

쥐똥나무를 이용한 생물공학적 비탈면 녹화공법의 사례연구

김혜주 · 강효석

삼성에버랜드주식회사 환경개발사업부

A Case Study on the Slope Revegetation Technology of Biological Engineering Using the *Ligustrum obtusifolium*

Kim, Hyea-Ju and Kang, Hyo-Suk

Environmental Development Div., SAMSUNG EVERLAND INC.

ABSTRACT

This study was carried out to suggest the slope revegetation technology of biological engineering using the *Ligustrum obtusifolium*, which is one of the pioneer plant species.

Ahead of the experimental construction, we evaluated the *L. obtusifolium*'s value of biological engineering for the slope stabilization by testing the growth rate after the cuttings were buried for 8 weeks('98. 7. ~ '98. 9.). In this test, it was found that the *L. obtusifolium*, one of the species deep rooted with developed underground parts, is very effective for the slope stabilization and that the rooting powder(Hormex Powder) gave the better effects on root germination.

In April of 1999, the experimental construction of biological engineering technology using recycled *L. obtusifolium* live cuttings(applied growth-stimulating compound) and green bags was conducted at sandy cut-slope in GLEN ROSS G.C.(Yongin). The slope was tolerant of soil erosion despite of heavy rainfall in the rainy season and many plant species invading for five months ('99. 4. ~ '99. 9.). The vegetation research was performed through examining the frequency of each block using the transect method.

21 kinds of plant speices appeared in total area(25.5m²) and the dominant species are *Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis*, *Cyperus amuricus*, *Persicaria blumei*, *Artemisia princeps var. orientalis*. With regard to life forms, therophytes were shown with a dominant distribution of 66.7% of total species and neophytes relatively with a low distribution of 19.0%. Furthermore, it can be estimated that there is no ecological stabilization of this slope with the result of the ruderal species' occupation of 71.4%.

It is too early to argue about ecological · mechanical advantages and disadvantages of this technology, but, from the result of this study, it is expected that the slope revegetation technology of biological engineering using *L. obtusifolium* can be effectively applied to sandy slope(not rock or weathered rock slope) and that the early rapid stabilization and favorable succession could be done with the improvement of soil condition.

Key words : *Biological Engineering*, *Slope Revegetation*, *Ligustrum obtusifolium*

I. 서론

도로건설 또는 택지개발에 의해 발생하는 산림훼손에 대하여 예전의 근대화를 위한 개발주의 시대와는 달리 비판의 소리가 높아가고 있다. 이에 따라 환경파괴를 최소화하여 재해방지는 물론 산림을 재생시킬 수 있는 방안들이 요구되어지나 아직까지 개발 적용된 방법들은 주로 시멘트 콘크리트를 이용한 강력한 토목적 공법이나 또는 조속한 경관향상을 위한 다년생 초본류를 이용한 여러 가지 파종공법이 많았다. 일반적인 토사비탈면에 주로 사용되는 녹화공법들의 경우 대부분 일정한 다년생 초본류의 종자나 한정된 관목류의 종자를 배양토, fiber 등과 함께 혼합파종함으로써 신속히 녹화할 수 있는 장점을 가지지만 큰 규모의 강우에 의해 발생하는 깊은 침식현상은 방지할 수 없을 뿐 아니라 생태적 친이를 통한 산림복원이 이루어지기까지는 비교적 오랜 시간이 걸리는 단점을 가진다. 산림복원을 위해서는 주변의 수림대를 조사한 후 적정 수종을 선택하여 어린 묘목을 식재하는 것이 이상적이나 인위적으로 조성된 비탈면은 식물의 생육에 매우 불리한 환경을 갖게 되므로 식재를 한다고 하더라도 여러 가지의 식물생육환경을 우선적으로 개선하여 주지 않으면 그 기대효과는 크지 않다. 또한 묘목비는 일반적인 파종에 의한 녹화공법보다 가격이 비싼 단점이 있다. 따라서 식물생육환경에 불리한 비탈면의 환경을 개선할 수 있는 수종을 선택하여 이로 하여금 비탈면의 녹화와 안정을 도모한 후에 점차적인 산림복원이 이루어지게 하는 것이 적합하다고 생각한다. 이와 같은 이론은 생물공학적인 녹화공법(Biological engineering Construction Method)의 기본이 되며(Duthweiler, 1967) 이미 선진 외국의 경우 여러 분야, 즉 절·성토면, 쓰레기매립지, 폐석더미, 하천변등에 적용되고 있다. 따라서 본 고에서는 선구식물이며 영양번식 및 환경적응력이 우수한 쥐똥나무가지를 이용한 생물공학적인 비탈면 녹화공법에 대하여 실험결과를 중심으로 비탈면 녹화공법의 새로운 방향을 모색하고자 한다.

쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium*)는 물푸레나무과에 속하는 낙엽활엽관목으로 생장이 빠르고 내음성과 내한성, 내공해성이 강하며 맹아력도 좋고 토질을 가리지 않는다(조, 1990). 번식은 삽목과 실생에 의하며, 키는 3m 높이로 자라고 개화기는 5-6월(김, 1994)이며, 여름철 전정에도 강하고, 생태적 분포는 해발 600m이다(Thalacker, 1989). 국내에는 쥐똥나무(*L. obtusifolium*)외에도 섬쥐똥나무(*L. foliosum*), 광나무(*L. japonicum*), 왕쥐똥나무(*L. ovalifolium*) 등이 있으나 쥐똥나무만이 전국적으로 자생하고 다른 종은 주로 남부지방에서 자생하는 것으로 알려져 있다(김, 1994).

쥐똥나무는 국내에서 주로 조경소재로 생을 타리에 이용되고 있고, 중부유럽에는 자생종인 *L. vulgare*가 강 알카리성인 척박토에 분포하고(Ellenberg, et al., 1992) 조경용으로 주로 쥐똥나무와 왕쥐똥나무가 도입되어 관상용으로 재배되고 있다(Thalacker, 1989). 이러한 쥐똥나무의 생물공학적인 이용성에 대한 연구는 전무한 상태이며 유사공법으로는 버드나무를 이용한 토사비탈면 녹화공법이 있는데, 이는 버드나무가지의 영양번식을 이용하여 조기녹화 및 토사침식을 방지하며 장기적으로는 자연적 생태복원을 도모하는 공법이다. 또한 이 공법은 1999년 9월에 건설교통부고시 제201호 신기술로 지정된 바 있다.

II. 연구방법

쥐똥나무는 삼목번식이 가능하다고 알려져 있으나 쥐똥나무가지를 직접 절·성토에 꽂고 관리, 특히 관수를 하지 않는 조건하에서 새가지 및 뿌리성장속도를 알기 위하여 공법을 적용하기 전에 약 60일간 두 개의 실험구를 만들어 한 개구에는 성장촉진제(홀멕스파우더)를 처리하고 다른 한 개구에는 약제를 처리하지 않은 채 노지에서 삼목하였다. 삼목방법은 80cm 깊이의 골에 가지 전체 길이의 3/4정도가 묻히도록 비스듬하게 삼목하였다. 삼목기간은 7월 16일부터 9월 16일까지 62일간이었으며, 조사방법은 삽

목후 4주, 6주, 8주가 경과한 시점으로 나누어 실시하였다. 4주와 6주 경과시 조사는 두 곳의 삼수 중에서 임의로 1-2개씩을 선택하여 조심스럽게 굴취한 후 주뿌리의 발근 정도와 새 가지의 상태를 관찰하였으며, 마지막 8주시 조사는 약제처리한 삼수와 약제처리하지 않은 삼수를 모두 굴취하여 각각의 주뿌리 개수와 길이, 새 가지의 개수를 측정하여 두 곳의 삼상에 삽목된 취뽕나무가지의 성장속도를 비교하였다. 이듬해 봄('99. 4.)에는 미세토로 구성된 절토면에 마대자루와 취뽕나무가지를 이용한 공법을 실험 시공하여 장마를 거친 후의 실험비탈면의 침식 상태와 현재까지 이입된 식생을 transect를 이용, 출현빈도를 조사하였다. 출현빈도는 Dierschke (1994)에 의거, 5단계로 나누어 81~100%의 출현빈도를 V, 61~80%는 IV, 41~60%는 III, 21~40%는 II, 0~20%는 I로 하였고, 실험비탈면의 생태적 상태는 식물의 서식 및 생활형과 자생성으로 평가하였다. 생활형과 귀화종, 생태적 서식처 및 식물감별에는 이창복(1993)의 대한식물도감을 참고하였다.

