

훼손비탈면 복원을 위한 콩과목본류로서 참싸리 및 낭아초의 적정파종량에 관한 연구*

유병득¹⁾ · 심상렬²⁾

¹⁾ 청주대학교 대학원 환경조경학과 · ²⁾ 청주대학교 환경조경학과

The Optimal Seeding Quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* Miquel and *Indigofera pseudo-tinctoria* MATSUMURA as Leguminous Woody Plants for the Cut-slope Revegetation

Yu, Byeong-Deuk¹⁾ and Shim, Sang-Ryul²⁾

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

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

ABSTRACT

The purpose of the research is to identify the optimal seeding quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* as leguminous woody plants for the cut-slope revegetation. To investigate the coverage ratio and appearance frequency, we divided *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* into five treatment groups with various quantities of 0.0g/m², 1.0g/m², 2.4g/m², 3.8g/m², and 5.2g/m². For each treatment group, we mixed the identical quantities of herbaceous flowers (*Lotus corniculatus* var. *japonicus*, *Dianthus sinensis*, *Aster yomena* and *Pennisetum alopecuroides*) seeds and cool-season turfgrasses (*Festuca arundinacea* and *Poa pratensis*) seeds.

In this result, as the seeding quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* increased in the spray, the coverage ratio for leguminous woody plants appeared to increase whereas the coverage ratio decreased in herbaceous flowers and cool-season turfgrasses.

* 이 논문은 2015~2016학년도에 청주대학교 산업과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음.

First author : Yu, Byeong-Deuk, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Graduate School, Cheongju University,

Tel : +82-43-231-3135, E-mail : dbqudemr@naver.com

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

Tel : +82-43-229-8512, E-mail : srshim@cju.ac.kr

Received : 17 December, 2015. **Revised** : 24 February, 2016. **Accepted** : 22 February, 2016.

However, when the seeding quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* exceeded $3.8\text{g}/\text{m}^2$ in the spray, the coverage ratio of leguminous woody plants rather decreased compared to four treatment groups less than $3.8\text{g}/\text{m}^2$ seeding ratio.

Based on the longitudinal data of coverage ratio in five treatment groups, we observed the gradual process of a short-term succession in which the dominant species shifted in the following order: First, cool-season turfgrasses; Second, herbaceous flowers; Third, leguminous woody plants.

Comparing the appearance frequency of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria*, *Lespedeza cyrtobotrya* appeared more frequent in 2014 whereas *Indigofera pseudo-tinctoria* appeared to be relatively more frequent in 2015. As a result, *Indigofera pseudo-tinctoria* was discovered to be a dominant species among woody plants.

In this study, we observed that the optimal seeding quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* was $2.4\text{g}/\text{m}^2 \sim 3.8\text{g}/\text{m}^2$. Moreover, the coverage ratio of 29.1% ~ 35.4% and appearance frequency of 4.6plants ~ 5.8plants were found in the condition of optimal seeding quantity.

Key Words : *Lespedeza cyrtobotrya*, *Indigofera pseudo-tinctoria*, Seeding quantity, Cut-slope, Revegetation.

I. 서 론

급속한 산업화에 의한 각종 대규모 건설공사로 훼손된 비탈면 발생이 빈번(Ministry of Construction Transportation, 1997)하나 이에 대한 효율적 비탈면녹화는 아직 요원한 실정이다. 현재에도 저렴한 공사비 위주의 외래종에 의한 급속녹화가 주를 이루고 자생 초·목본류를 이용한 자연친화적인 녹화에는 소극적인 경우가 많았다(Cho, 2014).

대개 비탈면 녹화용으로 현재 많이 사용하는 한지형잔디는 지나친 우점으로 자생 초·목본류를 피압하며(Kim and Shim, 2009), 하고현상으로 인한 황변화로 매우 불량한 경관을 연출시킬 뿐만 아니라, 자생종과의 경쟁을 유발하여 시간이 지나면서 비탈면을 재 황폐화(Kim, 1997) 시키기 때문에 주변에서 생육하고 있는 자생종의 적극적인 활용이 필요하다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009). 자생종은 그 지역의 환경에 대한 적응력이 높아 유지관리가 용이하고, 비탈면 경관의 조속한 회

복에 기여하여 비탈면 붕괴방지 효과면에서도 한지형잔디보다 탁월하며, 경관미를 조기에 회복하고 자연스러운 식생천이를 유도할 수 있다(Kim, 1998; Kim et al., 2001).

