

훼손비탈면의 한지형 잔디 파종량에 따른 자생식물의 생육특성에 관한 연구

김재환¹⁾ · 심상렬²⁾

¹⁾ 청주대학교 환경조경학과 강사 · ²⁾ 청주대학교 환경조경학과

A Study on the Growth Characteristics of Native Plants by Seeding Amounts of Cool-season Turfgrasses on the Disturbed Slope

Kim, Jae-Hwan¹⁾ and Shim, Sang-Ryul²⁾

¹⁾ Part-time Division of Environmental Landscape Architecture, Cheongju University,

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

ABSTRACT

This research was initiated to investigate the revegetation characteristics under the seeding amount treatments of cool-season turfgrasses on the disturbed slope. 4 different seeding amounts of cool-season turfgrasses (0.0 g/m^2 , 1.5 g/m^2 , 3.0 g/m^2 , 6.0 g/m^2) with the same seeding amounts of native woody (*Rhus chinensis*, *Albizia julibrissin*) and herbaceous plants (*Lotus corniculatus* var. *japonicus*, *Dianthus sinensis*, *Aster yomena*) were treated with 3 replications on the experimental disturbed slope. Data such as soil hardness (mm), moisture content (%), surface coverage rate (%), the number of each germinating plant and plant height 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 rates.

The surface coverage rates were higher in 3.0 g/m^2 and 6.0 g/m^2 plots compared to the rest two plots of cool-season turfgrasses. However, the emergence of native woody and herbaceous plants was relatively low in 3.0 g/m^2 and 6.0 g/m^2 plots of high seeding amounts of cool-season turfgrasses. This result indicated that high seeding amounts of cool-season turfgrasses could decrease the emergence of

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

Received : 22 May, 2009. **Accepted** : 28 September, 2009.

native woody and herbaceous plants.

We concluded that 1.5 g~3.0 g/m² seeding amounts of cool-season turfgrasses was optimum level for the balanced emergence of cool-season turfgrasses, native woody and herbaceous plants in the viewpoint of the ecological disturbed slope revegetation.

Key Words : *Cool-season turfgrasses, Disturbed slope, Revegetation, Seeding amounts.*

I. 서 론

현재 우리나라는 경제발전을 위한 도로확장 및 각종 단지개발등과 같은 인프라구축에 따라 자연의 훼손은 심각한 수준에 있으며 이로 인하여 훼손된 비탈면은 계속해서 증가하고 있는 추세이다. 이러한 훼손 비탈면은 생육기반이 불량하여 자연재생이 어렵고, 자연적으로 복원되기 위해서는 장기간의 시간이 소요되며, 그대로 방치할 경우 경관성 저하 및 토양침식으로 인한 붕괴현상이 발생하는 등의 문제가 나타남으로 비탈면 녹화의 필요성이 요구된다. 훼손된 비탈면이 안정화되고 녹화가 적절하게 이루어지면 토양유실이 방지되고 경관미도 회복시킬 수 있다(김남춘, 1991).

그러나 과거 비탈면녹화는 시공에 관한 적용 기준 및 녹화설계 지침이 미비하여 토목적 안정성과 한지형 잔디 위주의 조기녹화에 치중한 결과 주변식생과 어울리지 않는 불량한 경관이 연출되고 한지형 잔디가 우점하여 종다양성이 결여되는 문제가 발생하였다. 이는 자연 천이가 원활하게 진행되기 위해서는 외래도입종자가 너무 밀생하지 않도록 초기파종밀도와 파종량을 신중히 검토하여(우보명, 2004) 적용시켜야 하지만, 조기녹화 및 침식방지를 위해 한지형 잔디를 과다하게 사용하여 나타난 것으로 보인다.

훼손비탈면의 조기녹화를 위해서는 발아세가 우수한 한지형 잔디 사용이 불가피하며 지속적으로 사용하고 있지만(건설교통부, 2005), 한지형 잔디를 과다하게 파종할 경우 한지형잔디가 우점하여 파종한 자생식물의 출현이 저하되고, 단일

식생으로 인하여 주변경관과의 연속성이 단절되며, 비탈면의 식물들이 2~3년 이내 고사되어 황폐화 되는 경우가 빈번하게 발생하는 등(한국도로공사, 1998; 건설교통부, 2005) 조기 훼손비탈면의 안정과 자생 초·목본 위주의 복원목표 수립을 위한 한지형 잔디의 적정 파종량이 요구된다.

일반적으로 녹화용 식물을 과다 파종할 경우엔 무성하게 비탈면을 우점 함으로써 2차 식생의 자연 침입이 어렵고 비탈면의 식생 천이가 방해를 받는 등의 문제가 발생하며(이재필 등, 1995), 반대로 종자 파종량이 적으면 발아량이 감소하고 잡초의 발생이 많아지며, 녹화품질이 저하되는 경우가 발생하므로 훼손 비탈면 녹화시 식물종자의 파종량은 상당히 중요한 현안으로 떠오르고 있으며, 특히 한지형 잔디의 파종량은 녹화품질에 큰 영향을 미치고 있다.

최근에는 훼손지복원에 관한 관심이 높아지면서 비탈면 녹화에서도 생태적 기술이 보급되어 자생 초·목본 위주의 생태적 녹화를 위한 연구와 기술개발이 이루어지고 있으며, 훼손비탈면 녹화를 위한 생태적 식물선정(방광자 등, 1998), 식생배합(김남춘 등, 2005; 김재환, 2005), 파종시기(김남춘, 1997a; 1997b; 김재환 · 심상렬, 2009), 파종량(전기성 · 우보명, 1999; 허영진 · 안태영, 2006)등에 관한 많은 연구가 진행되었으나, 아직까지 한지형 잔디 파종량에 따른 자생식물의 녹화특성 및 한지형잔디의 적정 파종량 규명에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구는 한지형 잔디 파종량에 따른 훼손비탈면의 특성을 규명하고자 수행하였으며, 한지형 잔디 파종량에 따른 식물의 생육특성을

과악하고 물리적 특성을 조사함으로써 자생식물의 생육에 적정한 한지형 잔디 파종량을 제안하고자 하였다.

