

암비탈면녹화에 음식물퇴비의 활용방안에 관한 연구

조해용^{1*}, 장필규¹, 김형주¹

A study on an effect of food waste compost for rock cut-slope revegetation

Hae-Yong Cho^{1*}, Pil-Kyu Chang¹ and Hyung-Ju Kim¹

요약 본 연구는 암비탈면 녹화시 음식물퇴비가 식생기반재료로 활용될 수 있는지에 대한 기초자료를 얻기 위해 실시되었다. 녹화용 식생으로 외래초종 Creeping red fescue(*Festuca rubra*), Perennial ryegrass(*Lolium perenne*) 2종을, 재래 초목본 쪽제비싸리(*Amorpha fruticosa*), 낭아초(*Indigofera pseudo-tinctoria*) 2종을 선정하여, 염분농도와 퇴비 사용량에 따른 종자별 발아특성 및 인공비탈면에서의 혼파실험을 통한 생육특성을 조사하였다. 염분농도에 따른 발아특성은 쪽제비싸리, 낭아초, Perennial ryegrass의 경우 0.4% 이상 NaCl 농도에서 발아율과 유아 및 유근길이가 급격히 감소하였으며, Creeping red fescue는 0.2% 이상 NaCl 농도에서 매우 급격한 생육저해가 일어났다. 퇴비 사용량에 따른 발아특성은 쪽제비싸리와 낭아초의 경우 모든 실험구에서 45% 내외의 발아를 보였으며, Perennial ryegrass는 퇴비 사용량이 많을수록 초장의 성장이 증가하는 경향을 보였다. 피복률은 Mixture Ⅲ가 89.3%로 가장 높았으며, Mixture Ⅲ > Mixture Ⅳ > Mixture Ⅱ > Mixture Ⅰ 순이었다. Mixture Ⅰ은 30일 후 47.0%를 보였으나 45일 후에는 64.1%로 높아졌다. 외래초종의 생육이 활발한 실험구 일수록 피복률이 높은 관계를 보였다.

Abstract This study was conducted to get the basic data on an effect of food waste compost for rock cut-slopes vegetation. Two foreign cool-season grasses and native plants were used for this experiment. Cool-season grasses were *Festuca rubra* and *Lolium perenne*, Native plants were *Amorpha fruticosa*, and *Indigofera pseudo-tinctoria*. *Amorpha fruticosa*, *Indigofera pseudo-tinctoria*, and *Lolium perenne* decreased in germination rate and plant height at NaCl concentrations of 0.4% or over suddenly. *Festuca rubra* occurred to the sudden growth hindrance at NaCl concentrations of 0.2% or over. *Amorpha fruticosa* and *Indigofera pseudo-tinctoria* appeared for germination of 45% at all experiment plots. *Lolium perenne* increased in plant height as trial rate of food waste compost was abundant. Ground cover rate was the highest in Mixture III by 89.3% and was fluctuated from 47.0% after 30 days to 64.1% after 45 days in Mixture I. Descending order of ground cover rates in 4 treatments was Mixture III, Mixture IV, Mixture II, and Mixture I. As the growth

Key words : Revegetation measures, Food waste compost, Rock cut-slop revegetation, Soil texture.

1. 서론

최근 산악과 구릉지의 개발조건이 어려운 지대까지 개발사업이 시행되고 있으며, 개발규모의 대형화에 따른 거대한 암비탈면이 형성되어지고 있다. 그러나 절토된 암비

탈면에는 식생의 생육기반이 조성되어 있지 않기 때문에 자생적으로 식생복원이 되기에는 불가능하거나 장기간의 시간이 소요된다. 암비탈면 부위를 적당량의 유기물과 지 피식물로 개선해주면 조기에 안정적으로 녹화시킬 수 있다[1].

이 논문은 2002년도 선문대학교 교내학술연구비 지원으로 연구되었음.

