

사면 녹화 공사용 자생 목본식생의 파종 적기에 관한 연구

김 남 춘

단국대학교 식물자원학부

A Study on the Seeding Timing of Native Woody Plants for the Slope Revegetation Works

Kim, Nam-Choon

Division of Plant Resources, Dankook University

ABSTRACT

This study was conducted to find out the hydroseeding timing of woody plants. Five native plants were used for this experiment and were seeded on the cut slopes by hands in April, May, June, September and October. In order to identify the best seeding time, germination percentage, ground cover rate and plant height were investigated. There was a difference in germination percentage and ground cover rate depending on the seeding time. The results are summerized as follows :

1. Characteristics of germination : Seeding was best carried out in spring(May, June) or autumn(September). In spring, *Lespedeza cyrtobotrya* shows quick germination and rapid growing which can be compared with herbaceous plants using in the hydroseeding. As for *Pinus thunbergii*, there was little difference in germination according to different seeding timing. But *Evodia daniellii*, *Parthenocissus tricuspidata* and *Alnus hirsuta* seem to need seed treatments to improve the seed germination.

2. Ground cover rate : The most rapid growing plant is *Lespedeza cyrtobotrya* and the next is *Amorpha fruticosa*. The other plants show extreamly low ground cover rate, so they seem to be surpressed by herbaceous plants which will be mixed for erosion control.

3. Plant height : On 8 weeks later after seeding, the *Lespedeza cyrtobotrya* which was seeded in June recorded 17.1cm plant height. It will be enough height to

compete with herbaceous plants. As the *Parthenocissus tricuspidata* seeded in May shows 27cm plant length, it can be used more frequently on seeding works if the seed germination were improved. In sum, seeding is best carried out in May. When deciding seeding rate for the purpose of hydroseeding, it will be necessary to adjust the woody plant's germination percentage according to seeding timing.

I. 서론

절성토 사면들은 평탄지와의 경계 부위에서 생겨나 강하고 이질적인 경관을 연출하며, 그대로 방치되면 침식 및 붕괴 현상을 수반한다.^{7,16)} 이러한 침식 및 붕괴 현상을 방지하고 경관미를 회복하기 위해서는 식생으로 사면을 녹화시켜야 하며,^{2,8,9)} 사면의 토질과 크기, 사면향 등의 형상요인과 기후 및 환경요인 등을 검토하여 적합한 식생형과 녹화공법을 결정하여야 한다.^{10,12)}

현재 각종 건설공사로 인해 조성되는 대규모 절토 사면들은, 여러 개의 소단으로 수평으로 나뉘어진, 직선이 강한 형태로 조성되기 때문에 정형적이고 비자연적으로 느껴지며, 주변 지역에 미치는 경관적인 영향이 매우 크다. 대부분 이들은 급경사 사면들이며, 사면 일부는 암반노출지여서 인력에 의한 녹화가 어려우며, 대부분 기계에 의한 분사파종공법이 사용되고 있다. 분사파종공법은 공사비가 저렴하며, 비교적 쉽게 공사를 할 수 있어 많이 사용되고 있는데 초기조성속도가 빠른 외래도입초종 위주의 식생형을 조성하여 왔다. 그러나 초본류만으로는 대규모 인공절취사면의 인공성과 비자연성을 극복하기가 어려워 주변환경과의 조화나 경관의 일치를 쉽게 얻기 위해 목본의 적극적 이용이 요구되고 있다. 목본류는 자연적 침입으로 조성될 수도 있겠으나 절취사면의 규모가 커질수록 2차 식생의 침입이 늦게 진행되는 특성이 있어 자연적인 힘에만 의존하기가 어려운 경우가 많다.^{1,10)} 목본을 소단상에 인위적인 방법으로 열식하는 방법이 사용될 수 있으나 자칫 정형성을 더욱 강조하는 결과가

되기 쉬우며, 주변환경과 자연스러운 모습으로 일치되기 위해서는 사면 전반부에 걸쳐 자연스럽게 자라는, 비대칭 균형미를 느낄 수 있는 목본류의 조성이 요망된다.

목본류는 훼손된 사면의 경관미를 향상시키며,²⁵⁾ 뿌리를 땅속으로 깊이 내려 토양과의 결속력을 증대시켜 토양의 전단강도를 높임으로써 사면의 안정성을 높이는 역할을 한다.^{3,28)} 목본류의 종자파종은 인력에 의한 수목식재가 곤란하고, 2차 식생의 자연 침입과 활착이 불가능한 급경사 무토양 암반노출지역을 녹화할 때 주로 이용되며,^{2,32)} 비료, 인공토양재, 보습재, 각종 양분공급 보조재 및 목본과 초본류 종자 등을 혼합하고 기계로 사면에 부착시키는 녹화공법에 주로 활용되고 있다.³¹⁾ 이 기술은 사면에 요철부가 많거나 틈이 많아 목본의 뿌리가 정착할 가능성이 많은 곳에서 좋은 시공 결과를 얻고 있다.^{5,14)} 대체로 목본류는 초본류에 비해 침식방지 능력이 뒤지기 때문에 조성 초기의 침식 현상을 억제하기 위해서는 초본류와의 혼파가 필요하다.^{24,25)} 그러나 목본류는 초기 생장이 느린 특성이 있으므로 파종 직후에 초본으로 인해 피압되지 않도록 하여야 한다. 가급적 혼파할 초본류는 생육속도가 느리면서 잎이 가늘고 구부러지는 특성이 있는 것일수록 더욱 효과적이며, 목본류도 천이 단계상 개척수종에 속하거나 척박한 곳에서 잘 자랄 수 있는 향토수종일수록 생존할 가능성이 높다.²⁵⁾