III. 취뽕나무의 삼목실험

삼목실험에 사용될 취뽕나무는 1998년 7월 16일, 용인 삼성에버랜드 차량유지관리소 주변에서 전년생의 가지를 붙여 삼수(L=1m, Ø=1cm 내외)를 채취하였다. 삼상은 용인 삼성에버랜드의 묘포장내에 1m×1m, 1m×0.5m 규격으로

두 곳을 만들었다. 또한 삼상의 토양분석은 안양잔디환경연구소에 의뢰하여 실시하였고, 그 결과는 표 1과 같다.

4주 경과 후 굴취한 취뽕나무가지에서는 줄기 곳곳에서 주뿌리가 형성되기 전 단계인 부정아가 많이 발생한 것을 관찰할 수 있었고, 부분적으로 새 잎이 발생한 것을 관찰할 수 있었다. 6주 경과 후 조사하였을 때에는 주뿌리의 길이가 1.5cm~2.0cm였고 새 가지가 나오고 있는 것을 볼 수 있었다.

8주 경과 후 남은 삼수를 모두 굴취하여 측정 한 결과, 약제처리한 삼수가 총 36개중 29개가 발근하여 81%의 발근율을 보였으며 약제처리하지 않은 삼수는 총 22개중 16개가 발근하여 73%의 발근율을 보여 약제처리한 것이 처리하지 않은 것보다 발근율이 우수하였다. 주뿌리의 평균개수는 약제처리한 것(82.3개)이 약제처리하지 않은 것(51.8개)보다 많았고, 주뿌리의 총길이 또한 약제처리한 것(346.6cm)이 약제처리하지 않은 것(264.8cm)보다 길었다. 지하부와 지상부의 비율(주뿌리의 개수 : 새 가지의 개수)은 약제처리한 삼수의 경우 137 : 1로 나타나 취뽕나무가 지하부가 발달한 심근성 수종으로 비탈면의 침식방지에 효과적인 수종일 것으로 생각한다. 그러나 지하부에 비해 지상부의 발달이 미약하여 비탈면에 대한 신속한 경관 효과는 다소 떨어질 것으로 사료된다. 새 가지의 개수는 두 삼상 간에 별 차이가 없는 것으로 나타났다(참고 : 표 2).

표 1. 토양 분석 (취뽕나무의 삼목실험)

화 학 성 분 석 결 과			입 도 분 석 결 과 (%)		
화 학 성	data	비 고	입 도	data	비 고
pH	6.9	약산성	1 - 2mm	10.5	국제법에 의거 양질토사에 해당됨.
전기전도도(mS)	0.1	양 호	0.25 - 1mm	45.85	
전질소(%)	0.03	부족함	0.026 - 0.25mm	33.85	
유기물(%)	0.29	약간부족	0.002 - 0.026mm	7.8	
유기탄소(%)	0.5	약간부족	0.002mm이하	2.0	
유효인산(%)	0.01	약간있음			

