韓國環境復元技術學會誌 12(2) : 29～39(2009)
J. Korean Env. Res. Tech. 12(2) : 29～39(2009)

동절기 파종시기에 따른 훼손비탈면의 녹화특성

김재환[1] · 심상렬[2]

[1] 청주대학교 대학원 환경조경학과 · [2] 청주대학교 환경조경학과

A Vegetation Characteristics of a Cut-Slope Affected by Seeding Periods of the Winter Season

Kim, Jae-Hwan[1] and Shim, Sang-Ryul[2]

[1] Dept. of Environmental Landscape Architecture, Graduate School, Chongju University,
[2] Dept. of Environmental Landscape Architecture, Chongju University.

ABSTRACT

Research was initiated to investigate a vegetation characteristics of the winter season by seeding periods. 3 seeding periods (Mid-December seeding plot, Late January seeding plot and Early March seeding plot) and 3 zones (the top zone, the middle zone and the bottom zone) in each plot were treated with 3 replications on the experimented slope. Data such as vegetation coverage (%), soil hardness (MPa), temperature (℃) and moisture (%) content were analyzed.

The vegetation coverage was high in Early March seeding plot, medium in Mid-December, and low in Late January seeding plot. Early March seeding plot was effective in moisture content, soil hardness, and temperature for the growth of vegetation when compared to Late January seeding plot and Mid-December seeding plot. From the standpoint of coverage ratio of plant species, the coverage of *Dianthus sinensis and Albizzia julibrissin* were high in the Late January seeding plot whereas the coverage of *Lotus corniculatus* and Cool-season turfgrass were high in Early March seeding plot. These results indicated that the high vegetation coverage of *Dianthus sinensis and Albizzia julibrissin* in Early March seeding plot was caused by scarification during winter season.

There was no difference observed in plant height regardless of seeding periods except in early surveying time of May and June after seeding.

Corresponding author : Shim, Sang-Ryul, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Cheongju University, Tel : +82-43-229-8512, E-mail : srshim@cju.ac.kr

Received : 12 February, 2009. **Accepted** : 22 March, 2009.

As far as each zone of the plot was concerned, the vegetation coverage was high in the bottom zone, medium in the middle zone and low in the top zone. The bottom area of the experimented slope was high in moisture content when compared to the middle zone and the top zone.

Key Words : *Vegetation coverage, Moisture content, temperature, Soil hardness.*

I. 서 론

산지가 많은 우리나라는 도로건설, 택지개발, 산업단지개발 등 대규모 건설 공사로 인해 절 · 성토 비탈면이 지속적으로 발생되고 있다. 이러한 비탈면을 제대로 녹화하지 못하면 침식 및 붕괴현상이 일어나 다량의 토사가 유출되고 자연생태적인 모습이 사라지며 불량한 경관이 연출되는 등의 문제점을 내포하고 있다.

훼손된 비탈면의 침식방지와 안전성 및 경관성 회복을 위하여 비탈면의 녹화는 매우 중요한데 주변과 이질적인 경관을 야기시키는 한지형잔디 위주의 단순 급속녹화로는 바람직한 효과를 얻지 못하여 최근에는 비탈면의 안전과 경관을 동시에 고려한 자생 초 · 목본위주의 녹화공법이 다양하게 시도되고 있다. 그러나 아무리 자생초 · 목본위주의 생태적 녹화공사를 시도한다 하더라도 녹화식물의 활착과 생육은 파종 시기와 시공 장소에 많은 제약을 받고 있으며, 시공 후에도 유지관리는 필수적 요소이다(우보명, 2004).

비탈면 녹화의 파종 시기는 온도와 수분의 조건에 크게 영향을 받는데 특히 동절기에 녹화공사를 하는 경우 녹화식물의 생육은 이러한 조건에 더욱 민감하게 반응한다. 보편적으로 비탈면에 사용되는 식물 재료 중 목본종자들은 5월이 파종적기이며(김남춘, 1997a), 자생초본종자들은 5월과 6월, 한지형잔디종들은 5월과 9월이 파종적기로(김남춘, 1997b), 대부분의 식물들은 파종시기의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

그러나, 일반적으로 비탈면녹화 공사는 대부분 토목공사와 병행하거나 토목공사가 이루어진 후 진행되기 때문에 파종적기에 공사를 하지 못하고, 동절기에도 비탈면녹화 공사를 실시하고 있다. 파종부적기에 녹화공사를 하는 경우 파종량을 과도하게 늘려 파종한 결과 자생 초 · 목본들이 출현하지 못하고 한지형잔디만이 비탈면을 우점 할 소지가 크다.