이 때문에 비탈면공사에 자생종의 사용이 적극 권장되며, 이 가운데 자생 목본종으로 콩과목본류의 사용이 일반적이다. 이는 콩과목본류가 뿌리혹박테리아와의 공생으로 공중질소를 고정하므로 척박한 토양 등에도 잘 자랄 수 있는 개척식물이기 때문이다(Lee, 2014). 콩과목본류 중에서는 남아초와 싸리류가 비탈면공사에 가장 많이 사용되는데, 싸리류는 발아율이 높고 척박지에서도 생육속도가 빨라 초기천이계열의 식물로 간주될 수 있고(Kim, 1998), 남아초는 자생종 식물배합에서 생육이 우수하여 초장이 상대적으로 큰 종으로 밝혀졌을 뿐만 아니라(Nam and Kim, 1998) 밑가지를 많이 쳐서 옆으로 자라는 생육습성도 지니고 있어서 이다(Lee, 1979). 따라서 이와 같은 특성으로 인해 남아초와 싸리류는 절토비탈면 녹화를 위한 자생종 목본소재로서 매우 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다.

그러나 콩과목본류는 높은 출현빈도로 인해 비탈면을 우점하여 타 식물의 출현을 억제하기 때문에, 싸리(2.0g/m²)와 낭아초(3.5g/m²)의 파종량을 5.5g/m²보다 적게 파종하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다 하였으며(Ham and Shim, 2015), 우점을 피하기 위해 싸리와 낭아초를 4g/m² 이하로 배합할 것을 권장하고 있다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009).

따라서 본 연구에서는 절토비탈면 녹화에 중요한 콩과목본소재로서 낭아초와 참싸리의 파종량에 따른 각 녹화식물의 피복율과 출현빈도를 조사하여 낭아초와 참싸리의 적정 파종량과 타식물과의 우점관계를 파악하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시토양

1) 비탈면 기반토양

실험구가 조성된 비탈면 기반토양의 토성은 모래 93.9%, 미사 5.9% 및 점토 0.2%이며 미국 농무성의 토양분류기준에 따르면 사토(Cho BH, 2002)에 해당된다. 화학적 특성으로 pH 7.1, EC 0.1dS/m, CEC 5.13cmol/kg, N 0.10%, 유기물 함량 0.4% 및 P₂O₅ 45.4mg/kg이었으며 치환성양이온이 Ca, Mg, K 및 Na은 각각 2.86, 1.41, 0.21 및 0.08me/100g이었다. 이와 같은 기반토양은

토목현장에서는 척박한 마사토로 분류하고 있으며 식생복원을 위해 식생기반재 취부가 필요한 것으로 판단된다.

2) 식생기반재

본 실험에 기반토양위에 취부한 식생기반재는 중량비로 황토 23%, 마사토 15%, 톱밥 15%, 유기질비료(퇴비) 25% 및 미생물 2%로 조성된 것을 사용하였으며, 이화학성은 토성이 사질식양토(유기물제외)이며 함수율 43.3%, pH 6.8, EC 0.8dS/m, CEC 43.3cmol/kg, N 0.8% 및 유기물 함량 23.5%이다. 기반토양에 비해 유기물과 양분이 풍부하고 보비력이 높은 것이 특징으로 Table 1에서 보는 바와 같이 비탈면녹화용 식생기반재의 화학적 특성 평가기준(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009)에 부합함을 알 수 있다.

2. 공시식물 및 파종량

실험에 사용된 공시식물은 주 초종으로 콩과목본류인 낭아초와 참싸리, 보조초종으로는 현재 비탈면 녹화에 사용되는 주요 녹화식물로서 자생초화류인 벌노랑이, 쪽부쟁이, 패랭이꽃 및 수크령 그리고 한지형잔디류인 툴웨스큐와 켄터키블루그래스를 혼합하여 파종하였다.

Table 2에서 보는 바와 같이 각 실험구는 주

Table 1. Soil properties of base soil and vegetation supporting mixed soil.

Soil	Soil texture			Soil moisture content (%)	Salinity (%)	pH	EC (dS/m)	CEC (cmol/kg)	N (%)	Organic matter (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (me/100g)			
	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)									Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
Standard ²	-	-	-	-	< 0.5	6.0~8.0	< 1.0	6 ≤	0.06 ≤	3.0 ≤	-	-	-	-	-
Base soil	93.91	5.92	0.17	-	-	7.1	0.1	5.13	0.10	0.38	45.4	2.86	1.41	0.21	0.08
Vegetation supporting mixed soil	48.76	24.52	26.72	43.28	0.08	6.8	0.79	43.31	0.82	23.47	7,320	-	-	-	-

²Source: Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009

Table 2. Plant germination rate and seeding amount of each plot used in the experiment.

Flora	Scientific name	Korean name	G.R. ^Z (%)	Seeding amount(g/m ²)				
				T1 ^Y	T2	T3	T4	T5
Main plant	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	참싸리	60.0	0	0.4	1.0	1.5	2.1
	<i>Indigofera pseudo-tinctoria</i>	낭아초	39.0	0	0.6	1.4	2.3	3.1
Herbaceous flowers	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i>	별노랑이	84.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	<i>Aster yomena</i>	쑥부쟁이	83.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	<i>Dianthus sinensis</i>	패랭이꽃	80.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	수크령	69.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Cool-Season turfgrass	<i>Festuca arundinacea</i>	톨훼스큐	98.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	<i>Poa pratensis</i>	켄터키블루그래스	86.3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
합 계				20.0	21.0	22.4	23.8	25.2

^ZG.R: Germination rate.^YT: Treatment.