II. 재료의 방법

1. 공시식물의 발아율 및 파종량

식물선정은 비탈면 녹화용으로 널리 사용되고 시중에서 쉽게 구할 수 있는 종자로 내건성이 우수하고 척박한 토양에 잘 정착하는 선구 목본류와 경관 효과를 위해 꽃이 피는 자생초본류 및 한지형 잔디류 등을 선별하여 혼합하였다.

발아실험은 광, 온도, 습도 등의 생육환경 조절이 가능한 생육상(Growth Chamber : DS-54GLP)에서 실시하였으며, 한 달간 생육상내에서 습도 70%, 8시간 25℃ 광조건, 16시간 15℃ 암조건으로 유지시킨 후 발아개체수를 조사하였다. 목본류 중 붉나무는 자연발아율이 5%내외로 매우 낮아 종자를 황산(H₂SO₄) 처리한 후 사용하였으며(환경부, 2007), 종자당 100립을 기준으로 3반복 처리하여 평균값을 구했다.

녹화용 종자 파종량은 종자배합시 한 종류의

발생기대본수가 총발생기대본수의 25%를 넘지 않는 범위내에서(건설교통부, 2005), 목본류 200본/m², 자생초본류 1,000본/m², 한지형잔디류 1,000본/m², 순도100%, 사면경사와 공법을 고려하여 보정을 0.81을 각각 적용하고 파종량 계산식(문석기 등, 1998)을 이용하여 산정하였다. 자생목본류인 붉나무 4.6g/m²와 자귀나무 5.0g/m²의 합 9.6g/m²과 자생초본류인 벌노랑이, 패랭이, 쭉부쟁이는 각각 0.6g/m²씩 합 1.8g/m² 총 11.4g/m²을 실험구별로 동일하게 처리한 후, 한지형 잔디 파종량에 따라 대조구는 0.0g/m², 처리1구 1.5g/m², 처리2구 3.0g/m², 처리3구 6.0g/m²을 배합하였다(표 1).

2. 실험구 조성 및 관리

1) 실험구 조성

본 실험의 대상지는 충북 청주시 내수면에 위치하고 있으며, 도로주변에 발생된 비탈면의 일부구간을 대상으로 하였다. 본 연구는 한지형 잔디 파종량에 따른 자생식물의 생육특성을 알아보고자 자생 초·목본의 파종량은 동일하게 처리한 상태에서 한지형 잔디를 대조구(0.0g/m²), 처리1

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

| Flora | Scientific name | Korean name | G.R ^z (%) | Control (g/m ²) | T1 ^y (g/m ²) | T2 (g/m ²) | T3 (g/m ²) |
|--------------------------|---|-------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Woody plants | <i>Rhus chinensis</i> | 붉나무 | 40 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 4.6 |
| | <i>Albizia julibrissin</i> | 자귀나무 | 50 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 |
| | Sum | | | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 |
| Native herbaceous plants | <i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonicus</i> | 벌노랑이 | 75 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| | <i>Dianthus sinensis</i> | 패랭이 | 89 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| | <i>Aster yomena</i> | 쭉부쟁이 | 40 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Sum | | | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | |
| Cool-season turfgrasses | <i>Poa pratensis</i> | 왕포아풀 | 90 | - | 0.3 | 0.6 | 1.2 |
| | <i>Lolium perenne</i> | 퍼레니얼라이그래스 | 91 | - | 0.4 | 0.8 | 1.6 |
| | <i>Festuca arundinacea</i> | 툼웨스큐 | 93 | - | 0.8 | 1.6 | 3.2 |
| Sum | | | 0.0 | 1.5 | 3.0 | 6.0 | |
| Total | | | | 11.4 | 12.9 | 14.4 | 17.4 |

^z : Germination rate. ^y : Treatment.



Figure 1. Picture of experimental plots.

구($1.5\text{g}/\text{m}^2$), 처리2구($3.0\text{g}/\text{m}^2$), 처리3구($6.0\text{g}/\text{m}^2$)로 구분하였다. 한개 실험구의 크기는 $1\text{m}\times 1\text{m}$ (1m^2)의 정사각형으로 4개의 실험구를 3반복 분할구 배치법으로 2008년 5월 9일에 조성하였다(그림 1). 실험구 조성 과정은 훼손비탈면을 정리 한 다음 면네트를 깔고 식생기반재가 잘 부착될 수 있도록 비탈면에 물을 충분히 분사한 후 식생기반재를 1cm 두께로 비탈면 위에 포설하여 부착시키는 순으로 진행하였다. 실험에 사용된 식생기반재는 생육보조재($8,000\text{g}/\text{m}^2$), 숯화이버($500\text{g}/\text{m}^2$), 물($24\text{ l}/\text{m}^2$), 녹화용 집착제($150\text{g}/\text{m}^2$)를 혼합한 것으로, 생육보조재는 분변토, 황토, 임목과쇄칩, 마사토, 슬러지 등으로 구성되었으며 물성은 토양과 비슷하다.

2) 실험구 관리

실험구 관리는 초기 발아율을 높이기 위해 한 달간 표면건조 상태에 따라 분무기를 이용하여 3회 관수($20\text{mm}/1\text{회}$ 수준)를 실시하였고, 주변에서 침입한 잡초 발생이 많아 6월~8월까지 한 달 간격으로 잡초제거를 하였으며 이후에는 인위적 관리 없이 자연 상태를 유지시켰다.