또한, 동절기에 녹화공사를 하는 경우, 제대로 발아하지 않아 봄에 재파종을 실시한다면 결과적으로 녹화품질이 저하되어 바람직한 녹화를 이루기 어렵고, 추가시공으로 인한 시공비 상승이 우려된다. 이와 같이 파종부적기인 동절기 비탈면 녹화에 관한 문제점이 많이 노출되고 있으나 이에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구는 동절기의 비탈면 녹화특성을 규명하고자 임의적으로 동절기간을 나누어 가장 혹한기로 생각되는 12월 중순 파종, 동파가 한풀 꺾인 1월 하순 파종, 그리고 겨울이 지나가고 봄이 시작 되는 3월 초순에 파종을 실시하였다. 파종시기별 피복율과 생육상태를 파악함으로써 식물의 활용가능성을 모색하고, 토양의 물리적 특성을 분석하여 식물에 미치는 영향을 규명하였으며, 본 연구결과는 동절기 비탈면 녹화의 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

II. 재료 및 방법

1. 공시식물 및 파종량

식물선정은 비탈면에 많이 이용되며 건조지에 강한 특성이 있는 목본, 자생초본, 한지형잔디 등의 종자를 선별하여 혼합하였다. 발생기대본수는 유형에 따라 차이가 있으며 키가 낮은 수림형의 경우 목본 200~500본/m^2, 초본 200~500본/m^2를 적용하고, 초본주도형의 경우 초본 1,000본/m^2를

Table 1. Plant seeding amount of each seeding period used in this experiment.

Flora	Scientific name	Korean name	Germination rate(%)	Number of seeds per 1g	Seeding amount(g/m^2)
Woody species	*Rhus chinensis*	붉나무	40	100	4.6
	Albizzia julibrissin	자귀나무	50	25	5.0
Native herbaceous plant	*Lotus corniculatus* var. *japonicus*	벌노랑이	75	920	1.9
	Dianthus sinensis	패랭이	89	747	1.8
Cool-season turfgrass	*Poa pratensis*	왕포아풀	91	2100	0.6
	Lolium perenne	*Perennial ryegrass*	93	830	1.6

적용하나, 본 실험구는 인공 비탈면인 동시에 파종 부적기에 실시함을 고려하여 목본류의 경우 200본/m^2, 자생초본류의 경우 2,000본/m^2, 한지형잔디류 경우는 2,000본/m^{2}으로 초본류의 발생기대본수를 높게 적용하였으며, 순도 100%, 사면경사와 공법을 고려하여 보정율 0.81을 각각 적용하고 파종량 계산식(문석기 등, 1998)을 이용하여 산정하였다(표 1).

2. 실험방법

본 비탈면실험구는 청주대학교 이공대학 옥상위에 배치하였다. 토양은 마사토이며, 실험구는 1m(W)×1m(L)의 정사각형모형으로 비탈면의 두께는 평균적으로 하단부 83cm, 중단부 50cm, 상단부 17cm이며 비탈면의 각도는 45°가 이루어지도록 설계하였다. 실험구는 파종시기에 따라 2007년 12월 18일(이하 12월 중순 파종구), 2008년 1월 26일(이하 1월 하순 파종구), 2008년 3월 6일(이하 3월 초순 파종구) 등 3가지로 구분하고

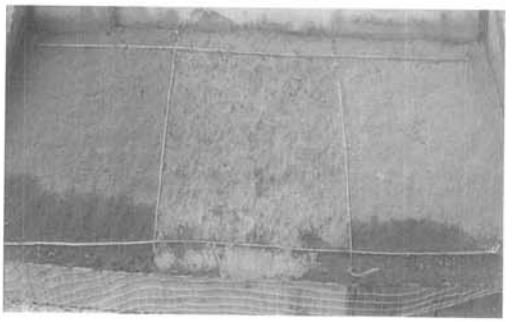

Figure 1. Picture of experiment plots.

40일 간격으로 파종하였으며 3반복으로 처리하여 총 9개의 실험구를 조성하였다. 점토, 임목파쇄칩, 분변토, 돈분, 비료, 화이버, 접착제 등으로 구성된 식생기반재를 저온상태에서 보관 후 파종시기에 따라 종자와 혼합하여 동일하게 1cm 두께로 마사토 위에 포설하여 부착시켰다(그림 1).

3. 조사 및 분석방법

본 실험은 동절기의 비탈면 녹화특성을 알아보기 위하여 실시하였으며, 파종시기에 따른 식물생육특성은 모든 실험구의 파종이 완료되고 40일 지난 2008년 4월 15일부터 10월 14일까지 약 한달 간격으로 7차례에 걸쳐 실시하였고 비탈면을 상, 중, 하단부로 나누어 지면피복율, 자생초본류와 한지형잔디류의 피복율, 목본개체수, 식물초장 등을 조사하였다.

