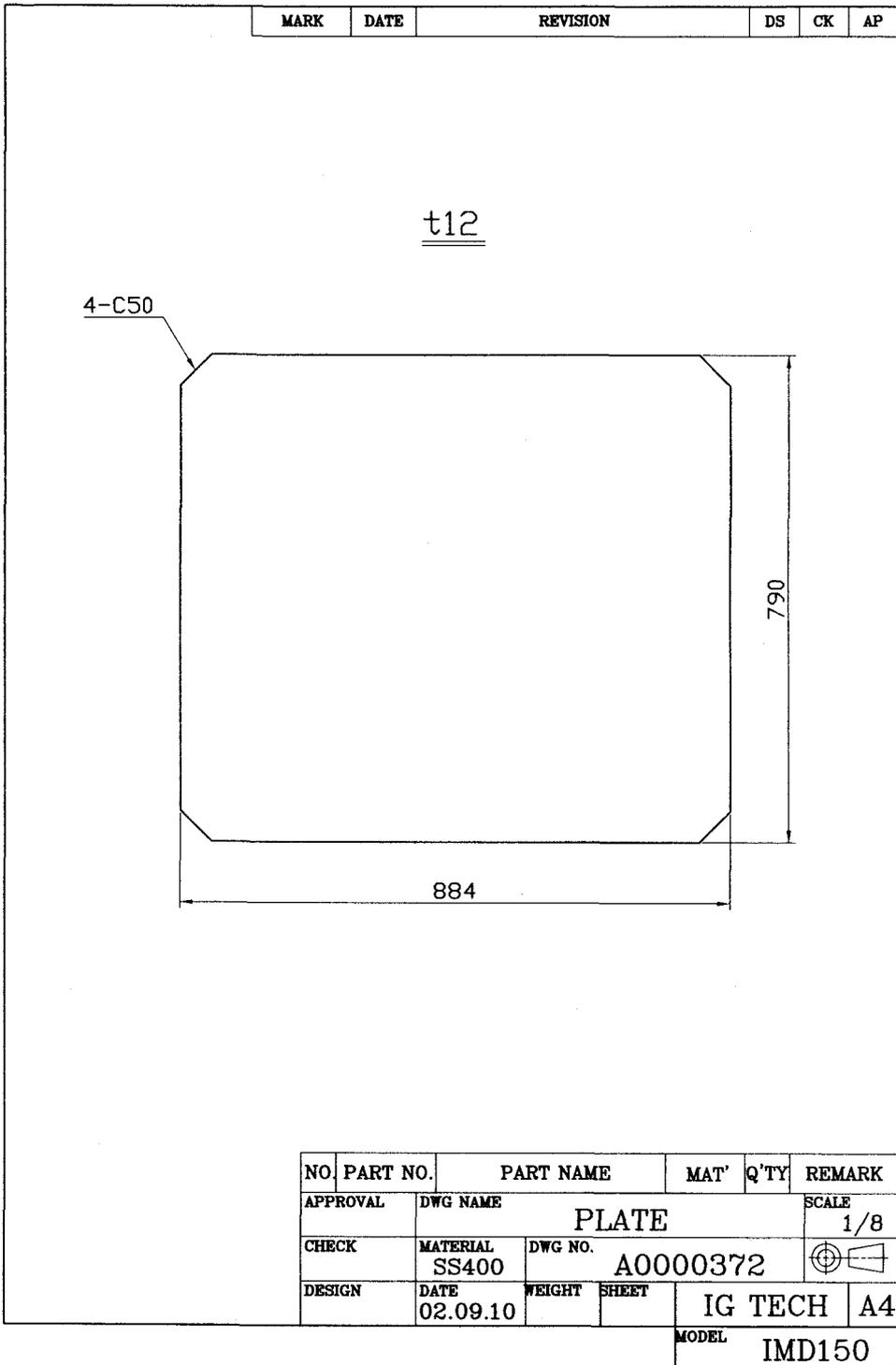
| NO.      | PART NO.          | PART NAME           | MAT'  | Q'TY    | REMARK       |
|----------|-------------------|---------------------|-------|---------|--------------|
| APPROVAL | DWG NAME          | PLATE               |       |         | SCALE<br>1/2 |
| CHECK    | MATERIAL<br>SS400 | DWG NO.<br>A0000368 |       |         |              |
| DESIGN   | DATE<br>02.09.10  | WEIGHT              | SHEET | IG TECH | A4           |
| MODEL    |                   |                     |       | IMD150  |              |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

