

몇몇 지피식물의 비탈면녹화공사 활용성 연구

- 역사, 톨웨스큐, 수크령, 한국잔디 -

조성록¹⁾ · 김재환¹⁾ · 심상렬²⁾

¹⁾ 산수조경건설(주) · ²⁾ 청주대학교 환경조경학과

Practical Use of Several Ground Covers on a Slope Revegetation Construction

- *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, *Festuca arundinacea*,
Pennisetum alopecuroides, *Zoysia japonica* -

Cho, Seong-Rok¹⁾ · Kim, Jae-Hwan¹⁾ and Shim, Sang-Ryul²⁾

¹⁾ SAN-SU Landscape Architecture Construction Co., Ltd.,

²⁾ Dept. of Environmental Landscape Architecture, Cheongju University.

ABSTRACT

Research was initiated to investigate a vegetation characteristics of the species of ground cover plants mixed with herbeceous and woody plants on a cut slope. 4 different ground cover plants (*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*, *Pennisetum alopecuroides*, *Festuca arundinacea* and *Zoysia japonica*) were seeded at the same rate of 10.0g/m² with herbaceous plants (*Lotus corniculatus* var. *japonicus*, *Dianthus sinensis*, *Aster yomena*, *Chrysanthemum zawadskii* and *Coreopsis drummondii* L) at the total seeding rate of 7.5g/m² and native woody plants (*Lespedeza bicolor* Turcz, *Indigofera pseudo-tinctoria* and *Albizia julibrissin*) at the total seeding rate of 7.5g/m², respectively. This experiment was treated with 3 replications on a randomized block design. Data such as surface coverage rate(%), the germinating number, plant height and visual quality were analyzed.

There were no statistic differences observed in the soil hardness and the soil moisture content while a significant difference was observed in the surface coverage rate and the germinating number.

First author : Cho, Seong-Rok, SAN-SU Landscape Architecture Construction Co., Ltd.,

Tel : +82-32-543-1356, E-mail : sansu729@hanmail.net

Corresponding author : Shim, Sang-Ryul, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Cheongju University,

Tel : +82-10-6432-4932, E-mail : srshim@cju.ac.kr

Received : 8 May, 2015. **Revised** : 9 June, 2015. **Accepted** : 15 June, 2015.

The surface coverage rate and the germinating number were significantly high in the *Pennisetum alopecuroides* plot when compared with the *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* plot, the *Festuca arundinacea* plot and the *Zoysia japonica* plot, respectively from the viewpoint of ground covers. Especially, the surface coverage rate was considerably low in the *Festuca arundinacea* plot. However, the surface coverage rate and the germinating number were no statistic differences observed in this treatment from the viewpoint of herbaceous and woody plants.

Also, both of the plant height and visual quality were high in the *Pennisetum alopecuroides* plot when compared with the *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens* plot, the *Festuca arundinacea* plot and the *Zoysia japonica* plot, respectively.

We concluded that *Pennisetum alopecuroides* was the optimum plant from the treated ground covers mixed with native woody and herbaceous plants for the balanced emergence from the viewpoint of the ecological slope vegetation.

Key Words : Ground cover, Surface coverage rate, Germinating number, Plant height, Visual quality.

I. 서론

우리나라는 국토 면적의 60% 이상이 산지 지형으로 이루어져 있어 전 국토에 걸쳐 도로공사 및 각종 건설공사로 인하여 매년 비탈면이 증가하고 있는 실정이며, 이러한 훼손 비탈면은 식생의 생육기반이 불량하여 자연복원력만으로 녹화되기까지 오랜 기간이 소요된다. 각종 건설공사로 인해 발생하는 비탈면은 경사가 매우 급하고, 양분 및 수분 공급이 어려운 열악한 조건으로 식물 생육에 매우 불리한 조건을 가지고 있다(Pritchett and Fischer, 1987). 특히, 비탈면의 토양은 척박하기 때문에 녹화용 식생은 무엇보다도 척박지에서 견디는 식물이어야 하며, 조기녹화를 이룰 수 있어야 한다(Korea expressway corporation, 1995).

최근에는 도로건설 등으로 발생하는 훼손지를 생태적으로 건전하게 복원하기 위해 생태복원녹화에 대한 관심이 높아지고 있고, 새로운 환경기술로 인식되면서 매우 다양한 녹화용 식물이 언급되고 있으며(Ministry of Environment, 2001), 적절한 종자선정과 파종량 및 종자배합

에 관한 연구가 지속적으로 진행되고 있다(Jeon and Woo, 1999; Kim and Shim, 2009). 비탈면 녹화를 위해서는 주변 생육환경을 개선하기 위한 녹화기술 개발과 함께 녹화에 이용되는 소재로써 식물의 성질을 이해하는 것이 필수적이다(Shim and Kim, 2006).

