

수크령 파종량에 따른 주요녹화식물의 혼파가 비탈면 녹화에 미치는 영향*

함경식¹⁾ · 심상렬²⁾

¹⁾ 청주대학교 대학원 환경조경학과 · ²⁾ 청주대학교 환경조경학과

Effects of Mixed Seeding of Main Revegetation Plants Treated with Different Seeding Amounts of *Pennisetum alopecuroides* on Cut-Slope Revegetation*

Ham, Kyung-Sik¹⁾ and Shim, Sang-Ryul²⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Landscape Architecture, Graduate School, Cheongju University,

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

ABSTRACT

Pennisetum alopecuroides is a key revegetation species mixed with other plants species and used for revegetating cut-slopes. The purpose of this research is to identify the effects of mixed seeding of revegetation plants on cut-slope revegetation with respect to the quantity of *Pennisetum alopecuroides* seeds. The coverage ratio and appearance frequency of *Pennisetum alopecuroides*, and other revegetation species were measured to assess the cut-slope revegetation. We divided *Pennisetum* treatments into four groups with different *Pennisetum* seed quantities of 0g/m², 5g/m², 10g/m², and 15g/m². For each treatment group, we mixed identical quantities of seeds from herbaceous flowers (bird's-boot trefoil, aster, chrysanthemums, golden coreopsis and china pink), cool-season turfgrasses, and woody plants (korean lespedeza, indigo and silk tree). The increase in the quantity of the *Pennisetum* seeds resulted in the higher coverage ratio for *Pennisetum*, but in the lower coverage ratio

* 이 논문은 2014년도 청주대학교 연구장학 지원에 의한 것임.

First author : Ham, Kyung-Sik, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Graduate School, Cheongju University,
Tel : +82-10-7470-3534, E-mail : hansomjun@naver.com

Corresponding author : Shim, Sang-Ryul, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Cheongju University,
Tel : +82-10-6432-4932, E-mail : srshim@cju.ac.kr

Received : 15 October, 2014. **Revised** : 5 January, 2015. **Accepted** : 21 January, 2015.

for herbaceous flowers, cool-season turfgrasses, and woody plants. We observed a short-term succession process in which the dominant species shifted in the following order: the initial species *Pennisetum*, herbaceous flowers, and then lastly woody plants. In case of the appearance frequency, we also observed the higher appearance frequency for *Pennisetum* and the lower appearance frequency for the other plants due to the increase in the quantity of *Pennisetum* seeds. *Pennisetum*, bird's-foot trefoil and china pink showed the tendency to decrease the appearance frequency from one month after seeding while cool-season turfgrasses became extinct due to summer drought. In the woody plants, the appearance frequencies of korean lespedeza and indigo were high due to the decrease in quantity of *Pennisetum* seeds. The silk trees were damaged from winter frost and none emerged at all in 2013 (the following year after the seeding). Korean lespedeza and indigo appeared to have the short-term rapid dominance over other treated revegetation plants.

Key Words : *Pennisetum alloperculoides*, *Revegetation Plants*, *Cut-Slope*, *Seeding Quantity*.

I. 서 론

자연환경을 고려한 복원목표에 적합한 비탈면 녹화를 위해 비탈면의 토질과 지역 기후와 생태적 여건 등을 종합적으로 고려하고, 주변에서 생육하고 있는 자생종 등의 적극적인 활용이 필요하다(국토해양부, 2009). 비탈면 녹화시 외래 도입종의 무분별한 사용은 주변으로부터의 2차 식물 침입을 억제하고 주변식물과 어울리지 못하는 경관적인 문제를 일으키며(이재필 등, 1995; 김재환 · 심상렬, 2009), 외래초종이 지역의 침략종이 되고 자생초종을 위협하는 등 생태계를 교란하는 문제가 발생할 가능성도 존재한다(Morrison, D. G. 1996). 또한 외래 도입초종들은 우리나라 기후에 대한 적응성이 약하여 수년이 경과함에 따라 소멸, 쇠퇴되며(김남춘 1998), 녹화식물이 대부분 2~3년 이내에 고사되어 비탈면이 황폐화되는 문제점이 나타나고 있다. 자생종의 사용은 식생의 초기 조성속도에서 차이는 나타날 수 있지만, 그 지역의 환경에 대한 적응력이 높아 유지관리가 용이하고, 비탈면 경관의 조속한 회복에 기여하여 비탈면 붕괴방지 효과면에서 외래도입 한지형초종보다

탁월하며, 생태적으로 건강한 식물형을 조성함으로써 경관미를 조기에 회복하고 자연스러운 식생천이를 유도할 수 있다(김남춘, 1998; 심상렬 · 김재환 2006; 권호준 2013).