현재 사면녹화에 자주 사용되는 목본류는 싸리류로 한정되어 있어⁵⁾ 내건성과 내한성, 내척성, 내침식성 등이 우수하면서²³⁾ 경관미를 높이고 야생동물의 보호에 기여하며, 종자 구

입이 쉽고 발아력과 발아세가 우수하고 근의 발달이 왕성하며, 향토식생이어서 주변경관과의 조화가 용이한 목본류의 개발이 요구되고 있다.^{5,23)} 또한, 파종시기의 영향을 덜 받으면 시공시기의 제약을 적게 받을 수 있으므로 파종적기의 폭이 넓은 사면녹화용 식생의 개발이 절실히 요망된다.²²⁾

기존 사면녹화공사의 주식생인 초본류는 목본류 보다 발아율이 높고, 종자구입이 용이하며, 종자구입 가격이 저렴하면서 초기 조성속도가 빠른 장점이 있다. 그러나, 자생초본류는 파종시기의 제한을 많이 받아 공사시기가 봄철로 국한되는 경향이 있으며,⁵⁾ 외래도입초본류는 여름철에 황변하는 문제점이 지적되고 있다.¹⁾ 또한, 생태적으로 중요한 지역에서는 생물종 다양성을 보전하기 위해 외래도입종의 사용이 금지될 수도 있으며, 외래침입종들이 기존 생태계에 미치는 부정적인 영향들에 대한 연구들이 많이 발표되고 있어^{26,29)} 자생식생을 활용한 복구공법의 개발에 대한 연구들이 시급히 요청되고 있다.³⁰⁾

사면 녹화 공사시 자생 목본을 활용하고자 하는 것은 사면의 안정을 얻는 효과와 더불어 생태적으로 건강한 식생형을 조성함으로써 경관미를 초기에 회복하고 자연스런 식생천이를 유도하고자 하는 데에 또 다른 목적이 있다.⁵⁾ 식생천이는 조성 초기의 개척식물의 역할에 따라 다른 양상으로 전개되므로 초기 개척 식물의 선정에 각별한 주의가 요구된다. 천이의 발전 양상은^{4,27)} 첫째, 1차 천이에서 개척 식물들이 뒤이어 침입하는 식물들의 정착을 용이하게 해주는 상태로써 이러한 원리를 촉진조절모형(Facilitation Model)이라 부르며, 가장 이상적인 개척 식물의 역할을 보여 준다. 콩과 식물들이 질소고정능력으로 토양을 개량하여 뒤에 침입하는 식물들의 활착과 생육을 돕는 것이 대표적 예일 것이다.¹³⁾

둘째는 억제조절 모형(Inhibition Model)으로써 개척식물이 다른 식물의 침입이나 성장을 촉진하기 보다는 방해하는 형태로써 새로운 식물의 침입은 초기 정착식물이 죽거나 피해를

당한 이후에만 가능해지는 형태이다. 극단적인 형태로써 개척식물이 비개척식물 보다 생존 기간이 길 경우에는 심각한 문제를 일으킨다. 이외에도 다른 군집에서 행해진 2차 천이의 연구는 개척 식물들이 어떤 경우 비개척식물을 돕지도 방해하지도 않는다고 제창되고 있는데, 이것에 근거한 이론이 내성조절모형(Tolerance Model) 이론이다. 즉, 개척식물과 비개척식물간의 성장률과 경쟁능력 차이로 인해 천이가 일어나는데 개척자는 초기에 빨리 성장하여 천이의 초기를 차지하나 아주 효과적으로 자원을 이용하는 비개척자에 의해 재배치된다는 이론이다.

사면녹화공사는 이러한 천이의 양상 중에서 촉진조절 모형을 따르는 형태이거나 내성조절 모형의 형태가 되도록 하여야 한다. 지금 까지 국내에서 가장 많이 사용된 외래초종인 Weeping lovegrass와 Tall fescue는 잔존율이 매우 높은 것으로 조사되었으며,^{11,20)} 만약 과다 파종되면 이들만으로 사면이 우점되어 다른 식물의 침입여지가 없어지게 될 것이다. 즉, 초기식물인 이들이 죽거나 피해를 입기까지는 식생의 자연천이를 기대할 수 없으므로 이들 외래도입초종에서 느껴지는 이질적인 경관을 개선하기 어렵게 된다.¹⁸⁾ 따라서 훼손된 사면의 초기 개척 식물인 녹화식생을 결정하고, 이들의 파종량과 식생배합을 결정할 때에 식생천이에 대한 신중한 검토가 있어야 하겠다.