t12

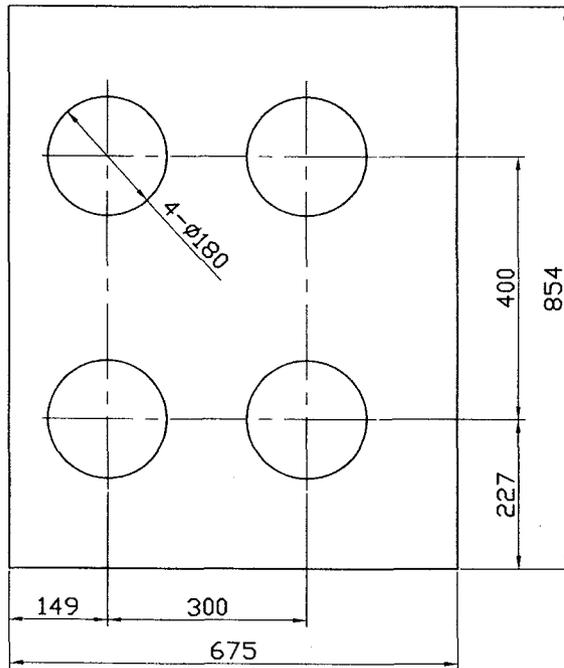


| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'     | Q'TY    | REMARK       |
|----------|----------|-----------|----------|---------|--------------|
| APPROVAL | DWG NAME |           | PLATE    |         | SCALE<br>1/1 |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   | A0000369 |         |              |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET    | IG TECH | A4           |
|          | 02.09.10 |           |          | MODEL   | IMD150       |



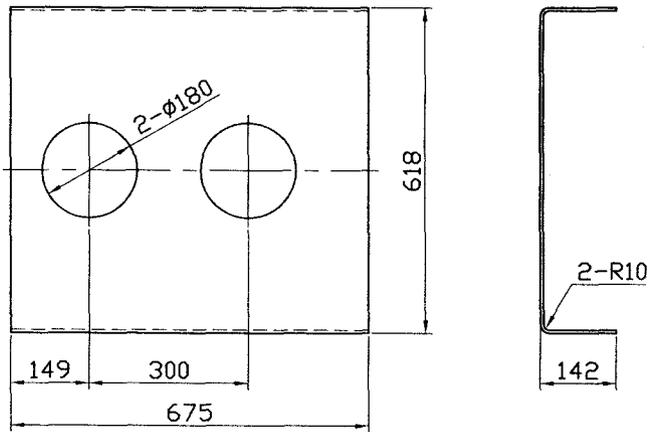
|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

t6



|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           | SCALE |         |        |
|          | PLATE    |           | 1/8   |         |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   |       |         |        |
|          | SS400    | A0000373  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET |         |        |
|          | 02.09.10 |           |       | IG TECH | A4     |
|          |          |           | MODEL | IMD150  |        |

