

비탈면보호를 위한 폐유기물질의 활용성에 대한 연구

A Study on Utilization of Waste Organic Matter for Slope Protection

박 경 식¹⁾ · 황 인 상²⁾ · 배 우 석[†]

Kyungsik Park · Insang Hwang · Wooseok Bae

Received: February 2nd, 2015; Revised: February 13th, 2015; Accepted: March 16th, 2015

ABSTRACT : Coffee consumption in Korea has been currently growing every year, and as a result, approximately 0.2 million tons of Spent Coffee Grounds (SCG) are being created every year. SCG, which is waste organic material, is often classified as food waste and an annual amount of 0.27 million ton is discarded while containing moisture and provoking serious environmental issue. Physico-chemical characteristics of SCG were analyzed in this study and medium and long-term growth experiments were conducted in order to evaluate its utilization potential. According to the experiment results, mixing SCG into the previous base material resulted in accelerated germination and growth in the mid-term compared to previous base material alone, despite slower germination or growth in early stage. Especially, it showed lower withering rate and decrease in various symptoms that are caused by nutrition shortage in case of discontinued sprinkling, etc., compared to the previous base material. Hence, while SCG has a feature of hindering early development due to its feature of waste organic material that is rich in nitrogen, its benefit for long-term growth coming its moisturizing ability and supply of organic matter was confirmed in the study. On balance, SCG is believed to be a material that can replace or complement the previous base materials.

Keywords : Waste organic matter, Vegetation base materials, Physico-chemical analysis, Growth test

요 지 : 현재 우리나라의 커피소비량은 매년 증가하는 추세에 있으며 이에 따라 연간 약 20만 톤의 커피박(Spent Coffee Grounds, SCG)이 발생되고 있으며 SCG는 폐유기물질로 대부분 음식물쓰레기로 분리되어 연간 27만 톤이 수분이 함유된 채로 버려져 심각한 환경적 이슈가 되고 있는 현실이다. 본 연구에서는 커피박의 활용가능성을 평가하기 위해 이화학적 특성분석과 중장기 생육실험을 수행하였으며, 실험결과 기존의 기반재에 SCG를 혼합하는 경우 보습력의 증가와 유기물함량의 보강으로 초기발아나 초기생육은 기존 기반재에 비해 저조하나 중기적으로 발아와 성장이 촉진되는 현상을 보이며 특히 관수중단 등의 상황에서 기존 기반재에 비해 고사율이 낮고 양분의 부족으로 인한 여러 현상이 줄어들고 있는 것으로 확인되었다. 따라서 SCG는 질소성분이 풍부한 폐유기물질로 초기성장을 저해하는 특성이 있으나 보습력과 유기물의 공급으로 장기생장에 유리한 성질을 가지고 있는 것으로 확인되어 기존의 기반재를 대체하거나 보완할 수 있는 재료인 것으로 판단된다.

주요어 : 폐유기물질, 커피박, 이화학분석, 생육실험

1. 서 론

폐유기물이란 음식물쓰레기나 축산분뇨 등 실생활을 통해 발생하는 폐기물 중 유기물을 다량 포함하고 있으나 재 활용되지 못하는 다양한 쓰레기를 지칭한다. 현재 이러한 폐유기물들은 퇴비화하거나 자원에너지로 재활용하려는 다양한 활동들이 수행되고 있는 상황이다. 이러한 폐유기물 중 하나인 커피는 전 세계의 하루 소비량이 22억 잔이 넘고 우리나라도 2013년 현재 1인당 커피 소비량이 298잔으로 2014년 수입량이 연간 12만 톤에 이르는 것으로 발표되고 있다. 이러한 우리나라의 소비량은 1인당 연간 1.8kg 정도로 핀란드(12kg), 미국(4.2kg)과는 편차가 크며, 식생활이 비슷

한 일본(3.3kg)보다도 적은 상황이지만 매년 그 소비량이 증가하는 추세에 있으며 커피전문점의 수도 Fig. 1과 같이 2007년 2,300여 점포에서 2012년 15,000개로 급증하고 있는 상황이다(Kim, 2012).