자생종의 원활한 현장 적용을 위하여 국토부 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침(2009)에 '비탈면녹화용 재래초종 및 야생화류의 사용상 특성'이 명시되어 있으며, 재래초종과 야생화류를 쑥류, 새류, 비수리류, 달맞이류, 야생화류로 구분하여 나타냈으며 각 식물분류에 따른 고유 특성과 현장 적용시의 특성이 기입되어있다. 이와 같이 자생종의 활용은 비탈면녹화의 한국적 경관연출 및 환경복원의 매우 바람직하다고 보여진다. 또한 벌노랑이(*Lotus corniculatus* var. *japonicus*), 쑥부쟁이(*Aster yomena*), 대금계국(*Coreopsis drummondii* L) 등의 야생화류의 사용은 현재 원활히 이뤄지지만 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*), 수크령(*Pennisetum alopecuroides*), 갈대(*Phragmites communis*) 등의 사용은 높은 피복율을 보이는 한지형잔디류의 대체 사용으로 현장에서의 극히 제한적으로 사용되고 있다.

조성록(2014) 연구에 따르면 비탈면 녹화 시

공 시 수크령을 혼합하여 파종하는 것이 역새, 한국잔디 및 외래 한지형잔디류를 파종하는 것보다 훼손 비탈면의 녹화에 있어 더 우세함을 검증한 바 있다. 이와 같이 녹화실험을 통해 수크령이 다른 초본류에 비해 비탈면 녹화의 우수함을 알 수 있으나 다른 녹화식물과의 혼파 시 수크령의 적정 파종량과 수크령과 타 녹화식물 간의 우점관계에 대한 연구는 아직 이뤄지지 않았다.

비탈면녹화 배합설계 시 식물 종자의 파종량이 많으면 상대적으로 발아정도가 높지 않으며, 발아개체수가 많을 경우 오히려 개체경쟁에 의해 피복율이 낮아지는 경향이 나타난다(문석기 등, 2002). 반대로 종자 파종량이 적으면 발아량이 감소하고 잡초의 침입이 많으며, 녹화 품질이 저하되는 경우가 발생한다(김재환 · 심상렬, 2009). 따라서 훼손비탈면의 생태복원을 위해서는 녹화에 필요한 가장 적정한 파종량을 산출하고 타 녹화식물과의 우점관계를 파악하는 것이 과제 중의 하나라 할 수 있다(김재환 · 심상렬, 2009).

이에 본 실험을 통하여 수크령 파종량에 따른 녹화식물의 식물생육상을 조사하여 훼손비탈면의 생태복원식물로서 수크령의 적정 파종량과 타식물과의 우점관계를 파악하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시토양

1) 비탈면 기반토양

실험 비탈면 기반토양의 토성은 모래 93.9%, 미사 5.9%, 점토 0.2%인 사질토(미국농무성법의 분류기준)이었으며 토목현장에서는 마사토로 분류하고 있다. 함수율은 15.8%이었으며 투수계수는 63.8mm/hr이었다. 화학적 특성으로 pH는 7.1, EC 0.1(dS/m), C.E.C 5.13cmol/kg, 전질소(N)은 0.10(%), 유기물 함량은 0.38%, 유효인산(P_2O_5)은 45.4mg/kg, 치환성양이온인 Ca, Mg, K, Na는 각각 2.86, 1.41, 0.21, 0.08me/100g이었다.

2) 식생기반재

본 실험에 사용된 기반토양은 영양분이 많지 않으며, 보비력도 낮은 토양으로 이와 같은 기반토양만으로는 비탈면 녹화용으로 사용할 수 없기 때문에 식생기반재를 부착하여 파종하였다. 사용된 식생기반재는 함수율 43.3%, 산도(pH) 6.8, EC 0.8dS/m, C.E.C 43.3cmol/kg, 전질소(N) 0.8%, 유기물 23.5%인 것을 사용하였으며 기반토양에 비해 유기물이 풍부하고 보비력이 높은 것이 특징이다.

2. 공시식물 및 파종량

실험에 사용된 공시식물은 주 초종으로 벼과 식물 초본류인 수크령과 보조 초종으로는 현재 비탈면 녹화에 사용되는 주요 녹화식물로서 자생초화류인 벌노랑이, 쑥부쟁이, 구절초, 대금계국 및 패랭이꽃, 한지형 잔디류인 톨웨스큐, 켄터키블루그래스 및 퍼레니얼라이그래스, 목본류인 싸리나무, 낭아초 및 자귀나무를 혼합하여 파종하였다.

각 실험구는 주초종인 수크령을 $0g/m^2$, $5g/m^2$, $10g/m^2$ 및 $15g/m^2$ 의 파종량으로 차이를 두었으며, 보조초종은 총 $20g/m^2$ 을 각 실험구에 동일하게 파종하였다. 공시식물의 파종량은 국토해양부 “도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침(2009)”에 의거하여 “얇은 식생기반재 뿔어붙이기(1cm) 종자량”을 기준으로 산정하였다. 공시식물은 실험전 성장상(Growth Chamber: DS-54GLP)에서 광조건 $25^{\circ}C$ 8시간, 야간은 암조건 $15^{\circ}C$ 16시간으로 설정하고 3반복으로 발아실험하였으며(Anonymous, 1964), 식물의 유근이 2mm이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하여 실험실발아율을 확인한 것을 사용하였다(Table 1).