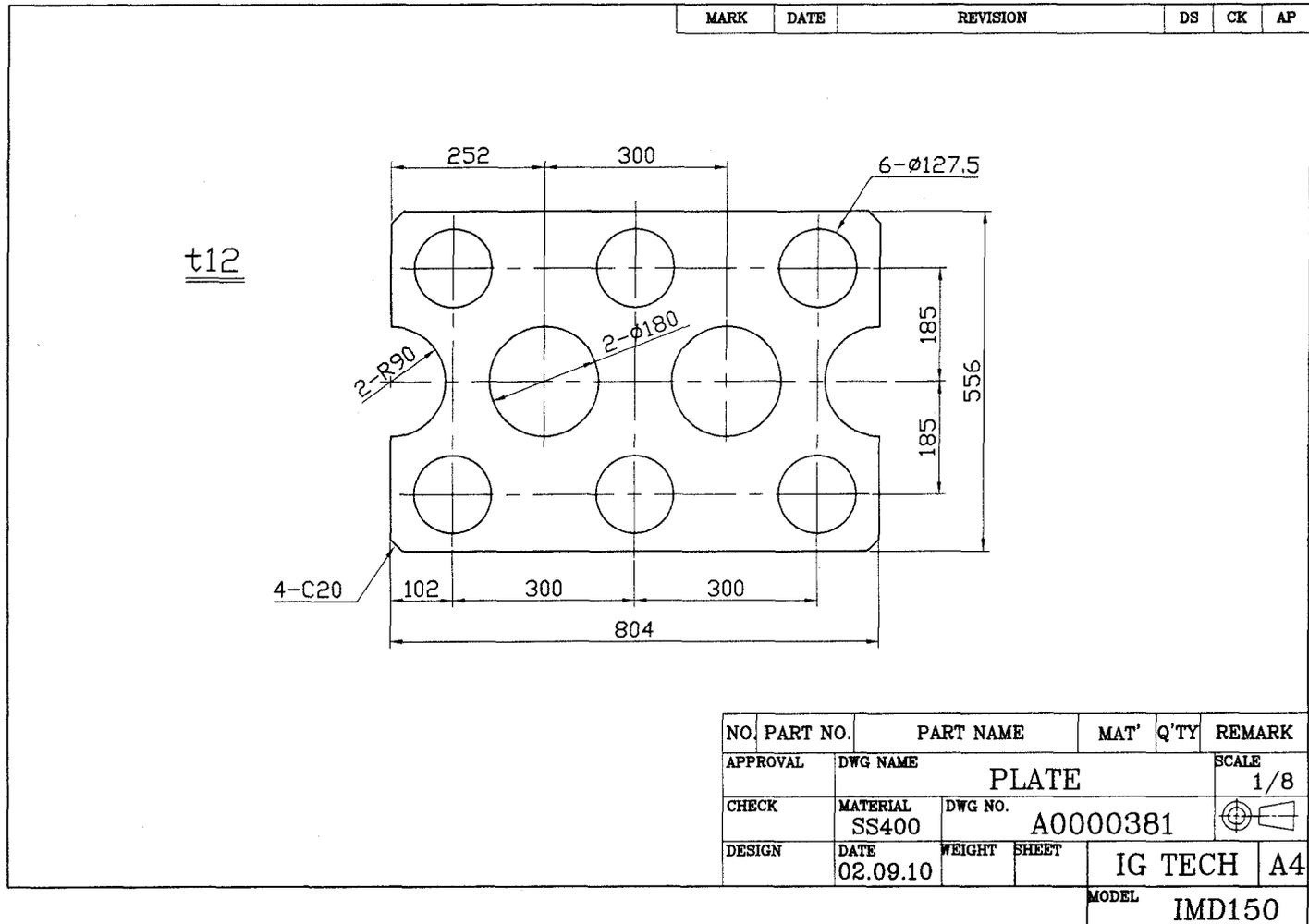
|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



|          |             |           |       |         |        |
|----------|-------------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO.    | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME    |           | SCALE |         |        |
|          | PLATE, SIDE |           | 1/10  |         |        |
| CHECK    | MATERIAL    | DWG NO.   |       |         |        |
|          | SS400       | A0000374  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE        | WEIGHT    | SHEET |         |        |
|          | 02.09.10    |           |       | IG TECH | A4     |
| MODEL    |             |           |       | IMD150  |        |

| MARK         | DATE | REVISION    | DS       | CK    | AP              |        |
|--------------|------|-------------|----------|-------|-----------------|--------|
|              |      |             |          |       |                 |        |
| NO. PART NO. |      | PART NAME   |          | MAT'  | Q'TY            | REMARK |
| APPROVAL     |      | DWG NAME    |          | SCALE |                 |        |
|              |      | PLATE, SIDE |          | 1/8   |                 |        |
| CHECK        |      | MATERIAL    | DWG NO.  |       |                 |        |
|              |      | SS400       | A0000380 |       |                 |        |
| DESIGN       |      | DATE        | WEIGHT   | SHEET | IG TECH   A4    |        |
|              |      | 02.09.10    |          |       | MODEL<br>IMD150 |        |