그러나 음료로 사용되는 커피는 커피콩의 0.2%만을 음용하고 나머지 99.8%는 커피박(Spent Coffee Grounds, SCG)으로 수분을 함유한 채 일반 생활폐기물 또는 생활폐수, 음식쓰레기 속으로 버려지고 그 과정에서 메탄가스를 유발시킬 수 있으며, 기름성분이 포함된 찌꺼기가 생활폐수와 함께 버려질 경우 토양이나 물을 오염시킬 수 있다. 이러한 이유로 연간 약 20만 톤의 커피박을 처리하는데 약 325억 원 가량이 소요되고 있으며 매년 발생량이 증가하고 있어 또

1) Department of Aerial Geoinformatics, Inha Technical College

2) Department of Civil Engineering, Chungbuk National University

† NANO-GEO ENC Co. Ltd. (Corresponding Author : old1007@hanmail.net)

다른 환경적인 문제로 떠오르고 있는 상황이다.

세계적으로 커피박의 재활용을 위해 에너지 원료나 비료 첨가물 등 다각도로 노력하고 있으나 아직까지 뚜렷한 활용 방안이 제시되지 못하고 있는 상황이며 국내의 경우 일부에서 퇴비로써의 활용을 위한 연구가 진행되고 있으나 매우 미진한 상태이다.

일반적으로 건설공사를 통해 발생하는 비탈면은 우수나 외기조건으로부터 보호하며 안정화하고 식생의 천이를 위한 기반으로 다양한 녹화공법이 적용되고 있다. 이러한 녹화공법은 대부분 폐자원의 활용을 목적으로 하수오니와 각종 슬러지를 활용하고 있는 상황이나 많은 공법들이 악취와 미생물의 활성화로 인해 도심지 공사 등에서는 어려움을 겪고 있는 실정이며, 바람이나 태풍, 강우 등에 의해 비산되거나 침식되어 제 역할을 못하는 경우가 매우 많은 것이 사실이다.

그러나 볶은 커피콩에는 일반적으로 탄수화물(38~42%), Melanoidins(23%), 지질(11~17%), 단백질(10%), 미네랄(4.5~4.7%), Chlorogenic acid(2.7~3.1%), 지방산(2.4~2.5%), Caffeine

(1.3~2.4%) 등을 비롯하여 기타 850종 이상의 휘발성성분이 포함되어 있는 것으로 밝혀져 있으며(Esquivel & Jiménez, 2012) 이 성분들은 커피음료로 상당 부분 용출되지만, 일부 생리활성물질은 찌꺼기인 커피박에 여전히 잔존할 것으로 추측되고 있다. 따라서 악취나 흡습성, 유기성분의 부족 등과 같은 기존 폐자원의 단점을 해소시킬 수 있는 장점을 커피박이 보유하고 있을 것으로 판단된다.

Kim & Shin(2005)은 원두커피 찌꺼기의 농도가 5ppm일 때 납(Pb)과 크롬(Cr)의 제거율이 각각 83%, 85%로 가장 높았으며, 카드뮴(Cd)은 원두커피 찌꺼기의 농도가 0.5ppm일 때 81%로 가장 높은 제거율을 보이는 것으로 주장하였다. 또한 Choi et al.(2013) 등은 버섯 균사체 배양 시 커피박 첨가에 따른 생장과 기능성 변화를 조사하여 커피박이 생장촉진제 역할을 수행할 수 있다고 주장하였고 Zhang(2013)은 옥상녹화를 위한 인공토양에 커피박을 혼합하여 적합성을 평가한 바 있다. 그리고 Kim(2012)은 커피부산물물을 이용하여 토양개량용 퇴비와 원예용 퇴비로 적합한지 실험을 통해 검증하였다. 또한 녹화용 기반재의 개발을 위해 Kim(2005)은 녹화용 접착제의 효과와 생육에의 영향성을 평가하였고, Kim(2008)은 톱밥을 이용한 기반재에 대해 인공강우시험과 발아시험을 수행하여 새로운 비탈면녹화공법을 개발하였다.

현재까지 커피박에 대한 활용성은 여러 측면에서 검증되고 있으나 비탈면녹화공법으로서의 활용 가능성에 대한 연구는 미진한 상황이다. 또한 녹화를 위한 기반재의 경우에 침식이나 비산 등에 의해 시공초기 훼손이 심하며 장기적인 생육조건이 형성되지 않아 고사가 심하게 발생되지만 이러한 단점에 대한 연구도 많지 않은 상황이다.

