

주요 초본식물의 비탈면 파종적기에 관한 연구

김 남 춘

단국대학교 식물자원학부

A Study on the Seeding Timing of Several Herbaceous 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 several herbaceous plants for the slope revegetation works. Four native plants(*Artemisia princeps* var. *orientalis*, *Arundinella hirta* var. *ciliata*, *Lespedeza cuneata*, *Onethera odorata*) and five introduced grasses(*Festuca arundinacea* 'Jagar', *Festuca rubra*, *Lorium multiflorum*, *Lorium perenne* 'Manhattan', *Eragrostis curvula*) were used for this experiment and were seeded on the cut slopes by hands in April, May, June, September and October. To identify the best seeding timing, germination percentage, ground covering rate, number of tillers and plant heights were investigated. There were wide differences in germination and ground covering rates of native and foreign plants according to seeding timing. The results are summarized as follows :

1. Characteristics of germination : The germination rates of native plants are lower than those of cool-season foreign grasses and they show different germination rates according to seeding timing. Among them, *Arundinella hirta* var. *ciliata* shows the most apparent germination pattern according to seeding timing.

2. Seeding timing : Native plants tend to germinate well in May and June and cool-season foreign grasses in May and September. But Native plants show extremely low germination rates in autumn, so it is necessary to adjust the seeding rates when seeding in autumn. When seeding in May, it will be possible to use native plants-seed-mixture without using introduced foreign grasses.

In sum, the best seeding timing of cool-season foreign grasses are May and September, and warm-season foreign grass is May and June. The best seeding timing of native plants seem to be in May and June.

I. 서론

각종 건설공사로 인해 새롭게 조성되는 인위비탈면들은 침식 방지와 경관미 회복을 위해 다양한 공법으로 녹화시켜야 한다.¹¹⁾ 현재 국내에서는 일반적인 토사비탈면에는 천연섬유네트 피복과 기계분사 파종공법이 병용되는 사례가 많으며, 암반노출 비탈면은 인공토양을 부착시켜 식물생육의 기반으로 활용하는 중비토뿔어붙히기류의 공법으로 녹화되고 있다. 녹화식물로는 초기피복속도가 느리고 종자구입이 어려운 자생식물 보다는 초기녹화속도가 빠르고 종자구입이 용이하며, 종자구입가격이 저렴한 외래도입초종이 훨씬 선호되고 있는 상태이다.⁶⁾

공사로 인해 식재지반이 노출된 절토사면들을 푸르게 녹화시키는 식물은 초기 발아율이 우수하고 발아세가 양호하여 조기녹화가 가능하고, 열악한 토양과 고온과 저온, 건조 등의 극단적인 기후 변화에 대한 적응성이 높아야만 사면녹화용으로 적합하다고 볼 수 있다.¹⁰⁾ 외래도입초종들은 초기조성속도가 매우 빠르고 파종 적기의 폭이 넓기 때문에 국내 사면녹화공사에 많이 사용되었지만 일부 한지형초종들은 여름철에 병충해에 약하고, 황변하는 특성이 있어 경관적인 면에서 문제점으로 지적되고 있다.^{2,5)} 또한, Tall fescue와 Weeping lovegrass는 생육형이 주형(bunch type)이어서 생육이 적합한 곳에서는 개체당 지표면 피복면적이 매우 넓어지는 특성이 있으며,⁶⁾ 우리나라 기후에 대한 적응성이 우수함으로써 잔존율이 매우 높은 것으로 알려져 있는데^{3,6,8)} 파다 파종될 경우엔 이들만이 무성하게 비탈면을 우점함으로써 2차식생의 자연 침입이 억제되고 비탈면의 식생천이가 방해받는 문제점이 나타나고 있다.^{4,5,6,8)}

최근에는 이와 같이 외래도입초종 위주의 사면녹화공사에서 나타나는 식물천이와 관련된 생태적 혹은 경관적인 문제점들을 개선하는 방안으로 외래도입초종과 자생식물을 혼파하는 식물배합이 채택되고 있다.^{5,13)} 그러나 자생초

본류의 파종적기의 폭은 외래도입초종들 보다 적은 경향이 있으므로 파종시기가 녹화공사의 성공에 가장 중요한 요인이 되고 있다.⁹⁾ 더구나 아직까지 사면녹화용 자생식물의 파종시기와 생육특성에 대한 자세한 정보가 부족한 실정이라서 자생식물 위주의 종자배합이나 적정 파종량 산정이 정확하게 이루어지지 못하고 있다.

사면녹화용 자생식물의 유형과 이들의 생태적 특성 및 발아율 등에 대한 자료는 국내외의 문헌을^{2,16)} 통해 얻을 수 있지만 초보적인 수준에 머물고 있다. 즉, 활발한 이용이 이루어지기 위해서는 식물별 종자 수급방법과¹²⁾ 저장방법, 파종시기별 발아경향과 생육특성,^{1,7)} 파종적기,⁹⁾ 식생기반별 적정파종량, 종자 배합설계요령⁵⁾ 등에 대한 자세한 정보가 필요한 데 이러한 자료가 대부분 부족한 형편이며, 혼파한 후 시간이 경과되면서 식생간의 상호 경합으로 인한 식생구조의 변화가 어떻게 진행되는가에 대한 연구도 미흡하기 때문에 사면녹화공사의 시공결과에 대한 장기적 예측이 곤란한 실정이다.

사면녹화공사시 자생식물을 활용하고자 하는 것은 침식을 방지하여 사면의 안정성을 도모하고, 생태적으로 건전한 식생형을 조성함으로써 경관미를 조기에 회복하며 자연스런 식생천이를 유도하고자 하는데 그 목적이 있다.^{14,15)} 이러한 목적으로 참싸리, 비수리, 새, 쑥과 같은 자생식물들이 사면녹화공사에 활용되고 있는데^{1,2,5)} 앞으로 보다 많은 녹화용식물의 개발이 요망된다.