파종시기별로 토양의 물리적 특성을 알아보기 위하여 2008년 6월 22일부터 6회에 걸쳐 토양수분을 측정하고 2008년 7월 1일부터 2차례 토심경도 등을 측정하였다. 수분측정은 Trase사의 토양수분측정기(Time Domain Reflectometry 모델 : 6060ED6)로 측정센서의 길이는 12cm인 것을 사용하였으며 실험구별로 상, 중, 하단부로 나누고 각 실험구마다 3회씩 측정하였고 토심경도는 Zijkelkamp 사의 Penetrologger(모델 : STS-100kg-C2)를 이용하여 측정하였으며 평균값에 대한 차이를 비교하였다. 파종시기에 따른 식물의 생육 상태와 온도를 알아보기 위해 파종 후

60일간 실험구별로 온도를 측정하였다. 모든 측정결과는 SAS system for window V9.1(SAS instiute Inc, 2004)을 이용하여 통계처리 하였으며, 측정별 평가의 차이는 최소유의차(LSD)로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물리적 특성

1) 함수율

파종시기에 따른 비탈면의 토양수분이 식물 생육에 미치는 영향을 알아보고자 함수율을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 2). 6월 22일과 7월 1일 2번의 측정결과 3월 초순 파종구에서 통계적 유의차를 보이며 가장 높은 함수율이 나타났고 12월 중순 파종구에서 가장 낮은 함수율을 나타내었다. 이는 파종시기에 따른 지면피복율의 측정결과(표 4)와도 동일한 것으로 토양수분이 식물의 생육에 큰 영향을 미친 것으로 보인다.

7월 16일 측정에서는 비가 온 직후의 함수율 측정결과로 모든 실험구에서 통계적 유의차는 없었으나(http : //www.kma.go.kr), 3월 초순 파종구가 약간 높았다. 8월 21일 측정결과에서도 역시 3월 초순 파종구에서 가장 높은 함수율이 나타났고 12월 중순 파종구에서 가장 낮은 함수율이 나타났다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 식물이 생육하기에 수분의 역할이 상당히 중요하며, 동절기 비탈면 녹화를 실시할 경우 함수율이 가장 낮은 12월 중순 파종은 피해야 할 것으로 판단된다.

9월 16일 측정결과 모든 실험구에서 함수율이 1%이하로 급격히 감소하였는데 이는 본 실험구에 사용된 토양이 마사토 재질로 보수력이 약하고, 측정일로부터 2주전까지의 강수량이 0.1mm로 매우 적은데 기인된 결과로 보이며(http : // www.kma.go.kr), 이로 인한 실험구의 지면피복율도 많이 감소하였고 이와 같은 결과는 10월 14까지 이어졌다.

2) 토심경도(Mpa)

파종시기에 따른 토심경도를 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 3). 2008년 7월 1일 측정결과 통계적 유의차를 보이며 3월 초순 파종구에서 가장 높게 나타났으며 12월 중순 파종구에서 가장 낮게 나타났다. 3월 초순 파종구의 경우 토심의 깊이별로 0.83~0.87MPa로 12월 중순 파종구의 토심 깊이별 0.34~0.47MPa 보다 약 2배가량 높은 토심경도를 보였다. 이는 파종시기에 따른 지면피복율의 결과와도 유사하며 지면피복율이 높은 3월 초순 파종구의 경우 식물뿌리가 토양을 결합하는 힘이 높아 지면피복율이 낮은 12월 중순 파종구 보다 토심경도가 높게 나타난 것으로 판단된다. 비탈면 녹화시 주요초본식물의 지하부 생육이 토양을 안정화 시키고(김남춘, 1990), 식생뿌리에 의해 비탈면이 안정화(조주형 · 안봉원, 1998) 되어 진다. 이런 결과로 미루

Table 2. Moisture content(%) affected by seeding periods.

Seeding Periods	2008					
	6/22	7/1	7/16	8/21	9/16	10/14
Mid-December	2.7b[z]	3.8b	6.8	4.5b	0.2b	0.7b
Late January	3.1ab	4.6ab	7.2	4.6b	0.3b	0.9ab
Early March	3.9a	6.0a	7.3	6.3a	0.7a	1.1a
LSD(0.05)	0.9	1.5	NS	1.7	0.2	0.4

[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test. NS : statistically not significant

Table 3. Soil penetration(MPa) affected by seeding periods.

Seeding Periods	2008							
	7/1				8/25			
	1cm	5cm	10cm	15cm	1cm	5cm	10cm	15cm
Mid-December	0.47b[z]	0.34c	0.40b	0.47b	0.49b	0.35b	0.45b	0.49b
Late January	0.74ab	0.57b	0.55b	0.74ab	0.72ab	0.66a	0.72ab	0.72ab
Early March	0.83a	0.87a	0.84a	0.83a	0.74a	0.74a	0.78a	0.74a
LSD(0.05)	0.35	0.21	0.23	0.35	0.24	0.30	0.28	0.24

[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

어 보아 3월 초순 파종구가 토양의 안정성이 가장 높고 12월 중순 파종구의 안정성이 제일 낮다고 할 수 있겠다.