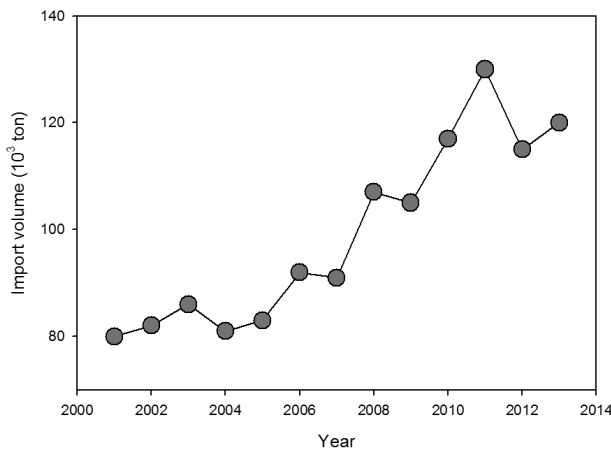
따라서 본 연구에서는 침식에 저항하기 위해 친환경 토양안정제를 활용하여 기반재를 조성하고 시공초기 악취를 저감시킴과 동시에 폐기되고 있는 유기물질인 커피박을 활용하여 생육조건을 향상시킬 수 있는 녹화용 기반재의 적절한 배합비를 결정하기 위해 공학적인 평가 및 생육실험 및 증장기 모니터링 평가를 수행하였다.

2. 녹화용 기반재료의 특성

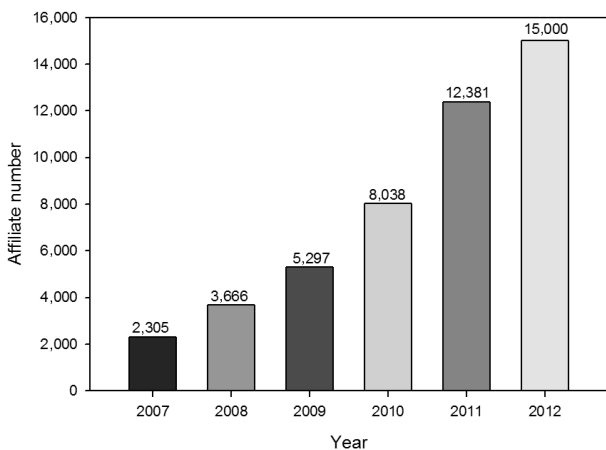
2.1 커피박(SCG)

우리나라에서 커피로 인한 배출 쓰레기 중 원두커피 찌꺼기가 차지하는 비중은 17%이고 이를 무게로 환산하면 커피 쓰레기 무게의 40%에 달할 정도로 많은 부분을 차지하고 있다. 따라서 이를 활용할 수 있는 방법을 찾을 경우 폐기물의 제로화나 폐자원의 재활용 측면에서 매우 유리할 수 있다.

일반적으로 커피에는 Table 1과 같이 단백질과 섬유소를



(a) Annual coffee imports (10³ tonf)



(b) Number of coffee shop with year

Fig. 1. Korean coffee market conditions

비롯하여 카페인은 약 1~2%, 클로로겐산이 3~8%, 기타 글루탐산, 아스파르트산 등의 유리아미노산을 비롯 500여 종 이상의 물질이 포함되어 있는 것으로 밝혀져 있다. 또한 커피 원두의 산성은 거의 물에 용해되어 우리가 마시는 커피 음료 안에 침출되므로 커피박은 산성이 아닌 중성에 가까우며, 상대적으로 질소가 풍부하여 박테리아가 유기물을 퇴비로 전환하는데 필요한 에너지를 공급할 수 있는 것으로 알려져 있다.

2.2 토양안정재(SS)

본 연구에서는 녹화 기반재의 결합력 약화로 인한 침식을 저감시키고 식생의 활착을 위한 녹화토의 두께를 안정적으로 확보하기 위한 결합제로 식물기반의 토양안정재(Soil Stabilizer, SS)를 사용하였다. 실험에 사용된 토양안정재는 흙의 전단강도를 증가시켜 지반의 지지력과 내구성을 향상시키는 재료로 천연섬유에서 추출한 단섬유와 석회 등을 혼합한 재료를 주원료로 하므로 독성이 없어 친자연적인 환경 조성에 기여할 것으로 기대되며, 시공성이 우수하고 어느 토질에서도 사용이 가능하므로 산림공원의 관리도로, 산책로, 자전거 도로 등 쓰임새가 많은 것으로 알려져 있다(Kwon & Oh, 2012). 토양안정재의 수화반응은 흙 속의 수분(H₂O)이 고화재의 CaO와 반응하여 수산화칼슘[Ca(OH)₂]으로 변환하고 열의 발산으로 주변의 함수비를 저감시키고 흙 속에 풍부한 Ca²⁺를 공급하여 양이온 교환이 유발되고 점토의 확산 이중층이 줄어 지반 강도가 증가하는 메커니즘을 가지고 있다(Park et al., 2014). 사용된 토양안정재의 주요 성분은 Fig. 2와 같이 Ca 30.36%, C 9.09%, Si 7.16%, Al 4.72%와 그 외의 무기물로 구성되어 있으며, 구성 주원소인 Ca와 Si가 C_aCO₃와 S_iO₂의 형태로 존재하는 것으로 분석되었다.