3. 실험방법

본 연구의 실험 포지 조성일시는 2012년 6월 23일, 위치는 충북 청주시 청주대학교 예술대학 내의 절토부 토사비탈면에 조성하였으며, 실험

Table 1. Plnat germination rate and seeding quantity of each plot used in the experiment.

Flora	Scientific name	Common name	Korean name	Seeding amount(g/m ²)				G.R. ^z (%)
				T1 ^y	T2	T3	T4	
Main plant	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	<i>Penisetum</i>	수크령	-	5.0	10.0	15.0	61.0
Herbaceous flowers	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	bird's-boot trefoil	별노랑이	2.0	2.0	2.0	2.0	68.2
	<i>Aster yomena</i>	aster	쑥부쟁이	1.5	1.5	1.5	1.5	77.0
	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>	chrysanthemum	구절초	2.5	2.5	2.5	2.5	31.3
	<i>Coreopsis drummondii</i>	golden coreopsis	대금계국	1.5	1.5	1.5	1.5	72.7
	<i>Dianthus sinensis</i>	china pink	패랭이꽃	2.0	2.0	2.0	2.0	81.3
Cool-season turfgrass	<i>Festuca arundinacea</i>	tall fescue	톨웨스큐	1.6	1.6	1.6	1.6	89.7
	<i>Poa pratensis</i>	kentucky bluegrass	켄터키블루그래스	0.8	0.8	0.8	0.8	83.3
	<i>Lolium perenne</i>	perennial ryegrass	퍼레니얼라이그래스	0.6	0.6	0.6	0.6	94.7
Woody plnat	<i>Lespedeza bicolor</i>	korean lespedeza	싸리나무	2.0	2.0	2.0	2.0	63.5
	<i>Indigofera pseudo-tinctoria</i>	indigo	낭아초	3.5	3.5	3.5	3.5	68.8
	<i>Albizia julibrissin</i>	silk tree	자귀나무	2.0	2.0	2.0	2.0	50.3
Tatal				19	25	31	37	

^z G.R: Germination rate.

^y T: Treatment.

구의 조성은 ① 훼손비탈면 먼정리, ② 코아네트 설치 및 구획정리 ③ 종자가 배합된 식생기반재 취부(1cm), ④ 시험구 완성의 순서로 진행되었으며, 한 개의 실험구의 크기는 1m×1m(1m²)의 정사각형으로 수크령의 파종량에 따라 4개의 실험구를 3반복하여 난괴법으로 처리하였다.

실험구의 조성은 강우량이 적은 6월말에 실시하여 식물의 초기 발아기간으로 약 한 달간 표면건조 상태에 따라 약 10일 간격으로 3회를 진행하였고, 1회에 20mm 수준으로 관수를 실시하였으며 식물발아가 진행된 이후는 관수를 중단하고 자연 상태에서 생육시켰다. 또한 주변에서 침입한 잡초 발생이 많아 7~9월까지 한 달 간격으로 잡초제거를 실시하였다.

4. 조사 및 분석방법

본 연구는 수크령 파종량에 따른 녹화식물의 생육특성을 알아보기 위해 식물의 유근이 2mm 이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하고 2012년 7월부터 2013년 9월까지 8차례에 걸쳐 각 실험구의 지면 피복율 및 출현빈도를 조사하였다. 분석방법은 수크령 파종량에 따른 실험구의 식물생육특성 측정을 통하여 데이터 수집 후 통계분석용 프로그램인 SAS system for window V9.1(SAS instiute Inc, 2004)을 이용하여 통계처리 하였으며 수크령 파종량과 조사일시별 2요인 분산분석을 통해 p=0.05수준에서 유의성을 검정하였고 Tukey-test로 평균치를 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

본 실험은 수크령 파종량이 비탈면녹화에 미치는 영향을 알아보기로 수크령, 초화류, 한지형잔디 및 목본류의 피복률과 출현빈도를 분석하였고, 또한 각 개별 초화식물종과 목본식물종의 출현빈도를 분석하여 결과를 도출하였다.