초종인 낭아초와 참싸리를 0g/m², 1.2g/m², 2.4g/m², 3.8g/m² 및 5.2g/m²의 파종량으로 차이를 두었으며, 보조초종은 초화류 14.5g/m²을 한지형잔디류는 5.5g/m²으로 총 20g/m²을 각 실험구에 동일하게 파종하였다. 공시식물의 파종량은 얇은 식생기반재 뽑어붙이기(1cm) 종자량을 기준(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009)으로 산정하였다. 공시식물은 실험 전 생장상(Growth Chamber: DS-54GLP)에서 광조건 25°C 8시간, 야간은 암조건 15°C 16시간으로 설정하고 3반복으로 발아실험 하였으며 식물의 유근이 2mm 이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하여 실험실발아율을 확인하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 타 식물들의 발아율은 양호하였으나 콩과목분류의 발아율은 각각 참싸리 60%, 낭아초 39%로 대체적으로 낮게 나타났다. 따라서 본 실험에서는 콩과목분류 파종비율은 참싸리 40%와 낭아초 60%로 배합하여 사용하였다.

3. 실험방법

본 연구의 실험 포지 조성일시는 2014년 5월 10일, 위치는 충북 청주시 청주대학교 예술대학 내의 절토부 토사비탈면에 조성하였으며, 실험구

의 조성은 ① 훼손비탈면 면정리 ② 코아네트 설치 및 구획정리 ③ 종자가 배합된 식생기반재 취부(1cm) ④ 시험구 완성의 순서로 진행되었다. 실험구는 45°경사에 동향이며, 실험구 조성 후 강우량이 적어 한달간 1주마다 3회 관수(20mm/1회 수준)하였다. 한 개의 실험구의 크기는 1m×1m(1m²)의 정사각형으로 참싸리와 낭아초의 파종량에 따라 5개의 실험구를 3반복하여 처리하였다.

4. 조사 및 분석방법

본 연구는 절토비탈면에서 참싸리와 낭아초의 적정파종량을 규명하기 위해 2014년 6월부터 2015년 10월까지 13차례에 걸쳐 각 실험구(1m²)에 출현빈도와 지면피복율을 조사하였다. 출현빈도는 실험구의 각 식물의 발아개체수를 세어서 측정하였으며 지면피복율은 각 실험구의 식물피복면적 / 전체면적 × 100%으로 측정하였다. 통계분석용 프로그램인 SAS system for window V9.1(SAS institute Inc, 2004)을 이용하여 통계처리 하였으며 참싸리와 낭아초의 파종량과 조사일시별 2요인 분산분석을 통해 p=0.05수준에서 유의성을 검정하였고 Tukey-test로 평균치를 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 콩과목본류, 초화류 및 한지형잔디의 지면피복율

콩과목본류의 적정파종량을 규명하기 위한 콩과목본류, 초화류 및 한지형잔디의 지면피복율 분석결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 참싸리와 낭아초의 파종량과 조사일시에 따라 $p=0.05$ 수준에서 유의성이 나타났다. 먼저, 콩과목본류 피복율은 참싸리와 낭아초의 파종량을 $1.0\text{g}/\text{m}^2$ 에서 $2.4\text{g}/\text{m}^2$ 및 $3.8\text{g}/\text{m}^2$ 으로 증가시키에 따라 각각 14.3%에서 29.1% 및 최고 35.4%로 증가하였다. 그러나 파종량을 $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 으로 증가시키더라도 피복율은 더 이상 증가되지 않고 오히려 감소하여 22.4%를 보였다.

한편, 초화류와 한지형잔디경우는 콩과목본류와는 반대로 참싸리와 낭아초의 파종량 증가에 따라 피복율이 감소하다가 $3.8\text{g}/\text{m}^2$ 처리구에서 초화류는 9.6%, 한지형잔디는 0.4%로 최저치를 보였으며 다시 증가하여 $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 처리구에서 초화류 12.4%, 한지형잔디 1.1%로 나타났다. 이것은 참싸리와 낭아초 파종량에 따라서 콩과목본류의 피복율은 증가하고 초화류와 한지형잔디는 감소하나 파종량이 $3.8\text{g}/\text{m}^2$ 을 초과하게 되면 콩과목본류간의 생육경쟁으로 오히려 콩과목본류의 피복율은 감소되고 초화류와 한지형잔디의 피복율은 증가된 것으로 보인다. 따라서 본 실험에서 질토비탈면 녹화시 참싸리와 낭아초의 파종량은 $1\text{g}/\text{m}^2$ 일 경우 콩과목본류의 피복율이 낮으며, $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 일 경우 피복율이 다시 감소하는 것으로 보아 $2.4\sim 3.8\text{g}/\text{m}^2$ 이 적절한 파종량으로 파악되었다. 이것은 싸리류와 낭아초의 파종량을 각각 $4.0\text{g}/\text{m}^2$ (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009)과 $5.5\text{g}/\text{m}^2$ (Ham and Shim, 2015)이하로 하여야 낭아초와 싸리류의 우점을 피하고 적절한 피복율을 유지할 수 있다는 보고들과 유사한 결과이다.