¹선문대학교 환경공학과

*교선저자 : 조해용(chohy@sunmoon.ac.kr)

암비탈면 녹화를 위해 사용되는 녹화용 식생기반재는 크게 무기질 개량재와 유기질 개량재로 나누어 볼 수 있다. 무기질 식생기반재로는 버미큘라이트, 펄라라이트 등의 인공경량토와 Fly ash와 Bottom ash 그리고 착색제가 혼합하여 사용되고 있다. 유기질 식생기반재로는 톱밥과

축분퇴비, 바크퇴비, 슬러지류 등이 사용되고 있다. 그러나 이들 슬러지는 유출수로 인한 주변 수질오염 및 토양 내 중금속 오염등의 문제점들이 남아 있고, 또한 분뇨처리 잔사는 유기물과 인산이 풍부하지만 인산의 유효화 및 냄새 등이 문제가 되고 있다[2].

음식물쓰레기를 암비탈면 녹화용 식생기반재료로 사용하는 것은 폐자원의 재활용이라는 측면과 대체자원 효과로 공사원가를 절감할 수 있다는 것이 장점으로 인정되며, 아울러 훼손된 암비탈면에 식물생육이 가능한 토양을 공급하여 안정적으로 녹화시킨다는 측면에서 볼 때 효과적인 시도라고 생각된다.

따라서, 본 연구는 음식물쓰레기 퇴비를 주재료로 하는 식생기반재의 시공효과를 파악하여 암비탈면 녹화공사시 음식물쓰레기 퇴비가 식생기반재로 활용될 수 있는 지에 대한 기초 자료를 제공하고자 함을 연구의 목적으로 한다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 식물의 선정 및 생태적 특성

본 연구에 사용된 종자는 현재 우리나라에서 가장 널리 이용되고 있는 재래 초·목본인 낭아초와 쪽제비싸리, 외래도입초종인 Creeping red fescue와 Perennial ryegrass를 선정하였다.

낭아초(*Indigofera pseudo-tinctoria*)는 수고가 1.2~1.8m의 낙엽활엽관목으로 7~8월에 개화하고, 수분요구도가 낮아 척박지나 절개지 녹화에 적합하며, 내한성과 해풍을 받는 해변에서도 내조성이 강하고, 또한 내공해성이[3] 뛰어나 공해가 심한 도로변에서도 잘 성장하기 때문에 선정하였다.

쪽제비싸리(*Amorpha fruticosa*)는 수고 2~4m의 낙엽관목으로 내음성이 강하고 지상부생장이 우수하며, 질소 고정식물로 근계발달과 활착이 양호해서 초종과의 혼파시 효과가 높기[4] 때문에 비탈면의 녹화식물 중 목본류로서 쪽제비싸리를 많이 이용되기에 선정하였다.

Creeping red fescue(*Festuca rubra*)는 5월이나 9월과중시에는 매우 우수한 피복률을 나타내고, 발아와 초기생육이 조금 늦고 수명이 길며, 내한성과 산성에 강하다. 뿌리계통의 밀도가 높아서 토양 형성력이 높기[5] 때문에 비탈면녹화식물로 선정하였다.

Perennial ryegrass(*Lolium perenne*)는 녹화용 초종으로 피복률이 상당히 높게 나타나므로 훼손된 지역을 조기에 복원하는데 가장 많이 사용하는 식물이다. 파종 초년

지나면 도태되는 등 수명이 짧아 재래녹화식물과의 혼파에 유리해서 많이 이용되고 있는 실정이며, 과거에 한국도로공사에서는 Perennial ryegrass의 혼파율을 25%로 제시하기도 하였다[6].

표 1. 식생기반재의 토양 혼합비

Treatments	Mixing ratio
Mixture I	FWC(30%)+Peatmoss(20%)+DGS(50%)
Mixture II	FWC(40%)+Peatmoss(20%)+DGS(40%)
Mixture III	FWC(50%)+Peatmoss(20%)+DGS(30%)
Mixture IV	FWC(60%)+Peatmoss(20%)+DGS(20%)
Control	DGS(50%)+Seedbed soil(30%)+Bed soil(20%)

2.2 식생기반재의 제조

실험에 사용된 식생기반재는 자원 재활용 측면에서 음식물쓰레기 퇴비를 주재료로 하여 시공지 주변의 2차적인 오염을 줄이며, 식물성장에 도움을 줄 수 있는 인공토양으로서 유·무기질자재 등으로 구성하였다(표 1). 유기질자재는 음식물쓰레기 퇴비와 피트모스를 사용하여 인공토양 내에 정착할 식생의 생육을 돕고 또한 토양의 보수·보비성을 양호하게 하며, 토양자재인 마사토와 무기질자재인 Fly ash는 토양의 배수성과 통기성을 개량하여 식생의 생육을 좋게 하였다. 그리고 대조구는 마사토, 발토양, 일반상토를 배합하여 조성하였다. 그 외 토양침식방지를 위해 접착제인 Carboxyl Methyl Cellulose를 사용하였다.