훼손비탈면의 생태복원은 식물로 인하여 비탈면이 안정화 되고, 경관미가 향상되는 만큼 식물의 선정 및 생육이 중요한 요소로 작용하고 있으며(Shim and Kim, 2006), 이러한 녹화용 식물은 비탈면의 열악한 토양과 온도, 건조 등의 극단적인 기후 변화에 대한 적응성이 높아야 한다(Anderson, R. C., 1996). 일반적으로 비탈면 녹화에 주로 사용되는 초본류는 목본류에 비해 조기 발아속도가 빠르며, 발아율이 높고, 종자를 쉽게 구할 수 있어 활용가치가 크다(Kim, 2009). 그러나 녹화용으로 사용되는 지피식물의 경우 초기 정착속도가 비교적 빠른 외래종 위주로 사용하고 있으며, 이러한 외래도입초종들은 여름철 하고현상으로 인한 황변화로 매우 불량한 경관이 연출되며, 자생종과의 천이경쟁에 대한 문제점으로 시간이 지나면서 재 황폐화 되는 결과

가 나타나고 있다(Kim, 1997b).

훼손비탈면의 조기 회복을 지향하기 위해서는 나지상태의 비탈면 표층부분을 보호하여 안정시키는 초기 녹화목표를 수립해야 함과 동시에 궁극적으로 지향하는 복원목표에 부합되는 비탈면 녹화공법과 주변 환경과 조화를 이루는 식물종을 선정하여야 하며, 생태복원용 식물의 녹화특성을 파악하고 사용해야 한다(Shim and Kim, 2006). 하지만, 아직까지 훼손비탈면에 외래도입종, 초화류, 목본류를 혼합하여 파종할 경우 어떠한 식생이 유지되는지에 관한 연구가 미흡한 수준으로 지속적인 연구가 요구되고 있다.

과거 외래도입종 위주의 녹화에서 최근에는 자생종을 많이 사용하는 등 녹화식물 방향이 변화하고 있으며, 비탈면녹화용 식물로 초화류와 목본류 등의 이용이 활발해지고 있다. 선행연구로 생태복원용 초화류 과꽃, 달맞이꽃, 큰 달맞이꽃, 감국, 벌개미취, 도라지, 쑥부쟁이, 개미취, 민들레, 마타리, 벌노랑이 등에 관한 연구(Shim and Kim, 2006) 및 지피식물 억새, 수크령 등과 같은 생태복원용 식물에 관한 연구도 진행되었으나(Cho and Lee, 2014), 식물은 자연환경의 영향을 많이 받기 때문에 파종 후 혼파 배합한 식생구조가 어떠한 결과를 나타내는지 또한 예측하기 어려운 실정이다(Jeon and Woo, 1999).

따라서 본 연구는 비탈면의 자연 친화적인 녹화를 위해 녹화용 식물로 많이 사용되고 있는 지피식물 억새, 툴웨스큐, 수크령, 한국잔디와 초화류 및 목본류를 혼파 처리하여 비탈면 녹화 특성을 파악하고 지피식물류의 활용에 관한 기초 자료로 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 공시식물의 발아율 및 파종량

공시식물은 비탈면 녹화용으로 널리 사용되고 내건성이 우수하며 척박한 토양에 잘 정착하는 목본류(싸리나무, 자귀나무, 낭아초)와 초화류

(벌노랑이, 패랭이, 쑥부쟁이, 구절초, 대금계국)를 선정하고, 지피식물로 많이 이용되는 억새, 툴웨스큐, 수크령, 한국잔디 등을 선정하여 혼합하였다. 발아실험은 2012년 5월 11일부터 한 달간 발아상(B.O.D. Incubator: DAE LIM)내에서 온도를 주간은 광조건 25°C 8시간, 야간은 암조건 15°C 16시간으로 설정하고, 종자당 100립을 기준으로 3반복으로 실험하였으며(Anonymous, 1964), 식물의 유근이 2mm 이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하였다. 파종량은 국토해양부 “도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침(2009)”에 의거하여 얇은식생기반재뿔어붙이기 종자량을 근거로 실험구별 25g/m²을 산정하였다(Table 1).

2. 실험구 조성 및 관리

본 연구의 실험 장소는 충북 청주시 청주대학교 예술대학내 절도부 토사비탈면에서 실시하였으며, 실험구의 조성은 다음과 같다. 먼저 비탈면의 표면을 정리하고 식생기반재가 잘 부착 되도록 면네트를 설치한 후 식물종자가 배합된 식생기반재를 1cm 두께로 비탈면 위에 포설하였다. 실험에 사용된 식생기반재는 배양토, 임목과쇄칩, 마사토 등이 혼합된 생육보조재(10,000g/m²)와 물(24 l/m²), 녹화용접착제(200g/m²)를 적정 기준으로 배합하였으며, 물성은 함수율 43.28%, pH 6.8, EC 0.79dS/m, C.E.C 43.31cmol/kg, 전질소(N) 0.82%, 유기물 23.47%, 염분농도 0.08%인 것을 사용하였다. 단위 실험구의 크기는 1m×1m(1m²)의 정사각형으로 지피식물의 종에 따라 4개의 실험구를 3반복 처리하였으며, 2012년 6월 23일에 실험구를 완성하였다(Figure 1). 본 연구는 지피식물종에 따른 혼파처리가 비탈면녹화에 미치는 영향을 알아보기로 목본류와 초화류의 파종량은 동일하게 처리한 상태에서 지피식물로 선정한 억새, 툴웨스큐, 수크령, 한국잔디 등을 실험구별로 억새 10.0g/m², 툴웨스큐 10.0g/m², 수크령 10.0g/m², 한국잔디 10.0g/m² 등으로 각각 나누어 조성하였다.