조사일시별 피복율 변화패턴은 녹화식물별로 다르게 나타났는데, 콩과목본류의 경우 파종 후

2개월까지는 피복이 되지 않았으나 3개월부터 피복율이 2.3%를 보였으며 점차 증가하여 2014년 10월 12.7%로 2014년 최고의 피복율을 보였고 11월에는 낙엽이 저 4.9%로 급격히 감소하였다. 2015년에는 4월 1.7%를 시작으로 5월에는 15.5%, 6월에는 23.1%, 7월에는 40.7%, 8월에는 48%, 9월에는 52%, 10월에는 53.7%로 낭아초와 참싸리의 피복율이 7월 이후 40%이상으로 급격히 증가하였다. 낭아초와 참싸리는 종자의 외피가 두껍고 딱딱해 종자내로 수분이 흡수가 더디고 초기발아가 늦어(Kim, 1998) 2014년 실험 초기에는 피복율이 낮게 나타났으나, 일단 발아하고 나면 콩과식물은 뿌리혹박테리아에 의한 질소고정으로 생장이 우수하다는 점(Lee, 2013)과 참싸리는 특히 척박하고 건조한 비탈면에서 생육이 잘되고 낭아초는 생육습성상 가치가 많이 같라져서 옆으로 자라는 특성(Lee, 1980)으로 인해 실험 이듬해인 2015년 7월 이후 피복율이 급증한 것으로 생각된다.

초화류의 경우 파종 후 2개월까지는 1% 미만의 피복율을 보였으나 파종 후 3개월부터는 10.1%에서 점차 증가하여 10월에는 24.6%로 최고의 피복율을 보였으며, 11월에는 20.9%로 다시 감소하였다. 이후 2015년 4월 20.7%, 5월 23.8% 및 6월 22.7%로 증가하여 20%이상의 피복율을 보였으며 이후 점차 감소하여 10월에는 최종적으로 13.8%를 보였다. 이것은 초기에는 초화류의 발아세가 좋아 피복율이 높았지만 이후 참싸리와 낭아초의 콩과목본류가 점차 성장하여 초화류를 피압시켜 피복율을 감소시킨 것으로 보인다.

한지형잔디는 파종 후 2개월에 피복율 5.3%로 최고수준을 보였으나 이후 지속적으로 감소하여 2014년 8월 2.0%, 9월 2.2%, 10월 1.4% 및 11월 0.5%를 나타냈다. 2015년에는 4월 2.9%를 보였으나 이후 지속적으로 감소하여 5월에는 1.3%, 6월에는 0.5%를 보였고 7월부터는 전부 고사하였다. 본 실험에서 한지형잔디가 콩과목

Table 3. Coverage rate(%) of leguminous woody plants, herbaceous flowering plants, and cool-season turfgrasses treated with different seeding quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* and surveying date.

Revegetation plants		Leguminous woody plants	Herbaceous flowering plants	Cool-season turfgrasses	
Seeding quantity of leguminous woody plants	T1 ^z (0.0g/m ²)	0.0e ^y	27.3a	2.1a	
	T2 (1.0g/m ²)	14.3d	16.0b	1.3b	
	T3 (2.4g/m ²)	29.1b	13.0c	1.2c	
	T4 (3.8g/m ²)	35.4a	9.6e	0.4e	
	T5 (5.2g/m ²)	22.4c	12.4d	1.1d	
Surveying date	2014	06/10	0.0l	0.0m	0.0h
		07/10	0.0l	0.7l	5.3a
		08/10	2.3j	10.1k	2.0d
		09/12	8.1h	19.3f	2.2c
		10/11	12.7g	24.6a	1.4e
		11/16	4.9i	20.9d	0.5g
	2015	04/18	1.7k	20.7e	2.9b
		05/16	15.5f	23.8b	1.3f
		06/18	23.1e	22.7c	0.5g
		07/20	40.7d	16.9g	0.0h
		08/20	48.0c	15.6h	0.0h
		09/20	52.0b	14.2i	0.0h
		10/24	53.7a	13.8j	0.0h

^zT1 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* (0.0g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T2 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* (1.0g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T3 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* (2.4g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T4 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* (3.8g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T5 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tinctoria* (5.2g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

^yMean values with the same letter within each plant of seeding quantity and surveying date are not significantly different at $p=0.05$ level by Tukey-test.