2.3 NaCl농도에 따른 발아분석

NaCl 처리농도는 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.2%였으며, 23±2℃를 유지하였고, 16시간의 명상태와 8시간의 암상태에서 실시하였다. 농도별 처리는 petri-dish (87×15mm)에 filter paper(Whatman No.2)를 2장씩 깔고 NaCl 처리농도의 용액을 약 5ml를 넣어 그 위에 종자 100립씩 5회 반복으로 치상하였다. 발아정도는 유근 또는 유아길이가 1.0mm 이상되는 상태를 발아 종자로 간주하였으며, 발아 실험기간은 3주간이었다.

2.4 식생기반재에 따른 종자별 발아분석

Pot는 10cm(L)X10cm(W)X8cm(H)로 퇴비 사용구를 만든 후 각 종자별로 100립씩 3회 반복으로 치상한 다음 배합한 재료들로 얇게 덮어주었다. 처음 1주간은 매일 관수를 해주었으며, 그 후로는 이들에 한번씩 해주었다. 생

장상의 온도는 23±2℃를 유지하였고, 각각 12시간 명암 상태에서 4주간에 걸쳐서 실시하였다.

2.5 식생기반재별 피복율분석

Sample의 크기는 10cm×10cm의 격자틀을 만들어 실험 구당 3회 반복 조사를 원칙으로 하여[7], 녹화식물의 피복률을 조사하였다. 피복률은 사진 촬영 후 전체면적을 기준으로 녹화식물의 면적비율을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 NaCl농도에 따른 발아분

남아초의 종자발아는 0.4% 이하의 NaCl 농도에서 80%에 이르는 높은 발아율을 보였으며(그림 1), 대조구와 별 차이가 없었다. 유근 및 유아길어도 3.5cm를 보여 3.6cm의 대조구와 비슷한 양상을 보였다. 그러나 0.6% NaCl 농도에서 발아율이 급격히 떨어져서 40% 정도였고, 유근 및 유아길어도 2.6cm를 나타내었다. 0.8%와 1.2% NaCl 농도에서는 발아율, 유근 및 유아길이가 모두 극히 억제되었다.

쪽제비싸리의 종자발아는 0.4% 이하의 NaCl 농도에서 30% 이상의 발아율을 보였고(그림 2), 0.8% NaCl 농도에서는 발아가 이루어지지 않았다. 1.2% NaCl 농도는 대조구의 약 10% 정도가 발아하였고, 유근 및 유아길어도 0.4cm로 극히 억제되었다. 특히 0.6% NaCl 농도는 23%의 발아율을 보였지만 유근 및 유아길이는 0.6cm로 생육이 매우 억제되었다.