Table 1. Component analysis case (Jeong et al., 2012)

Component	Green bean	Coffee bean
Protein	11.6	3.1
Caffeine	1.2	1.3
Lipid	12.4	11.3
Sucrose	7.3	0.3
Hemicellulose	23.0	24.0
Reducing sugar	0.7	0.5
Ash	3.8	4.0
Cellulose	12.7	13.2
Chlorogenic acid	7.6	3.5
Lignin	5.6	5.8
Trigonelline	1.1	0.7
Unknown	13.0	32.3
Total	100	100

2.3 녹화토 기반재(GS)

본 연구에서 사용된 녹화토 기반재는 하수오니와 톱밥, 제지슬러지, 화강풍화토로 구성되어 있다. 일반적으로 하수 오니는 하수처리장에서 하수처리를 하고 남은 하수 침전물 찌꺼기로서 유기질 함량이 풍부하다는 특징이 있다. 제지슬러지는 펄프 입자 중 종이를 생산하고 남은 입자를 폐기, 탈수시킨 것으로 유기물이 다량 함유되어 있고 섬유질이라는 특징이 있다. 또한 톱밥은 수분조절제와 팽화제로서의 역할을 수행할 수 있으며 화강풍화토는 붉은빛을 띠는 단립구조의 자연토양으로 화강암질 암석의 풍화잔적으로 종자 발아 시 발아 기반층이 되며 원지반의 토양과 흡착력을 증대시키는 역할을 한다. 이러한 기반재료는 제지슬러지와 화강풍화토가 각각 35%, 32%를 차지하고 있으며 하수오니와 톱밥이 18%와 10%, 기타의 연소재 등이 5%를 차지하도록 배합하고 실험에 사용하였다.

3. 기반재의 이화학특성 분석

본 연구에서는 식생을 위한 토양으로 제공되는 기반재의 환경적 특성을 분석하기 위해 이화학 실험을 수행하였으며 실험 결과는 Table 2와 같다. 실험은 대조군인 기존 녹화토(Sample 1), 커피전문점에서 반출된 젖은 상태의 커피박(Sample 2), 1개월 동안 자연건조된 커피박(Sample 3), 그리고 일반 화강풍화토와 혼합하여 부숙된 커피박 혼합토(Sample 4)에 대해서 수행되었다.

토양의 산도(Soil acidity, pH)란 토양 용액에 해리되어 있는 수소 이온에 의한 산성을 나타내는 것이며, 전기전도도(Specific electrical conductance, EC)는 물속에 해리된 이온

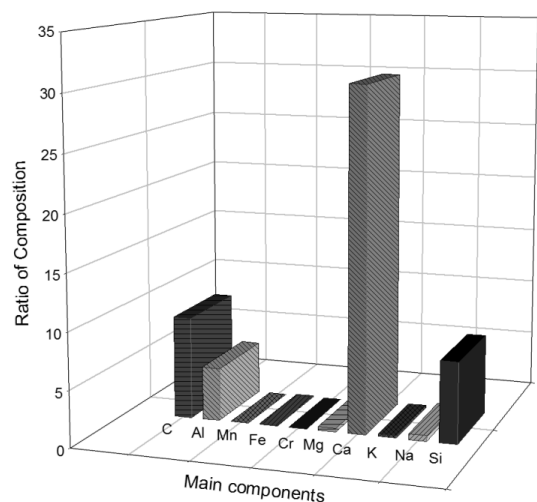


Fig. 2. Results of components analysis on SS

이 있으면 전기를 통하는 원리를 이용하여 전기의 전도되는 정도로 용존한 염류의 농도를 알 수 있는 지표이다. 염기치 환용량(양이온교환능력, CEC)은 치환되고 배출되는 양이온의 양이며, T-N(전질소량)이나 NO₃-N(질산성질소) 시험은 시료 중의 질소 농도를 말한다.