8월 25일 측정 결과에서도 역시 3월 초순 파종구에서 토심 깊이별로 가장 높은 토심경도가 나타났고 12월 중순 파종구 가장 낮은 토심경도가 나타났다. Shim and Carrow(1997)의 연구결과를 살펴보면 일반적으로 토양을 경작하고 17개월이 지나 토심경도를 측정하면 0~5cm의 깊이에서 1.9~2.5MPa로 측정된다고 발표하였으나, 본 실험은 임의적으로 제작된 틀에 마사토를 성토하여 조성하였기 때문에 Shim and Carrow(1997)의 결과보다 상당히 낮은 토심경도가 나타난 것으로 판단된다.

3) 온도

실험구별로 파종 후 60일간의 온도를 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다(그림 2). 먼저 12월 중순 파종구의 경우 파종 후 한 달간 평균 온도는 0.8℃를 보였고, 31-60일간의 평균 온도는 종자가 휴면상태를 유지하는 영하의 온도가 나타났다. 종자가 발아하는데 온도가 부족하면 종자는 휴면상태를 유지하게 되는데 본 실험에서는 종자의 휴면상태가 가장 오래된 12월 중순 파종구에서 종자의 발아가 가장 저조하게 나타났다.

1월 하순 파종구의 경우 파종 후 30일간의 평균온도는 종자의 휴면상태가 유지되는 영하의 온도

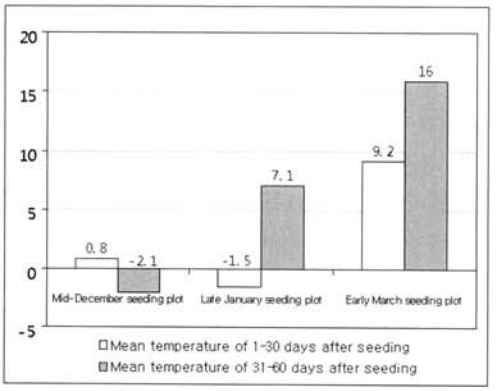

Figure 2. Mean temperature(℃) of 1-30 days and 31-60 days after seeding, respectively.

(-1.5℃)가 나타났으며, 그 후 30일간의 평균온도는 종자가 발아 할 수 있는 영상의 온도(7.1℃)를 나타내었다. 이는 12월 하순 파종구 보다는 식물 발아에 좋은 조건이나 파종 후 한 달간 휴면상태를 유지하면서 종자의 피해가 있었을 것으로 사료된다. 일반적으로 식물의 발아에 적당한 온도는 5~15℃이상 되는 날이 1~2주 동안 지속 되는 것이 필요한 것으로 나타났다(문석기 등, 1998). 3월 초순 파종구는 한 달간 평균온도가 9.2℃, 31-60일간의 평균온도가 16℃로 다른 실험구와 비교하여 실험초기부터 종자가 발아 할 수 있는 온도가 유지 되었으며 이로 인해 지면피복율이 가장 높게 나타났다.

이런 결과로 미루어보아 발아온도가 적당하지 않아 휴면기간이 긴 12월 중순 파종은 지양해야

할 것이며, 종자 발아 온도가 유지되는 시기에 파종해야 발아력이 높을 것으로 판단된다.

2. 식물생육특성

1) 파종시기에 따른 지면 피복율

파종시기에 따른 지면피복율을 결과는 다음과 같다(표 4). 7번의 측정결과 3월 초순 파종구에서 지면피복율이 높게 나타났으며 12월 중순 파종구에서 가장 낮게 나타났다. 이는 함수율(표 2)과 온도(그림 2)가 3월 초순 파종구에서 식물이 생육하기에 가장 적당하였고 12월 중순 파종구에서 가장 부적당하였던데 기인된 결과로 판단된다. 1월 하순 파종구는 7번의 측정결과 4월, 9월 및 10월의 3차례의 측정결과에서 3월 초순 파종구와 통계적 유의성이 없이 동등한 피복율을 나타내었다. 그러나, 3월 초순 파종구의 경우 7월 16일에 지면피복율 70%을 넘었으며 8월 21일 측정결과에서는 77.3%로 어느 정도 피복성과가 이루어진 결과를 나타낸데 비해 1월 하순 파종구의 경우 지면피복율이 가장 높게 나타났던 8월 21일 측정결과에서도 70%를 넘지 못하는 65.9%의 피복율을 나타냈다. 건설교통부(2005) "비탈면 녹화설계 및 시공 잠정 지침"의 녹화공법 평가표에 따르면 식생피복율의 기준 등급을 3등급(하 : 70%미만, 중 : 70~89%, 상 : 90%이상)으로 나누어 제시하고 있다. 이와 같은 기준으로 미루어 볼 때, 3월 초순 파종구만이 생육이 정점에 이르렀던 7, 8월에 중급정도의 피복율을 나타내었으며 1월 하순 파종구는 7, 8월에도 70%미만의 하급 피복율을, 12월 중순 파종구는 20%정도의 매우 저조한 지면피복율을 보였는데, 이는 12월에 파종한 실험구의 경우 함수율이 가장 낮고 종자 파종 후 60일간의 평균 온도 또한 종자가 발아하기 힘든 온도로 인해 나타난 결과로 판단된다.