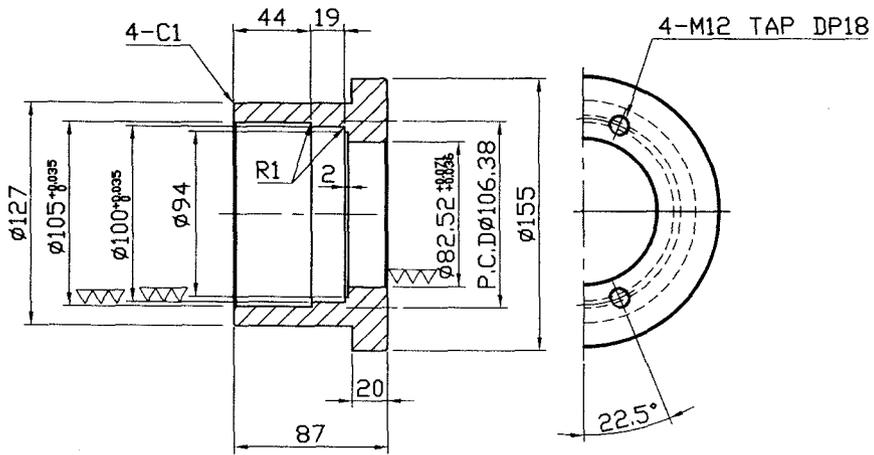
| MARK      | DATE | REVISION | DS      | CK        | AP       |      |        |        |
|-----------|------|----------|---------|-----------|----------|------|--------|--------|
| <u>t6</u> |      |          |         |           |          |      |        |        |
|           |      |          |         |           |          |      |        |        |
| NO.       |      | PART NO. |         | PART NAME |          | MAT' | Q'TY   | REMARK |
| APPROVAL  |      | DWG NAME |         |           | PLATE    |      | SCALE  |        |
| CHECK     |      | MATERIAL | DWG NO. |           | A0000379 |      |        |        |
| DESIGN    |      | DATE     | WEIGHT  | SHEET     | IG TECH  |      | A4     |        |
|           |      | 02.09.10 |         |           |          |      | MODEL  |        |
|           |      |          |         |           |          |      | IMD150 |        |



|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           |       | SCALE   |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET |         |        |
|          |          |           |       | IG TECH | A4     |
|          |          |           |       | MODEL   | IMD150 |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

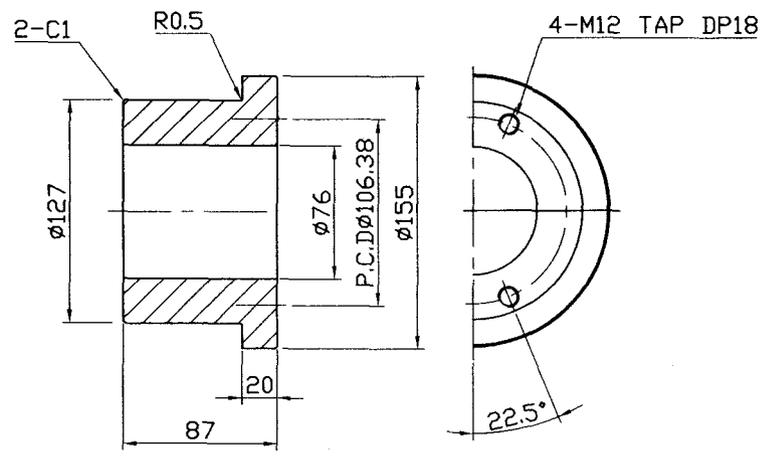
▽(▽▽▽)



| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'     | Q'TY    | REMARK |
|----------|----------|-----------|----------|---------|--------|
| APPROVAL | DWG NAME |           | BOSS     |         | SCALE  |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   | A0000382 |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET    | IG TECH | A4     |
|          | 02.09.10 |           |          | MODEL   | IMD150 |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