3. 조사 및 분석방법

1) 조사방법

한지형 잔디 파종량에 따른 토양의 물리적 특성을 알아보기 위해 표면경도와 토양함수율 등을 2008년 6월 13일부터 10월 14일까지 약 한달 간

격으로 5차례 측정하였다. 표면경도는 산중식(山中式)경도계를 이용하여 실험구별로 5회씩 측정하였으며, 함수율은 토양수분측정기(Trase사-Time Domain Reflectometry 모델 : 6060ED6)로 측정센서의 길이는 12cm 인 것을 사용하여 실험구별 3군데씩 측정하였다.

한지형 잔디 파종량에 따른 식물생육 특성은 파종 후 어느 정도 발아된 2008년 6월 13일부터 약 한달 간격으로 5회 조사하였다. 조사는 전문가 2인이 육안으로 각 실험구의 전체피복율(%)을 조사하여 평균값을 구했으며, 한지형 잔디 파종량에 따른 자생식물의 피복율을 파악하기 위해 전체피복율을 기준으로 자생 초·목본류 및 한지형 잔디류의 피복율(%)을 나누어 조사하였다. 또한, 자생 초·목본 생육개체수(개)는 조사기간마다 각 실험구(1m^2)에서 생육한 자생 초·목본의 전체 생육개체수를 헤아렸으며, 각 실험구의 초장/수고(cm)등도 조사하였다.

2) 분석방법

모든 측정결과는 SAS system for window V9.1 (SAS instiute Inc, 2004)을 이용하여 통계처리 하였으며, 측정별 평가의 차이는 최소유의차(LSD)로 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 물리적 특성

1) 표면경도 및 함수율

한지형 잔디 파종량에 따른 표면경도와 함수율을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 2). 5번의 측정결과 표면경도는 한지형 잔디 파종량에 따른 실험구간 통계적 유의차 없이 동일한 수준으로 나타났으며, 6월 13일과 7월 17일 2번의 측정결과 식물뿌리의 신장에 장애를 받는 25mm 이상의 높은 표면경도가 나타났는데 이는 식생기반재를 인위적으로 포설하여 부착하였기 때문에 식생기반재가 비탈면에 압착되면서 표면이 단

Table 2. Soil hardness (mm) and Moisture content (%) affected by different seeding amount of cool-season turfgrasses.

| Seeding amount of cool-season turfgrasses ^z | 2008 | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | 6/13 | | 7/11 | | 8/11 | | 9/11 | | 10/14 | |
| | S.H ^y (mm) | M.C (%) | S.H (mm) | M.C (%) | S.H (mm) | M.C (%) | S.H (mm) | M.C (%) | S.H (mm) | M.C (%) |
| Control | 28.5 ^x | 4.5 | 28.9 | 3.6 | 17.7 | 6.5 | 19.3 | 4.5 | 20.2 | 3.6 |
| Treatment 1 | 28.7 | 4.5 | 27.2 | 3.0 | 16.9 | 6.7 | 20.3 | 4.1 | 19.4 | 3.3 |
| Treatment 2 | 27.5 | 4.3 | 27.0 | 3.0 | 15.9 | 6.5 | 20.3 | 3.8 | 20.2 | 3.1 |
| Treatment 3 | 26.7 | 4.5 | 25.5 | 3.6 | 19.6 | 6.0 | 21.9 | 4.0 | 21.7 | 3.9 |
| LSD(0.05) | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

^zControl : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(0.0g/m²),
 Treatment1 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(1.5g/m²),
 Treatment2 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(3.0g/m²),
 Treatment3 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(6.0g/m²).

^yS.H : Soil hardness, M.C : Moisture content.

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

단해지고 공극이 조밀해지는데 기인된 결과로 판단된다. 8월 11일 측정결과 표면경도가 15.9~19.6mm로 실험 기간내 가장 낮게 측정되었는데 이는 강우에 의한 영향으로 식생기반재의 표면이 물러져 나타난 결과로 판단되며, 표면경도 25mm 이하로 식물근계 생장에 적당한 것으로 나타났다. 비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침에 따르면 비탈면 기반의 생육적합도 판정기준에서는 토양의 표면경도가 18~23mm일때 비탈면의 침식성이 낮고 식물뿌리 생장에도 가장 이상적인 것으로 제시하고 있다(건설교통부, 2005). 9월 11일과 10월 14일 측정결과 8월 11일 표면경도 보다 다소 높아졌으나 19.3~21.9mm로 뿌리신장을 저해하지 않는 것으로 나타났다.

함수율 역시 한지형 잔디 파종량에 따른 실험 구간 통계적 유의차 없이 조사기간 중에 모든 구간에서 동일한 수준으로 나타났으며, 6월, 7월, 9월 및 10월 4차례의 측정결과 최저 3.0%에서 최고 4.5%로 식물생육을 저해하지 않는 것으로 나타났다. 김재환과 심상렬(2009)에 의하면 인공비탈면위에 조성된 실험구의 함수율을 5개월가량

측정한 결과 1% 미만일 때 식물이 고사하였으며, 함수율이 2% 이상일 때는 수분에 의한 식물고사는 발생하지 않은 것으로 연구되었다. 8월 11일 측정결과에서는 함수율이 다소 높게 나타났는데 이는 8월 9일 강우([http : //www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr))에 의한 강수량의 영향으로 함수율이 상승한데 기인된 결과이다.

이런 결과로 미루어 보아 한지형 잔디 파종량에 따른 토양의 물리적 특성인 표면경도와 함수율의 차이는 크지 않은 것으로 판단된다.