표 2. 주뿌리의 개수와 길이 및 새 가지의 개수

No	약제처리한 삼수						약제처리하지 않은 삼수					
	삼수의 규격		주뿌리			새가지	삼수의 규격		주뿌리			새가지
	길이 (cm)	지름 (cm)	개수 (EA)	총길이 (cm)	평균길이 (cm)		개수 (EA)	길이 (cm)	지름 (cm)	개수 (EA)	총길이 (cm)	
1	88	1	460	1,191	2.6		92	0.8	91	643	7.1	
2	86	1.2	142	708	4.9		86	0.7	87	287	3.3	
3	82	1.3	71	399	5.6		83	1.4	35	119	3.4	
4	87	0.8	192	1,165	6.1		78	0.8	21	50	2.4	
5	88	0.7	104	315	3.0		100	1.2	217	1,309	6.0	2
6	87	0.7	47	114	2.4		80	0.9	36	78	2.2	
7	85	0.8	76	296	3.9		92	0.9	13	53	4.1	4
8	80	0.8	173	1,038	6.0		80	0.9	64	306	4.8	
9	74	0.7	59	320	5.4		82	0.8	113	681	6.0	4
10	87	0.7	78	365	4.7		78	1.2	8	31	3.8	
11	85	0.6	113	292	2.6		89	0.8	6	28	4.7	
12	90	0.9	45	144	3.2	4	82	1.2	28	126	4.5	
13	85	0.7	58	162	2.8		88	1	4	24	5.9	
14	88	0.8	66	460	6.9		73	0.7	62	392	6.3	
15	74	0.8	22	84	3.8	5	67	0.7	32	73	2.3	
16	86	0.9	96	308	3.2		87	0.9	11	37	3.4	
17	77	0.9	100	276	2.8							
18	69	0.7	22	105	4.8							
19	79	0.8	47	200	4.3	2						
20	64	1	61	263	4.3	1						
21	78	0.8	108	825	7.6							
22	81	0.9	23	140	6.1							
23	75	0.8	55	230	4.2							
24	67	0.9	70	269	3.8							
25	66	1	37	133	3.6	2						
26	78	1	8	32.3	4.0							
27	60	0.5	7	16.1	2.3							
28	86	1.1	5	13.8	2.8							
29	67	0.8	56	187	3.3							
평균	79.3	0.85	82.3	346.6	4.2	0.5	83.6	0.93	51.8	264.8	4.4	0.6

IV. 쥐똥나무를 이용한 생물공학적 비탈면 안정공법

1. 대상지의 환경

대상지는 용인에 위치한 GLEN ROSS G.C.내의 6 hole 절토사면으로 시공면적은 25.5m²이다. 비탈면의 기울기는 1:1.3이고, 방위는 남동향, 비탈면 정상부의 높이는 해발 220.4m이다. 시공 전 비탈면은 그림 1과 같이 수직방향으로 토사가 침식되어 골이 나 있는 상태였다. 토양분석은 안양잔디환경연구소에 의뢰하여 실

그림 1. 시공 전('99. 4. 21.)

시하였는데, 유기물의 함량이 적은 척박토이며 사질토로서 pH 6.1의 '약산성'으로 판정되었다. 비탈면 경계부의 수림은 신갈나무-소나무군락이다. 용인지역에는 올해 장마기간 중 7월말에서 8월초(7.28~8.3)에만 433mm의 강수량을 보였고, 대상지의 '98년 평균기온(13.5℃)은 서울지역(13.8℃)보다 약간 낮은 편이다.(기상청 홈페이지 기후자료 참조)

2. 재료 및 시공방법

시공은 '99년 4월 21일 실시하였다. 시공에 사용된 식물재료로는 대상지의 주변에서 가지정리 작업 중 발생한 쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium*)를 이용하였는데, 이때 가지와 성체(成體)의 규격은 지름이 2cm 이상, 길이가 1m 정도인 것을 택하였다. 그 밖의 재료로는 황마 마대(45cm×30cm)와 이를 비탈면에 고정시키기 위한 것으로 구조용강관(D25×L1000)과 철사(D3이상)를 이용하였다(참고 : 그림 2).