1. 수크령 파종량과 측정일에 따른 수크령, 초화류, 한지형잔디 및 목본류의 지면피복율

Table 2는 수크령 파종량과 측정일에 따른 수크령, 초화류, 한지형잔디류 및 목본류 각각의 피복율을 나타낸 것이다. 먼저, 수크령의 파종량 증가에 따라 수크령 피복율은 $p=0.05$ 수준에서

증가하는 것으로 나타났으나 초화류, 한지형잔디 및 목본류의 피복율은 오히려 수크령 파종량이 낮은 수크령 무처리구와 5g 파종구에서 피복율이 높아지는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 미루어 수크령 파종량을 증가하면 수크령의 피복율은 증가하나 반대로 초화류, 한지형잔디류 및 목본류의 피복율은 낮아진다는 사실을 알 수 있었다. 또한 Table 2에서는 파종후 측정일이 경과함에 따른 수크령, 초화류, 한지형잔디류 및 목본류 각각 피복율의 시간적 변화를 파악해 볼 수 있었다. 즉, 측정일시별 피복율 변화패턴은 녹화식물별로 달리 나타났는데, 수크령의 경우 첫 측정일인 2012년 7월 30일에 9.3%의 피복율을 보인 후 증감을 계속하다가 6차 측정일인

Table 2. Coverage rate(%) of *Pennisetum alopecuroides*, herbaceous flowering plants, cool-season turfgrasses, and woody plants treated with different seeding quantity of *Pennisetum alopecuroides* and surveying date.

Seeding quantity of <i>Pennisetum alopecuroides</i>	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Herbaceous flowering plants	Cool-season turfgrasses	Woody plants
T1 ^z (0.0g/m ²)	0.0 d ^y	30.0 a	0.5 a	21.3 a
T2 (5.0g/m ²)	7.7 c	27.2 b	0.4 b	21.2 b
T3 (10.0g/m ²)	10.4 b	21.3 d	0.3 c	17.1 d
T4 (15.0g/m ²)	17.1 a	24.4 c	0.2 d	18.8 c

Surveying date	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Herbaceous flowering plants	Cool-season turfgrasses	Woody plants
2012	7/30	9.3 c	6.0 h	1.8 a
	8/29	6.9 g	23.3 e	1.1 b
	9/28	7.7 f	30.1 d	0.0 c
	10/30	9.2 d	33.9 c	0.0 c
2013	5/4	8.6 e	35.4 b	0.0 c
	6/15	10.8 a	42.7 a	0.0 c
	7/29	10.6 b	18.5 f	0.0 c
	9/16	6.8 h	11.7 g	0.0 c

^z T1: *Pennisetum*(0.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T2: *Pennisetum*(5.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T3: *Pennisetum*(10.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T4: *Pennisetum*(15.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

^y Mean values with the same letter within each plant are not significantly different at $p=0.05$ level by Tukey-test.

Seeding date : 2012. 06. 23.

2013년 6월 15일 10.8%로 최고수준의 피복율을 보였으며 이후 마지막 측정일인 2013년 9월 16일에는 6.8%로 최저수준의 피복율을 나타내었다. 초화류의 피복율은 첫 측정일인 2012년 7월 30일에는 6.0%로 최저수준이었으나 2차 측정일인 2012년 8월 29일부터 증가하였으며 6차 측정일인 2013년 6월 15일에는 42.7%로 최고조에 도달하였고 이후 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 한편, 한지형잔디류는 파종 후 1차 및 2차 측정일에 피복율이 각각 1.8%와 1.1%를 보였으나 파종 3개월째인 9월 28일 이후에는 전부 고사한 것으로 나타났는데, 이는 6월말 늦게 파종하여 여름철에 발아한 한지형잔디류의 어린 개체들이 고온다습에 의한 하고현상에 견디지 못한 것이 원인이라 볼 수 있으며, 이는 여름철인 6월 한지형잔디 발아율이 저조하게 나타난다는 연구(김남춘, 1997)와 일치하는 결과이다. 목본류의 피복율은 파종 후 1차 측정일인 2012년 7월 30일엔 최저수준인 1.5%의 피복율을 보였으며 6차 측정일인 2013년 6월 15일의 피복율이 12.4%로 파종이후 점차 증가하는 경향을 나타냈으나 7차 측정일인 2013년 7월 29일에는 46.4%로 급격히 상승하였으며 마지막 8차 측정일에는 60.4%로 최고조에 도달하였다. 목본류는 파종 후 수크령, 초화류 및 한지형잔디 등 다른 식물들과 경쟁을 지속하지만 파종 후 1년 정도의 기간이 지나면 자리를 잡고 다른 식물들을 압도하여 크게 성장한 결과 피복율이 증가된 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과로 미루어 수크령 파종량 증가에 따른 각 녹화식물 피복율의 경시적 변화는 파종 1개월후에는 수크령이 9.3%의 피복율을 보여 조기 발아되어 우점하였으나 파종 2개월 후부터 6차 측정일인 2013년 6월 15일까지는 초화류 피복율이 증가하여 우점하였고, 실험 후반부 7차 측정일인 2013년 7월 29일 이후 목본류의 생장이 커짐에 따른 피복율 급증으로 목본류가 우점함을 확인할 수 있었다. 즉, 이러한 비탈면 녹화결과를 통해 실험 초기 수크

령에서 점차 초화류, 목본류로 우점종이 변화하는 단기간 천이과정을 확인할 수 있었다.