9월 16일에는 모든 실험구에서 지면피복율이 감소하였는데 이는 강수 부족(표 2)으로 인해 발아된 식물들이 고사하여 나타난 결과로 판단된다. 1월 하순 파종구와 3월 초순 파종구의 지면피복율 유의차는 없었으나 1월 하순 파종구에서 약간 높게 나타났으며 12월 중순 파종구에서 여전히 가장 낮게 나타났다. 이는 3월 초순 파종구의 경우 지면피복율에 가장 큰 영향을 미친 한지형잔디류가 수분부족으로 인해 고사하여 나타난 데 기인된 것으로 이와 같은 결과는 10월 14일 측정결과에서도 이어졌다.

2) 파종시기에 따른 자생초본 및 한지형잔디의 피복율

파종시기에 따른 자생초본과 한지형잔디의 피복율 결과는 다음과 같다(표 5). 5월 15일 측정결과 자생초본류에 속한 벌노랑이와 패랭이는 모든 실험구에서 통계적 유의차 없이 매우 저조하게 나타났다. 이는 자생초본류가 발아하는데 필요한 적정 온도(그림 2)와 충분한 수분이 공급되지 않아 초종들의 발아가 늦어진데서 기인된 결과로 판단된다.

6월 17일부터 10월 14일까지 5번의 측정결과 벌노랑이 피복율은 3월 초순 파종구에서 대체로

Table 4. Vegetation coverage rate affected by seeding periods.

Seeding Periods	2008						
	4/15	5/15	6/17	7/16	8/21	9/16	10/14
Mid-December	3.9b[z]	6.4c	12.4c	20.1b	19.8c	15.0b	14.3b
Late January	16.2a	26.3b	42.7b	63.1a	65.9b	54.9a	49.8a
Early March	13.1a	35.6a	60.2a	75.6a	77.3a	48.8a	43.9a
LSD(0.05)	6.9	7.9	11.1	13.0	10.6	14.3	21.9

[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

Table 5. Native herbaceous plant and Cool-season turfgrass coverage rate affected by seeding periods.

Seeding Periods	2008																	
	5/15			6/17			7/16			8/21			9/16			10/14		
	Lo[y]	Di	Co	Lo	Di	Co	Lo	Di	Co	Lo	Di	Co	Lo	Di	Co	Lo	Di	Co
Mid-December	0.0[z]	2.2	4.5c	0.3b	5.0ab	7.3c	0.3b	7.7b	12.0c	0.3b	5.7a	15.7b	0.7c	7.3a	8.7b	1.7c	8.4a	5.0b
Late January	1.0	3.7	21.7b	2.7a	7.0a	39.7b	5.6a	11.3a	45.7b	7.7a	6.7a	56.3a	9.7b	9.0a	41.7a	12.0b	8.7a	29.0a
Early March	0.3	1.0	34.3a	2.3a	2.0b	57.0a	8.0a	0.7c	68.3a	8.0a	1.3b	72.3a	19.3a	0.7b	37.0a	20.0a	1.0b	23.0a
LSD(0.05)	NS	NS	5.4	1.6	4.3	14.3	2.5	3.5	18.2	1.9	4.2	16.3	4.9	2.5	21.2	4.7	3.9	15.3

[y]L : *Lotus corniculatus* var. *japonicus*, D : *Dianthus sinensis*, C : Cool-season turfgrass.
[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

높게 나타났으며 12월 중순 파종구에서 가장 낮게 나타났다. 9월 16일에는 3월 초순 파종구에서 벌노랑이의 피복율이 급격히 증가하였는데 이는 한지형잔디가 고사하면서 콩과식물인 벌노랑이가 빠르게 생육했기 때문이라고 판단된다. 이로 미루어 보아 벌노랑이는 한지형잔디에 비해 건조에 강한 특성이 있으며, 함수율도 1%내외(표 2)의 매우 낮은 조건에서도 활발히 생육하는 것으로 미루어보아 비탈면녹화의 자생초종으로써 상당히 효과가 있을 것으로 판단된다.