지금 까지 자생초목본 종자들의 활용과 관련된 국내외 연구들에 의하면 참싸리와 새, 비수리 등의 활용가능성이 입증되었고^{1,12,14,15)} 여러 목본들이 문헌으로^{6,17,19,21)} 소개되고 있으나 녹화공사에 필요한 구체적인 자료들이 부족한 상태이다. 즉, 이들 목본식생들의 종자 수급 및 보관, 발아율, 파종 적기, 파종량, 종자 배합설계기준 등에 대한 자세한 정보가 부족하며, 다른 식생과 혼파시의 상호 경쟁의 결과에 대한 연구도 부족하여 파종후 수년뒤의 식생형에 대한 예측이 불가능함에 따라 종자배합설계 및 파종량 결정에 어려움

을 겪고 있다.

사면녹화공사는 대부분 토목준공일에 맞추어 이루어지는 것이 일반적이므로 선정된 녹화식생의 파종 적기에 공사를 못하는 경우가 많다.⁷⁾ 파종 부적기에 공사를 하게 되면 파종량을 늘리게 되며 다양한 식생활용에 많은 제약이 있게 된다. 따라서 자생 식생들의 파종 적기와 생육특성들에 대한 정확한 정보는 이들의 활용에 큰 기여를 할 것이다. 본 연구는 이러한 국내 여건을 감안하여 국내 사면 녹화공사시 활용 가능성이 높으며, 천이단계상 개척식물의 역할을 충분히 할 수 있다고 생각되는 목본 식생을 연구 소재로 하여 이들의 파종 적기와 생육특성을 밝힘으로써 이들의 적극적 활용에 필요한 구체적 정보를 제공하는데 연구 목적을 두었으며, 본 연구 결과는 종자 배합설계와 파종량 결정의 기초 자료로도 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 척박지에서 생육이 가능하며, 축진조절모형이나 내성조절모형에 적합하여 자연적 천이를 방해하지 않을 수종을 연구대상으로 선정하고자 하였다. 이에 따라 곰솔, 쉬나무, 담쟁이는 내건성이 우수한 장점이 있고, 이후에 침입하는 이차식생의 생육을 저해하지 않을 것으로 생각되어 선발하였고, 참싸리, 산오리, 쪽제비 싸리는 콩과식물이므로 척박한 토양을 개량하여 서서히 침입하는 식물들에게 유리한 토양조건을 제공할 것으로 생각되어 선택하였다. 선발된 6가지 목본들의 파종 적기를 밝히고자 파종시기별로 발아율과 피복율, 수고 등의 생육 특성을 조사하였다. 실험은 1995년 당년에 하였고, 천안시 소재 두산개발 소유의 농장에서 포장 실험을, 단국 대학교 실험실에서 발아율 실험을 하였다. 조사된 자료는 SAS통계 프로그램으로 분석하였다.

1. 주요 식생의 발아율 조사

식생별 발아율은 실험실과 포장에서 조사되었다. 실험실에서는 인공 발아상의 일정 온도(30℃)하에서 30립씩 5반복 조사하였고, 동일 실험을 3반복 하였다. 조사는 치상후 3주후까지 발아된 것으로 하였고, 실험실에서 조사된 결과는 포장실험의 파종량 계산시 활용되었다.

사면녹화용으로 유통될 예정인 구입 목본 종자들 중에서 곰솔과 담쟁이, 쉬나무는 발아상에서의 발아율이 매우 낮아 발아전 처리를 하여 발아율을 개선하고자 하였다. 쉬나무 종자는 약황산에 30분간 담근 후 락스로 닦아낸 다음 파종하였고, 곰솔과 담쟁이종자는 GA 4/7용액에 2시간 침수처리후 파종하였으며, 참싸리 종자는 박피한 다음 열탕 처리 후 파종하였다.

노지 발아율은 1m×1m 규모의 실험구내에서 10cm×10cm 크기의 조사틀을 활용하여 10반복 조사하였다.

2. 포장실험구의 조성 및 조사

본 실험은 식생별 파종 적기를 파악하는 것이 목적이므로 경사면에 1㎡ 크기로 파종시기에 따라 별도의 식생별 단파구를 조성한 다음 생육상태를 2달간 조사하고 그 결과를 비교분석하여 식생별 파종 적기를 파악하고자 하였다. 이에 따라 파종을 4월, 5월, 6월, 9월, 10월에 각각 하였고, 파종후 2달간 실험구를 유지하면서 초장과 분얼경, 피복율 등을 조사하였고, 2달이 경과되어 더 이상 조사가 이루어지지 않는 실험구는 제거한 다음 본실험에 재사용하였다. 결과적으로 초본류와 혼파한 실험구를 조성하지 않았기 때문에 초본류와 목본류의 경쟁관계나 목본류의 초기생육에 유리한 조건이 될 수도 있는 초본류에 의한 피음 효과 등은 본 연구로 밝힐 수 없었다. 이에 대한 실험은 다른 실험으로 진행되고 있으며, 아직까지 조사를 마무리하지 않고 있다.