본 연구는 이러한 국내 여건을 감안하여 국내 사면녹화공사에 활용 가능성이 높은 초종들을 연구대상으로 하여 이들의 파종시기별 발아율과 생육특성에 대한 구체적 정보를 얻음으로써 자생식물들의 활용 가능성을 모색하고 사면녹화공사의 질적수준 향상에 기여할 수 있는 중요한 정보를 제공하고자 하는데 연구 목적을 두고 수행되었으며, 본 연구 결과는 중부권의 사면녹화공사중에서 일반 토사비탈면의 녹화시 적극적으로 활용될 수 있겠다.

II. 연구 내용 및 방법

본 연구는 사면녹화에 사용되는 초본식물들의 파종 적기를 파악하기 위한 것이므로 현재 많이 활용되고 있는 자생식물 4종과 외래도입식물 5종을 연구재료로 선정하게 되었다. 실험종자는 사면녹화용으로 유통되고 있는 것을 업체를 통해 구입하였는데 비수리, 달맞이만은 직접 채종한 종자를 사용하였다. 실험은 1995년 당년에 하였고, 천안시 소재 두산개발(주) 소유의 부속농장에서 포장실험을, 단국 대학교 실험실에서 발아를 조사를 각각 하였다. 조사된 자료는 SAS통계 프로그램으로 분석하였다.

1. 주요 초종의 발아율 조사

식물별 발아율은 실험실과 포장에서 조사되었다. 실험실에서는 인공발아상의 일정온도(30℃)하에서 30립씩 5반복 조사를 하였고, 동일 실험을 3반복하였다. 치상후 3주후까지 발아된 것을 조사하였고, 본 실험의 결과는 포장실험을 위한 파종량 계산에 활용하였다.

노지 발아율은 각 실험구내에서 10cm×10cm 크기의 조사틀로 10반복 조사한 결과를 토대로 계산하였으며, 분얼이 발생되기 직전까지 조사된 자료를 토대로 계상하였다.

2. 포장실험구의 조성 및 조사

파종시기별 생육특성을 조사하기 위한 실험구를 조성하기 위해 사면장 2m, 사면길이 20m 크기의 인공 절토비탈면들을 조성하였는데(사진 1) 조성한 사면의 토성은 사질양토이고 토양경도는 산중식토양경도계로 8~16mm(1.0~3.5kg/cm²)의 범위였으며 조성된 사면의 경사도는 35° 이었다. 실험구는 1m×1m의 규모로 조성하였고 3반복 완전임의배치 하였다. 파종적기를 파악하기 위해 4월과 5월, 6월, 9월, 10월에 파종하였으며, 일단 조성된 실험구는 2달간 유지하면서 2주

마다 생육성상과 피복율등을 조사하였다.

인공으로 조성한 비탈면에 인력파종으로 실험구를 조성하였는데, 먼저 파종할 실험구의 지면을 정리하고 종자를 산파한 다음 종자가 흩에 약간 묻히도록 지면을 재정리하고, 화이바를 0.5cm 두께로 피복한 후 주트네트로 멀칭하는 식으로 하였다. 파종후 1주간은 인위적 관수를 하였고, 2주후에는 멀칭을 제거하였다. 파종시 완효성복합비료(15-5-13)를 순성분 1.5 g/m²의 양으로 시비하였다.

파종한 후 2주, 4주, 6주, 8주가 경과되는 때에 피복율과 초장, 분얼경수 등을 조사하였다. 피복율은 각 실험구를 slide 촬영한 후 실험실에서 모눈종이에 비추어 그 면적을 환산하여 피복율로 계산하였다(사진 2). 분얼경수와 초장은 10cm×10cm 크기의 조사틀을 활용하여 조사하였고, 한 실험구당 10반복 조사를 하였다.

다음 표는 파종량 계산에 사용된 식물별 발아율과 순도, 1g당립수, 예상성립본수 등을 나타내는 표로써 발아율과 순도는 직접 조사한 수치이며, 1g당립수는 관련문헌과 종자구입처의 종자설명내용을 참고하여 결정하였고, 식생별 파종량은 예상성립본수가 3,000본/m²이 되도록 계산하였다.

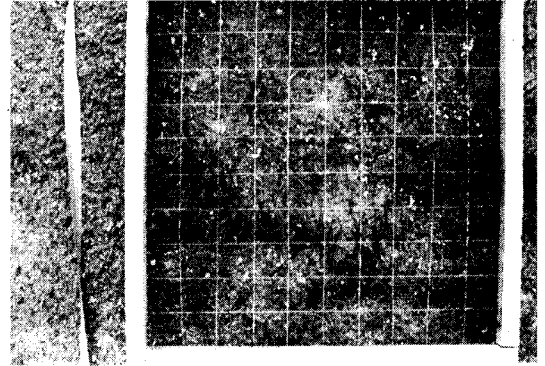
〈표 1〉 식생별 1m²당 파종량

식 생 명	예상성립본수 (본/m ²)	발아율 (%)	순도 (%)	1g당립수 ^{1,2,3)}	파종량* (g/m ²)
새	3,000	40.0	52.9	1,020	13.9
비 수 리	3,000	85.0	98.0	720	5.0
달 맞 이	3,000	55.0	99.0	3,300	1.7
쑥	3,000	42.0	51.6	4,000	3.5
Creeping redfescue	3,000	82.0	92.3	950	4.2
Italian ryegrass	3,000	90.0	99.0	400	8.4
Perennial ryegrass 'Manhattan'	3,000	100.0	98.3	500	6.1
Tall fescue 'Jagar'	3,000	92.0	98.0	430	7.7
Weeping lovegrass	3,000	27.0	96.3	2,300	5.0

$$*: \text{파종량(g/m}^2\text{)} = \frac{\text{예상성립본수(본/m}^2\text{)}}{\text{발아율} \times \text{순도} \times \text{g당립수}} \times 100$$



(사진 1) 실험구 조성 사진



(사진 2) 4월파종 6주후 Tall fescus의 피복률 현황

Ⅲ. 연구 결과 및 고찰

1. 초종별 발아율

발아상에서는 초기조성속도가 빠른 Italian ryegrass, Perennial ryegrass, Tall fescue의 발아율이 90%이상으로 조사되었으며, 난지형초종인 Weeping lovegrass는 27%의 매우 저조한 발아율을 보였다. 비수 리는 85%의 높은 발아율을 기록하였고, 새와 썩은 40% 수준의 낮은 발아율을 보였다.