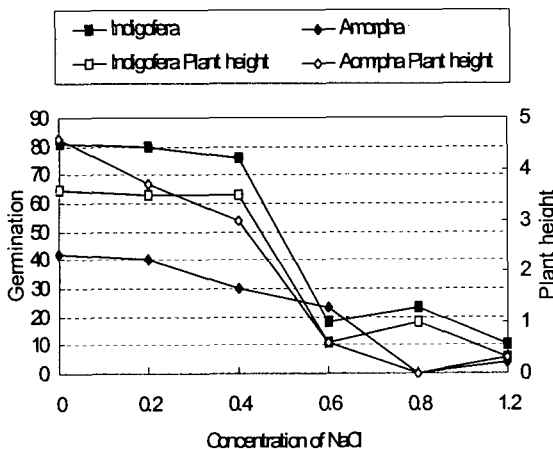


그림 1. NaCl농도에 따른 재래종의 발아율과 생장률

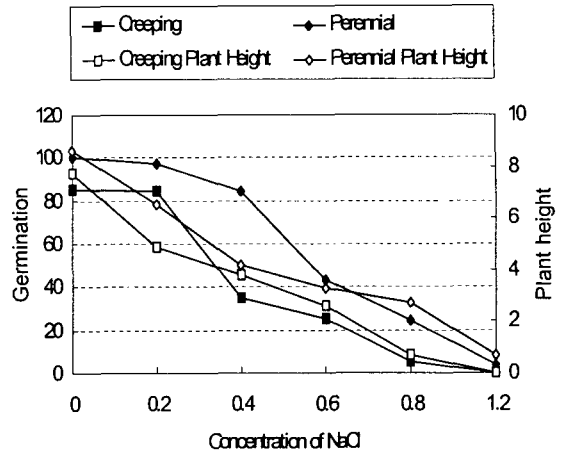


그림 2. NaCl농도에 따른 외래종의 발아율과 생장률

Creeping red fescue의 종자발아는 0.2% NaCl 농도에서 84% 정도로 높은 발아율을 보였으나(그림 2), 유근 및 유아길이는 대조구에 비해 매우 저조하였다. 0.4% NaCl 농도에서는 발아율이 35% 정도까지 떨어져서 NaCl 농도가 높을수록 생육의 저해가 크게 이루어짐을 보여주었다.

Perennial ryegrass의 종자발아는 0.4% 이하의 NaCl 농도에서 84% 이상의 높은 발아율을 보였으며, 유근 및 유아길어도 양호한 편이었다. 그러나 0.6% 이상의 NaCl 농도에서는 발아가 억제되었으며, 1.2% NaCl 농도에서는 유근 및 유아길이가 0.7cm로 생육이 매우 저조하였다.

발아에 대한 NaCl의 영향은 저농도의 NaCl에서는 발아억제 효과가 크지 않지만 농도가 증가할수록 발아율은 억제되었는데 이는 삼투압에 의한 수분흡수 방해뿐만 아니라 발육하는 배 또는 유식물 체내로 독성이온 침입을 가능하게 하기 때문이다.

공시 초·목본 식물 중에서는 Perennial ryegrass가 0.2, 0.4, 0.6% NaCl 농도에서 발아율과 유근 및 유아길이가 가장 양호하였으며, 남아초는 0.8, 1.2% NaCl 농도에서 발아가 가장 우수하였다. 또한 0.6% 이하의 NaCl 농도에서는 쪽제비싸리와 Creeping red fescue도 약 25% 이상의 발아율을 나타내고 있다.

3.2 식재기반재에 따른 종자별 발아분석

재료 배합형에 따른 각 종자별 발아특성을 파악하고자 Pot내의 발아된 개체수와 길이를 조사하였다.

재래 초·목본 중에서는 쪽제비싸리와 남아초가 45% 내외의 고른 발아로 왕성한 발아특성을 보였고(그림 3), 쪽제비싸리는 Mixture I에서 발아율과 수고가 대조구보다 약간 높게 나타났으며, 퇴비의 사용량이 많아지는 배합형일수록 발아율과 수고가 낮아지는 경향을 보였다, 남

아초는 Mixture I 과 Mixture III에서 대조구와 비슷한 발아력을 보였으며, 배합형별로 수고가 일정하였다.

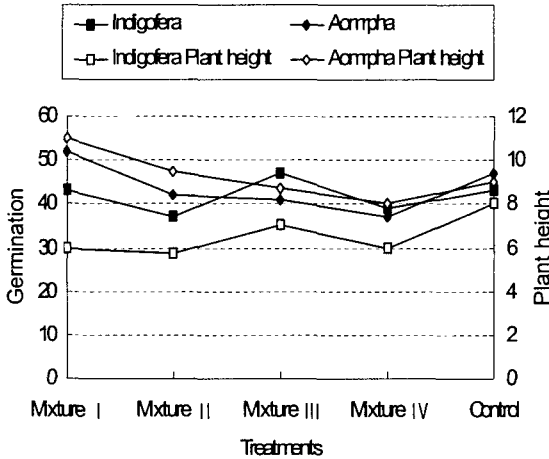


그림 3. 식생기반재에 따른 재래종의 종자별 발아율 및 생장률 분석

외래초종 중에서 Perennial ryegrass는 가장 낮은 Mixture IV의 발아율이 70%에 이르는 왕성한 발아력을 보였으며, 퇴비 사용량이 많을수록 발아율은 낮아지나 초장은 길어지는 경향을 보였다. Creeping red fescue는 대조구와 퇴비사용구간에 발아율의 차이가 크게 나타났으며(그림 4), 이는 퇴비가 함유하고 있는 염분에 더 민감하게 반응하기 때문이라고 판단된다.