분석결과 토양의 산도는 Sample 1에 비해 Sample 3이나 Sample 4의 경우 약산성에 가까운 값을 보이고 있는 것으로 나타나 전반적으로 커피박이 약산성의 성질을 보이고 있으며 국내의 토양 역시 산성을 띄고 있어 다양한 물질이 혼합된 Sample 1에 비해 산성의 성질을 나타내고 있는 것으로 판단된다. 그러나 원두나 토양, 녹화토의 구성성분에 따라 매우 넓은 폭으로 변동될 수 있으므로 향후 많은 자료의 집적이 필요한 항목이다.

또한 전기전도도는 염류의 농도를 의미하므로 클수록 염화되어 식물의 생리작용을 방해할 수 있어 검토가 필요한 항목이다. Sample 2는 포함되어 있는 수분 등의 영향으로 다소 작게 측정되었고 Sample 3은 다소 큰 값을 보이고 있는 것으로 평가되었다. 그러나 Sample 4의 경우 약 78% 정도 완화되는 경향을 보여 부숙에 따라 조절이 가능한 항목인 것으로 판단된다.

T-N은 전질소량으로 전체 시료에 대한 %로 표현되며 질

산성질소는 단위 중량에 대한 포함된 양으로 표현된다. 여기서 Sample 1은 대조군, Sample 2는 습윤 커피박, Sample 3은 건조 커피박, Sample 4는 화강풍화토에 혼합된 커피박을 나타낸다. 전질소량이나 질산성 질소의 경우 Fig. 3과 같이 대조군에 비해 전질소량은 커피박이 70% 이상 많은 것으로 나타나 토양이나 기존 녹화토 혼합물에 추가적으로 혼합 시 충분한 시비효과를 볼 수 있을 것이다. 이러한 경향은 질산성 질소에서도 유사하게 관찰되었으며, Fig. 3에 나타난 바와 같이 커피박을 풍부한 질소를 포함한 재료로써 다양하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

유기물함량은 식물이 성장할 수 있는 양분의 양을 나타내는 것으로 Fig. 4와 같이 Sample 2는 30%, Sample 3은 70%가 유기물로 구성되어 있는 것으로 분석되어 커피박의 대부분이 유기물로 구성되어 있음을 알 수 있다. 토양에 혼합한 경우 토양의 무게에 비해 비중이 작아 유기물함량은 많이 저하되나 대조군을 상회하고 있으며, 녹화토로 개발할 경우 기존에 적용되고 있는 하수오니 등 악취를 동반하는 재료를 충분히 대체할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 대체하지 않더라도 Sample 1이 약 10%의 유기물만 포함되어 있으므로 이를 상향조절할 수 있는 재료로써의 가치가 클 것으로 판단된다.