패랭이의 피복율은 1월 하순 파종구에서 가장 높게 나타났으며 전반적으로 피복율이 우수한 3월 초순 파종구에서 오히려 가장 낮은 상반된 결과를 나타내었다. 이는 1월 하순 파종한 패랭이 종자의 경우 겨울철 종피파상(scarification; 한국생물과학협회, 2006)에 의한 발아 촉진 결과로 보이며, 3월 초순 파종구의 패랭이는 한지형잔디보다 발아세가 낮아 한지형잔디에 피압 당해 나타난 것으로 판단된다.

한지형잔디류의 피복율은 5월 15일부터 8월 21일까지 4번의 측정결과 3월 초순 파종구에서 통계적 유의차를 보이며 가장 높게 나타났고 12월 중순 파종구에서 가장 낮게 나타났다. 그리고 3월 초순 파종구의 경우 자생초본류의 피복율에 비해 한지형잔디류의 피복율이 상당히 높게 나타났다. 이는 한지형 잔디가 생육하기에 적정한 온도가 주어진 3월 초순 파종구에서 조기 발아가 원활히 이루어져 비롯된 것으로 자생초본이 한지형잔디에 의해 피압 당해 기인된 결과로 판단된다. 이처럼 파종부적기라 하여 파종량을 증가시키면 한지형잔디만이 우점 하는 결과가 나타남으로 봄철 비탈면 녹화시 한지형잔디 파종량의 조절이 필요할 것으로 보인다. 9월 16일과 10월 14일 측정결과에서는 모든 실험구에서 피복율이 급격히 감소하였으며 3월 초순 파종구에서 피복율 감소폭이 가장 컸다. 이는 수분 부족으로 건조에 약한 한지형잔디가 고사하여 나타난 결과로 한지형잔디가 우점 한 3월 초순 파종구에서 가장 큰 피해를 본 것으로 나타났다.

3) 파종시기에 따른 목본개체수

파종시기에 따른 목본 발아개체수 결과는 다음과 같다(표 6). 목본종자의 경우 발아상에서 조사된 발아율은 붉나무 40%, 자귀나무 50%로 나타났으나, 실제 각 파종구에서의 발아율은 이에 상당히 미치지 못하는 결과가 나타났다.

먼저, 붉나무의 경우 5월 15일 부터 10월 14일까지 6번의 측정 결과 모든 실험구에서 통계적 유의차 없이 거의 발아가 일어나지 않았으며 12월 중순 파종구에서 일부 출현하였다. 자귀나무 경우도 5월 15일과 6월 17일 2번의 측정결과에서는 실험구간 통계적 유의차 없이 개체수가 적게 나타났으나, 여름철로 접어드는 7월과 8월 측정결과에서는 조사기간 중 가장 많은 발아개

Table 6. The number of germinating woody species affected by seeding periods.

Seeding Periods	2008											
	5/15		6/17		7/16		8/21		9/16		10/14	
	Rh[y]	Al	Rh	Al	Rh	Al	Rh	Al	Rh	Al	Rh	Al
Mid-December	0.7[z]	0.0	0.7	0.3	0.3	1.3b	0.3	2.7b	0.3	2.0ab	0.3	1.3b
Late January	0.0	0.7	0.0	1.7	0.0	4.0a	0.0	7.3a	0.0	4.3a	0.0	3.3a
Early March	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.3b	0.0	2.0b	0.0	0.7b	0.0	0.7b
LSD(0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	2.5	NS	3.9	NS	2.5	NS	2.0

[y]Rh : *Rhus chinensis*, Al : *Albizzia julibrissin*
[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at *p=0.05* level by LSD-test.
NS : statistically not significant

체수가 나타났다. 이런 결과는 자귀나무의 경우 봄, 가을의 발아율 보다 여름의 발아율이 더 좋게 나타난다는(허영진 · 안태영, 2006) 선행연구 결과와 일치한다. 7월 16일 부터 10월 14일까지 4번의 측정결과에서는 1월 하순 파종구에서 통계적 유의차를 보이며 가장 많은 발아개체수가 나타났는데 이는 자귀나무는 패랭이와 마찬가지로 겨울철 종피파상(scarification)에 의해 종자의 발아가 촉진된 데에 기인된 것으로 보인다. 한편, 3월 초순 파종구와 12월 중순 파종구에서 적게 출현했는데 이는 12월 중순파종구의 경우 낮은 토양온도로 인한 발아저하로, 3월 초순 파종구의 경우는 발아세가 낮은 자귀나무가 높은 피복율의 한지형잔디에 피압 되어 나타난 결과로 판단된다.

김남춘(1997a)에 의하면 비탈면 녹화시 목본종자는 5월이 파종적기로 연구되어진바, 본 실험은 파종부적기에 파종하여 붉나무와 자귀나무의 발아가 상당히 저조하게 나타난 것으로 보인다. 따라서 동절기 비탈면 녹화시 목본종자의 파종량을 조정할 필요가 있을 것으로 사료된다.