생장촉진제(아토닉)를 처리한 쥐똥나무 삼수 4개와 발근한 성체(成體) 1개씩을 마대자루 위에 나란히 반복하여 촘촘하게 놓고 다시 7cm 정도의 흙을 덮어 단단히 눌러 주었다. 그리고 다음 단의 마대자루를 쌓기 전에 비탈면에 수직으로 구조용강관을 1m 간격으로 박아 골격을 세우고, 만들어 놓은 마대자루를 벽돌쌓기처럼 아랫단과 어긋나게 얹혀 놓았다. 상기작업을 반복하여 비탈면에 마대자루가 다 채워지면 구조용강관을 3cm만 남기고 박은 후, 강관과 강관을 철사를 이용하여 그물코를 엮듯이 단단히 엮어 마대자루를 비탈면에 고정시켰다. 마지막으로 토양안정제와 비료를 물과 혼합하여 시공된 비탈면에 살포하였다(참고 : 그림 3). 시공비는 m²당 30,729원이 소요되었다.

시공 후 특별한 관리는 하지 않았으며 집중호우가 내린 장마 후에는 현장을 점검하여 비탈면의 상태를 관찰하였다.

그림 3. 시공 직후('99. 4. 22.)

V. 결과 및 고찰

그림 2. 시공 도면

시공방법으로는 우선 지형 고르기를 실시한 후 비탈면의 맨 아래쪽에 비탈면의 안쪽으로 약 10%의 기울기를 주어 깊이 20cm의 배수를 위한 자갈층을 조성하였다. 조성된 자갈층 위에 마대자루를 나란히 놓아 첫 단을 완성한 후, 현장에서 발생한 흙을 약 8cm 정도 마대 위와 마대와 마대사이의 빈 공간에 채워 다졌다. 그 후

본 공법이 실험시공된 비탈면에서는 시공 후 100일이 경과한 8월초에만 300mm가 넘는 집중호우가 내렸지만 침식현상은 발견할 수 없었다(참고 : 그림 4). 시공 후 이입된 식물은 표 3과 같이 총 21종으로, 우점종(출현빈도 V)은 바랭이, 강아지풀, 방동사니, 개여뀌, 쑥이였으며, 출현빈도가 매우 낮은 종(출현빈도 I)은 미국쑥부쟁이 외 11종이었다. Dierschke(1994, 164)에 따르

면 낮은 출현빈도(I ~ III)의 식물수가 많을수록 조사지역의 식생구조적 동질성(homogeneity)이 적음을 의미하고, 높은 출현빈도(IV ~ V)에 포함되는 식물이 많을수록 조사지역의 식생의 구조가 동질하다고 한다. 이렇게 볼 때 조사구간의 식생의 구조적 동질성은 낮은 편이라고 할 수 있다. 이입식물의 생활형을 보면 1년생 초본류가 66.7%, 다년생 초본류가 19.0%, 목본류는 14.3%로서 1년생 초본류가 우세하였다. 이입된 식물의 생태적 서식처를 기준으로 구분해 볼 때 인간의 영향력이 많은 곳에서 주로 서식하는 종이 전체의 71.4%로, 공법적용구간

그림 4. 시공 143일 후('99. 9. 15.)