실험구를 배치하기 위해 사면장 2m, 사면길이 20m 크기의 절취 토사비탈면들을 나란히 조성하였으며, 1m×1m 규모의 단파실험구를 3반복으로 완전임의배치 하였다. 파종은 인력으로 하였고, 파종시 지효성비료를 10g/m²량으로 시비하였다. 먼저 종자를 실험구에 골고루 산파한 후 흙에 약간 묻히도록 하였고, 화이바를 0.5cm 두께로 피복한 후 그 위에 천연섬유 네트로 멀칭하였다. 파종 후 1주간은 인위적 관수를 하였고, 2주후에 멀칭을 제거하였다.

4월, 5월, 6월, 9월, 10월에 각각 파종한 다음 2주, 4주, 6주, 8주가 경과되는 때에 피복율과 수고, 분얼경수 등을 각각 조사하였다. 피복율은 각 실험구를 slide 촬영한후 실험실에서 모눈종이에 비추어 그 면적을 계산하는 것으로 하였다. 분얼경수와 수고는 10cm×10cm 크기의 조사틀을 활용하여 조사하였는데 10반복 조사를 하였다.

아래 표는 파종량 계산에 사용된 식생별 발아율과 순도, g당 입수, 예상성립본수 등을 나타내는 표이다.

<표 1> 식생별 1m²당 소요 파종량

식 생 명	예상성립본수(본/m ²)	발아율(%)	순도(%)	1g당립수	파종량(g/m ²)
곰 솔	500	60.0	97.0	85	10.1
담쟁이	500	50.0	96.6	40	25.9
산오리	500	60.0	98.0	750	1.3
쉬나무	500	70.0	96.6	95	7.8
쪽제비싸리	500	20.0	99.9	100	25.0
참싸리	500	60.0	99.0	150	5.6

Ⅲ. 연구 결과 및 고찰

1. 식생별 발아율

조사된 식생별 발아율은 다음 표2와 같다. 실험실에서 낮은 발아율을 보였던 쪽제비싸리는 포장에서 높은 발아율을 나타내어 대조적인 결과를 보였다. 참싸리의 발아율도 매우 높게 나타났으며 봄철이 여름철과 가을철 보다 참싸

리의 파종에 유리한 시기로 보인다. 곰솔의 포장발아율도 높은 편이었으며 파종시기의 영향은 다른 목본들 보다 적게 받는 것으로 나타났다. 곰솔과 싸리류는 예상성립본수인 500본/1m²을 훨씬 상회하여 발아가 이루어진 경우도 있었으므로 파종량 계산시 파종시기별로 다른 발아율을 적용해야 할 것으로 생각된다. 담쟁이는 매우 낮은 발아율을 보였고, 쉬나무는 5월, 6월, 7월 파종시 포장 발아율이 30% 이상으로 나타나 종자파종의 가능성을 보였다. 산오리나무는 9월 파종시 높게 나타났고, 다른 시기에는 매우 저조한 발아율을 보였다.

<표 2> 식생별 포장발아율

(단위 : %)

식 생 명	4월파종	5월파종	6월파종	9월파종	10월파종
곰 솔*	62.0	72.0	47.3	104.6	83.3
담쟁이	1.9	3.2	10.0	1.3	0.0
산오리	38.0	23.3	10.7	62.0	13.3
쉬나무	0.0	38.0	42.7	32.6	11.3
쪽제비싸리	147.8	108.0	78.7	136.0	88.0
참싸리	118.7	122.0	78.0	79.2	60.0

* 포장발아율=발아된 개체수/(예상성립본수×0.01)** X 100
** 0.01=(0.1×0.1)m²(조사틀의 크기)

2. 파종 시기별 생육 특성

파종 시기별 생육 상태를 조사한 결과 대체로 자생 목본들은 봄에 파종하는 것이 가을에 하는 것 보다 효과적이지만 그 차이는 초본류만큼 뚜렷하지 않는 것으로 보인다. 즉, 자생 초본류는 대부분 난지형초종이므로 봄철이 파종적기이고 여름철 이후에는 발아율과 생육이 매우 저조할 것으로 생각되는데 목본류는 여름철 이후에 파종하여도 어느정도 높은 발아율과 생육상태를 보여주고 있어 초본류와는 대조적이라고 생각되었다.

참싸리의 피복율이 가장 우수하였는데, 개체당 지표면 피복면적이 넓어 500본/1m²의 파종 밀도로도 충분한 피복효과를 보였다. 목본류의 발생기대본수로 1,000-2,000본/1m²이 추천되기도 하나⁵⁾ 참싸리의 경우는 파종량을 낮추는 것이 적합할 것으로 생각되었다. 5월 파종시

8주만에 60% 이상의 피복율을 나타내었고, 6월 파종시 8주 후에 약 17.1cm 가량의 수고를 기록함으로써 김¹⁾의 연구에서 보여준 초본류의 초기조성속도에 버금갈 수 있는 빠른 피복능력을 보여 주었다. 이로 미루어 참싸리는 초본류와 혼파하여도 피압될 우려는 적을 것으로 생각된다. 파종 적기는 5월과 6월이며, 4월과 10월 파종시에는 발아율이 다소 떨어지는 경향이 나타나 파종시기에 따른 발아율의 차이가 있다고 생각된다.