포장발아율을 조사해 본 결과 파종시기에 따라 발아율의 차이가 크게 나타났고, 새는 파종시기의 영향을 가장 크게 받는 것으로 조사되었다. 새는 5월 파종시 매우 높은 발아율을 보였지만 9월 이후에 파종 되면 거의 발아가 진행되지 못하였다. 포장발아율의 경향으로 보아 새는 5월이 파종적기이며, 4월과 6월 파종시에는 발아율의 보정이 요구되며, 9월 이후 파종에는 사면피복 효과를 기대하기 곤란한 초종으로 판단되었다. 향토적인 경관미가 있으며, 건조지에 강한 습성이 있고 종자구득도 용이한 편인 이 초종은 파종시기가 적합하여야만 사면녹화용 초종으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

썩은 4월과 5월 파종시 발아율이 매우 높았으며, 비수리는 5월 파종시 발아율이 가장 우수하였고, 달맞이는 6월 파종이 가장 우수하였다. 자생초종중에서는 비수리가 파종시기의 영

향을 비교적 적게 받는 것으로 조사되었다.

한지형 외래도입초종들은 4월, 5월 파종시 높은 발아율을 보였고, 9월 이후에도 50% 정도의 발아율을 나타내어 자생초종들 보다 파종적기의 폭이 넓은 경향을 보여 주었다. 난지형 외래도입초종인 Weeping lovegrass는 5월과 6월 파종시 60%이상의 포장발아율을 나타내었다.

<표 2> 식생별 발아상 발아율과 포장발아율의 비교

(단위 : %)

식 생 명	발아상에서의		포장에서의 발아율*				
	발아율*	발아율*	4월파종	5월파종	6월파종	9월파종	10월파종
새	40.0	31.5cd†	184.0a	50.4ab	1.6d	0.0c	
비수리	85.0	59.6c	98.7bc	48.0ab	49.8b	48.6ab	
달맞이	55.0	0.0d	54.3c	49.8ab	51.7b	3.6c	
썩	42.0	160.4a	115.7b	64.3a	52.3b	49.6ab	
Creeping redfescue	82.0	97.6b	108.5b	46.1ab	36.6c	48.3ab	
Italian ryegrass	90.0	116.9b	121.1b	25.9c	58.4ab	56.7ab	
Perennial ryegrass	100.0	125.0ab	128.6b	45.6ab	66.7a	54.4ab	
Tall fescue	92.0	119.2b	118.3b	43.8b	56.6b	58.7a	
Weeping lovegrass	27.0	28.6cd	86.7bc	61.5ab	50.3b	46.7b	

* : 발아상에서의 발아율 : 3주간의 누적발아율

: 포장에서의 발아율 = $\frac{\text{발아된 개체수} \times 100}{\text{예상성립본수} \times 0.01}$

† : 각 파종시기별 열내에서 같은 문자로 표기된 평균치들은 던컨다중검정(P=0.05 수준)에서 분석 결과 유의차가 없다는 것을 의미함

이상 실험실과 포장에서 조사된 발아율을 상호 비교해 본 결과 파종시기에 따라 발아율의 차이가 뚜렷하게 나타나는 식물이 많으므로 파종시기별로 발아율의 조정이 필요하다고 생각되었다. 즉, 4월과 5월은 비수리, 쭉, 새와 외래도입초종의 파종적기이고, 6월은 달맞이, 비수리, 새와 Weeping lovegrass의 발아율이 우수한 시기로서 자생식물들의 발아율이 외래도입초종 보다 높은 경향을 보여 주는 유일한 시기이다. 9월과 10월 파종에서는 비수리와 쭉은 낮은 수준의 발아율을 보였고, 새는 발아가 거의 진행되지 못하였으므로 외래도입초종에 대한 의존도가 높아질 것으로 판단된다. 이러한 연구결과로 보아 파종시기에 따라 식물별로 발아율의 적용이 달라져야 하겠으며, 탄력적인 종자배합설계가 필요하다고 생각된다.

2. 파종시기별 생육 특성

사면녹화공사는 토목준공일에 좌우되는 경향이 있어 시공시기의 요인이 녹화식물의 선정과 파종량산정에 중요한 영향을 미친다. 발아율 조사를 통해 자생식물 위주의 종자배합은 5월과 6월 공사에 적합한 것을 알 수 있었으며, 이른 초봄과 9월 이후의 사면녹화공사에는 외래도입초종의 역할이 확대될 것으로 생각되었다. 파종시기별 생육 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1) 자생초본류의 파종시기별 생육 특성

연구대상 초종인 새, 비수리, 달맞이, 쭉 등은 훼손된 비탈면에 우선적으로 침입하는, 천이단계상 개척식물에 속하는, 야생식물들로서^{3,6)} 국내 사면녹화공사에 많이 사용되고 있다.