Table 1. Plant germination rate and seeding amount of each plot used in this experiment.

Flora	Scientific name	Korean name	G.R ^z (%)	N.S ^y	Treatment(Seeding amount)			
					T1 ^x (g/m ²)	T2 (g/m ²)	T3 (g/m ²)	T4 (g/m ²)
Woody plants	<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz	싸리나무	63.5	130	2.0	2.0	2.0	2.0
	<i>Albizzia julibrissin</i>	자귀나무	50.3	25	3.5	3.5	3.5	3.5
	<i>Indigofera pseudo-tinctoria</i>	낭아초	68.8	180	2.0	2.0	2.0	2.0
	Sum				7.5	7.5	7.5	7.5
Native herbaceous plants	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	벌노랑이	68.2	920	1.5	1.5	1.5	1.5
	<i>Dianthus sinensis</i>	패랭이	78.4	750	2.0	2.0	2.0	2.0
	<i>Aster yomena</i>	쑥부쟁이	60.1	1,590	1.5	1.5	1.5	1.5
	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>	구절초	31.3	1,700	1.5	1.5	1.5	1.5
	<i>Coreopsis drummondii</i> L	대금계국	82.5	400	1.0	1.0	1.0	1.0
Sum				7.5	7.5	7.5	7.5	
Ground Cover Plants	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	53.2	770	10.0	-	-	-
	<i>Festuca arundinacea</i>	톨웨스큐	89.7	410	-	10.0	-	-
	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	수크령	58.6	310	-	-	10.0	-
	<i>Zoysia japonica</i>	한국잔디	60.4	1,470	-	-	-	10.0
Sum				10.0	10.0	10.0	10.0	
Total					25.0	25.0	25.0	25.0

^z: Germination rate.

^y: Number of seed per 1g.

^xT1: Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*: 10.0g/m²).

T2: Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Festuca arundinacea*: 10.0g/m²).

T3: Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Pennisetum alopecuroides*: 10.0g/m²).

T4: Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Zoysia japonica*: 10.0g/m²).

실험구 관리는 조성 후 강우량이 적어 한 달 간 표면건조 상태에 따라 3회 관수(20mm/1회 수준)를 실시하였고, 식물발아가 진행된 이후는 관수를 중단하고 자연 상태를 유지 시켰고, 주변에서 침입한 잡초 발생이 많아 7~9월까지 한 달 간격으로 잡초제거를 실시하였으며, 이후에는 인위적 관리 없이 자연 상태를 유지시켰다.

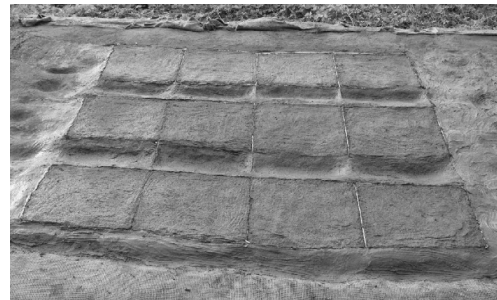


Figure 1. Picture of experimental plots.

3. 조사 및 분석방법

지피식물종에 따른 식물생육특성을 알아보기 위하여 식물이 어느 정도 받아들인 2012년 7월부터 2013년 9월까지 8차례에 걸쳐, 각 실험구의 지면 피복율(%), 발아개체수, 초장/수고(cm), 시각적평가 등을 조사하였다. 시각적평가는 실험구별 지면피복율, 종다양성 및 생장 등을 기초로 전반적인 생육상태와 경관을 측정하여 가장 우수한 경관을 9점, 가장 불량한 경관을 1점으로 평가하였다(Shim et al., 2010).

분석방법은 통계분석 프로그램 SAS system

for window V9.1(SAS instiute Inc, 2004)을 이용하여 지피식물 종에 따른 식물생육특성 측정 결과를 처리 하였으며, 측정별 평가의 차이는 최소유의차(LSD)로 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식물생육특성

1) 지면피복율

지피식물종에 따른 목본류와 초화류 및 지피식물류의 지면피복율을 측정하였으며 그 결과

Table 2. Vegetation coverage rate affected by different seeding amount of ground cover plants.