2. 식물생육특성

1) 지면피복율

한지형 잔디 파종량에 따른 지면피복율을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 3). 5번의 측정결과 6월과 7월은 처리3구에서 8월, 9월 및 10월은 처리2구에서 높게 나타났으며 대조구에서 가장 낮게 나타났다. 이는 발아세가 높고 지면피복이 우수한 한지형 잔디로 인해 한지형 잔디가 배합된 처리1, 2, 3구에서 높게 나타난 것으로 판단되며, 한지형 잔디가 배합되지 않은 대조구

Table 3. Vegetation coverage rate affected by different seeding amount of cool-season turfgrasses.

| Seeding amount of cool-season turfgrasses ^z | 2008 | | | | |
|--|-------------------|-------|--------|-------|-------|
| | 6/13 | 7/11 | 8/11 | 9/11 | 10/14 |
| Control | 7.7c ^y | 22.7d | 58.3b | 59.0b | 73.0b |
| Treatment 1 | 18.3b | 42.3c | 64.3ab | 75.0a | 85.0a |
| Treatment 2 | 25.7ab | 56.7b | 67.3a | 79.7a | 87.0a |
| Treatment 3 | 35.3a | 72.0a | 66.3ab | 77.0a | 82.3a |
| LSD(0.05) | 10.2 | 11.2 | 8.9 | 10.3 | 8.1 |

^zControl : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(0.0g/m²), Treatment1 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(1.5g/m²), Treatment2 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(3.0g/m²), Treatment3 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(6.0g/m²).

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

는 초기 지면피복 효과가 낮은 것을 알 수 있었다. 8월 측정결과부터 한지형 잔디가 6.0g/m² 배합된 처리3구에서 3.0g/m² 배합된 처리2구 보다 지면피복율이 낮게 나타난 것은 개체경쟁에 의해 피복율이 낮아졌기 때문이다.

대조구, 처리1구 및 처리2구의 경우 8월 11일 측정결과 전반적으로 식물생육이 원활해지면서 7월 측정결과 보다 높은 지면피복율이 나타났으나, 처리3구는 오히려 지면피복율이 감소하였는데 이는 지면피복율에 크게 영향을 미친 한지형 잔디류가 여름철 이병성과 하고현상으로 고사한 데 기인된 결과로 판단된다. 퍼레니얼 라이그래스와 톨 웨스큐는 봄철 그린업이 빨라 조기 녹화에는 유리하지만, 여름철 이병성이 큰 것으로 보고되었다(심상렬 등, 2004).

대조구의 지면피복율은 5번의 측정결과 가장 낮게 나타났으나, 10월 14일 측정결과에서는 73%로, 70% 이상의 지면피복율을 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 있으며, 한지형 잔디가 전혀 배합되지 않은 대조구에서도 70%가 넘는 중급정도의 지면피복율이 나타난 것

으로 보아, 초기 피복만 해결된다면 자생식물 위주의 우수한 식물배합 형태가 될 것으로 사료된다.

2) 자생 초·목본과 한지형잔디의 피복율

한지형 잔디 파종량에 따른 자생 초·목본과 한지형 잔디의 피복율을 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 4). 5번의 측정결과 자생 초·목본의 피복율은 대조구에서 높았고 처리3구에서 가장 낮은 반면 한지형 잔디의 피복율은 처리3구에서 가장 높았고 대조구에서 가장 낮은 상반된 결과를 보였으며, 한지형 잔디 파종량이 많을수록 자생 초·목본의 피복율은 낮게 나타났다. 이는 발아세가 높은 한지형 잔디가 밀생하여 자생 초·목본이 피압된데 기인된 결과로 보이며, 한지형 잔디가 6.0g/m² 배합된 처리3구에서 가장 큰 영향을 받았기 때문이다. 초기 조성속도가 빠른 한지형 잔디를 과다 파종하면 외래종들이 자생종을 위협하는 등 생태계 교란을 일으킬 우려가 있다(고정현 등, 2006).

자생 초·목본의 피복율 측정결과 6월 13일은 대조구에서 통계적 유의차를 보이며 가장 높았고 한지형 잔디가 배합된 처리1, 2, 3구에서는 유의차 없이 동등하게 나타났으나, 식물생장이 원활해지면서 7월, 8월, 9월 및 10월 4차례의 측정결과

Table 4. Woody plants, native herbaceous plants and cool-season turfgrasses coverage rate affected by different seeding amount of cool-season turfgrasses.

| Seeding amount of cool-season turfgrasses ^z | 2008 | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | 6/13 | | 7/11 | | 8/11 | | 9/11 | | 10/14 | |
| | W · N ^y (%) | Ct (%) | W · N (%) | Ct (%) | W · N (%) | Ct (%) | W · N (%) | Ct (%) | W · N (%) | Ct (%) |
| Control | 7.7a ^x | 0.0c | 22.7a | 0.0d | 58.3a | 0.0d | 59.0a | 0.0c | 73.0a | 0.0c |
| Treatment 1 | 3.3b | 15.0b | 18.7a | 23.7c | 38.3b | 26.0c | 50.7ab | 24.3b | 56.7ab | 28.3b |
| Treatment 2 | 3.0b | 22.7b | 18.0a | 38.3b | 28.7bc | 38.7b | 37.7b | 42.0a | 41.7bc | 45.3ab |
| Treatment 3 | 2.3b | 33.0a | 6.3b | 65.7a | 16.0c | 50.3a | 21.3c | 55.7a | 25.3c | 57.0a |
| LSD(0.05) | 2.1 | 9.6 | 5.7 | 11.2 | 12.9 | 5.7 | 14.4 | 16.3 | 18.2 | 20.7 |

^zControl : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(0.0g/m²),
 Treatment1 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(1.5g/m²),
 Treatment2 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(3.0g/m²),
 Treatment3 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(6.0g/m²).

^yW · N : Woody plant and Native herbaceous plant, Ct : Cool-season turfgrass.

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

과에서는 한지형 잔디가 배합된 처리구에서도 유의차를 보이며, 대조구를 제외한 처리1구에서 가장 높은 피복율이 나타났고 처리3에서 가장 낮게 나타났다.

한지형 잔디 피복율은 5번 측정결과 통계적 유의차를 보이며 처리3구에서 가장 높게 나타났으나, 8월 11일 측정결과 처리3구에서 다른 실험구에 비해 한지형 잔디 피복율이 급격히 감소하였는데, 이는 앞서 말한바와 같이 피복율에 영향을 미친 한지형 잔디가 여름철 이병성과 하고현상의 피해를 받아 고사한데 기인된 결과로 판단된다.