2. 수크령 파종량과 측정일에 따른 수크령, 초화류, 한지형잔디 및 목본류의 출현빈도

수크령 파종량과 측정일에 따른 수크령, 초화류, 한지형잔디 및 목본류 출현빈도의 측정 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 먼저, 수크령 파종량에 따른 각 녹화식물 출현빈도의 경우 $p=0.05$ 수준에서 유의성을 보였는데, 수크령 파종량이 높을수록 수크령의 출현빈도가 높은 것으로 나타났으나, 초화류, 한지형 잔디 및 목본류의 출현빈도는 수크령을 무처리하거나 5g으로 적게 처리한 구에서 오히려 증가한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 미루어 피복율의 결과와 마찬가지로 수크령 파종량을 증가하면 수크령의 출현빈도는 증가하나 반대로 초화류, 한지형잔디류 및 목본류의 피복율은 낮아진다는 사실을 알 수 있었다. 한편, 각 녹화식물의 측정일에 따른 출현빈도의 경우는 수크령, 한지형 잔디 및 목본류는 $p=0.05$ 수준에서 유의성이 검증되었으나 초화류는 유의성이 검증되지 않았다. 따라서 먼저 수크령의 출현빈도를 살펴볼 경우, 첫 측정일인 2012년 7월 30일에 154.2본이 발아되어 최고수준을 보였으나 2차 측정일인 2012년 8월 29일에는 26.1본으로 급격히 줄었으며 이후 점차 감소하여 마지막 8차 측정일에는 14.1본으로 최저 수준을 나타내었다. 한지형잔디의 경우는 파종 후 1차 측정에서는 32.8본으로 높게 출현하였으나 2차 측정일에는 급격히 줄었다가 3차 측정일 이후에는 앞의 피복율 결과에서와 마찬가지로 전혀 출현하지 않은 것으로 나타났다. 목본류의 경우에는 수크령과는 달리 2, 3차 측정에서 각각 29.3과 30.4본으로 높은 출현빈도가, 5차 측정에서는 17.4본으로 낮은 출현빈도가 나타났으나 그 이외는 각기 21.8~24.8본 수준의 출현빈도를 나타냈다. 이와 같은 결과로 미루어 수크령, 목본류 및 한지

Table 3. Appearance frequencies of *Pennisetum alopecuroides*, cool-season turfgrasses and woody plants treated with different seeding quantity of *Pennisetum alopecuroides* and surveying date.

Seeding quantity of <i>Pennisetum alopecuroides</i>	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Herbaceous flowering plants	Cool-season turfgrasses	Woody plants
T1 ^z (0.0g/m ²)	0.0 d ^y	103.1 a	7.2 a	28.5 a
T2 (5.0g/m ²)	26.9 c	90.3 ab	5.3 b	28.2 b
T3 (10.0g/m ²)	44.0 b	73.7 b	3.5 c	20.0 d
T4 (15.0g/m ²)	74.7 a	79.0 ab	2.6 d	20.7 c

Surveying date	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Herbaceous flowering plants	Cool-season turfgrasses	Woody plants	
2012	7/30	154.2 a	104.8	32.8 a	24.5 d
	8/29	26.1 b	98.5	4.4 b	29.3 b
	9/28	21.1 c	94.3	0.0 c	30.4 a
	10/30	21.0 d	82.7	0.0 c	24.8 c
2013	5/4	18.9 f	75.7	0.0 c	17.4 h
	6/15	19.3 e	76.5	0.0 c	21.8 g
	7/29	16.7 g	86.7	0.0 c	23.3 f
	9/16	14.1 h	73.1	0.0 c	23.6 e

^z T1: *Pennisetum*(0.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T2: *Pennisetum*(5.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T3: *Pennisetum*(10.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T4: *Pennisetum*(15.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

^y Mean values with the same letter within each plant are not significantly different at $p=0.05$ level by Tukey-test. Seeding date : 2012. 06. 23.

형잔디의 출현빈도가 시간의 경과에 따라 각기 전혀 다른 패턴을 보였다. 즉, 수크령과 한지형 잔디는 발아가 빨라 파종 1개월 후에는 출현이 많이 되었으나 이후 각기 급속히 감소 또는 소멸하는 종이라는 것을 알 수 있었으며, 반면 목본류는 파종후 3개월 후 가장 많이 출현하였으나 전체적으로 출현본수의 변화폭이 작은 종이라는 것을 알 수 있었다.