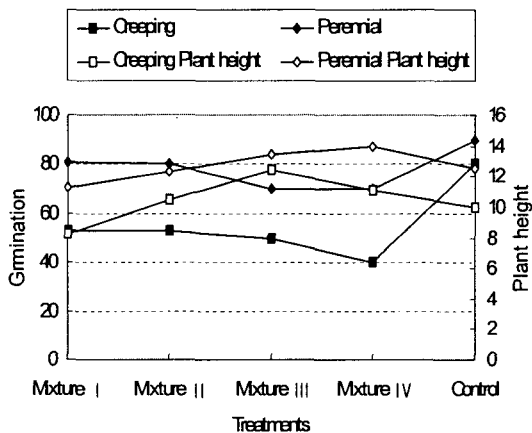


그림 4. 식생기반재에 따른 외래종의 종자별 발아율 및 생장률 분석

Perennial ryegrass와 마찬가지로 퇴비 사용량이 많을수록 발아율은 낮게 나타났고, Mixture III의 생육이 가장 양호

하였다. 있는 염분에 더 민감하게 반응하기 때문이라고 판단된다. Perennial ryegrass와 마찬가지로 퇴비 사용량이 많을수록 발아율은 낮게 나타났고, Mixture III의 생육이 가장 양호하였다.

3.3 실험구별 피복률 분석

피복률이 가장 우수한 실험구는 Mixture III으로 89.3%였으며(그림 5), 이는 외래 초종의 초기번무에 기인한다고 여겨지며 녹화식물의 초장, 지상부 생육량이 클수록 피복률도 증가함을 알 수 있다. Mixture I은 30일 후에 47%를 보였는데 이것은 초장과 지상부 생육량이 실험구 중에서 가장 낮기 때문으로 판단되며, 45일 후에는 64.1%로 급격히 피복률이 개선되었다. 시간이 경과되면서 모든 실험구가 피복률이 꾸준히 증가하는 비슷한 양상을 띄고 있음을 볼 수 있다. 피복률은 Mixture III> Mixture IV> Mixture II> Mixture I의 순이었고, 외래 초종의 생육이 활발한 실험구가 피복률도 상대적으로 높았다. 현행 비탈면 녹화공사의 식생배합설계상의 문제점은 11월이 지나면 재래 초·목본은 누렇게 색이 변하지만 외래초종은 녹색을 유지하고 있어 이질적인 도로 비탈면 경관을 나타내는 것인데 이를 위해 외래초종의 혼파비율을 조절하는 작업이 수반되어야 할 것으로 사료된다.



그림 5. 식생기반재의 피복률 분석

4. 결론

1. 염분농도에 따른 발아특성을 살펴보면 쪽제비싸리, Perennial ryegrass는 0.4% NaCl 농도에서 발아율과 유근 및

유아갈이가 급격히 감소하는데 이는 0.4%이상 NaCl 농도에서는 발아율이 떨어진다고 볼 수 있다.

Creeping red fescue는 0.2% 이하 NaCl 농도에서는 85%에 달하는 높은 발아율을 보였지만 그 이상에서는 매우 급격한 생육저해현상이 일어남을 알 수 있으며, 외래초종으로는 Perennial ryegrass가 0.6% 이하 NaCl 농도에서 발아율과 유근 및 유아갈이가 가장 우수하였으며, 재래 초·목본으로는 남아초가 0.8%, 1.2% NaCl 농도에서 발아율이 높았다. 전체적으로 외래초종과 쪽제비싸리와 남아초가 내염성이 강하였다.