처리1구의 경우 8월 11일 측정결과부터 자생 초·목본의 피복율이 한지형 잔디 피복율보다 높게 나타나 10월 14일 측정결과에서는 자생 초·목본과 한지형 잔디의 피복율이 각각 56.7%, 28.3%로 2배가량 높게 나타났으며, 처리2구는 9월 11일 측정결과부터 자생 초·목본과 한지형 잔디의 피복율은 비슷한 수준을 보였으나, 처리3구는 자생 초·목본 피복율이 가장 높은 10월 측정결과에서도 한지형 잔디 피복율 보다 2배가량 낮게 나타났다. 이런 결과로 미루어 보아, 한

지형 잔디 파종량을 3.0g/m² 이상 파종하면 자생 초·목본보다는 한지형 잔디가 우점 할 가능성이 클 것으로 판단된다.

3) 자생목본의 생육개체수

한지형 잔디 파종량에 따른 자생목본의 생육 개체수를 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다 (표 5). 5번의 측정결과 자생목본의 생육개체수는 대조구에서 가장 많이 나타났고 처리3구에서 가장 적게 나타났다. 이는 한지형 잔디 파종량이 많을수록 밀생속도가 빨라지면서 발아세가 낮은 목본식물이 피압된데 기인된 결과로 판단된다.

붉나무와 자귀나무 모두 6월13일과 7월 11일 측정결과 통계적 유의차 없이 생육개체수가 동등하게 나타났는데, 이는 파종 후 약 2달이 지난 시기로 초기 식물간 생육경쟁이 발생하지 않았기 때문이다. 하지만 식물생육이 원활해지면서 8월, 9월 및 10월 3차례의 측정결과 붉나무와 자귀나무 모두 통계적 유의차를 보이며 대조구에서 가장 많이 나타났고, 처리3구에서 가장 적게 나타났다. 이는 발아세가 우수한 한지형 잔디가 지표

Table 5. The number of germinating woody plants affected by different seeding amount of cool-season turfgrasses.

| Seeding amount of cool-season turfgrasses ^z | 2008 | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 6/13 | | 7/11 | | 8/11 | | 9/11 | | 10/14 | |
| | Rc ^y (ea.) | Aj (ea.) | Rc (ea.) | Aj (ea.) | Rc (ea.) | Aj (ea.) | Rc (ea.) | Aj (ea.) | Rc (ea.) | Aj (ea.) |
| Control | 27.3 ^x | 9.7 | 26.7 | 13.0 | 25.7a | 20.3a | 25.0a | 20.0a | 21.0a | 16.3a |
| Treatment 1 | 24.3 | 8.7 | 25.7 | 15.0 | 23.7a | 17.7ab | 17.7ab | 15.7b | 16.0ab | 14.3ab |
| Treatment 2 | 24.0 | 11.3 | 25.0 | 15.0 | 19.0ab | 15.7ab | 16.0ab | 13.7bc | 13.3ab | 14.3ab |
| Treatment 3 | 23.0 | 9.3 | 24.3 | 14.7 | 12.0b | 12.7b | 10.0b | 11.3c | 8.0b | 12.3b |
| LSD(0.05) | NS | NS | NS | NS | 9.1 | 6.2 | 12.9 | 3.1 | 12.5 | 2.2 |

^zControl : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(0.0g/m²),
 Treatment1 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(1.5g/m²),
 Treatment2 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(3.0g/m²),
 Treatment3 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(6.0g/m²).

^yRc : *Rhus chinensis*, Aj : *Albizia julibrissin*.

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

면을 피복하면서 발아세가 낮은 목본식물을 피압하였기 때문이다.

자귀나무의 경우 함수율이 가장 높은(Table 27) 8월 11일 측정결과에서 발아개체수가 가장 많이 나타났으며, 이는 자귀나무의 경우 봄, 가을(6월, 10월)의 발아율 보다 여름철(8월)의 발아율이 더 높다는 선행연구결과와도 일치한다(허영진 · 안태영, 2006; 김재환 · 심상렬, 2009). 붉나무의 경우 종자의 황산(H₂SO₄)처리를 통해 자귀나무 보다 발아세가 높았고(환경부, 2007), 시공 후 약 60일되는 시기까지 발아개체수가 증가하다가 이후 한지형 잔디가 배합된 실험구에서 감소현상이 높았으며 처리3구에서 가장 큰 감소폭을 보였다. 이는 황산(H₂SO₄)처리 된 붉나무의 경우 자귀나무 보다 한지형 잔디에 의한 피압의 영향을 크게 받는데 기인된 결과로 판단된다.

4) 자생초본의 생육개체수

한지형 잔디 파종량에 따른 자생초본의 생육개체수를 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 6). 자생초본의 경우 4번의 측정결과 대조구

에서 많이 나타났고 처리3구에서 가장 적게 나타났으며, 한지형 잔디 파종량이 많을수록 적게 나타나는 결과를 보였다. 이는 발아세가 높은 한지형 잔디가 지표면을 피복함으로써 발아세가 낮은 자생초본이 피압된데 기인된 결과로 판단된다. 한지형 잔디와 같은 단자엽식물은 실험실에서와 유사한 발아율을 보이거나 패랭이, 쭉부쟁이등과 같은 쌍자엽식물은 복토층을 뚫고 나오는데 단자엽식물보다 기계적 억압을 더 많이 받아서 신초출현이 낮은 것으로 나타났다(임재홍 등, 1999).