3. 수크령 파종량과 측정일에 따른 각 초화류 (벌노랑이, 쑥부쟁이, 구절초, 대금계국 및 패랭이꽃)의 출현빈도

수크령 파종량과 측정일에 따른 각 초화류의 출현빈도를 측정하였으며 그 결과는 Table 4에

나타난 바와 같다. 즉 수크령 파종량에 따라서 5종류의 초화류 중 벌노랑이, 패랭이꽃 및 대금계국의 발생빈도가 $p=0.05$ 수준에서 통계적 유의성을 나타냈으며, 측정일의 경과에 따라서는 벌노랑이와 대금계국의 출현빈도만이 유의성이 나타났다. 수크령 파종량에 따라 유의성이 나타난 벌노랑이, 패랭이꽃 및 대금계국의 출현빈도를 살펴보면, 수크령 무처리구 및 5g/m²으로 적게 파종한 구에서 10g/m²이나 15g/m²으로 많이 파종한 구에서 보다 출현빈도가 높게 나타났다. 이와 같은 결과로 미루어, 수크령의 파종량이 적을수록 벌노랑이, 패랭이꽃 및 대금계국의 발생빈도가 높아지는 경향을 파악할 수 있었으며, 이것은 앞의 수크령 파종량에 따른 초화류의 발

Table 4. Appearance frequencies of individual herbaceous flowering plants treated with different seeding quantity of *Pennisetum alopecuroides* and surveying date.

Seeding quantity of <i>Pennisetum alopecuroides</i>		<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	<i>Dianthus sinensis</i>	<i>Coreopsis drummondii</i>	<i>Aster yomena</i>	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>
T1 ^z (0.0g/m ²)		9.4 a ^y	45.6 a	18.1 a	21.3	10.8
T2 (5.0g/m ²)		6.9 ab	35.0 ab	14.5 ab	21.2	12.7
T3 (10.0g/m ²)		5.3 b	32.8 b	12.9 b	13.8	9
T4 (15.0g/m ²)		5.9 b	35.5 ab	11.7 b	17.2	8.7

Surveying date		<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	<i>Dianthus sinensis</i>	<i>Coreopsis drummondii</i>	<i>Aster yomena</i>	<i>Chrysanthemum zawadskii</i>
2012	7/30	10.8 a	47.4 a	11.6	25.4	9.5
	8/29	8.1 ab	41.2 ab	15.5	23.4	10.3
	9/28	7.3 ab	41.3 ab	15.4	22.6	7.8
	10/30	5.8 ab	39.4 ab	11.4	19.4	6.7
2013	5/4	5.3 b	36.3 ab	11.3	12.5	10.3
	6/15	5.3 b	31.3 b	16.3	10.8	12.8
	7/29	6.1 ab	28.9 b	16.9	22.3	12.5
	9/16	6.1 ab	28.1 b	16.1	10.3	12.4

^z T1: *Pennisetum*(0.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T2: *Pennisetum*(5.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T3: *Pennisetum*(10.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

T4: *Pennisetum*(15.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

^y Mean values with the same letter within each herbaceous flowering plant are not significantly different at $p=0.05$ level by Tukey-test.

Seeding date : 2012. 06. 23.

생빈도와 유사한 결과이다. 측정일의 경과에 따라 유의성이 나타난 벌노랑이와 패랭이꽃의 발생빈도를 살펴보면, 먼저 벌노랑이의 출현빈도는 2012년 1차 측정에서 10.8본으로 가장 높았고 이후 감소하다가 2013년 5월과 6월에는 5.3본으로 가장 낮은 수준을 보였으며 7월과 9월에는 다소 상승하는 경향을 나타내었다. 한편 쑥부쟁이의 출현빈도는 2012년 7월 30일 첫 측정일에 47.4본으로 가장 높았고 이후 점차 감소하다가 마지막 측정일인 2013년 9월 16일에는 28.1본으로 가장 낮은 수준을 나타내었다. 초화류 전체로 볼 때, 패랭이꽃의 발생빈도가 가장 높고 다음으로 쑥부쟁이의 발생빈도가 높은 경향을 나타내었다.

4. 수크령 파종량과 측정일에 따른 각 목본류(싸리나무, 남아초 및 자귀나무)의 출현빈도

수크령 파종량과 측정일에 따른 각 목본류의 출현빈도를 측정하였으며 그 결과는 Table 5에 나타난 바와 같다. 수크령 파종량에 따라 각 목본류의 출현빈도는 $p=0.05$ 수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났으나 측정일에 따라서는 싸리나무와 자귀나무만이 유의성이 있는 것으로 나타났다. 수크령 파종량에 따른 각 목본류의 출현빈도를 보면, 싸리나무와 남아초의 경우 수크령 무처리구 및 5g/m² 파종구가 10g/m²이나 15g/m² 파종구보다 출현빈도가 높게 나타났다. 반면 자귀나무의 출현빈도는 수크령 파종량에 따라 일관성을 볼 수 없었다. 측정일에 따른 각

Table 5. Appearance frequencies of individual woody plants treated with different seeding quantity of *Pennisetum alopecuroides* and surveying date.