Seeding amount of Ground cover plants ^z	2012											
	7/30			8/29			9/28			10/30		
	W·N ^y (%)	G (%)	Mean (%)	W·N (%)	G (%)	Mean (%)	W·N (%)	G (%)	Mean (%)	W·N (%)	G (%)	Mean (%)
Treatment1	9.0 ^x	6.0b	15.0ab	37.7	12.0b	49.0ab	44.3	14.3b	58.7ab	46.6	15.7a	62.3
Treatment2	7.7	7.3b	15.0ab	45.0	0.0d	45.0b	50.0	0.0c	50.0b	52.3	0.0b	52.3
Treatment3	10.7	13.7a	24.3a	39.3	17.3a	56.7a	41.7	19.7a	61.3a	43.0	19.7a	62.7
Treatment4	8.7	3.7b	12.3b	46.0	7.7c	53.7ab	43.7	15.3b	59.0ab	46.7	15.3a	62.0
LSD(0.05)	NS	6.1	9.8	NS	2.9	9.3	NS	4.3	9.9	NS	5.6	NS

Seeding amount of Ground cover plants ^z	2013											
	5/4			6/15			7/29			9/16		
	W·N ^y (%)	G (%)	Mean (%)	W·N (%)	G (%)	Mean (%)	W·N (%)	G (%)	Mean (%)	W·N (%)	G (%)	Mean (%)
Treatment1	39.3 ^x	15.3a	54.7	51.7	11.7a	63.4	56.7	11.7a	68.3	63.3	11.7a	75.0bc
Treatment2	51.7	0.0b	51.7	58.3	0.0b	58.3	65.0	0.0b	65.0	71.7	0.0b	71.7c
Treatment3	45.0	19.3a	64.3	56.7	14.3a	71.0	59.0	14.3a	73.3	67.4	14.3a	81.7a
Treatment4	46.7	16.3a	63.0	62.7	5.7ab	68.3	68.3	5.0ab	73.3	76.0	4.0bc	80.0ab
LSD(0.05)	NS	5.6	NS	NS	10.1	NS	NS	9.4	NS	NS	8.3	6.1

^zTreatment1 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*: 10.0g/m²).

Treatment2 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Festuca arundinacea*: 10.0g/m²).

Treatment3 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Pennisetum alopecuroides*: 10.0g/m²).

Treatment4 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Zoysia japonica*: 10.0g/m²).

^yW·N : Woody plants and Native herbaceous plants, G: Ground Cover Plants.

^xMean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

NS : statistically not significant.

는 다음과 같다(Table 2). 8번의 측정결과 목본류와 초화류의 피복율은 통계적 유의차 없이 동일한 것으로 나타났으나, 지피식물 억제, 톨웨스큐, 수크령, 한국잔디의 지면피복율은 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났고, 톨웨스큐가 배합된 처리구에서 낮게 나타났다.

2012년 7월 30일 측정결과 지피식물류의 지면피복율은 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났고 한국잔디가 배합된 처리구에서 가장 낮게 나타났는데, 이는 한국잔디가 배합된 처리구의 경우 다른 처리구의 지피식물 억제, 수크령, 톨웨스큐에 비해 발아세가 늦은데 기인된 결과로 판단된다. 8월 29일 측정결과에서도 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났으나, 7월 30일 측정결과와 다르게 톨웨스큐가 배합된 처리구에서 피복율이 가장 낮게 나타났다. 이는 톨웨스큐가 배합된 처리구의 경우 여름철 병해와 하고현상에 의한 식물고사가 발생하여 나타난 것으로, 톨웨스큐는 발아세가 빨라 조기 녹화에 유리하지만, 여름철 하고현상이 큰 것이 단점으로 제시되고 있다(Shim et al., 2004). 일반적으로 한지형잔디의 봄파종 적기는 3월~4월이 적합한데(Moon et al. 1998), 본 실험에서 실험구를 조성한 시기가 6월 말로 7월에 발아한 어린상태의 식물이 고사한데 기인된 결과로 판단되며, 6월 말경에 비탈면녹화 공사를 할 경우 톨웨스큐 파종량에 대한 주의가 요구된다. 이와 같은 결과는 9월 28일과 10월 30일 측정결과에서도 계속해서 이어졌다.

2013년 5월 4일 측정결과에서도 전년도 10월 30일 측정결과와 동일하게 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높은 피복율이 나타났고, 톨웨스큐가 배합된 처리구에서 가장 낮은 피복율이 나타났다. 이는 본 실험지의 공시토양이 마사토질로 마사토 비탈면에서는 한지형잔디류의 생육이 극히 불량하다는 연구결과를 뒷받침하고 있

다(Kim et al., 2001). 6월 15일 측정결과에서도 통계적 유의차를 보이며 전월과 동일한 피복율 순으로 나타났으나, 전월과 비교하여 모든 처리구에서 피복율이 낮아졌는데, 이는 목본류와 초화류의 식물생육이 활발하게 진행되면서 지피식물이 피압된데 기인된 결과로 판단된다. 2013년 7월 29일과 9월 16일 측정결과에서도 이와 같은 결과는 이어졌으며, 특히 한국잔디가 배합된 처리구에서 피복율이 낮아졌는데, 이는 식물 특성의 차이로 목본류와 초화류의 생육이 왕성하게 진행되면서 측면전개형으로 자란 한국잔디가 피압되었기 때문이다.