별노랑이는 7월 측정결과를 제외한 8월, 9월 및 10월 3차례의 측정결과에서, 패랭이는 7월과 8월 2번의 측정결과를 제외한 9월과 10월 측정결과에서 실험구간 유의차를 보이며 대조구에서 가장 많이 나타났고 처리3구에서 가장 적게 나타난 반면 쭉부쟁이는 4번의 측정결과 모두 통계적 유의차를 보이며 대조구에서 가장 많이 나타났고 처리3구에서 가장 적게 나타났다. 이는 쭉부쟁이, 별노랑이, 패랭이 순으로 발아세가 높는데 기인된 결과로 발아세가 낮은 쭉부쟁이가 피해를 많이 받은 반면 발아세가 높은 패랭이는 피해를 적게 받았기 때문이다. 따라서 한지형 잔디 종자가

Table 6. The number of germinating native herbaceous plants affected by different seeding amount of cool-season turfgrasses.

| Seeding amount of cool-season turfgrasses ² | 2008 | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 7/11 | | | 8/11 | | | 9/11 | | | 10/14 | | |
| | Lc ^y (ea.) | Ds (ea.) | Ay (ea.) | Lc (ea.) | Ds (ea.) | Ay (ea.) | Lc (ea.) | Ds (ea.) | Ay (ea.) | Lc (ea.) | Ds (ea.) | Ay (ea.) |
| Control | 29.3 ^x | 22.0 | 43.7a | 33.7a | 27.0 | 37.0a | 25.7a | 27.3a | 34.7a | 26.0a | 28.0a | 27.3a |
| Treatment 1 | 30.3 | 23.0 | 24.7b | 27.3ab | 24.3 | 22.0ab | 26.0a | 26.0a | 25.7ab | 25.7a | 26.0a | 23.0ab |
| Treatment 2 | 26.6 | 30.1 | 21.3bc | 20.3ab | 23.0 | 17.3b | 17.3ab | 25.3a | 25.3ab | 17.7ab | 24.3ab | 22.0ab |
| Treatment 3 | 23.3 | 21.0 | 10.0c | 12.0b | 20.0 | 12.0b | 9.7b | 13.3b | 13.7b | 12.0b | 12.7b | 13.0b |
| LSD(0.05) | NS | NS | 14.1 | 17.6 | NS | 15.3 | 11.6 | 9.0 | 12.6 | 9.9 | 13.3 | 10.3 |

²Control : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(0.0g/m²),
 Treatment1 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(1.5g/m²),
 Treatment2 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(3.0g/m²),
 Treatment3 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(6.0g/m²).

^yLc : *Lotus corniculatus* var. *japonicus*, Ds : *Dianthus sinensis*, Ay : *Aster yomena*.

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

밀생하지 않도록 초기파종밀도와 파종량을 신중히 검토해야(우보명, 2004), 자생초본의 피해를 최소화 시킬 수 있을 것이다.

5) 초장(수고)
 한지형 잔디 파종량에 따른 초장(수고)를 측정하였으며 그 결과는 다음과 같다(표 7). 4번의 측정결과 대조구에서 초장(수고)이 가장 길게(크게)

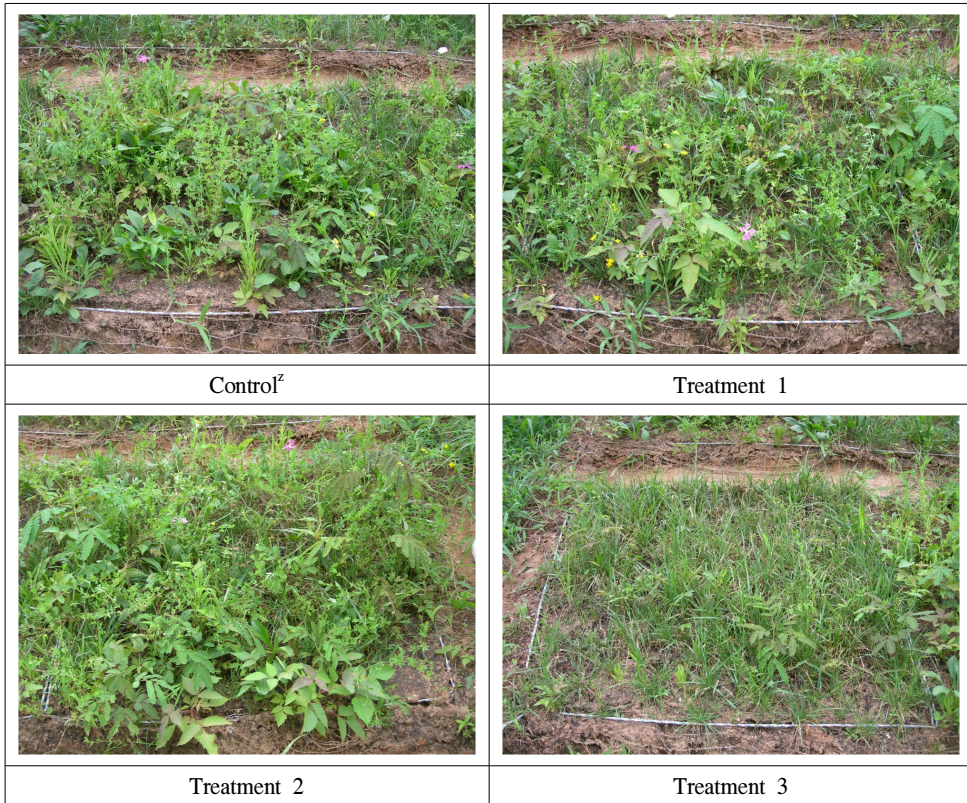
Table 7. Plant height (cm) affected by different seeding amount of cool-season turfgrasses.