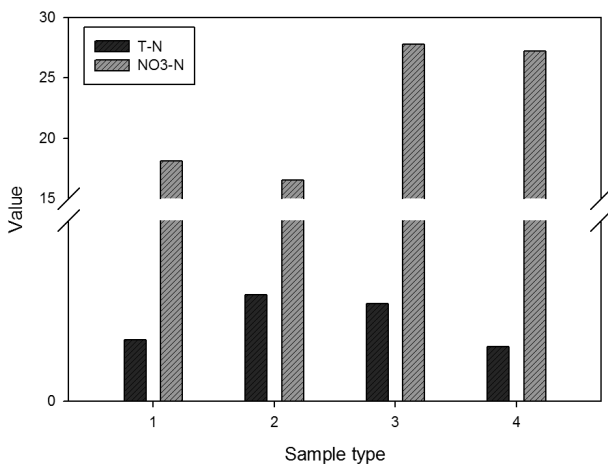


Fig. 3. Evaluation of nitrogen using soil analysis

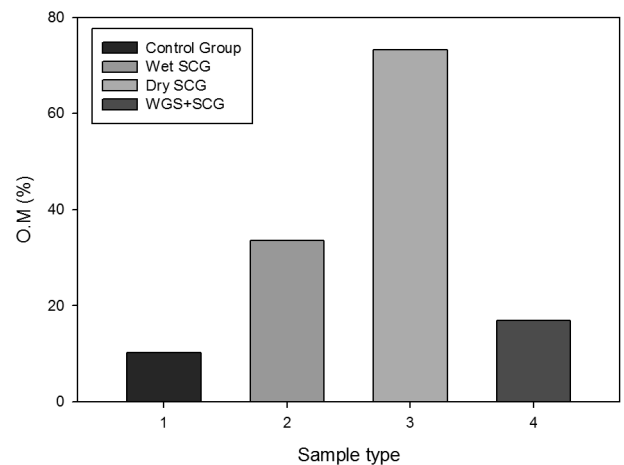


Fig. 4. Evaluation of organic matter using soil analysis

Table 2. Physico-chemical properties

Item	Evaluation criteria	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
pH	6.0~8.0	7.69	6.19	5.53	5.16
EC	≤ 1.0 ds/m	16.06	6.85	14.82	3.33
CEC	6 Cmol/kg ≤	12.81	11.33	29.64	12.74
T-N	0.06% ≤	0.34	0.59	0.54	0.3
P ₂ O ₅	-	184.4	331.3	321.2	109.54
NO ₃ -N	-	18.1	16.5	27.79	27.2
Ex.K	-	2.16	9.39	12.91	3.51
O.M	3.0% ≤	10.27	33.59	73.19	16.99

4. 혼합기반재의 생육특성

4.1 실험방법

본 연구에서는 비산이나 침식에 저항하기 위해 토양안정재를 사용한 혼합토의 기반재로서의 역할을 수행할 수 있는지를 검증하기 위해 실내외의 조건하에서 증장기의 식생모니터링을 수행하였다. 실험은 비교적 발아율이 우수하고 현장 적용성이 검증되어 있는 톨웨스큐(Tall fescue):페레니얼 라이글라스(Perennial ryegrass):크리핑레드웨스큐(Creeping red fescue)를 4:4:3의 비율로 혼합하였으며, 혼합 후 각 시험별로 동일한 양의 씨앗을 0.5cm 깊이에 묻은 후 남은 기반재를 덮고 조심스럽게 관수를 수행하였다.

본 실험은 대조군으로 기존 기반재(GS) 실험군(T1)과 화강풍화토(WGS)와 커피박(SCG)만을 혼합한 실험군(T2), 기반재(GS)와 커피박을 혼합한 실험군(T3)을 대상으로 실시하였으며, T2, T3 실험군에는 비산과 침식에 저항하기 위한 친환경 소재의 토양안정재를 각각 4% 혼합하였고 폐유기물질의 효용성을 평가하기 위해 커피박을 각각 25%씩 부피비의 개념으로 혼합하였다(Fig. 5).

실내조건은 뿌리 및 줄기부 등 식생의 상태를 판단하기 위해 시행하였고 현장조건 하에서의 적응도를 평가하기 위해 실외실험을 병행하여 수행하였다. 실외시험은 경사진 사면을 대상으로 30×40cm의 방형구를 구축하고 실험군별로 동일한 비율의 양잔디 씨앗을 살포한 후 피복하고 관수를 수행하였다.

발아시험은 1차적으로 초본류의 발아상황을 판단하기 위해 식물의 식별이 어느 정도 가능하다고 판단한 일정수준

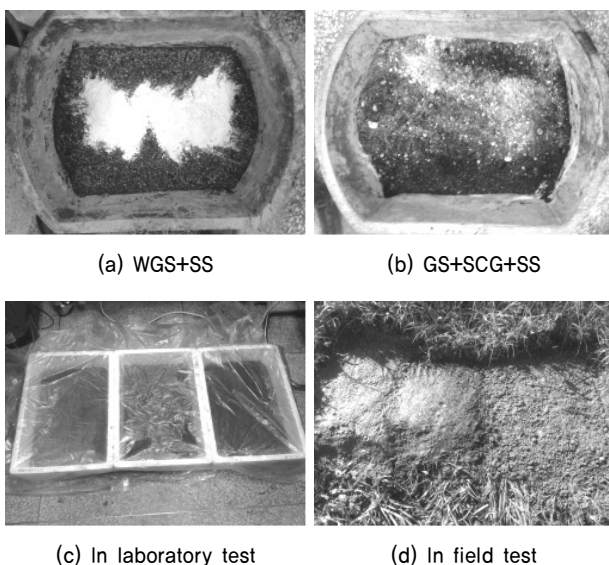


Fig. 5. Test procedures

(뿌리길이 2mm)으로 발아된 2주 후에 식물의 피복율을 통하여 검증하였다. 피복율 조사에서는 침입종의 수는 배제하도록 노력하였으며, 성장률의 차이는 있으나 전반적인 경향을 평가하는 것이 목적이므로 전체적인 개체를 모두 인정하였다. 피복율은 실험체 면적을 8×10개의 소규모 방형구로 나누고 각 격자의 피복율을 측정하여 합산한 후 전 격자수에 대한 백분율로 표현하였다.