다시 말해, 지피식물중에 따른 목본류와 초화류의 피복율은 통계적 유의차 없이 동일한 것으로 나타났으며, 지피식물 억제, 톨웨스큐, 수크령, 한국잔디처리에 의한 피복율은 수크령이 배합된 처리구에서 81.7%로 가장 높게 나타났고, 톨웨스큐가 배합된 처리구에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

2) 발아개체수

지피식물중에 따른 지피식물 억제, 톨웨스큐, 수크령, 한국잔디 등의 발아개체수를 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(Table 3). 8번의 측정결과 발아개체수는 수크령이 가장 많았고 톨웨스큐가 가장 적었는데 이는 파종한 톨웨스큐가 여름철 병해 및 하고현상에 의해 모두 고사하였기 때문으로 판단된다.

2012년 7월 30일 측정결과 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높았고 톨웨스큐가 배합된 처리구에서 가장 낮았다. 톨웨스큐는 발아세가 빨라 조기 녹화에 유리한 것으로 연구되었지만(Shim et al., 2004), 본 실험의 경우 조성시기가 6월 말로 톨웨스큐의 파종시기가 적정하지 않은데 기인된 결과로 판단된다. 이는 한지형잔디는 자생초본류 보다 파종 가능 기간의 폭이 넓은 편이나 여름철인 6월 파종에서는 발아율이 저조하게 나타나는 연구결

Table 3. The number of germinating ground cover plants affected by different seeding amount of ground cover plants.

Seeding amount of Ground cover plants ^z	2012				2013			
	7/30 (ea.)	8/29 (ea.)	9/28 (ea.)	10/30 (ea.)	5/4 (ea.)	6/15 (ea.)	7/29 (ea.)	9/16 (ea.)
Treatment1	147.3a ^y	33.0b	27.7b	23.3ab	17.3b	16.0b	16.0b	16.0b
Treatment2	86.0b	0.0c	0.0c	0.0c	0.0d	0.0d	0.0c	0.0c
Treatment3	176.7a	46.0a	36.3a	28.0a	27.0a	25.7a	25.7a	25.7a
Treatment4	54.7b	32.3b	27.3b	20.0b	8.7c	7.7c	3.7c	2.3c
LSD(0.05)	42.6	9.5	4.5	5.8	4.2	4.8	4.2	4.0

^zTreatment1 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*: 10.0g/m²).

Treatment2 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Festuca arundinacea*: 10.0g/m²).

Treatment3 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Pennisetum alopecuroides*: 10.0g/m²).

Treatment4 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Zoysia japonica*: 10.0g/m²).

^yMean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

Table 4. Plant height (cm) affected by different seeding amount of ground cover plants.

Seeding amount of Ground cover plants ^z	2012									2013								
	7/30			8/29			9/28			10/30			6/15			9/16		
	W ^y (cm)	N (cm)	G (cm)	W (cm)	N (cm)	G (cm)	W (cm)	N (cm)	G (cm)	W (cm)	N (cm)	G (cm)	W (cm)	N (cm)	G (cm)	W (cm)	N (cm)	G (cm)
Treatment1	8.6 ^x	5.8	9.9b	16.2	14.2	25.1b	26.2	18.1	25.4b	25.3	17.7	22.9b	44.8	37.9	29.9a	60.8	49.2	41.9a
Treatment2	7.0	5.2	11.1b	14.6	13.7	0.0c	22.8	15.8	0.0c	22.0	15.4	0.0c	43.6	43.0	0.0b	58.3	56.8	0.0b
Treatment3	7.4	6.2	19.6a	16.1	15.2	32.7a	24.8	18.9	34.2a	22.0	18.4	32.7a	45.7	46.3	32.7a	62.3	57.8	44.3a
Treatment4	7.7	5.8	2.1c	15.4	14.8	1.0c	26.3	17.3	1.1c	25.1	16.2	0.3c	50.3	39.5	1.2b	63.0	54.2	2.7b
LSD (0.05)	NS	NS	4.1	NS	NS	4.6	NS	NS	5.4	NS	NS	4.7	NS	NS	9.8	NS	NS	10.6

^zTreatment1 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*: 10.0g/m²).

Treatment2 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Festuca arundinacea*: 10.0g/m²).

Treatment3 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Pennisetum alopecuroides*: 10.0g/m²).

Treatment4 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Zoysia japonica*: 10.0g/m²).