| Seeding amount of cool-season turfgrasses ² | 2008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| | 7/11 | | | | | | 8/11 | | | | | | 9/11 | | | | | | 10/14 | | | | | |
| | Rc ^y (cm) | Aj (cm) | Lc (cm) | Ds (cm) | Ay (cm) | Mean (cm) | Rc (cm) | Aj (cm) | Lc (cm) | Ds (cm) | Ay (cm) | Mean (cm) | Rc (cm) | Aj (cm) | Lc (cm) | Ds (cm) | Ay (cm) | Mean (cm) | Rc (cm) | Aj (cm) | Lc (cm) | Ds (cm) | Ay (cm) | Mean (cm) |
| Control | 7.9 ^x | 9.8 | 25.1a | 15.2a | 16.9a | 15.0a | 11.8a | 21.6a | 29.2a | 24.7a | 17.3a | 21.0a | 15.2a | 30.3ab | 31.0a | 25.6a | 17.5a | 23.6a | 14.5a | 33.1a | 30.2a | 24.7ab | 15.4a | 23.9a |
| Treatment1 | 8.4 | 8.2 | 22.1ab | 13.7a | 11.3bc | 12.8a | 10.5a | 16.3ab | 28.1a | 22.6a | 15.2ab | 18.5b | 13.3ab | 22.9bc | 25.1ab | 24.9a | 15.7a | 20.4b | 12.2ab | 29.7a | 26.5ab | 30.8a | 16.1a | 23.1a |
| Treatment2 | 7.0 | 9.3 | 21.4ab | 12.9ab | 14.3ab | 13.0a | 10.1a | 19.9ab | 22.3b | 18.4ab | 14.3b | 17.0b | 10.3bc | 32.7a | 28.9ab | 19.3ab | 16.8a | 21.6ab | 11.3b | 28.6a | 24.7ab | 30.3a | 17.4a | 22.5a |
| Treatment3 | 6.0 | 9.7 | 14.2b | 8.1b | 8.9c | 9.4b | 6.5b | 15.3b | 21.5b | 15.3b | 10.5c | 13.8c | 8.4c | 18.0c | 23.5b | 13.8b | 10.6b | 14.9c | 8.1c | 20.2b | 24.2b | 19.4b | 12.0b | 16.8b |
| LSD(0.05) | NS | NS | 9.8 | 5.3 | 4.3 | 2.5 | 3.0 | 5.5 | 5.7 | 7.3 | 3.3 | 2.3 | 3.1 | 7.9 | 6.8 | 7.1 | 3.0 | 2.7 | 2.7 | 8.4 | 5.8 | 8.6 | 2.9 | 2.8 |

²Control : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(0.0g/m²),
 Treatment1 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(1.5g/m²),
 Treatment2 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(3.0g/m²),
 Treatment3 : Woody plants(9.6g/m²) + Native herbaceous plants(1.8g/m²) + Cool-season turfgrasses(6.0g/m²).

^yRc : *Rhus chinensis*, Aj : *Albizia julibrissin*, Lc : *Lotus corniculatus* var. *japonicus*, Ds : *Dianthus sinensis*, Ay : *Aster yomena*.

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



²Control : Woody plants($9.6\text{g}/\text{m}^2$) + Native herbaceous plants($1.8\text{g}/\text{m}^2$) + Cool-season turfgrasses($0.0\text{g}/\text{m}^2$),
 Treatment1 : Woody plants($9.6\text{g}/\text{m}^2$) + Native herbaceous plants($1.8\text{g}/\text{m}^2$) + Cool-season turfgrasses($1.5\text{g}/\text{m}^2$),
 Treatment2 : Woody plants($9.6\text{g}/\text{m}^2$) + Native herbaceous plants($1.8\text{g}/\text{m}^2$) + Cool-season turfgrasses($3.0\text{g}/\text{m}^2$),
 Treatment3 : Woody plants($9.6\text{g}/\text{m}^2$) + Native herbaceous plants($1.8\text{g}/\text{m}^2$) + Cool-season turfgrasses($6.0\text{g}/\text{m}^2$).

Figure 2. Vegetation growth by different seeding amount of cool-season turfgrasses(August 11, 2008).

나타났으며, 처리3구에서 가장 짧은(작은) 것으로 나타났다. 이는 처리3구의 경우 한지형 잔디가 밀생하여 자생 초·목본의 성장을 저해한데 기인된 결과로 판단된다.

목본류의 경우 7월 측정결과 실험구간 통계적 유의차 없이 동일하게 나타났으나 식물생장이 원활해지면서 8월, 9월 및 10월에는 유의차를 보이며 대조구에서 수고가 가장 컸고 처리3구에서 가장 작았다. 자생초본류 역시 대조구에서 초장이 길게 나타났고 처리3구에서 짧게 나타났으며, 벌노랑이와 패랭이의 초장이 쑥부쟁이 보다 길었다. 벌노랑이와 패랭이는 직립형으로 성장한 반면 쑥부쟁이는 측면전개형으로 자라는 각 식물특

성 차이에 기인된 결과로 판단된다.

이런 결과로 미루어 보아 훼손비탈면 녹화시 한지형 잔디를 $6.0\text{g}/\text{m}^2$ 파종하면 자생 초·목본의 식물생육을 저해할 것으로 보이며, 최대 $3.0\text{g}/\text{m}^2$ 이하일 때 자생 초·목본의 식물생육이 원활하게 이루어질 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 훼손비탈면의 녹화에 있어 한지형 잔디 파종량에 따른 자생식물의 생육특성을 알아보고자 자생 초·목본의 파종량은 동일하게 처리한 후 한지형잔디의 파종량에 따라 대조구

(0.0g/m²), 처리1구(1.5g/m²), 처리2구(3.0g/m²), 처리3구(6.0g/m²) 등 4가지로 구분하여 실험구를 조성하고 토양의 물리적 특성과 식물생육 특성을 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 토양의 물리적 특성

1) 한지형 잔디 파종량에 따른 표면경도와 함수율은 모든 실험구간에서 조사기간 중에 통계적 유의차 없이 동일한 수준으로 토양의 물리적 차이는 없는 것으로 나타났다. 표면경도의 경우 식생기반재의 물리성에 의해 초기에는 식물 뿌리신장에 영향을 미치는 결과가 나타났지만 시간이 흐르고 강우에 의한 영향으로 뿌리신장을 억제하는 범위는 나타나지 않았으며, 함수율도 3.0~6.7%로 식물생장을 저해하지 않는 것으로 나타났다.