4) 파종시기에 따른 식물초장

파종시기에 따른 식물의 초장을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 7). 5월 17일과 6월 17일 2번의 측정결과 1월 하순 파종구에서 통계적 유의차를 보이며 식물 초장이 가장 길게 나타났으며 3월 초순 파종구에서 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 파종시기에 따른 식물의 생장차이로 보이며, 1월 하순 파종구와 12월 중순 파종구의 경우 3월 초순 파종구에 비해 벌노랑이와 패랭이의 영향이 크게 미친 것으로 사료된다. 7월

Table 7. Plant height(cm) affected by seeding periods.

Seeding Periods	2008					
	5/15	6/17	7/16	8/21	9/16	10/14
Mid-December	6.5ab[z]	12.7ab	17.6	22.4	22.4	21.9
Late January	7.2a	16.6a	18.4	23.3	23.3	24.7
Early March	4.9b	9.8b	15.4	15.4	18.4	20.8
LSD(0.05)	2.1	5.5	NS	NS	NS	NS

[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at *p=0.05* level by LSD-test.
NS : statistically not significant

Table 8. Vegetation coverage rate under top, middle and bottom zones of plots.

Zone	2008						
	4/15	5/15	6/17	7/16	8/21	9/16	10/14
Top	2.7b[z]	7.9b	21.7c	42.9b	41.0b	31.8b	31.4
Middle	4.7b	13.3b	34.3b	46.6b	48.2b	36.7ab	31.9
Bottom	25.9a	47.1a	59.3a	69.3a	73.8a	50.2a	43.7
LSD(0.05)	6.9	7.9	11.1	13.0	10.6	14.3	NS

[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test. NS : statistically not significant

16일부터 10월 14일까지 4차례의 측정결과에서는 모든 실험구간의 유의차가 나타나지 않았으며, 이는 시간이 지나면서 식물 생육이 원활하게 유지되어 식물간에 차이가 크지 않아 나타난 것으로 판단된다.

3. 인공비탈면의 생육특성 및 물리적특성

1) 인공비탈면의 상·중·하단에 따른 지면피복율

인공비탈면의 상 · 중 · 하단의 지면피복율 결과는 다음과 같다(표 8). 4월 15일 측정결과 하단부에서 통계적 유의차를 보이며 가장 높게 나타났고 중단부와 상단부에서 낮게 나타났다. 5월 15일부터 7월 16일까지 3번의 측정 결과에서도 역시 하단부에서 통계적 유의차를 보이며 가장 높은 지면피복율이 나타났고 중단부와 상단부에서 낮게 나타났으며, 중단부와 상단부 간의 지면피복율은 중단부에서 다소 높게 나타났다. 8월 21일 측정결과 하단부에서 지면피복율이 73.8%로 가장 높게 나타났으며 중단부와 상단부는 각각 48.2%, 41%로 지면피복율이 50%를 넘지 못하였다. 9월 16일의 측정결과 모든 실험구에서 지면피복율이 감소하였는데 이는 수분부족으로 인한 식물들이 고사하여 기인데 결과로 판단되며(표 9), 이런 결과로 인한 피해는 10월 14일 측정결과에서도 이어졌고 실험구간의 유의차는 나타나지 않았다.

2) 인공비탈면의 상·중·하단에 따른 토양수분

인공비탈면의 상 · 중 · 하단의 토양수분 측정결과는 다음과 같다(표 9). 6월22일부터 8월21일까지 4번의 측정결과 통계적 유의차를 보이며 하단부에서 가장 높은 함수율 나타났고 중단부와 상단부에서 함수율이 낮았다. 중단부와 상단부의 통계적 유의차는 없었으나 함수율이 상단부에서 다소 낮게 나타났다. 이는 마사토를 성토하여 만든 비탈면으로 수분이 아래로 몰려 하단부의 함수율이 높았던데 기인된 결과로 보이며, 높은 함수율이 지면피복율에도 영향을 미친 것으로 판단된다.

9월 16일과 10월 14일 측정에서는 모든 실험구에서 1%내외로 함수율이 급격히 낮아졌으며 이는 건조로 인한 토양의 수분이 감소하여 나타난 결과로 식물의 지면피복율도 크게 감소하였

Table 9. Moisture content(%) affected under top, middle and bottom zones of plots.

Zone	2008					
	6/22	7/1	7/16	8/21	9/16	10/14
Top	1.2c[z]	3.2b	5.0b	3.0b	0.3b	0.6b
Middle	2.2b	4.0b	6.4b	4.2b	0.4b	0.8ab
Bottom	6.3a	7.2a	9.8a	8.3a	0.6a	1.2a
LSD(0.05)	0.9	1.5	1.4	1.7	0.2	0.4

[z]Mean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

다. 앞서 말한 바와 같이 식물의 생육에 토양수분이 상당히 중요한 역할을 한다는 것을 짐작 할 수 있다.