Seeding date : 2014. 5. 10.

본류나 초화류에 비해서 상대적으로 6% 이하의 낮은 피복율을 보였으며 파종 이듬해 하절기에는 전부 고사한 것을 알 수 있었다. 이것은 콩과

목본류의 우수한 생장으로 한지형잔디류가 피압된 것으로 보이며 또한 한지형잔디류는 밭아세가 우수해 파종 초기에는 피복율이 높으나 이

Table 4. Appearance frequency of leguminous woody plants, herbaceous flowering plants, and cool-season turfgrasses treated with different seeding quantity of *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tintoria* and surveying date.

Revegetation plants		Leguminous woody plants			Herbaceous flowering plants	Cool-season turfgrasses
		<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	<i>Indigofera pseudo-tintoria</i>	Total		
Seeding quantity of leguminous woody plants	T1 ^z (0.0g/m ²)	0.0e ^y	0.0e	0.0e	9.2a	2.0a
	T2 (1.0g/m ²)	0.2d	1.6c	1.8d	7.2b	0.8c
	T3 (2.4g/m ²)	3.0b	1.5d	4.6b	6.1e	1.3b
	T4 (3.8g/m ²)	3.7a	2.1a	5.8a	6.3c	0.6e
	T5 (5.2g/m ²)	2.1c	1.7b	4.2c	6.2d	0.8d

Surveying date	2014		0.0h	0.0g	0.0h	0.0l	3.9a
	06/10	07/10					
		08/10	1.3f	1.7b	3.3e	9.0c	1.9c
		09/12	1.4e	2.1a	3.7b	10.2a	1.5d
		10/11	1.4e	2.1a	3.7b	10.2a	1.4e
		11/16	1.4e	2.1a	3.7b	10.1b	1.3f
		2015 04/18	1.9d	0.9f	2.9f	5.6i	0.8g
		05/16	2.1c	1.2e	3.5d	7.9e	0.8g
		06/18	2.1c	1.2e	3.5d	7.0g	0.2h
		07/20	2.1c	1.3d	3.6c	7.1f	0.0i
		08/20	2.1c	1.3d	3.6c	6.8h	0.0i
		09/20	2.4b	1.3d	3.9a	4.1k	0.0i
		10/24	2.5a	1.3d	3.9a	4.3j	0.0

^zT1 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tintoria* (0.0g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T2 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tintoria* (1.0g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T3 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tintoria* (2.4g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T4 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tintoria* (3.8g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

T5 : *Lespedeza cyrtobotrya* and *Indigofera pseudo-tintoria* (5.2g/m²) + herbaceous flowering plants(14.5g/m²) + Cool-season turfgrasses(5.5g/m²)

^yMean values with the same letter within each plant of seeding quantity and surveying date are not significantly different at $p=0.05$ level by Tukey-test.

Seeding date : 2014. 5. 10.

후 여름철 고온다습으로 인한 하고현상으로 인하여 점차 고사(Shim, 2015)한 것으로 보인다.

이와 같은 피복율의 경시적결과로 미루어 각 녹화식물은 파종 후 2개월부터 피복하기 시작하였으며 2014년 파종 후 2개월 후에는 한지형잔디가, 3개월부터는 초화류가 각각 우점하였다. 파종 이듬해인 2015년 5월까지의 초화류의 우점이 지속되었고 7월부터는 콩과목본류의 피복율이 급증해 우점하는 것을 알 수 있었다. 이것은 절토비탈면에서 한지형잔디에서 초화류로 그리고 최종적으로 콩과목본류로 단기간 천이가 이루어진다는 연구(Ham and Shim, 2015)와 일치하는 결과로 볼 수 있다.