Seeding quantity of <i>Pennisetum alopecuroides</i>		<i>Lespedeza bicolor</i>	<i>Indigofera pseudo-tinctoria</i>	<i>Albizzia julibrissin</i>
T1 ^z	(0.0g/m ²)	11.5 a	13.2 a	3.9 b
T2	(5.0g/m ²)	10.8 b	13.6 a	3.8 c
T3	(10.0g/m ²)	5.7 d	9.0 b	5.4 a
T4	(15.0g/m ²)	7.9 c	9.3 b	3.5 d
Surveying date		<i>Lespedeza bicolor</i>	<i>Indigofera pseudo-tinctoria</i>	<i>Albizzia julibrissin</i>
2012	7/30	9.7 d	8.6	6.3 d
	8/29	9.1 e	12.1	8.1 c
	9/28	7.3 g	12.7	10.4 a
	10/30	4.3 h	12.1	8.3 b
2013	5/4	8.2 f	9.3	0.0 e
	6/15	10.3 c	11.4	0.0 e
	7/29	11.2 b	12.1	0.0 e
	9/16	11.6 a	12.0	0.0 e

^z T1: *Pennisetum*(0.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).
 T2: *Pennisetum*(5.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).
 T3: *Pennisetum*(10.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).
 T4: *Pennisetum*(15.0g/m²)+Herbaceous ornamental(9.5g/m²)+Cool-season turfgrasses(3.0g/m²)+Woody plants(7.5g/m²).

^y Mean values with the same letter within each woody plant are not significantly different at $p=0.05$ level by Tukey-test. Seeding date : 2012. 06. 23.

목분류 출현빈도의 경시적 변화를 볼 때, 싸리 나무는 파종후 약 1개월 후인 2012년 7월 30일엔 9.1본/m²이 출현하였으며 이후 점차 감소하여 2012년 12월 30일엔 4.2본/m²으로 가장 낮게 출현하였으며 2013년 5월4일에는 8.2본/m²가 출현하였고 이후 계속 증가하여 마지막 측정일인 2013년 9월 16일에는 11.6본/m²으로 최고의 출현빈도를 나타내었다. 반면, 자귀나무는 파종 첫해인 2012년도에는 6.3본/m²의 출현빈도를 나타냈고 이후 2012년 9월 28일에는 10.4본/m²으로 최고의 빈도를 나타냈으나 2013년도에는 전혀 출현하지 않은 것으로 나타났다. 이것은 어린묘목일 때 싸리나무나 낭아초에 비해 자귀 나무는 내한성이 약해 동해를 받은 데에 기인된

것으로 보인다. 따라서 비탈면녹화를 위한 종자 배합시 자귀나무를 혼합할 경우 충분히 성장하여 겨울 동해를 받지 않기 위해선 5월 이전에 파종하는 것이 바람직할 것으로 보여진다. 본 실험에서 최종적으로 목분류(싸리나무, 낭아초)는 23.6본/m²의 출현빈도를 나타냈는데, 이는 국토해양부(2009) ‘도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침’의 ‘비탈면 복원목표별 식생생육판정 기준’인 목본의 출현본수가 초본위주형 2본/m², 초본관목혼합형 3본/m², 목본군락형에서 5본/m² 및 자연경관복원형 7본이상/m²과 비교해볼 때 상당히 초과한 결과이다. 또한 이러한 목분류의 높은 출현빈도로 인해 Table 2에서 보는 바와 같이 피복율은 60%정도로 이르게 되

고 목본류의 과도한 우점은 타 식물의 출현을 억제하게 된다. 따라서 싸리나무와 낭아초의 출현빈도를 낮출 필요가 있는데 이를 위해선, 본 실험의 싸리나무 파종량 $2.0\text{g}/\text{m}^2$ 과 낭아초 파종량 $3.5\text{g}/\text{m}^2$ 의 수준을 대폭 낮추는 것이 바람직할 것으로 보여진다.

IV. 결 론

본 연구는 수크령 파종량과 측정일에 따른 주요녹화식물의 혼파가 비탈면 녹화에 미치는 영향을 규명하기 위해 수크령을 $0.0\text{g}/\text{m}^2$, $5.0\text{g}/\text{m}^2$, $10.0\text{g}/\text{m}^2$, 및 $15.0\text{g}/\text{m}^2$ 으로 구분하여 파종하고 함께 혼파한 초화류(별노랑이, 쭉부쟁이, 구절초, 대금계국 및 패랭이꽃), 한지형잔디류(켄터키블루그래스, 퍼래니얼라이그래스 및 톨웨스큐) 및 목본류(싸리나무, 낭아초 및 자귀나무)는 동일 양으로 파종 처리한 후 각 녹화식물류의 피복율 및 출현빈도를 조사하였다.