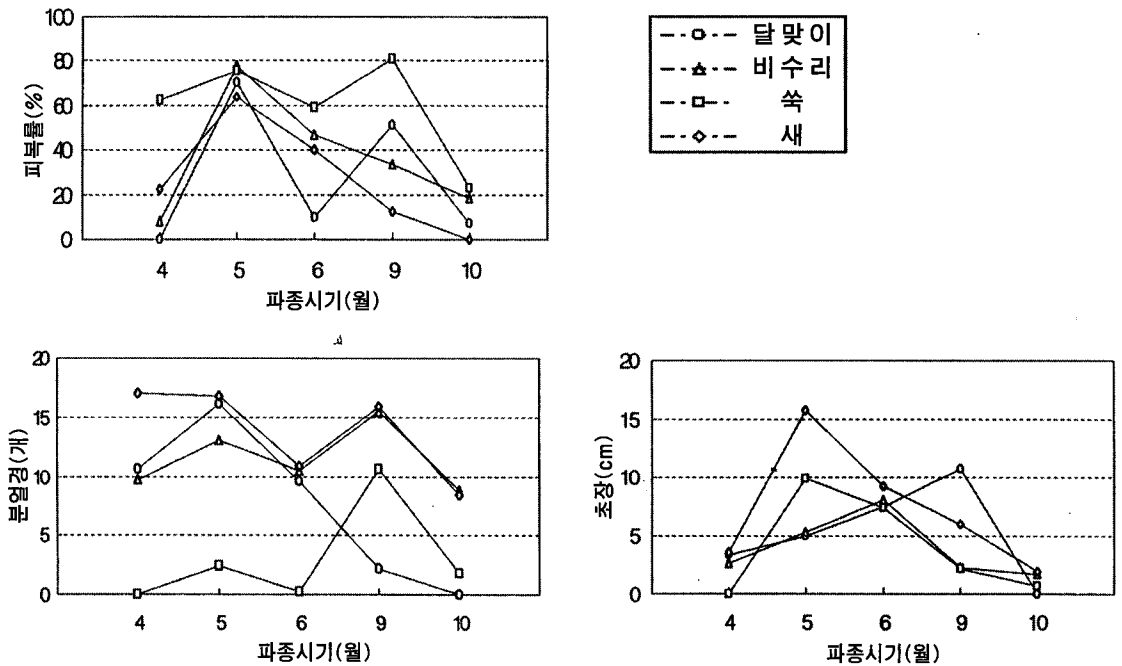
새는 아래 그림 1에서 보는 바와 같이 파종시기의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 가장 발아율과 피복율이 높았던 때는 5월 파종으로 8주후에 64.0%의 피복율을 나타내었고, 4월, 9월, 10월 파종시에는 매우 저조한 피복율을 보였다. 초장은 6월 파종시 빠르게 신장

되어 8주후에 7.5cm를 기록하였다. 따라서, 새는 5월과 6월경이 파종적기이고, 9월 이후는 피복율이 극히 저조하므로 파종부적기라 할 수 있겠다. 새는 그 동안 포기심기 및 종자파종의 방법으로 임지의 사방녹화공사와 도로사면의 녹화에 많이 쓰여 왔는데,⁴⁾ 5월파종과 같이 파종시기가 적절하여야만 외래초종에 버금갈 수 있는 사면녹화효과를 보여주는 식물이므로 사용시 많은 주의가 있어야 하겠다.

비수리는 콩과식물로서 생육조건이 적합하면 빠르게 군집을 형성하여 비탈면에 짙은 녹색군을 형성 시키므로 미관상 보기 좋은 장점이 있고, 종자가격이 상대적으로 비싼 참싸리의 대용식물로 적극 활용되고 있는 식물이다. 파종적기 실험결과 비수리는 파종시기의 영향이 비교적 적은 편이었지만 5월파종시 8주후에 77.7%의 높은 피복율을 보였고 9월에는 33.7%, 10월에는 18.3%의 낮은 피복율을 나타내므로 가을파종은 적합치 않은 것으로 조사되었다. 4월파종시 포장발아율(표2 참조)은 59.6%이었지만 8주후의 초장이 2.7cm에 불과하여 피복율은 7.7%의 매우 낮은 수준이었다. 6월파종에서의 포장발아율은 48%로써 4월파종때 보다 낮았지만 초장이 8주후에 8.0cm를 나타냄으로써 4월파종때 보다 우수한 47%의 피복율을 기록하였다. 이러한 결과로 보아 비수리의 초장신장은 피복율에 많은 영향을 미친 것으로 생각된다.

달맞이는 5월파종시 발아율의 향상으로 70.6%의 높은 피복율을 보였지만 4월과 10월 파종시에는 낮은 발아율과 생육 부진으로 10% 이하의 매우 저조한 피복율을 나타내었다. 따라서 달맞이는 이른 초봄과 늦가을 파종을 피하는 것이 좋을 것으로 보이며 개체당 지표면 피복면적이 여름철 이후에 급격히 증가되면서 다른 초종의 생육에 지장을 줄 수 있기 때문에 종자배합설계시 배합비율을 낮은 수준으로 책정 하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

쭉은 지상부와 지하부의 발달이 왕성하여 빠르게 군집을 형성하고 초기조성속도가, 외래도입초종들에 버금가는, 빠른 식생이다.²⁾ 4월,



(그림 1) 자생초본류의 파종 시기별 8주후 생육 특성

5월, 6월, 9월 파종시 59%에서 81%에 달하는 피복율을 나타냈으며, 10월 파종에서도 일부가 발아하고 생육하여 23%의 발아율을 기록하였다. 초장생육은 5월 파종시 빠른 신장세를 보였는데 8주후에 15.8cm를 나타내었다. 썩은 파종시기의 영향을 비교적 적게 받았다.

이들 식생들의 피복율과 초장 등을 상호 비교해 본 결과(표 3) 4월 파종시 썩의 피복율과 초장신장이 탁월하게 우수하였는데 8주후에는 62.6%의 피복율을 나타내었다. 5월 파종에서는 초종간 피복율의 차이가 적었는데 새도 8주후에는 64%의 높은 피복율을 보였다. 9월 파종시에는 썩의 생육이 여전히 활발하였는데 8주후에 81%에 달하는 높은 피복율을 나타내어 다른 초종들을 생육을 압도하는 것으로 나타났다. 10월 파종시에는 비수리가 썩과 유사한 생육특성을 보였지만 8주후에 18.3%의 저조한 피복율을 나타내었다.