IV. 결 론

본 연구는 파종부적기인 동절기에 시행되는 비탈면녹화특성을 알아보고자 임의적으로 12월 중순 파종구, 1월 하순 파종구, 3월 초순 파종구 등 3가지로 나누어 비탈면실험구를 조성하고 식물의 생육특성과 토양의 물리적 특성을 분석하였으며, 실험한 결과는 다음과 같다.

1) 파종시기에 따른 식물 생육 특성의 경우 지면피복율은 3월 초순에 파종한 실험구에서 가장 높게 나타났으며 12월 중순에 파종한 실험구는 실험기간 내내 20%을 초과하지 못하는 매우 낮은 지면피복율을 보였다. 또한, 비탈면의 하단부에서 지면피복율이 가장 높게 나타났으며, 중·상단부에서는 지면피복율이 50%에 못 미치는 저조한 결과가 나타났다.

2) 자생초본류 중 벌노랑이의 피복율은 3월 초순 파종구에서 가장 높게 나타났으며 12월 중순 파종구에서 가장 낮게 나타났고, 패랭이의 피복율은 종피파상의 영향을 받은 1월 하순 파종구에서 가장 높게 나타났으며, 한지형잔디에 피압 된 것으로 보이는 3월 초순 파종구에서 가장 낮게 나타나는 등 동절기 파종시기에 따라 자생초본류의 피복율이 다르게 나타났다. 한지형잔디류의 피복율은 3월 초순 파종구에서 가장 높게 나타났고 12월 중순에 파종한 실험구에서 가장 저조한 것으로 나타났다.

3) 목본류의 경우 발아상의 종자발아율에 비해 상당히 저조한 발아개체수가 나타났는데 이는 파종부적기에 파종한 결과로 생각되는바, 목본종자의 파종량을 증가 시키는 배합설계가 필요할 것으로 판단된다. 자귀나무의 경우 종피파상의 영향을 받은 1월 하순에 파종한 실험구에서 가장 많이 나타났으며 3월 초순 파종구에서 가장 적게 나타났다. 3월 초순에 파종한 실험구의 경우 한지형잔디류에 의해 자귀나무가 피압 된 것으로 보이는바, 비탈면녹화의 봄 파종시에는 한지형잔디의 파종량을 조정해야 할 것으로 사료된다.

4) 토양의 물리적 분석결과 토양수분은 3월 초순에 파종한 시험구와 비탈면의 하단부에서 가장 높은 함수율이 나타났으며, 12월 중순에 파종한 시험구와 비탈면의 상단부에서 가장 낮은 함수율이 나타났다. 파종 후 60일 간의 평균온도 조사결과 3월 초순 파종구에서 식물이 발아하기에 가장 적정한 온도가 나타났으며 12월에 중순에 파종한 실험구에서 가장 부적합한 온도가 나타났다. 12월 중순에 파종한 실험구는 토양수분과 온도의 영향으로 모든 식물 생육이 원활하지 않은 것으로 나타난바, 보습 및 보온의 조치가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5) 파종시기에 따른 토심경도는 마사토를 성토하여 조성한 실험구로 대부분 적정범위 보다 낮게 측정되었고, 비탈면의 토심경도는 3월 초순 파종구, 1월 하순 파종구, 12월 중순 파종구 순으로 나타났으며 지면피복율이 높은 실험구에서 토양이 안정화 되는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

건설교통부. 2005. 비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침.

김남춘. 1990. 도로 비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본식물의 지하부 생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구. 한국조경학회지 18(2) : 45-55.

김남춘. 1997a. 사면 녹화 공사용 자생목본식생의 파종적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(1) : 73-81.

김남춘. 1997b. 주요 초본식물의 비탈면 파종적기에 관한 연구. 한국조경학회지 25(2) : 62-72.

문석기 등. 1998. 조경설계요람. 서울 : 도서출판

조경. pp.446-454.

우보명. 2004. 훼손지 환경녹화 공학. 서울 : 서울대학교출판부. pp.199-212.

조주형 · 안봉원. 1998. 식생뿌리에 의한 비탈면 안정과 보강에 관한 실험적 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 1(1) : 54-62.

허영진 · 안태영. 2006. 훼손 비탈면의 생태복원 녹화를 위한 종자배합량의 계절별 가중치에 관한 연구 9(1) : 41-54.

한국생물과학협회. 2006. 제2편 생물학 용어집. 아카데미서적. pp.486

SAS Institute Inc. 2003. The SAS system for window Release 9.1

Shim, S. R., and Carrow, R. N. 1997. Cultivation and chemical injection : Influence on soil physical and chemical properties. International Turfgrass Society Research Journal 8.

http : //www.kma.go.kr/