1) 수크령 파종량에 따른 수크령, 초화류, 한지형잔디류 및 목본류 피복율은 수크령의 파종량을 높이면 수크령의 피복율은 증가하나 반대로 초화류, 한지형잔디류 및 목본류의 피복율은 낮아지는 경향을 알 수 있었다. 또한 측정일시별 피복율 변화패턴은 녹화식물별로 달리 나타났는데, 수크령과 초화류는 6차측정일에, 한지형잔디는 1차 측정일에, 그리고 목본류는 마지막 8차 측정일에 최고의 피복율을 나타내었다.

2) 각 녹화식물 피복율의 측정일별 경시적 변화를 볼 때, 파종 1개월 후인 초반부에는 수크령이 우점하였으나 실험 중반기에는 초화류가 우점하였고 파종후 1년이 경과한 실험 후반부에는 목본류가 우점하여 실험 초기 발아세가 가장 좋은 수크령에서 점차 초화류, 목본류로 우점종이 변화하는 단기간 천이과정을 확인할 수 있었다.

3) 수크령 파종량이 높을수록 피복율에서와 마찬가지로 수크령의 출현빈도도 높은 것으로

나타났으나, 초화류, 한지형 잔디 및 목본류의 출현빈도는 수크령을 무처리하거나 5g 으로 적게 처리한 구에서 오히려 증가한 것으로 나타났다. 시간의 경과에 따라 수크령, 목본류 및 한지형잔디의 출현빈도는 각기 전혀 다른 패턴을 보였다. 즉, 수크령과 한지형 잔디는 발아가 빨라 파종 1개월 후에는 출현이 많이 되었으나 이후 각기 급속히 감소 또는 소멸하는 종이라는 것을 알 수 있었으며, 반면 목본류는 파종후 3개월 후 가장 많이 출현하였으나 전체적으로 출현본수의 변화폭이 작은 종이라는 것을 알 수 있었다.

4) 초화류중 별노랑이와 패랭이꽃의 시간 경과에 따른 출현빈도는 초기 측정에서 가장 높은 수준이었으나 점차 감소하는 경향을 보였고, 목본류중에는 싸리나무가 최종 측정일에, 자귀나무가 3차 측정일에 각기 최고수준을 나타내었다. 자귀나무는 파종 첫해인 2012년에는 출현하였으나 다음해인 2013년에는 모두 고사하여 내한성이 약한 수종으로 파악되었다.

5) 싸리나무와 낭아초는 최종 측정일에 각기 $11.6\text{본}/\text{m}^2$ 과 $12.0\text{본}/\text{m}^2$ 의 높은 출현빈도를 나타냈는데, 이는 타 식물의 출현을 억제하므로 본 실험에서 처리한 싸리나무와 낭아초의 파종량 각각 $2.0\text{g}/\text{m}^2$ 과 $3.5\text{g}/\text{m}^2$ 을 대폭 낮추는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

본 연구는 실험을 위해 조성된 절토부 토사 비탈면에서 수작업에 의해 이루어졌으며 토질, 기후, 관리 등의 여건이 각 비탈면 녹화공사 현장과 상이할 수 있어 실험결과의 적용에 한계점이 나타날 수 있으며, 향후 실제 비탈면 현장에 바로 적용될 수 있도록 다양한 현장상황의 기계적 시공에 의한 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 보인다.

References

Anonymous. 1964. Rules for testing seeds. proceedings of the Association of Official Seed

- Analysts 54(2): 1-112
- Jeong DY · Kim JH and Shim SR. 2008. A Study for Characteristics of Geofiber Reinforced Soil System Practiced on Stone Gabion Bank of River. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology 11(6): 81-90.
- Jo SR. 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.
- Kim JH and Shim SR. 2009. A Study on the Growth Characteristics of Native Plants by Seeding Amounts of Cool-season Turfgrasses on the Disturbed Slope. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology 12(5): 1-12.
- 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.
- Kim NC. 1997. 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. 1997. A Study on the Seeding Timing of Several Herbaceous Plants for the Slope Revegetation Works. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 25(2): 62-72.
- Kim NC. 1998. A Study on the Ecological Restoration Strategies for the Disturbed Landscapes. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology 1(1): 28-44.
- Korea expressway corporation. 1995. A Study on Afforestation Construction for Cutting Slope in Expressway.
- Kwon HJ. 2013. A Study on the Vegetation Structure of Natural Landscape Restoration Type in Roadside Slope Revegetation Works. Master's thesis, Graduate School, Dankook University.
- Lee JP and Kim NC and Hong SK. 1995. Studies on Seed Mixture for Slope Revegetation of the Road. Journal of The Korean Environmental Sciences Society. 113-123.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. Design on Slopes Revegetation and Tentative Instruction on Construction Work.
- Morrison, D. G. 1996. Design, restoration and management, Dept. of Landscape Architecture, University of Georgia, Athens(in press).
- Mun SG · Lee EY and Gwag MG. 2002. A Study on Selection of Wild plants for the Rooftop Revegetation. The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology 5(3): 31-39.
- 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.