이상 자생초본류의 파종시기별 생육특성을 조사한 결과 5월과 6월 파종이 가장 적합하였

으며, 달맞이, 새, 비수리는 4월과 10월에는 발아율이 현저하게 떨어지는 특징이 나타남으로써 종자배합설계시 이러한 점이 고려되어야만 하겠다. 하지만, 파종시기가 적합하면 이들 초종들은 높은 피복율을 보임으로써 외래 도입 초종과 혼파하지 않아도 사면녹화가 가능한 것으로 조사됨으로써 자생식생만을 사용하는 식생배합도 가능할 것으로 생각된다. 초기생육이 가장 빠른 것은 썩이었으며, 새와 비수리, 달맞이의 초장은 6월 파종시 8주후에 7cm 이상을 기록하여 외래도입초종들 보다 우수한 결과를 나타내었다.

2) 외래도입초종의 파종시기별 생육특성

본 실험에서 사용된 외래도입초종들은 현재 국내의 사면 녹화 공사에 가장 활용도가 높은 초종들이며, 이들의 파종시기별 생육특성을 나타낸 것이 그림 2와 표 4이다.

Creeping redfescue의 초장은 다른 외래

〈표 3〉 자생초본류의 파종 시기별 생육 특성

파종 시기	초종	2주후			4주후			6주후			8주후		
		분얼경 (개)	초장 (cm)	피복율 (%)	분얼경 (개)	초장 (cm)	피복율 (%)	분얼경 (개)	초장 (cm)	피복율 (%)	분얼경 (개)	초장 (cm)	피복율 (%)
4월 파종	새	0.0a*	0.0a	0.0a	13.6b	0.4cb	0.9b	25.0a	2.0b	5.8b	10.6b	3.3b	22.2b
	비수리	0.0a	0.0a	0.0a	12.4b	0.9b	2.0b	16.5a	2.3b	8.7b	9.7b	2.7b	7.7bc
	달맞이	0.0a	0.0a	0.0a	0.0c	0.0c	0.0b	0.0b	0.0c	0.0b	0.0c	0.0c	0.0c
	쑥	0.0a	0.0a	0.0a	27.5a	0.7cb	11.5a	24.4a	2.8b	38.3a	17.0a	3.6b	62.6a
5월 파종	새	55.2a	0.7b	7.6ab	38.7a	1.3b	15.2a	19.5a	3.1a	49.6a	16.1a	5.0a	64.0a
	비수리	29.6b	1.2a	7.5ab	24.4b	2.0a	12.7a	15.4a	2.8a	29.5a	13.0a	5.3a	77.6a
	달맞이	16.3bc	0.3c	2.2b	6.7c	1.0b	16.1a	3.4b	3.2a	42.3a	2.5b	9.9a	70.6a
	쑥	34.7b	0.6bc	14.2a	29.6ab	1.4b	23.4a	16.0a	3.9a	53.5a	16.8a	15.8a	75.6a
6월 파종	새	15.1a	0.7b	1.2bc	11.4b	2.1ab	20.5a	10.3a	3.8a	26.0b	9.6a	7.5a	40.0b
	비수리	14.4a	1.3a	7.2a	11.1b	2.6a	26.6a	10.1a	5.0a	40.0a	10.4a	8.0a	47.0b
	달맞이	0.0b	0.0d	0.0c	0.30c	1.4bc	0.0b	0.2b	2.7a	2.0c	0.2b	7.4a	10.0c
	쑥	19.3a	0.4c	3.0abc	19.2a	1.0c	31.0a	13.8a	3.0a	36.0a	10.8a	9.2a	59.0a
9월 파종	새	1.6c	0.5b	0.4a	0.5b	0.9a	20.5a	1.3c	2.0a	2.9c	2.2c	10.7a	12.4c
	비수리	11.6b	1.4a	9.4a	14.9a	1.8a	26.0a	14.0b	2.5a	33.8b	15.5a	2.3a	33.7bc
	달맞이	12.2b	0.3b	2.5a	7.7a	1.0a	22.0a	13.9b	1.7a	44.9b	10.6b	2.2a	51.0b
	쑥	20.8a	0.6b	7.7a	10.6a	1.2a	31.0a	15.3a	3.0a	72.1a	15.9a	6.0a	81.0a
10월 파종	새	0.0b	0.0c	0.0b	0.0c	0.0a	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b	0.0b	0.0c
	비수리	14.6a	1.3a	26.7a	9.8a	1.2a	31.7a	8.5a	1.5a	8.3ab	8.8a	1.7a	18.3ab
	달맞이	1.1b	0.5bc	1.8b	1.5bc	1.0a	4.7b	1.2b	1.1a	5.8b	1.8b	0.7b	7.5bc
	쑥	14.8a	1.0ab	9.3b	6.0ab	1.5a	12.0b	10.8a	1.3a	20.0a	8.4a	1.9a	23.3a

* 각 파종시기별 열내에서 같은 문자로 표기된 평균치들은 던컨다중검정(P=0.05 수준)에서 분석결과 유의차가 없다는 것을 의미함

도입초종들 보다 작은 편이며, 분얼경수는 Tall fescue 보다 많은 것으로 조사되었지만 잎이 가늘고 옆쪽이 작기 때문에 피복효과는 Tall fescue 보다 뒤지는 결과를 보였다. 초기피복율에서는 Tall fescue와 Perennial ryegrass보다 뒤지는 경향이었으며, 4월파종시 8주 후에 50.1%의 피복율을 나타내어 외래도입초종들 중에서 가장 우수한 피복율을 기록하였다. 6월파종시에는 8주후에도 10%에 못미치는 매우 저조한 피복율을 나타내었고, 5월파종시 가장 높은 피복율인 69.6%의 피복율을 기록하였다. Creeping redfescue의 파종적기는 5월과 9월인 것으로 조사되었으며, 6월파종은 매우 부적합하였다.