2. 콩과목본류, 초화류 및 한지형잔디의 출현빈도

콩과목본류의 적정파종량을 규명하기 위한 콩과목본류(참싸리와 낭아초), 초화류 및 한지형잔디의 출현빈도 분석결과는 Table 4에서 보는 바와 같이 참싸리와 낭아초의 파종량과 조사 일시에 따라 $p=0.05$ 수준에서 유의성이 나타났다. 먼저 콩과목본류의 출현빈도는 참싸리와 낭아초 파종량을 $1.0\text{g}/\text{m}^2$ 에서 $2.4\text{g}/\text{m}^2$ 및 $3.8\text{g}/\text{m}^2$ 으로 증가시킴에 따라 각각 $1.8\text{본}/\text{m}^2$ 에서 $4.6\text{본}/\text{m}^2$ 및 최고 $5.8\text{본}/\text{m}^2$ 으로 증가를 나타냈으나 참싸리와 낭아초 파종량을 $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 으로 증가시키더라도 출현빈도는 더 이상 증가되지 않고 오히려 약간 감소하여 $4.2\text{본}/\text{m}^2$ 으로 나타났다. 따라서 콩과목본류가 $4.6\sim 5.8\text{본}/\text{m}^2$ 의 출현빈도를 보인 $2.4\sim 3.8\text{g}/\text{m}^2$ 이 피복율 분석에서와 마찬가지로 콩과목본류의 적정파종량인 것으로 판단되었다. 이것은 참싸리와 낭아초 $5.5\text{g}/\text{m}^2$ 파종에 $17.2\sim 24.7\text{본}/\text{m}^2$ 의 출현빈도를 나타냈다는 연구(Ham and Shim, 2015)와는 상이하게 상당히 낮은 결과이나 국토해양부에서 제시하고 있는 비탈면 복원목표별 식생생육판정 기준표 중 초본위주형에서 $2\text{본}/\text{m}^2$ 이상, 초본관목혼합형에서 $3\text{본}/\text{m}^2$ 이상 및 목본군락형에서 $5\text{본}/\text{m}^2$ 이상의 목본성립본수기준(Ministry of Land, Transport

and Maritime Affairs, 2009)과는 부합하는 결과이다. 또한, 파종 후 3주간 강우량이 2014년에 파종한 본 연구에서는 34mm 이었으나 2012년에 파종한 Ham and Shim(2015)의 연구에서는 184mm 를 나타낸 것이 출현빈도에 큰 영향을 미친 것으로 생각된다(Figure 1).

낭아초 출현빈도는 콩과목본류 출현빈도와 같은 패턴을 보여 콩과목본류 $1.0\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $0.2\text{본}/\text{m}^2$, $2.4\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $3.0\text{본}/\text{m}^2$ 및 $3.8\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 최고 $3.7\text{본}/\text{m}^2$ 으로 나타났으며 $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서는 오히려 감소하여 $2.1\text{본}/\text{m}^2$ 으로 나타났다.

참싸리 출현빈도의 경우 낭아초와 같이 $3.8\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $2.1\text{본}/\text{m}^2$ 으로 최고의 출현빈도를 보였으나 $1.0\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $1.6\text{본}/\text{m}^2$ $2.4\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $1.5\text{본}/\text{m}^2$ 및 $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $1.7\text{본}/\text{m}^2$ 의 출현빈도를 보여 낭아초 출현빈도 패턴과는 다르게 나타났다.

초화류와 한지형잔디류의 출현빈도는 참싸리와 낭아초가 파종되지 않은 무처리구에서 출현빈도가 가장 높았으나 초화류는 $1.0\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $7.2\text{본}/\text{m}^2$, 한지형잔디류는 $2.4\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $1.3\text{본}/\text{m}^2$ 으로 각각 무처리구에 이어 출현빈도가 높은 것으로 나타났다. 그러나 초화류는 $2.4\sim 5.2\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $6.1\sim 6.3\text{본}/\text{m}^2$ 으로, 한지형잔디류는 $1.0\text{g}/\text{m}^2$, $3.8\text{g}/\text{m}^2$ 및 $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 파종구에서 $0.6\sim 0.8\text{본}/\text{m}^2$ 으로 낮은 출현빈도를 나타냈다. 이로 미루어 볼 때 콩과목본류를 파종하지 않을 경우 초화류와 한지형잔디의 출현빈도가 증가하지만 콩과목본류를 파종하는 경우에는 파종량이 $1.0\text{g}/\text{m}^2$ 에서 $5.2\text{g}/\text{m}^2$ 으로 증가되더라도 초화류와 한지형잔디의 출현빈도는 일관성 있게 감소하지 않는다는 것을 알 수 있었다. 이것은 본 실험에서는 밝혀지지 않았으나 콩과목본류 파종량 이외의 다른 환경요인에서 기인된 것으로 생각해 볼 수 있다.