4.2 실내실험결과

실내실험은 30일간 진행되었으며 1일 1회의 관수를 수행하여 동일 조건이 되도록 하였고 커피박의 효능을 확인하기 위해 별도의 시비는 수행하지 않았다. 실험결과는 일정 기간 이후 전체면적에 대한 소규모 방형구의 피복면적 비로 표현하였으며, 일정 기간마다 평균성장을 보인 식생군의 줄기와 뿌리길이를 측정하여 평균적인 범위로 표현하였다.

실험결과 1일이 경과된 이후 발아가 시작되는 것을 확인하였으며, 실험군에 따라 발아 개체수는 다소 차이가 있으나 거의 유사한 비율로 발아가 진행되었다. 또한 Fig. 6과 같이 3일이 경과된 이후 성장이 시작되며 10% 가량의 피복율

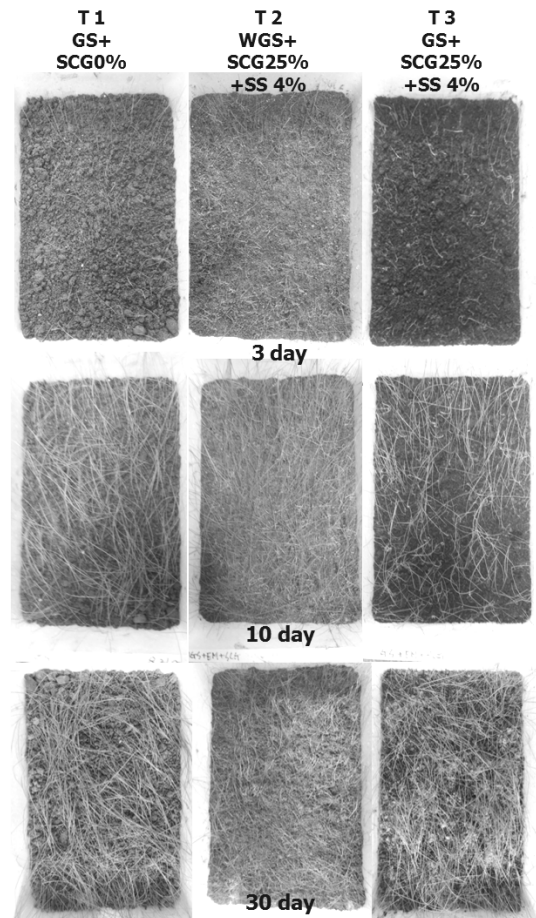


Fig. 6. Laboratory growth test results

을 나타냈으며 실험이 종료된 시점에서 실험군 T1, T2, T3이 각각 81%, 68%, 89%로 피복율이 확대되었다. 또한 Fig. 7과 같이 대조군인 기존 기반재(T1)와 커피박을 혼합한 기존 기반재(T3)를 비교한 결과, T3이 초기발아 개체수와 초기생장은 T1에 비해 작았으나 30일이 경과한 이후 거의 유사한 생장을 나타내며 오히려 피복율이 다소간의 우위를 보이는 것으로 관찰되어 커피박이 중장기적인 유기물 공급과 수분의 보습효과를 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

T1은 입단화가 어느 정도 진행되어 있으나 관수를 중단한 후 매우 빠른 속도로 고사가 진행되는 것으로 관찰되었고 반면 T3의 경우 입단화는 물론 잔뿌리가 발달하고 습도가 오랫동안 유지되는 특성을 보이는 것으로 관찰되었다. T2의 경우에는 뿌리 발달속도가 다른 군에 비해 늦고 전체적인 생육이 뒤처지는 양상을 보였다.