표 3. 이입식생 비교표

식 생 명	구간 면적(m ²) 출현종수	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	생 활 형	서 식 처	출 현 빈 도	비 고
		2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0				
		10	8	9	11	8	11	11	8	8	9	6	10	7	6	7				
1. <i>Digitaria sanguinalis</i> (바랭이)																	1년생초본	▲	V	
2. <i>Setaria viridis</i> (강아지풀)																	1년생초본	▲	V	
3. <i>Cyperus amuricus</i> (방동사나)																	1년생초본	▲	V	
4. <i>Persicaria blumei</i> (개여뀌)																	1년생초본	▲	V	
5. <i>Artemisia princeps var. orientalis</i> (쑥)																	다년생초본	▲	V	
6. <i>Echinochloa crus-galli</i> (돌피)																	1년생초본	▲	IV	
7. <i>Glycine soja</i> (돌콩)																	1년생초본	▲	IV	
8. <i>Aster pilosus</i> (미국쑥부쟁이)																	다년생초본	▲	I	V
9. <i>Persicaria hydropiper</i> (여뀌)																	1년생초본	▲	I	
10. <i>Mosla punctulata</i> (들깨풀)																	1년생초본	▲	I	
11. <i>Lespedeza cuneata</i> (비수리)																	다년생초본	○	I	
12. <i>Commelina communis</i> (닭의장풀)																	1년생초본	▲	I	
13. <i>Weigela subsessilis</i> (병꽃나무)																	목본	○	I	
14. <i>Erechitites hieracifolia</i> (붉은서나물)																	1년생초본	▲	III	V
15. <i>Humulus japonicus</i> (환삼덩굴)																	1년생초본	▲	I	
16. <i>Agastache rugosa</i> (매초향)																	다년생초본	○	I	
17. <i>Echinochloa crus-galli var. caudata</i> (털돌피)																	1년생초본	▲	I	
18. <i>Chenopodium album var. centrurubrum</i> (명아주)																	1년생초본	▲	I	
19. <i>Panicum bisulcatum</i> (개기장)																	1년생초본	○	II	
20. <i>Rosa multiflora</i> (찔레)																	목본	○	I	
21. <i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)																	목본	○	I	

※▲ - 경작지 및 인가주변
V - 귀화종 구분

○ - 숲 또는 숲가장자리

- 총면적 : 22.5m²

- 구간별 평균출현종수 : 8.6

표 4. 이입식생 특성별 비교표

생활형			서식처			출현빈도			자생종 / 귀화종		
구분	출현종수	출현비율	구분	출현종수	출현비율	구분	출현종수	출현비율	구분	출현종수	출현비율
1~2년생 초본류	14	66.7%	▲	15	71.4%	I	12	57.1%	자생종	19	90.5%
						II	1	4.8%			
다년생 초본류	4	19.0%	○	6	28.6%	III	1	4.8%			
						IV	2	9.5%			
다년생 목본류	3	14.3%	×	0	0%	V	5	23.8%	귀화종 (▽)	2	9.5%
계	21	100%	계	21	100%	계	21	100%	계	21	100%

의 식생의 구조적·생태적 안정성이 아직은 부족하다고 평가된다(참고: 표 4).

본 공법은 시공 후 겨우 5개월이 경과하였으므로 현재의 비탈면 상태로 공법의 생태적·공학적 장단점을 논하기에는 이르다고 생각되며, 특히 본 공법은 토사로 이루어진 절·성토면에만 적용 가능하기 때문에 암반 및 기타 풍화암의 비탈면에는 적용이 불가능한 한계가 있다. 그러나 본 공법은 주변의 조경지역에서 쉽게 구할 수 있는 취퐁나무가지를 재활용할 수 있으므로 묘목을 직접 식재하는 방식보다 경제적이라 할 수 있다. 실제로 본 공법에 소요된 경비는 약 30,000원/㎡ 정도로 일반적인 묘목식재 공법(철쭉류식재를 기준으로 약 40,000원/㎡ 소요)보다 저렴한 것으로 나타났다. 또한 비탈면 녹화효과로는 선구식물을 통한 비탈면의 조속한 안정은 물론 식물생육환경개선으로 생태적 천이를 기대해 볼 수 있다고 생각한다.

VI. 인용문헌

김태욱. 1996. 원색도감 한국의 수목(제4판). 서울: 교학사.

이창복. 1993. 대한식물도감(제5판). 서울: 향문사.

조무연. 1990. 원색한국수목도감(제3판). 서울: 아카데미서적.

Dierschke, H., 1994. Pflanzensoziologie, Grundlagen und Methoden. Stuttgart.

Duthweiler, G., 1967. Lebendbau an instabilen Boeschungen. Erfahrungen und Vorschlaege.

Ellenberg, H., Weber, H. E., Duell, R., Wirth, V., Werner, W., Pauliss, D., 1992. Zeigerwerte v. Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl., Goettigen, 118.

Thalacker, B.,(Hrsg.) 1989. Kreuzers Gartenpflanzen Lexikon. Bd. 1. p.99.

接受 1999年 9月 17日