^yW: Woody plants, N: Native herbaceous plants, G: Ground Cover Plants.

^xMean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

NS: statistically not significant.

과와 일치한다(Kim, 1997a). 8월 29일 측정결과 모든 실험구에서 전 측정결과 보다 발아개체수가 감소하였으며, 특히 툭헤스큐가 배합된 처리구는 발아개체수가 전혀 나타나지 않았는데, 이는 툭헤스큐가 배합된 처리구의 경우 발아한 툭

헤스큐가 하고현상으로 인해 모두 고사한데 기인된 결과로 판단된다. 또한, 2012년 8월부터 10월까지 모든 실험구에서 발아개체수가 감소하였는데, 이는 식물종간 경쟁에 의한 피해 및 온도, 강우(<http://www.kma.go.kr>) 등의 환경 영

향이 크게 미친 것으로 판단된다.

2013년 5월 4일 측정결과 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났고 톨웨스큐가 배합된 처리구에서 가장 낮게 나타나는 등 전년도 결과와 동일한 순위가 나타났으나, 모든 실험구에서 발아개체수는 감소하였으며, 6월에도 이와 같은 결과는 이어졌다. 2013년 7월과 9월 측정결과 억새가 배합된 처리구와 수크령이 배합된 처리구의 지피식물은 발아개체수가 유지된 반면 한국잔디가 배합된 처리구는 계속해서 감소하였는데, 이는 목본류 및 초화류가 성장하면서 초장이(Table 4) 낮고 그늘에 약한 한국잔디가 피압된데 기인된 결과로 판단된다.

이런 결과로 미루어 보아 비탈면녹화용 지피식물로 수크령의 활용 가치가 클 것으로 판단되며, 과종시기에 따라 지피식물의 과종량 및 식물선택에도 주의가 요구된다.

3) 초장/수고

지피식물종에 따른 초장과 수고를 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(Table 4). 목본류와 초화류의 경우 6번의 측정결과 실험구간 통계적 유의차 없이 동일하게 나타났으며, 2012년 7월부터 9월까지 모든 실험구에서 수고 및 초장이 높아졌으나, 10월 30일 측정결과 모든 실험구에서 전 측정 보다 낮아졌는데, 이는 식물특성상 가을로 접어들면서 낙엽이 지는 등 식물휴면에 의한 결과로 판단된다. 이듬해 2013년 6월 측정결과 식물생육이 원활해지면서 목본류와 초화류의 수고 및 초장은 높아졌으며, 이러한 결과는 2013년 9월 측정결과에서도 이어졌다. 1년이 지난 9월 16일 측정결과 목본류의 경우 수고 평균값 최저 58.3cm, 최고 63.0cm로 나타났으며, 초화류의 경우 초장 평균값 최저 49.2cm, 최고 57.8cm로 나타났다. 목본류는 남아초가 수고에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 초화류는 썩부쟁이, 대금계국 등이 가장 큰 영향을 미쳤다.

지피식물종의 경우 6번의 측정결과 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났고, 톨웨스큐가 배합된 처리구와 한국잔디가 배합된 처리구에서 낮게 나타났다. 2012년 7월 30일 측정결과 수크령이 배합된 처리구, 톨웨스큐가 배합된 처리구, 억새가 배합된 처리구, 한국잔디가 배합된 처리구 순으로 높게 나타났으며, 8월 29일 측정결과 톨웨스큐가 배합된 처리구, 한국잔디가 배합된 처리구, 억새가 배합된 처리구, 수크령이 배합된 처리구 순으로 낮게 나타났다. 이는 톨웨스큐가 배합된 처리구의 경우 7월 발아한 톨웨스큐가 하고현상에 의해 모두 고사한데 기인된 결과이며, 한국잔디가 배합된 처리구의 경우 식물특성상 직립형 보다 측면전개형으로 자라는 습성 때문에 수크령이 배합된 처리구와 억새가 배합된 처리구 보다 낮게 나타난 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 2013년 9월 16일 측정결과에서도 이어졌으며, 수크령 44.3cm, 억새 41.9cm 등으로 목본류의 최고 평균값과 비교하여 큰 차이가 나지 않았다. 일반적으로 억새의 초장은 100~200cm로 수크령의 30~80cm 보다 큰 것으로 보고되었으나(Cho, 2014), 본 실험에서는 수크령의 초장이 억새 보다 긴 것으로 나타났는데, 이는 수크령의 중간 경쟁력이 억새보다 큰데 기인된 결과로 판단된다.

이와 같은 결과로 미루어보아, 수크령과 억새의 경우 초장이 짧은 톨웨스큐와 한국잔디에 비해 목본류와 초화류의 경쟁에서 살아남을 가능성이 클 것으로 판단된다.