Italian ryegrass는 초기조성속도가 빠르지만 대부분 1년 안에 도태되는 식물이다. 본 실험 결과 초장은 외래도입초종들중에서 가장

빠르게 신장되는 경향을 보였지만 4월, 5월, 6월파종시 8주후에는 Weeping lovegrass의 초장이 더 우세한 것으로 조사되었다. 분얼경은 5월 파종시 8주후에 18.1개로써 2주후의 36.3개에 비해 많이 감소된 것을 나타내었는데 Perennial ryegrass와는 매우 대조적인 경향을 보여 주었다. 피복율에서는 5월과 9월 파종시 8주후에 70%정도를 기록하였으며, 6월파종에서는 다른 한지형초종과 마찬가지로 10.4%의 극히 저조한 피복율을 보였으며, 4월 파종시 파종 후 6주가 경과될 때 40% 정도의 피복율을 보여 조기녹화효과가 다른 초종들 보다 우수하게 나타났다. 본 연구 결과 Italian ryegrass의 초기조성속도는 Perennial ryegrass와 유사한 것으로 조사되어 조기녹화효과를 얻는데는 유효한 식물로 생각되었다. Perennial ryegrass는 Tall

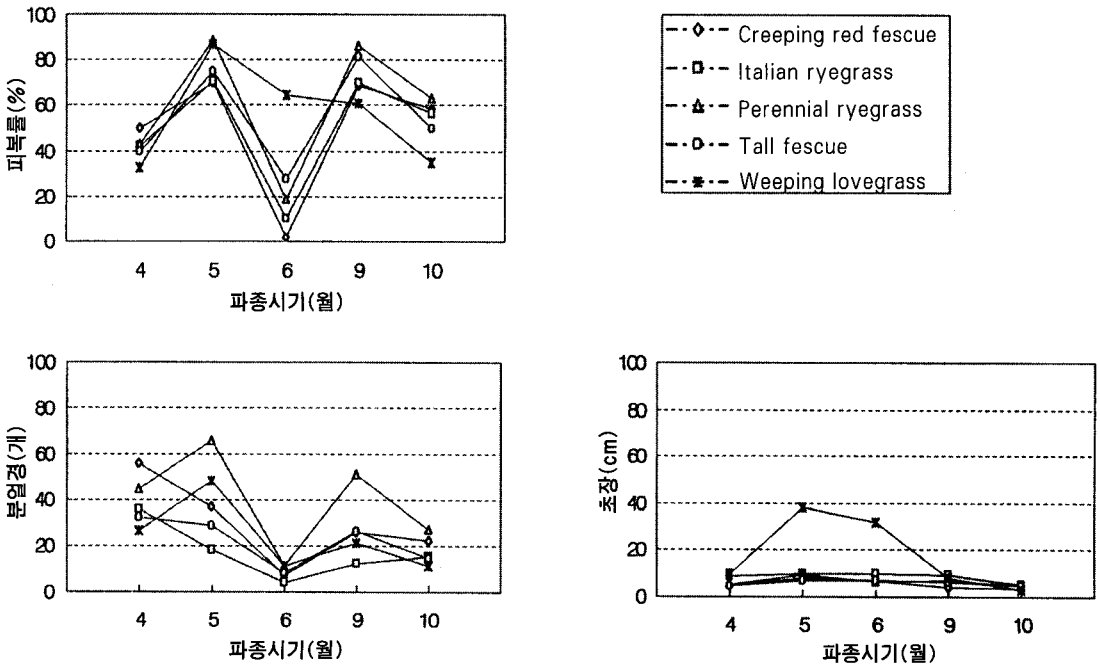
fescue와 더불어 대표적인 국내사면 녹화용 초종으로 사용되고 있는데 본 실험 결과 초장신장은 5월파종이 가장 우수하여 8주후에 9.9cm를 기록하였으며, 분얼경은 5월파종시 가장 많이 증가되어 8주후에는 65.7개를 기록하여 다른 초종들 보다 압도적으로 많은 수치를 나타내었다.

5월과 9월파종시 6주후에 80% 이상의 피복율을 보였고, 8주후에는 90%정도의 높은 피복율을 나타냄으로써 조기녹화효과를 극명하게 보여주었다. 6월파종은 모든 면에서 가장 저조한 결과를 보여줌으로써 우리나라 여름철 기후에 대한 적응성이 떨어짐이 잘 나타나고 있다.

Tall fescue는 초장과 분얼경수에서 다른 외래도입초종들 보다 작은 수치를 나타내었으나 6월파종시 파종 8주후에 한지형외래도입초종들 중에서는 가장 우수한 피복율인 27.6%의 피복율을 나타내어 우리나라 기후에 대한 적응성이 높은 초종임을 잘 나타내 주었다. 5월과 9월파

종시 8주후에 80%이상의 높은 피복율을 보였으나, 4월과 6월, 10월 파종시에는 상대적으로 피복이 늦게 진행되었다. Tall fescue의 파종적기는 5월과 9월경이며, 6월파종은 한지형초종이므로 적합치 않은 것으로 생각된다.

난지형 초종인 Weeping lovegrass는 한지형초종들에 비해 5월, 6월파종시 가장 높은 초장을 기록하였는데 8주후에 38cm 이상의 수치를 나타내었다. 분얼경수에서는 5월파종시 가장 많았으며 파종 부적기인 10월에는 한지형초종들 보다 낮은 수치를 보였다. 4월파종시에는 피복율이 저조하였으나, 5월 파종시 8주후에 90% 정도의 높은 피복율을 보였고, 6월 파종시에도 60%이상의 높은 피복율을 나타내었다. 9월파종에서는 61%의 피복율을 보였고, 10월파종시에는 35%의 피복율을 나타내어 파종부적기임을 나타내고 있다. Weeping lovegrass의 파종적기는 5월, 6월, 9월경인데, 이중에서도 5월이 가장 적합한 것으로 생각된다.