한편, 조사일에 따른 출현빈도의 경시적 변화를 볼 때, 콩과목본류 파종 후 1개월까지는 발아

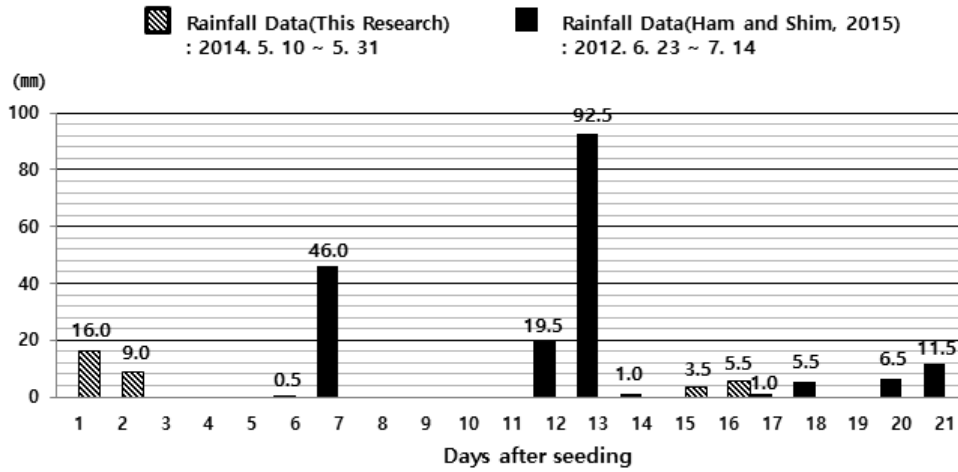


Figure 1. Comparison of rainfall(mm) for 3 weeks after seeding between 2012 and 2014.

되지 않았으나 2개월부터 2.9본/m²을 나타냈으며 이후 2014년 8월에는 3.3본/m²과 11월에는 3.7본/m²으로 증가되었다. 2015년에는 4월에는 2.9본/m²이 출현하였으며 5월 3.5본/m², 7월 3.6본/m² 및 9월 3.9본/m²으로 점차 증가하여 10월에는 최종적으로 3.9본/m²이 출현하였다.

콩과목본류 중 낭아초의 경우 2014년 파종 후 1개월까지는 출현이 되지 않았으나 2개월부터 1.1본/m²으로 출현하였으며 점차 증가하여 9월부터 11월까지 1.4본/m², 2015년에는 4월 1.9본/m², 5~8월 2.1본/m² 및 10월에는 최고 2.5본/m²이 출현하였다.

참싸리의 경우도 파종 후 1개월에는 출현하지 않았으나 2개월부터 1.6본/m²이 출현하였고 점차 증가하여 2014년 9월부터 11월까지 2.1본/m²으로 최고의 출현빈도를 나타냈다. 2015년에는 4월 0.9본/m²으로 시작하여 5월 1.2본/m² 및 7월 1.3본/m²으로 점차 증가하여 최종적으로 10월 1.3본/m²이 출현하였다. 이와 같이 낭아초와 참싸리의 경시적 출현빈도를 볼 경우 2014년도에는 참싸리가, 2015년에는 낭아초가 높았음을 알 수 있는데 이것은 파종 당해년도에는 싸리류가 발아율이 높고 척박지에서 빨리 발아하고 급속하게 자라는 습성(Kim, 1998)으로 참싸리의 출

현이 상대적으로 높았던 것으로 판단해 볼 수 있으며, 이듬해에는 낭아초가 파종 후 발아하여 활착하게되면 가지를 많이 쳐서 옆으로 퍼지는 생육습성(Lee, 1980)을 지니기 때문에 출현빈도가 높아진 것으로 판단해 볼 수 있다.

초화류의 경우 2014년 파종 후 1개월까지는 출현이 되지 않았고 7월에 8.5본/m²에서 9월까지 점차 증가하여 최고 10.2본/m²의 출현빈도를 보였으나 11월에는 10.1본/m²으로 감소하였다. 2015년에는 4월 5.6본/m²에서 5월 7.9본/m²으로 증가하였지만 6월 7.0본/m², 7월 7.1본/m², 8월 6.8본/m², 9월 4.1본/m² 및 10월 4.3본/m²으로 점차 감소하였다. 이상에서 초기에는 초화류의 발아세가 좋아 출현빈도가 높았지만 이후 참싸리와 낭아초가 점차 성장하여 초화류를 피압하여 출현빈도를 감소시킨 것으로 보이며 이것은 콩과목본류로 인하여 초화류 및 한지형잔디의 출현이 억제된다는 연구(Ham and Shim, 2015)와 일치하는 결과로 해석된다.

한지형잔디의 출현빈도는 파종 후 1차 측정에서는 3.9본/m²으로 최고의 출현빈도를 보였으나 2014년 7월 2.4본/m², 8월 1.9본/m², 9월 1.5본/m², 10월 1.4본/m², 11월 1.3본/m², 2015년 4월 0.8본/m² 및 6월 0.2본/m²으로 점차 감소하여 7월에는 모

두 고사하였다. 이것은 앞의 피복율 분석에서와 마찬가지로 한지형잔디는 콩과목본류의 우수한 생장으로 피압되었으며 더욱이 본 연구기간 초기의 강우량 감소와 기온 상승에 의한 하고현상이 고사에 원인을 제공(Kim, 1997; Ham and Shim, 2015; Shim, 2015)한 것으로 보인다.

IV. 결 론

본 연구는 훼손비탈면 복원을 위한 콩과목본류로서 참싸리 및 낭아초의 적정파종량을 규명하기 위해 참싸리와 낭아초를 0.0g/m², 1.2g/m², 2.4g/m², 3.8g/m² 및 5.2g/m²으로 구분하여 파종하고 함께 혼파한 초화류(별노랑이, 쭉부쟁이, 패랭이꽃 및 수크령) 및 한지형잔디류(켄터키블루그래스 및 툴헤스큐)는 동일 양으로 파종 처리한 후 각 녹화식물의 피복율 및 출현빈도를 조사한 결과는 다음과 같다.