4) 시각적 평가

지피식물종에 따른 시각적 품질평가를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Table 5). 8번의 측정결과 대체로 수크령이 배합된 처리구에서 높은 시각적 품질평가가 나타났고 톨웨스큐가 배합된 처리구에서 낮게 나타났다. 이는 톨웨스큐의 고사로 인한 종다양성 감소와 지면피

Table 5. Visual quality affected by different seeding amount of ground cover plants.

Seeding amount of Ground cover plants ^z	2012				2013			
	7/30	8/29	9/28	10/30	5/4	6/15	7/29	9/16
Treatment1	3.3b ^y	5.6ab	5.7	5.2a	5.4	6.9ab	8.1b	8.3bc
Treatment2	3.3b	3.9b	5.0	4.8b	5.1	6.7b	7.9b	8.0c
Treatment3	5.0a	6.1a	6.0	5.5a	5.5	7.8a	8.4a	8.7a
Treatment4	3.0b	5.7ab	5.8	5.3a	5.5	7.7a	8.3a	8.5ab
LSD(0.05)	0.8	1.8	NS	0.7	NS	0.9	0.2	0.3

^zTreatment1 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*: 10.0g/m²).

Treatment2 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Festuca arundinacea*: 10.0g/m²).

Treatment3 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Pennisetum alopecuroides*: 10.0g/m²).

Treatment4 : Woody plants(7.5g/m²)+Native herbaceous plants(7.5g/m²)+Ground Cover Plants(*Zoysia japonica*: 10.0g/m²).

^yMean values with the same letter within columns are not significantly different at $p=0.05$ level by LSD-test.

NS: statistically not significant.

복을(Table 2)에 의한 영향이 컸기 때문이다.

2012년 7월과 8월 측정결과 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 높게 나타났고, 툤헌스큐가 배합된 처리구에서 낮게 나타났는데, 이는 툤헌스큐가 배합된 처리구의 경우 파종한 툤헌스큐가 모두 고사하여 종다양성이 낮아지고 피복율이 낮아진데 기인된 결과로 판단된다. 2012년 9월 측정결과 통계적 유의차 없이 모든 실험구에서 동일하게 나타났으며, 10월 30일 측정결과 모든 실험구에서 전 측정결과보다 시각적 품질평가가 낮아졌는데, 이는 식물 특성상 늦가을로 접어들면서 식물 황변화가 일어나 평가에 영향을 크게 미친데 기인된 결과로 판단된다.

2013년 5월 측정결과 모든 실험구에서 통계적 유의차 없이 동일한 수준으로 나타났으며, 봄철 식물생육이 시작되면서 2012년 10월 측정결과보다 시각적 평가 점수가 조금 높아졌다. 6월 15일부터 9월 16일까지 3번의 측정결과 통계적 유의차를 보이며 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높았고 툤헌스큐가 배합된 처리구에서 낮게 나타났지만, 가장 낮은 툤헌스큐처리구

의 시각적 품질평가도 8.0점으로(최고: 9점) 높게 나타나는 등 시간이 지나면서 시각적 품질은 지피식물류에 따른 영향 보다 초화류 및 목본류의 생육에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다.

이런 결과로 미루어 보아 초기 녹화에는 발아세가 빠른 지피식물이 시각적 품질평가에 영향을 주지만, 시간이 지나면서 초화류 및 목본류의 생장이 시각적 품질평가에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 비탈면녹화의 초기 녹화품질을 높이기 위해서는 지피식물이 필요하고 지속적인 녹화품질을 유지하기 위해 목본류와 초화류에 의한 녹화가 이어져야 할 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 훼손비탈면에서 지피식물류의 혼파처리에 따른 비탈면녹화 특성을 알아보고자 목본류와 초화류의 파종량은 동일하게 처리한 후 지피식물류 억새, 툤헌스큐, 수크령, 한국잔디 등 4가지로 구분하여 실험구를 조성하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 지피식물류의 지면피복율은 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났고, 툴웨스큐가 배합된 처리구에서 가장 낮았으며, 목본류와 초화류의 지면피복율은 실험구간 차이 없이 동일하게 나타나, 지피식물류에 따른 영향이 크지 않은 것을 알 수 있었다. 전체 지면피복율은 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났고, 녹화 초기에는 지피식물 중 수크령이 배합된 처리구에서 가장 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.

2. 지피식물류 억제, 툴웨스큐, 수크령, 한국잔디의 발아개체수는 수크령을 배합한 처리구에서 가장 높게 나타났고 툴웨스큐를 배합한 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 6월 파종한 툴웨스큐의 경우 여름철 하고현상에 의해 모두 고사한 것으로 파종시기에 따른 파종량의 주위가 요구되며, 한국잔디는 파종 당해 년도에는 생육이 원활하게 유지되었으나, 초화류 및 목본류가 성장하면서 피압되는 것으로 나타났다.