(그림 2) 외래도입초종의 파종시기별 8주후 생육특성

초종간 비교에서는(표4) 4월파종시 초기조성속도는 Italian ryegrass가 가장 빨랐고, 5월파종시에는 Perennial ryegrass의 피복효과가 가장 우수하였다. 6월파종시에는 Weeping lovegrass의 피복효과가 가장 우수하였고, 9월과 10월파종시에는 Perennial ryegrass의 피복율이 가장 우수하였다. Perennial ryegrass에 비해 Tall fescue의 피복효과는 약간 뒤지는 것으로 나타났고, Creeping redfescue의 피복율은 4월과 5월, 6월파종시에 가장 느린 것으로 조사되었다. 따

라서 4월과 6월을 제외하고는 Perennial ryegrass의 피복율과 분얼경수가 가장 높은 것으로 조사되었다.

이상 외래도입초종들을 대상으로 파종시기에 따른 생육특성을 비교해 본 결과(그림 2참조) 한지형 초종들은 5월과 9월파종시에 높은 피복율을 나타내어 파종가능기간의 폭이 자생초본류 보다 넓은 경향을 보여 주었다. 또한 한지형초종들은 6월파종시 8주후에 피복효과가 30%에 못미치는 매우 저조한 피복율을 나타내었지만 난지형인 Weeping lovegrass는

〈표 4〉 외래도입초종의 생육특성

파종 시기	초종	2주후			4주후			6주후			8주후		
		분얼경(개)	초장(cm)	피복율(%)	분얼경(개)	초장(cm)	피복율(%)	분얼경(개)	초장(cm)	피복율(%)	분얼경(개)	초장(cm)	피복율(%)
4월	CRF#	0.0a*	0.0a	0.0a	22.0b	2.8bc	8.2bc	51.5a	4.3c	27.3ab	55.8a	4.7b	50.1a
	IRG	0.0a	0.0a	0.0a	34.1a	4.7a	23.8ab	39.4a	6.6ab	41.0a	36.1ab	8.8a	42.1a
	PRG	0.0a	0.0a	0.0a	28.4ab	4.0ab	31.0a	50.4a	5.6bc	38.3a	44.9ab	5.3b	43.0a
	TF	0.0a	0.0a	0.0a	31.7ab	4.3ba	15.5abc	38.0a	4.8c	38.0a	32.2b	4.8b	39.8a
	WLG	0.0a	0.0a	0.0a	7.6c	1.4c	0.0c	19.3b	5.5bc	7.1b	26.2b	9.7a	32.8a
5월	CRF	32.5ab	5.0c	8.0b	31.2ab	4.7b	18.7b	35.1a	6.1b	60.0ab	37.2ac	8.3b	69.6a
	IRG	36.3a	6.3a	15.4ab	29.0ab	5.3ab	23.3b	25.1a	6.8b	48.0b	18.1c	9.9b	70.3a
	PRG	38.6a	5.7ab	20.0a	43.3a	5.7a	53.4a	49.3a	6.4b	80.6a	65.7a	9.2b	88.3a
	TF	35.5a	5.4bc	11.8ab	28.9ab	4.8ab	20.2b	27.4a	6.0b	59.8ab	28.6bc	6.8b	75.0a
	WLG	26.0b	1.8d	6.4b	20.6b	3.5c	21.2b	32.9a	14.5a	76.3a	48.2ab	38.3a	87.3a
6월	CRF	13.8b	4.0b	2.7b	7.4a	5.6b	12.1b	6.2c	5.9b	6.6c	6.8a	6.9b	2.0d
	IRG	7.7c	5.1a	2.0b	9.4a	5.6b	16.3b	-6.3c	7.4b	18.3bc	4.4a	9.7b	10.4c
	PRG	13.7b	5.0a	21.8a	10.2a	7.3b	38.3ab	11.5ab	8.2b	28.6b	11.1a	6.1b	18.6bc
	TF	13.1b	4.5ab	8.9b	12.4a	6.5b	24.0ab	8.2bc	6.8b	22.0bc	8.2a	6.9b	27.6b
	WLG	18.4a	2.6c	10.6b	12.7a	12.5a	48.6a	15.5a	24.5a	52.3a	11.3a	31.9a	64.6a
9월	CRF	11.0b	4.5b	9.4b	20.0a	4.7cd	12.1b	22.6ab	10.7a	65.5ab	26.0b	3.8b	68.8a
	IRG	12.3ab	5.6a	11.6b	18.5ab	7.6a	16.3b	15.6b	6.8b	69.8ab	12.1b	9.0a	69.9a
	PRG	16.7a	5.1ab	23.3a	20.3a	6.4a	38.0a	27.7a	6.4b	81.0a	51.0a	6.8ab	86.2a
	TF	16.1a	5.1ab	15.0b	17.0ab	5.8cb	24.0a	20.7ab	6.1b	70.0ab	26.7b	6.5ab	81.6a
	WLG	13.4ab	1.8c	2.5c	15.1b	3.6d	48.0a	15.4b	5.3b	56.6b	20.9b	8.2a	61.0a
10월	CRF	14.5a	4.0c	31.7c	17.6a	4.0bc	40.0ab	19.2b	3.0b	63.3ab	22.5a	3.2b	58.3a
	IRG	17.0a	4.5bc	40.0bc	15.8a	5.8a	36.7b	15.5b	4.4a	46.6ab	15.1b	5.0a	56.6a
	PRG	16.0a	5.2a	53.3a	18.7a	4.9ab	56.7a	23.7a	4.1a	71.7a	26.8a	4.6a	63.3a
	TF	17.6a	4.9ab	45.0ab	11.4a	4.8ab	36.7b	19.2b	4.1a	51.7ab	14.8b	4.4a	50.0a
	WLG	14.0a	2.2d	31.7c	10.9a	3.0c	41.7a	17.8b	3.1b	41.7b	11.4bc	2.7b	35.0b