담쟁이는 우수한 사면 피복 효과를 지닌 식생이지만 종자 파종의 방법으로 사면을 피복시키려는 시도는 적합하지 못하였다. 본 실험 결과 발아율이 극히 저조하여 사면피복효과를 기대하기 곤란하였고, 종자 구입이 어려웠으며, 종자의 구입 가격이 비싸다는 문제점이 있었다. 그러나, 5월 파종시 8주 후에 27cm의 길이를 기록함으로써 종자파종의 가능성을 보였다. 따라서 종자의 발아율 개선에 대한 연구 필요성이 대두되었고, 5월이 종자파종의 최적기로 생각되었다.

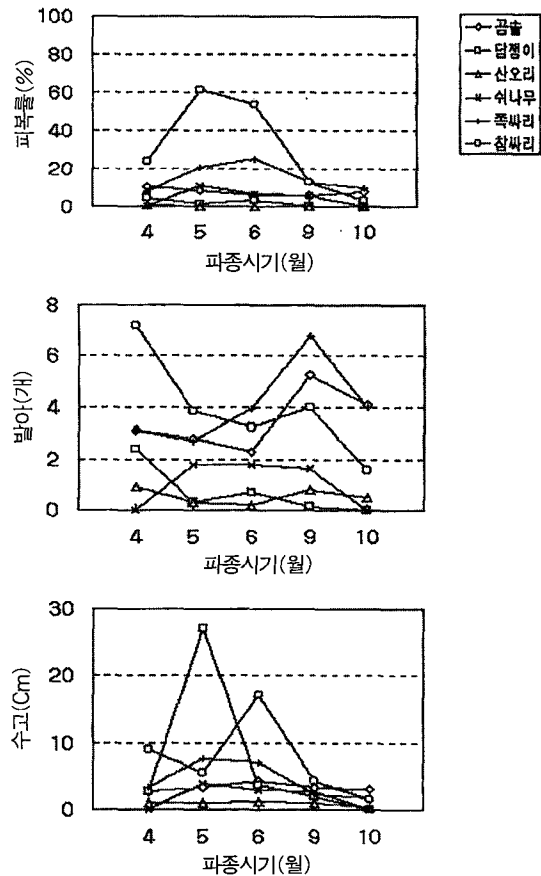
쪽계비싸리는 참싸리 보다 피복율이 낮은 경향이어서 사면 녹화 효과가 뒤진다는 결론을 내릴 수 있었다. 발아율은 4월 파종에서 가장 우수하였고, 5월과 6월 파종시에는 수고 신장이 빨랐다. 따라서, 성토면과 하천변에서는 다룰 수 있겠지만 토양조건이 보다 열악한 절취사면에서는 미관적인 면에서나 피복 효과의 면에서 볼 때 외래도입종인 쪽계비싸리 보다는 참싸리의 사용이 더욱 권장된다.

곰솔은 9월 파종시 매우 높은 발아율을 나타내었으며, 파종 시기에 따른 발아율의 변화가 다른 식생들 보다 적었다. 발아율은 4월과 9월 파종시 높았으며, 수고 신장은 6월 파종때 가장 왕성하였는데 8주 후에 약 4cm의 수고를 기록하였다. 이와 같이 초기생육이 느린 생육특성을 보이기 때문에 초본류와 혼파할 경우 초본류의 파종밀도가 낮지 않으면 곰솔의 피압을 막기 어려울 것으로 보인다. 특히 곰솔의 종자 가격은 초본류 보다 월등히 비싸기 때문에 소량 사용하여야 하며, 혼파하는 초본류에 의해 피압될 확

률을 낮출 수 있어야만 생육이 가능하다는 점을 유의하여야 하겠다. 그러나, 실험 대상 목본류 중에서는 종자 발아율이 높으며, 파종시기의 영향을 적게 받으므로 앞으로 종자파종에 많이 활용될 것으로 생각된다.

산오리는 발아 직후의 생장이 늦지만 파종 다음해 이후의 성장이 좋은 수종으로 알려져 있다.⁵⁾ 본 실험에서는 발아상에서 조사된 발아율은 높았지만 실제 포장에서의 발아율은 이에 미치지 못하는 결과를 보였으며, 느린 생장속도로 인해 지표면 피복효과가 상당히 떨어지는 결과를 나타내었다. 파종 시기에 따른 생육의 차이도 거의 없었으며, 낮은 발아율로 인해 종자 파종의 가능성이 매우 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 일본의 경우와는 다른