3. 초화류와 목본류는 실험구간 조장(수고)의 차이가 나타나지 않았으며, 지피식물류는 수크령이 배합된 처리구에서 가장 길었고 툴웨스큐가 배합된 처리구에서 가장 짧게 나타났다. 수크령과 억새는 초화류 및 목본류에 의한 피압이 적은 것으로 나타난 반면 한국잔디는 식물생장이 저해되는 것으로 나타났다.

4. 시각적 품질평가는 수크령이 배합된 처리구에서 가장 높게 나타났고 툴웨스큐가 배합된 처리구에서 가장 낮았다. 특히, 초기에는 지피식물 억제, 툴웨스큐, 수크령, 한국잔디가 배합된 처리구에 따라 시각적 품질 차이가 발생하였으나, 초화류 및 목본류가 성장하면서 지피식물에 의한 시각적 차이는 크지 않았고 초화류와 목본류에 의한 영향이 크게 미쳤다.

본 연구실험은 각기비탈면을 대상으로 현장에서 시행하는 기계적 시공에 의한 공사가 아니라 인위적으로 실험구를 조성하여 얻은 결과물로 실제 현장결과와 다른 결과가 도출될 수 있

다. 또한, 실험 비탈면은 파종시기가 6월 말로 국한되어 있으며, 토사비탈면으로 성토사 및 암비탈면과 다른 환경조건을 지니고 있는 등 토질의 물리성과 현장 여건, 식물재료 및 녹화공법 등에 따라 다른 결과가 나타날 수 있는 한계를 내포하고 있다. 앞으로 본 연구가 훼손비탈면의 지피식물을 이용한 보편화된 자료가 되기 위해서는 비탈면 토질유형 및 파종시기의 세분화에 따른 녹화실험이 후속연구로 진행되어야 하며, 현장 적용을 통한 결과물을 도출해야 할 것이다.

References

- Anderson, R. C. 1996. The role of research in ecosystem restoration. Ecosystem Restoration Workshopbor. Ann Arbor, Michigan: School of Natural Resources and Environment, University of Michigan. pp. 1-23.
- Anonymous. 1964. Rules for testing seeds. pro-ceedings of the Association of Official Seed Analysts 54(2): 1-112.
- Cho SG. 2014. A Effect of the Mixed Seeding Treatment by Species of Ground Cover Plants on the Vegetation of a Cut-Slope. Master's thesis, Graduate School, Cheongju University.
- Cho YH and Lee KH. 2014. Germination and Early Growth Characteristics of Pennisetum alopecuroides, Phragmites communis, and Miscanthus sinensis According to the Seeding Methods. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology 17(1): 163-172.
- <http://www.kma.go.kr>
- Jeon GS and Woo BM. 1999. Optimal Amount and Mixture Ratio of Seeding of the Exotic and Native Plants for Slope Revegetation(2). The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology 2(2):

- 43-52.
- Kim NC. 1997a. A Study on the seeding Timing of Native Woody Plants for the Slope Revegetation Works. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 25(1): 73-81.
- Kim NC. 1997b. A Study on the seeding Timing of Several Herbaceous Plants for Slope Revegetation Works. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 25(2): 62-72.
- Kim NC · Kang JH · Lee JU · Nam SJ and Lee WH. 2001. Study on the Revegetation Technology for the Ecological Restoration of the Decomposed Granite Roadside Slopes -The Application of the Natural Topsoil Restoration Methods(NTRM)-. *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology* 4(3): 84-95.
- Kim JH. 2009. A Study on the Optimization of Vegetation Base, Seeding Time and Amount for the Ecological Restoration on Disturbed Slopes. Department of Environmental Landscape Architecture Graduate School Cheong-ju University.
- Kim JH and Shim SR. 2009. A Vegetation Characteristics of a Cut-Slope Affected by Seeding Periods of the Winter Season. *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology* 12(2): 29-39.
- Korea expressway corporation. 1995. A Study on Afforestation Construction for Cutting Slope in Expressway.
- Ministry of Environment. 2001. *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology. Environmental Restoration And Revegetation for Seminar.*
- Moon SK · Kim MS · Cha DH · Shim SR · Kim JS and Koo BH. 1998. *Essential of Landcape Design Practice.* pp. 429.
- Pritchett and Fischer. 1987. *Properties and management of forest soils.* John Wiley & Sons. pp. 494.
- SAS Institute Inc. 2003. *The SAS system for window Release 9.1*
- Shim SR and Kim JH. 2006. *Vegetation Characteristics of Main Herbaceous Flowers for Ecological Restoration.* *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology* 9(1): 64-71.
- Shim SR · Jeong DY and Ahn BJ. 2004. *Effects of Cool-Season Turfgrass Overseeding onto Zoysiagrass.* *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology* 7(5): 85-93.
- Shim SR · Kim JH · Jeong DY · Moon SK and Koh JH. 2010. *A Study on the Growth Characteristics under Seedling Types of Native Woody Plants After Planting on the Disturbed Slope.* *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology* 13(2): 72-79.