2. 퇴비 시용에 따른 각 종자별 발아특성은 쪽제비싸리와 남아초가 전체 시용구에서 45% 내외의 고른 발아를 보였으며, Creeping red fescue는 대조구에서는 80%의 발아율을 보였으나 그 외 실험구에서는 발아율이 급격히 떨어져서 모든 시용구에서 70%가 넘는 발아율을 보인 Perennial ryegrass와 비교되었다. 이는 퇴비가 함유하고 있는 염분에 Creeping red fescue가 더 민감하게 반응하기 때문이라고 판단된다. 녹화식물 길이는 쪽제비싸리가 퇴비 사용량이 많을수록 줄어드는 반면, Perennial ryegrass는 사용량이 많을수록 초장의 성장이 증가하였다.

3. 피복률이 가장 우수한 실험구는 Mixture III으로 89.3%였으며, 외래초종들의 초기 번무가 원인으로 생각된다. Mixture I은 30일 후 47.0%를 보였으나 45일 후에는 64.1%로 피복률이 높아졌다. 피복률은 Mixture III > Mixture IV > Mixture II > Mixture I의 순이었고, 외래초종의 생육이 활발한 실험구 일수록 피복률이 높은 관계를 보였다. 현행 비탈면 녹화공사의 식생배합설계상의 문제점은 11월이 지나면 재래 초·목본은 황변하지만 외래초종은 녹색을 유지하고 있어 이질적인 경관을 나타내는 것인데 이를 위해 외래초종의 혼파비율이 작아야만 하겠다.

이상의 결과를 살펴보면 피복률이 가장 우수한 실험구

는 음식물쓰레기 퇴비의 배합량이 50% 정도인 Mixture III이었으며, 퇴비 배합량이 60%인 Mixture IV 역시 우수한 녹화 효과를 보여주었다. 이는 음식물쓰레기 퇴비의 배합량이 전체 식생기반재의 50% 정도일 때 가장 적합함을 보여준다. 그러나 본 연구결과는 사용된 퇴비의 특성에 좌우되는 식생기반재이므로 일률적으로 적용하기에는 무리가 있으며, 특히 염분농도가 가장 큰 변수가 될 것이라 생각되므로 앞으로 염분농도에 따른 적정 배합량 실험이 더욱 진행되어야 할 것이다. 또한 단기간에 이루어진 실험결과이므로 지속적인 생육 비교가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 신영오, "토양생태계와 토양자원", 한림저널사, pp.44-50, 1992.
- [2] 한기학, "유기질비료 자원으로서의 산업폐기물", 한국토양비료학회지 11(3):195-206, 1992.
- [3] 남상준, 석원진, 김남춘, "자연표토 복원공법에 의한 암절취비탈면의 생태적 복원에 관한 연구-원주사레지역을 중심으로-", 한국환경복원녹화기술학회지 2(4):54-63, 1992.
- [4] 한국도로공사, 암절토부 녹화방법 연구, 한국도로공사, pp.56-72, 2000.
- [5] 이기복, "최신 사면토류 핸드북", 과학기술, pp.77-152, 1999.
- [6] 한국도로공사, "고속도로의 기능식재", 한국도로공사, pp.7-11, 1984.
- [7] Jonson, I. D. and B. W. Sindelar, "Permanent stabilization of semiarid roadsides with grass, legume and shrub seed mixtures and native grass dry land sodding", Montana State University Bozeman, Research Report 141(3)1-33, 1979.

조 해 용(Hae-Yong Cho)

[정회원]



- 1982년 2월 : 성균관대학교 조경학과 (농학사)
- 1990년 4월 : 베를린공과대학교 자연환경계획학과(공학석사)
- 1994년 7월 : 베를린공과대학교 자연환경계획학과(공학박사)
- 1995년 3월~현재 : 선문대학교 환경공학과 부교수

장 필 규(Pil-Kyu Chang)

[준회원]



- 2003년 2월 : 선문대학교 환경공학과 (공학사)
- 2004년 3월~현재 : 선문대학교 환경공학과 (석사과정)

김 형 주(Hyung-Ju Kim)

[준회원]



- 2004년 2월 : 선문대학교 환경공학과 (공학사)
- 2004년 3월~현재 : 선문대학교 환경공학과 (석사과정)