〈그림 1〉 파종후 8주가 경과된 뒤의 식생별 생육 특성



〈표 3〉 목본류의 생육특성

파종 시기	식생명	2주후			4주후			6주후			8주후		
		분얼경	수고	피복율	분얼경	수고	피복율	분얼경	수고	피복율	분얼경	수고	피복율
4월	참싸리	0.0a	0.0a	5.9a	3.3a	7.8a	21.0a	2.0b	7.2a	14.6a	7.2a	9.0a	23.8a
	담쟁이	0.0a	0.0a	0.0a	0.0c	0.0e	0.0b	0.2b	2.4b	0.1b	2.4b	2.7b	4.6bc
	쪽싸리	0.0a	0.0a	0.0a	5.0a	1.1c	0.6b	7.3a	3.1b	4.1b	3.1b	3.4b	7.9b
	곰솔	0.0a	0.0a	0.0a	1.9b	2.1b	0.0b	2.1b	3.1b	4.6b	3.1b	2.7b	10.4b
	산오리	0.0a	0.0a	0.0a	0.7ab	0.6d	0.0b	1.9b	0.9c	0.0b	0.9c	1.0c	0.5c
	쉬나무	0.0a	0.0a	0.0a	0.0c	0.0e	0.0b	0.0b	0.0c	0.0b	0.0c	0.0d	0.0c
5월	참싸리	8.5a	2.9a	5.7a	5.7a	4.6a	11.6a	4.4a	8.0a	32.6a	3.8a	5.5b	61.3a
	담쟁이	0.0c	0.0c	0.0b	0.0e	0.0f	0.0c	0.3d	3.0bc	1.0b	0.3d	27.0a	1.6b
	쪽싸리	3.3b	1.5b	1.7b	5.4a	2.0cd	4.0b	3.6a	3.3bc	11.2b	2.7ab	7.7b	20.3b
	곰솔	2.3bc	1.8b	0.6b	3.6b	3.0b	1.8bc	2.4b	3.0bc	3.2b	2.8ab	3.3b	8.5b
	산오리	1.1bc	0.4c	0.0b	0.7de	0.7e	0.0c	0.3d	1.1c	0.0b	0.3d	0.9b	0.0b
	쉬나무	1.0bc	0.3c	1.1b	1.9c	1.7d	2.6bc	1.4c	2.6bc	5.3b	1.8bc	4.0b	11.0b
6월	참싸리	3.9a	3.6a	14.6a	3.6a	9.0a	25.6a	3.6a	13.6a	45.3a	3.2a	17.1a	53.6a
	담쟁이	0.0e	0.0e	0.0c	1.0cd	2.9c	3.2c	0.8	3.3a	2.2cd	0.7de	3.8cd	3.5c
	쪽싸리	2.6b	2.3bc	6.8b	3.0ab	3.3c	15.7a	3.6a	5.3a	21.3b	3.9a	7.0b	25.3b
	곰솔	2.1bc	2.4b	0.0c	2.0bc	4.6bc	5.6b	2.1b	3.5a	6.4cd	2.3bc	4.3bc	5.6c
	산오리	0.5de	0.5d	0.0c	0.2d	0.8d	0.0c	0.4c	46.1a	0.3d	0.2e	1.1d	0.0c
	쉬나무	1.3cd	1.8c	1.6bc	1.7c	2.9c	6.3b	2.1b	3.5a	4.2cd	1.8c	3.0cd	6.6c
9월	참싸리	3.4a	2.6a	4.5a	3.5ab	3.6a	25.0a	3.3ab	3.8ab	24.0a	4.0abc	4.5b	12.8ab
	담쟁이	0.0d	0.0c	0.0b	0.0c	0.0d	3.0bc	0.1c	1.2c	0.0b	0.1d	2.0cd	0.0c
	쪽싸리	1.9b	1.7b	1.2ab	5.4a	1.7c	15.7ab	5.0a	2.7bc	14.5ab	6.8a	2.3bcd	12.8ab
	곰솔	2.0b	1.5b	2.8ab	3.1ab	3.3a	5.6b	3.4ab	3.4ab	8.6b	5.2ab	3.3bc	5.6bc
	산오리	0.4d	0.5c	0.0b	3.1ab	0.5d	0.0b	1.2bc	1.1c	0.0b	0.8cd	1.00d	0.0c
	쉬나무	0.0d	0.0c	0.00b	1.1bc	1.5c	6.3b	1.5b	1.3c	12.2ab	1.6bcd	2.7bcd	5.9b
10월	참싸리	3.0a	3.3a	7.0ab	2.5bc	2.8ab	8.7a	1.6bc	2.7ab	1.7bc	1.6b	1.7b	3.3bc
	담쟁이	0.0c	0.0d	0.0b	0.0d	0.0d	0.0b	0.0c	0.0f	0.0c	0.0b	0.0c	0.0c
	쪽싸리	2.0a	1.8c	7.7a	4.3a	1.6c	9.3a	4.4a	1.6cd	8.3a	4.0a	1.7b	9.3a
	곰솔	1.0b	2.5b	7.0ab	3.6ab	3.3a	6.0ab	2.9ab	3.2a	8.3a	4.2a	3.1a	7.7ab
	산오리	0.1c	0.1d	0.0b	0.3d	0.5d	0.0b	0.7c	0.3ef	0.0c	0.5b	0.5bc	0.0c
	쉬나무	0.0c	0.0d	0.0b	0.6d	1.5c	0.0b	0.3c	1.0de	0.0c	0.0b	0.0c	0.0c

* 단컨다중방식에 의한 도표의 값들은 평균오차가 5% 내외임.