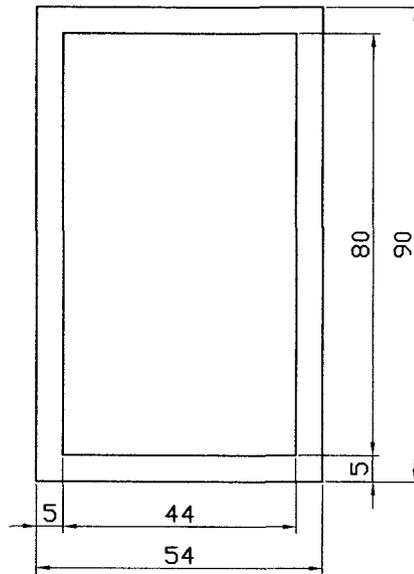
▽(▽▽▽)



|          |          |           |       |         |           |
|----------|----------|-----------|-------|---------|-----------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK    |
| APPROVAL | DWG NAME | BOSS      |       |         | SCALE 1/3 |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   |       |         |           |
| DESIGN   | SM45C    | A0000382  |       |         |           |
|          | DATE     | WEIGHT    | SHEET | IG TECH | A4        |
|          | 02.09.10 |           |       | MODEL   | IMD150    |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

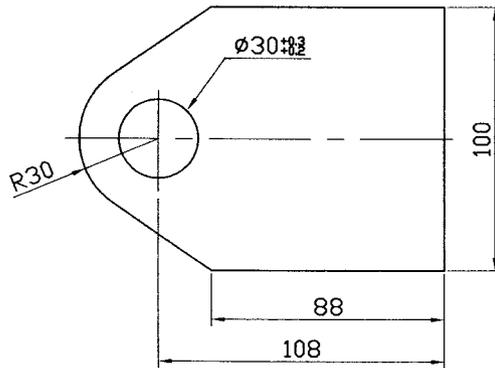
t4.5



|          |          |           |          |         |        |
|----------|----------|-----------|----------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'     | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           | PLATE    |         | SCALE  |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   | A0000383 |         | 1/1    |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET    | IG TECH | A4     |
|          | 02.09.10 |           |          | MODEL   | IMD150 |

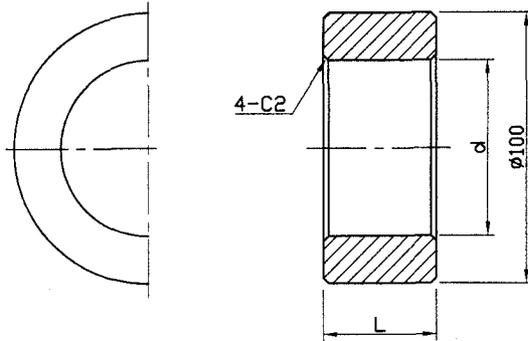
|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|

t12



|          |          |           |       |         |        |
|----------|----------|-----------|-------|---------|--------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY    | REMARK |
| APPROVAL | DWG NAME |           |       | SCALE   |        |
|          | PLATE    |           |       | 1/2     |        |
| CHECK    | MATERIAL | DWG NO.   |       |         |        |
|          | SS400    | A0000384  |       |         |        |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET | IG TECH | A4     |
|          | 02.09.11 |           |       | MODEL   | IMD150 |

|      |      |          |    |    |    |
|------|------|----------|----|----|----|
| MARK | DATE | REVISION | DS | CK | AP |
|------|------|----------|----|----|----|



| d     | 길이(L) | 수량 | 붙삭기 기종  |
|-------|-------|----|---|
| φ50.5 | 40    | 2  | S120W, S130W  |
| φ65.5 | 26    | 4  | S130-2, S130W-3, EX120W, HE130W, S130LC-III, R1300LC, 1300W, HX60W, S130W-V |
| φ65.5 | 20    | 4  | MX135W  |

주 기

- 본 도면은 붙삭기 암쪽과 ATTACHMENT 쪽을 보정하기 위한 SPACER임.
- 날카로운 부위제거 할 것.

|          |          |           |       |       |         |
|----------|----------|-----------|-------|-------|---------|
| NO.      | PART NO. | PART NAME | MAT'  | Q'TY  | REMARK  |
| APPROVAL | DWG NAME |           |       | SCALE | N/S     |
| CHECK    | MATERIAL |           |       |       |         |
| DESIGN   | DATE     | WEIGHT    | SHEET |       | IG TECH |
|          | 02.09.10 |           |       | MODEL | IMD150  |