첫째, 참싸리와 낭아초 파종량 증가에 따라서 콩과목본류 피복율은 증가하고 초화류와 한지형잔디류 피복율은 감소하나 파종량이 3.8g/m²을 초과하게 되면 오히려 콩과목본류의 피복율은 감소되고 초화류와 한지형잔디류의 피복율은 증가하였다.

둘째, 훼손비탈면 복원을 위한 콩과목본류의 적정파종량은 2.4~3.8g/m²인 것으로 판단되었으며 이때 콩과목본류의 피복율은 29.1~35.4%, 출현빈도는 4.6~5.8본/m²이었다.

셋째, 피복율의 경시적변화를 볼 때 각 녹화식물은 파종 후 2개월부터 피복하기 시작하였으며 2014년 파종후 2개월 후에는 한지형잔디가, 3개월부터는 초화류가 각각 우점하였다. 파종 이듬해인 2015년 5월까지의 초화류의 우점이 지속되었고 7월부터는 콩과목본류의 피복율이 급증해 우점하는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 한지형잔디에서 초화류로 그리고 최종적으로 콩과목본류 순으로 생육경쟁에 의한 단기간 천이가 진행됨을 알 수 있었다.

넷째, 참싸리와 낭아초의 출현빈도를 비교해 볼 경우 2014년도에는 참싸리가, 2015년도에는 낭아초가 상대적으로 높은 출현을 보여 낭아초의 생육습성이 파종 후 2년차에는 참싸리의 생장저하에도 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

본 연구의 훼손비탈면 녹화 실험은 깎기 비탈면을 대상으로 현장에서 시행하는 기계적 시공이 아니라 수작업으로 실험구를 조성하여 얻은 연구 결과로서 실제 현장에서는 본 실험과는 다른 결과가 도출될 수 있다. 또한, 본 실험 비탈면은 파종시기가 5월 초로 국한되어 있으며, 본 실험을 수행한 토사비탈면은 암 비탈면과 다른 환경조건을 지니고 있을 뿐만 아니라 실험구 조성 후 3주간 강수량이 저조하게 나타나는 등 파종시기, 토질의 물리성, 현장의 기상여건 및 녹화공법 등에 따라 다른 결과가 나타날 수 있는 한계를 내포하고 있다.

References

- Cho BH. 2002. Soil Science. Seoul: Hyang Moon Sa. (in Korean)
- Cho 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. (in Korean)
- Ham KS and Shim SR. 2015. Effects of Mixed Seeding of Main Revegetation Plants Treated with Different Seeding Amounts of Pennisetum alopecuoides on Cut-Slope Revegetation. J. Korean Env. Res. & Rev. Tech. 18(1): 22-35. (in Korean with English summary)
- Kim JH and Shim SR. 2009. A Vegetation Characteristics of a Cut-Slope Affected by Seeding Periods of the Winter Season. J. Korean Env. Res. & Rev. Tech. 12(2): 29-39. (in Korean with English summary)

- Kim NC. 1997. A Study on the Seeding Timing of Several Heraceous Plants for the Slope Revegetation Works. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 25(2): 62-72. (in Korean with English summary)
- Kim NC. 1998. A Study on the Ecological Restoration Strategies for the Disturbed Landscapes. *J. Korean Env. Res. & Rev. Tech.* 1(1): 29-44. (in Korean with English summary)
- Kim NC · Kang JH · Lee JW and Lee WH. 2001. Study on the Revegetation Technology for the Ecological Restoration of the Decomposed Granite Roadside Slopes. *J. Korean Env. Res. & Rev. Tech.* 4(3): 84-95 (in Korean with English summary)
- Lee CB. 1979. *Illustrated Flora of Korea*. Seoul: Hyang Moon Sa. (in Korean)
- Lee JY. 2014. *Distributional Patten of Korean Legumes and Morphological and Genetic Characteristics of the Representative Species*. Master's thesis, Graduate School. Inha University. (in Korean)
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. *Design on Slopes Revegetation and Tentative Instruction on Construction Work*. (in Korean)
- Nam SJ and Kim NC. 1998. A Study on the Seeding of *Zoysia japonica* and Woody Plants for the Revegetation of Rock-exposed-slopes by Natural Topsoil Revegetation Methods. *J. Korean Env. Res. & Rev. Tech.* 1(1): 141-150
- Shim SR. 2015. Flooding Tolerance of Cool-Season Turfgrass for the Revegetation of Waterside Slopes. *J. Korean Env. Res. & Rev. Tech.* 18(2): 45-52. (in Korean with English summary)