것이어서²³⁾ 종자 수급 및 보관, 종자처리 등에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 생각되었다.

쉬나무는 밀원식물로써 산야의 척박지에서 흔히 관찰되는 자연 식생이며, 사면녹화에 적합한 식생으로 알려져 있다. 본 연구에서 발아 전 처리후 파종해 본 결과, 5월, 6월, 9월 파종시 30% 이상의 발아율을 보여 종자파종의 가능성을 보였고, 4월과 10월에는 12% 미만의 매우 낮은 발아율을 나타내었다. 수고 신장

은 5월 파종시 가장 우수하였는데, 8주후 약 4cm의 수고를 기록하였다. 이러한 결과는 곰솔 파종시와 유사하나 곰솔 보다는 식피면적이 넓으므로 다른 식생에 의해 피압될 우려가 적을 것으로 생각되었다. 앞으로 사면녹화 공사시 이 식생의 활용이 늘어날 것으로 기대되는데, 파종적기는 5월인 것으로 조사되었다.

파종시기별 목본의 생육을 비교해본 결과(표 3) 10월 파종을 제외하고는 참싸리의 피복율이

압도적으로 우수하였다. 싸리류 외에는 쉬나무의 수고가 비교적 우수하였으며, 담쟁이와 산오리는 피복효과가 상당히 뒤지는 결과를 보였다.

이상 목본류를 대상으로 사면 녹화 효과를 조사해 본 결과 참싸리를 제외하고는 피복율과 발아율이 초본류보다 크게 뒤떨어지며, 수고 신장이 느려서 초본류에 피압될 우려가 높을 것으로 생각되었다. 그러나 곰솔, 쉬나무 등의 포장 발아율은 어느 정도 높게 나타났으므로 초본류의 파종밀도를 낮추는 종자 배합설계를 하고, 파종시기를 적절히 해주면 사면 녹화용 식생으로 충분히 활용될 수 있을 것으로 기대되었다. 참싸리는 초본류에 버금가는 초기조성 속도를 나타내었는데, 참싸리에만 의존하여 과다 파종하면 또 다른 생태적인 문제가 야기될 수 있으므로 세심한 고려가 있어야 할 것으로 생각된다.

IV. 결론

본 연구는 국내 사면녹화공사시 자생목본의 종자파종에 대한 가능성을 모색하고, 파종시기와 생육특성 등을 조사하여 식생배합설계의 기초자료로 활용되도록 하는데 연구의 목적을 두고 수행되었다. 본 연구 결과 식생들은 파종시기의 영향을 받는 것으로 조사되었으며, 중요 연구 결과들은 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 목본 종자의 포장발아율은 파종시기에 따라 차이가 있었다. 목본류는 4월과 5월, 9월 파종시 발아율이 우수하고, 6월과 10월 파종은 상대적으로 낮은 발아율을 보였다. 파종시기에 따라 포장발아율의 차이가 크게 나타나므로 파종량 계산시에 파종시기별로 다른 발아율을 적용하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다. 파종시기의 영향을 비교적 적게 받는 목본은 곰솔이었다.

2. 참싸리는 외래도입초종에 버금갈 수 있는 높은 포장발아율을 나타내었다. 쉬나무, 곰

솔도 포장에서의 발아율이 우수한 편으로 나타났다. 담쟁이는 매우 저조한 발아율을 보였다. 산오리나무는 발아상에서는 높은 발아율을 보였으나 노지에서의 발아율이 극히 저조하게 나타나 문헌과는 대조적인 결과를 보였다.

3. 참싸리를 제외한 대부분의 목본류는 생장이 느리게 진행되어 낮은 피복율을 보였다. 참싸리의 피복율은 5월과 6월 파종시 높았고 가을철 파종시에는 낮은 피복율을 보여 파종시기에 따라 피복율에 많은 차이가 있었다. 곰솔과 쉬나무는 조성초기의 성장속도가 뒤지므로 낮은 피복율을 나타내었고, 산오리나무와 담쟁이의 피복효과는 거의 없었다. 쪽제비싸리의 피복율은 참싸리 보다 못한 것으로 나타나 절토사면에서는 참싸리가 더욱 적합한 식생으로 생각되었다.

4. 곰솔과 쉬나무는 5월과 6월 파종시 8주 후에 4cm의 수고 신장을 하여 초본류와 혼파시 피압될 가능성이 높을 것으로 보인다. 참싸리는 17cm까지 성장하여 초본류에 의한 피압의 우려가 상대적으로 적었다. 담쟁이는 5월 파종시 8주후에 27cm의 길이로 신장되어 종자파종의 가능성을 보였다.