2. 식물생육 특성

1) 지면피복율은 한지형 잔디 6.0g/m²이 배합된 처리3구에서 6월, 7월에는 가장 높았으나 8월 이후부터 한지형 잔디 3.0g/m²이 배합된 실험구에서 높게 나타났다. 한지형 잔디가 배합되지 않은 실험구는 초기 피복의 어려움이 있었으며, 실험기간 동안 가장 낮은 지면피복율이 나타났다. 앞으로의 비탈면 녹화는 한지형 잔디가 배합되지 않은 자생 초·목본의 식물배합만으로 조기녹화가 될 수 있도록 많은 연구와 기술개발이 이루어져야 할 것이다.

2) 자생 초·목본의 피복율은 한지형 잔디가 배합되지 않은 대조구에서 가장 높았고 처리3구에서 가장 낮았으며, 한지형 잔디의 피복율은 한지형잔디가 6.0g/m²이 배합된 처리3구에서 가장 높았고 대조구에서 가장 낮은 상반된 결과가 나타나 한지형 잔디에 의한 자생 초·목본의 피압이 큰 것을 알 수 있었다. 한지형 잔디의 적정 파종량을 기초로 한 녹화설계가 시행되어야 한다.

4) 자생 초·목본의 생육개체수는 대조구에서 가장 많았고 처리3구에서 가장 적었으며 한지형

잔디 파종량이 많을수록 자생 초·목본의 생육 개체수는 적게 나타났다. 자생 초·목본 모두 한지형 잔디에 의한 피압으로 생육개체수가 적게 나타났으며, 파종 식물 중 붉나무와 쪽부쟁이가 가장 큰 영향을 받았다.

5) 한지형 잔디 파종량에 따라 초장(수고)은 대조구에서 가장 길었(졌)고, 처리3구에서 가장 짧(작)았다. 한지형 잔디 파종량이 6.0g/m² 배합된 처리3구는 한지형 잔디가 비탈면을 밀생하여 다른 식물의 생육을 저해하는 결과를 보였으며, 자생 목본류의 생장이 저조하게 나타나는 등 한지형 잔디 파종량에 따라 자생식물의 생육결과에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

6) 훼손비탈면의 녹화는 한지형 잔디의 우점으로 발생하는 자생 초·목본의 피압이 없어야 하고 조기 피복 효과가 있어야 한다. 이를 위해서는 자생 초·목본이 배합된 상태에서 한지형 잔디의 파종량을 1.5g/m²~3.0g/m²으로 하는 것이 가장 적정할 것이다.

본 연구는 도로주변에 성토작업으로 인하여 발생한 비탈면을 대상으로 현장에서 일반적으로 시행하는 기계적시공의 녹화가 아니라 인위적으로 실험구를 조성하여 얻은 결과물로 실제 현장에 접목할 경우 이와 다른 결과가 도출 될 수 있다. 앞으로 본 연구의 자료가 보편화된 기초자료가 되기 위해서는 절토, 성토 및 암 비탈면의 유형에 따른 녹화 실험으로 일반 시공현장에 적용하여 결과물을 도출하는 연구가 뒷받침 되어야 할 것이다.

인 용 문 헌

- 건설교통부. 2005. 비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침.
- 고정현·吉田 寬·김남춘. 2006. 일본의 비탈면 녹화공법 발전과정과 전망. 한국환경복원녹화기술학회지 9(1) : 112-120.
- 김남춘. 1991. 녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경

- 관조성에 미치는 효과에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 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.
- 김남춘 · 허영진 · 김정훈. 2005. 환경친화적인 도로 비탈면 훼손지 복원을 위한 적정 식물배합에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 8(4) : 81-90.
- 김재환. 2005. 식물배합과 녹화용 접착제에 따른 비탈면녹화 특성. 청주대학교 석사학위 논문.
- 김재환 · 심상렬. 2009. 동절기 파종시기에 따른 훼손비탈면의 녹화 특성. 한국환경복원기술학회지 12(2) : 29-39.
- 문석기 · 김민수 · 차대현 · 심상렬 · 김진선 · 구분학. 1998. 조경설계요람. 서울 : 도서출판 조경.
- 방광자 · 이종석 · 이택주 · 강현경 · 설종호. 1998. 자생초본식물의 녹화소재로서의 특성에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 1(1) : 45-53.
- 심상렬 · 정대영 · 안병준. 2004. 들잔디 위의 한지형 잔디 덧파종 효과. 한국환경복원녹화기술학회지 7(5) : 85-93.
- 우보명. 2004. 훼손지 환경녹화 공학. 서울 : 서울대학교 출판부.
- 이재필 · 김남춘 · 홍성권. 1995. 도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구. 한국조경학회지 23(2) : 113-123.
- 임재홍 · 김동욱 · 장성환. 1999. 비탈면녹화용 몇 가지 자생식물의 종자발아특성. 한국환경복원녹화기술학회지 2(3) : 25-31.
- 전기성 · 우보명. 1999. 사면녹화용 외래초종과 재래 목 · 초본식물의 적정 파종량 및 혼파비에 관한 연구(I). 한국환경복원녹화기술학회지 2(2) : 33-42.
- 한국도로공사. 1998. 고속도로 암절토부 녹화 및 방음수림대 구성에 관한 세미나. 한국도로공사 도로연구소. pp.1-77.
- 허영진 · 안태영. 2006. 훼손 비탈면의 생태복원 녹화를 위한 종자배합량의 계절별 가중치에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 9(1) : 41-54.
- 환경부. 2007. 재해 및 개발로 훼손된 국토핵심생태녹지축지역의 지형 및 수림복원 기술개발. 환경부 차세대 핵심환경기술개발 사업 1차년도 보고서. pp. 54-64.
- SAS Institute Inc. 2003. The SAS system for window Release 9.1.
- [http : //www.kma.go.kr/](http://www.kma.go.kr/)