* 각 파종시기별 열내에서 같은 문자로 표기된 평균치들은 던컨다중검정(P=0.05 수준)에서 분석결과 유의차가 없다는 것을 의미함

CRF : Creeping redfescue

IRG : Italian ryegrass

PRG : Perennial ryegrass 'Manhattan'

TF : Tall fescue 'Jagar'

WLG : Weeping lovegrass

6월파종시에도 8주후에는 64.6%의 피복효과를 나타내었다. 이러한 외래도입초종들의 생육 특성을 염두에 두고 자생초본과 목본종자를 적절히 혼파하면 좋은 사면녹화식생을 조성할 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론

본 연구는 국내 사면녹화공사시 자생초본종의 활용가능성을 모색하고, 초종별 파종적기와 파종시기별 생육특성등을 조사하여 식물배합설계의 기초자료로 활용되도록 하는데 연구의 목적을 두고 수행하였다. 본 연구결과 대부분의 식물들은 파종시기의 영향을 많이 받는 것으로 조사되었으며, 본 연구의 결과는 식물배합설계시 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단되었다. 중요 연구결과들은 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 외래도입초종들의 발아율은 높았으며, 자생초본들의 발아율은 상대적으로 낮았다. 자생초본류의 포장발아율은 파종시기에 따라 뚜렷한 차이가 있었으며, 새의 경우 파종시기의 영향이 가장 크게 나타났다.

2. 새와 비수리는 봄(5월, 6월)에 파종하면 발아율과 생육이 좋게 나타나나 가을 파종시에는 발아율이 현저하게 저조해지는 특성이 뚜렷하였다. 따라서 새와 비수리는 4월파종과 늦가을에 파종할 경우 저조한 발아율을 보정하기 위한 파종량 조정이 필요할 것으로 생각되었다. 또한, 파종시기가 적합하면 자생 초본류만으로도 훼손된 사면을 조기녹화할 수 있을 것으로 생각되었다. 달맞이, 새는 파종시기의 영향을 많이 받았으며, 썩과 비수리는 상대적으로 파종시기의 영향을 덜 받았는데 초기조성속도는 썩이 가장 빨랐다.

3. 외래도입초종들중 한지형초종들은 5월과 9월이 파종적기이고 파종가능기간의 폭이 자생초본류 보다 넓은 경향을 보여주었다. 그러나 여름철인 6월파종에서는 발아율이 저조하였다. 난지형 초종인 Weeping lovegrass는

한지형 초종인 Creeping redfescue, Perennial ryegrass, Tall fescue와는 상대적으로 5월과 6월이 파종 적기로 나타났고 4월과 10월파종에서는 피복효과가 떨어지는 것으로 조사되었다.

4. 파종시기별 생육특성을 고려하여 외래도입초종과 자생식물들을 혼파하면 상호간의 단점을 보완하면서 조기녹화를 할 수 있기 때문에 토사면이 노출된 인공절성토사면들의 녹화와 사면안정에 기여할 수 있을 것으로 생각되었으며, 식물배합설계나 파종량결정에 대한 전문가를 양성하는 것이 국내 사면녹화사업의 발전에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 연구 결과를 종합해 볼 때 자생초본종자들은 5월과 6월이 파종 적기이고, 외래도입초종들은 5월과 9월이 파종적기이므로 파종시기에 따라 식생배합을 탄력적으로 해야한다고 생각되었다. 본 연구의 결과는 국내 중부권의 사면녹화공사중 일반토사면의 녹화공사시 활용될 수 있겠으며, 식생별 파종시기별 생육특성에 대한 본 연구의 결과는 식생배합설계시 기초자료로 활용될 수 있겠다고 판단되었다.

인용 문헌

1. 김남춘(1990), "도로비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본식물의 지하부 생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구", 『한국조경학회지』, 18(2) : 45-56.
2. 김남춘(1991), 『녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구』, 서울대학교 박사학위논문:5-13.
3. 禹保命, 金南樞, 金慶勳, 全起成(1996), "고속도로 절토비탈면의 식생천이과정에 관한 연구 : 중부고속도로를 중심으로", 『한국임학회지』, 85(3):347-359.
4. 禹保命, 權台鎬, 金南樞(1993), "임도비탈면의 자생식생 침입과 효과적인 비탈면녹화공법 개발에 관한 연구", 『한국임학회지』, 82(4):381-395.
5. 이재필, 김남춘, 홍성권(1995), "도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구", 『한국조경학회지』, 23(2) : 113-123.
6. 韓國道路公社(1995), 『고속도로 절토비탈면 녹화공법 연구』, 한국도로공사 : 123-135.
7. 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.
8. 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.
9. 日本緑化工協會(1979), 『緑化工基礎技術①』, 1-15.
 10. Andres P. et. al.(1996), “Stabilization of Motorway Slopes with Herbaceous Cover, Catalonia, Spain”, *Restoration Ecology*, 4(1) : 51-60.
 11. Bache D. H. and MacAskill I.A.(1984), *Vegetation in Civil and Landscape Engineering*, London : Granada : 23.
 12. Knapp E. E. and Rice K. J.(1994), Starting from Seeds:Genetic Issues in Using Native Grasses for Restoration, *Restoration & Management Notes* 12(1) : 40-45.
 13. Gray D. H. and Leiser A.T.(1982), *Biotechnical Slope Protection and Erosion Control*, New York : Van Nostrand Reinhold Company : 129-130.
 14. Harrington J. A.(1994), *Roadside Landscapes : Prairie Species Take Hold in Midwest Rights-of-way*, *Restoration and Management Notes* 12(1) : 8-15.
 15. Morrison D. M.(1985), Tallgrass Prairie in the Landscape, *Landscape Architectural Review* : 5-11.
 16. Schiechl, H. M. and Stern R. (1996), *Ground Bioengineering Techniques for Slope Protection and Erosion Control*, UK:Blackwell Science : 23-45.