5. 이상의 연구결과에 의하면 목본 종자들은 5월이 파종 적기이며, 파종 시기에 따라 발아율과 생육상태가 다르게 나타나므로 시기별로 식생배합을 탄력적으로 조정할 필요가 있다고 본다. 본 연구 결과는 국내 중부권의 사면 녹화공사에 활용될 수 있겠으며, 식생배합설계의 기초자료로 활용 가능하겠다.

인용 문헌

1. 김남춘(1991), 『녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구』, 서울대학교 박사학위논문:5-9.
2. 김재현(1993), 『임도성토사면의 침식방지에 대한 식생 조성 효과』, 충북대 대학원 박사학위논문:1-7

3. 류희구(1991), 『식생사면안정해석시 흙의 강도정수적용에 관한 연구』, 건국대 대학원 석사학위논문:31.
4. 박석환(1996), 『환경생태학』, 신광문화사:103-109.
- 5.山林廳(1992), 『채석적지 유형별 표준복구공법 개발』, 산림청:171-191.
- 6.山林廳(1993), 『채석적지 복구공사의 계획, 설계, 시공 및 준공검사에 관한 기준 개발 연구』, 산림청:3-154-167.
7. 안봉원, 김세천역(1982), 『조경공학, 시공처리』, 명보문화사:135, 164.
8. 禹保命(1976), “土壤浸蝕에 作用하는 몇가지 要因의 影響에 關한 研究”, 『韓國林學會誌』, 29:54-101.
9. 禹保命(1987), “首都圈 地域內 岩盤荒廢山地의 安定綠化工法 開發에 關한 研究”, 『韓國造景學會誌』, 15(1):9-16.
10. 禹保命, 李峻雨(1987), “林道切取斜面의 植物被覆度에 미치는 因子들의 影響”, 『서울大學教 農科大學 演習林 研究報告』, 23:47-56.
11. 禹保命, 金南樞, 金慶勳, 全起成(1996), “고속도로 절도비탈면의 식생천이과정에 관한 연구:중부고속 도로를 중심으로”, 『한국임학회지』, 85(3):347-359.
12. 禹保命, 權台鎬, 金南樞(1993), “임도비탈면의 자생식생 침입과 효과적인 비탈면녹화공법 개발에 관한 연구”, 『한국임학회지』, 82(4):381-395.
13. 이기철, 김동필역(1989), 『최첨단의 녹화기술』, 명보문화사:152-158.
14. 이재필, 김남춘, 홍성권(1995), “도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구”, 『한국조경학회지』, 23(2):113-123.
15. 최경, 최정용(1987), “사방지 식생천이와 토양변화에 관한 연구”, 임업연구원보고35:54-68.
16. 한국건설기술 연구원(1989), 『사면의 안전진단 및 보호공법』, 한국건설기술연구원:1-2.
17. 韓國土地開發公社(1987), 『噴射附着方法에 의한 法面綠化工法』, 技術研究所, 技術研究87-9: 29-35.
18. 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.
19. 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る研究(II): 林道切取りのり面での檢討”, 『愛媛大演報』, 13:161-174.
20. 龜山 章(1977), “高速道路のり面の植生遷移について (I): 概査によるのり面 植生調査法”, 『造園雜誌』, 41(1):23-33.
21. 新谷 融, 勝呂博之, 失島 崇, 橋田欣一(1980), “綠化工 施工道路法面 における植生回復に關する研究”, 『北海道大學農學部演習林報告』, 38(1):1-30.
22. 日本綠化工協會(1979), 『綠化工基礎技術①』, 1-15.
23. 最新 斜面 土留め技術總覽 編輯研究會(1991), 『最新 斜面 土留め 技術總覽』, 産業技術(株)サーヒスセンター:67-113.
24. Andres P. et al.(1996), “Stabilization of Motorway Slopes with Herbaceous Cover, Catalonia, Spain”, *Restoration Ecology*, 4(1):51-60.
25. Bache D.H. and MacAskill I.A.(1984), *Vegetation in Civil and Landscape Engineering*, London: Granada:130-143.
26. Bratton S.P.(1982), “The Effects of Exotic Plant and Animal Species on Nature Preserves”, *Natural Areas Journal*2(3):3-13.
27. Connel, J.H. and R.O. Slatyer(1977), “Mechanisms of Succession in Natural Communities and their Role in Community Stability and Organization”, *American Naturalist* 3:1119-1144.
28. Gray D.H. and Leiser A.T.(1982), *Biotechnical Slope Protection and Erosion Control*, New York:Van Nostrand Reinhold Company:63.
29. Harty F.M.(1986), “Exotics and their Ecological Ramifications”, *Natural Areas Journal* 6(4):20-26.
30. Hobbs, R.J. and Norton, D.A.(1996), “Towards a Conceptual Framework for Restoration Ecology”, *Restoration Ecology*, 4(2):93-110.
31. Schiechl, h. M.(1980), *Bioengineering for Land Reclamation and Conservation*, Canada:The University of Alberta Press:172.
32. Schiechl, H. M. and Stern R. (1996), *Ground Bioengineering Techniques for Slope Protection and Erosion Control*, UK:Blackwell Science:58-60.