Fig. 6과 같이 T3의 기반재가 초기발아는 다소 느리고 초기발아율도 다소 떨어지지만 Table 3, Fig. 7과 같이 일정기간이 경과한 이후 생육기간에 따라 피복율이 급격하게 확대되고 무엇보다도 뿌리부의 생장이 확대되는 특성을 보이고 있어 커피박을 포함한 기반재가 토양안정제로 인한 교결 효과에도 불구하고 장기적으로 식물의 생장을 촉진시킬 수 있는 역할을 충분히 수행하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

또한 실험초기부터 후각측정방법을 통해 악취를 평가한 결과 대조군의 경우, 3~5일간 악취가 심하게 발생하였으며 수분공급 시 다시 악취가 발생하는 현상을 보였다. 이에 반해 커피박이 혼합된 경우 실험 초기부터 악취가 상당 부분

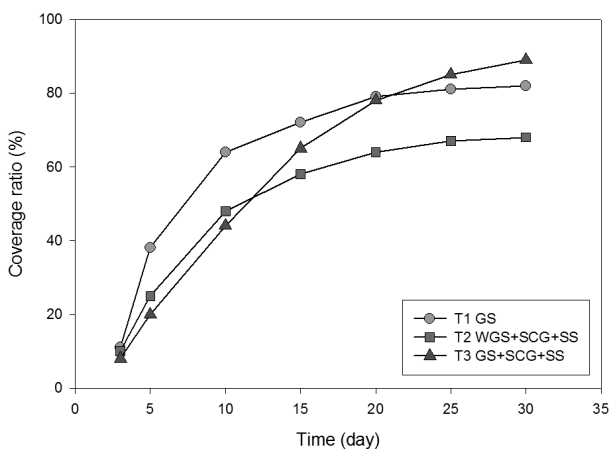


Fig. 7. Variation of coverage ratio with time

Table 3. Laboratory growth characteristics (after 30 days)

Test series \ Item	T1	T2	T3
Variation of coverage ratio	81%	68%	92%
Growth status (stem)	20~30 cm	10~20 cm	20~30 cm
Growth status (root)	30~60 mm	15~25 mm	50~65 mm

소멸되었으며 이러한 현상이 지속되었다. 단 두 경우 모두 발아초기 곰팡이가 발생하는 부작용을 나타내었으며 이러한 경향은 슬러지에 포함된 여러 유기물로 인해 발생하는 것으로 판단되고 커피박의 경우 공기 중 건조방법을 통해 곰팡이의 부작용은 줄일 수 있는 것으로 실험을 통해 검증하였다.

4.3 실외실험결과

실외실험은 실내실험과 동일한 혼합비로 조성된 기반재를 대상으로 양잔디를 이용하여 초기발아 특성과 중장기적인 생육모니터링을 위해 수행되었다.

실험결과 Table 4와 같이 실내실험과 마찬가지로 초기발아는 대조군인 G1의 발아율과 발아상태가 우수한 경향을 나타내었고 커피박이 혼합된 실험군은 4~5일을 전후하여 발아가 시작되었으며 10일이 경과한 후 화강토와 혼합된 T2의 초기 생장이 가시화되었다. 20일이 경과한 후 대조군(G1)의 식물 생장은 최대치에 달해 피복율이 100%에 달하도록 고도 생장이 발생하였으나 G2와 G3는 20~30%의 피복율을 나타내는 느린 성장 속도를 보였다. 그러나 30일이 경과한 이후 G1의 생장은 크게 진행되지 않는 반면 기존 녹화토 기반재에 커피박과 SS가 포함된 G3의 생장이 급속도로 진행되어 100일 이후에는 성장에 차이는 있으나 피복율이 극대화되는 경향을 보이고 있다. 또한 Fig. 8과 같이 실험 시작 후 100일 이후에는 동절기가 시작되어 식생의 고사가 표면화되었으며, 관찰결과 커피박이 포함되지 않은 G1은 식물의 끝 부분부터 고사가 시작되는 반면 커피박이 포함된 G3는 고사진행이 느리고 생육상태가 상대적으로 우수한 것으로 관찰되었다.

이상의 결과를 통해 G2의 경우 G1만큼 생육조건을 확보하지 못할 것으로 판단되나, 기존의 녹화토에 커피박을 혼합한 G3의 경우 보습력의 증가와 유기물함량의 보강으로 초기발아나 생육은 기존 녹화토에 비해 작으나 중기적으로 발아가 확대되는 현상을 보이며 특히 관수중단 등의 상황에서 기존 기반재에 비해 고사율이 낮고 양분의 부족으로 인한 황변색 현상 등이 혁혁하게 줄어들고 있는 것을 확인하였다.

따라서 커피박을 기존 공법의 보조재로 활용하는 경우

Table 4. Laboratory growth characteristics (after 100 days)

Test series \ Item	G1	G2	G3
Vegetation cover rates	100%	55%	95%
Growth status (stem)	20~50 cm	10~25 cm	15~45 cm
Growth status (root)	8~15 mm	2~8 mm	5~13 mm

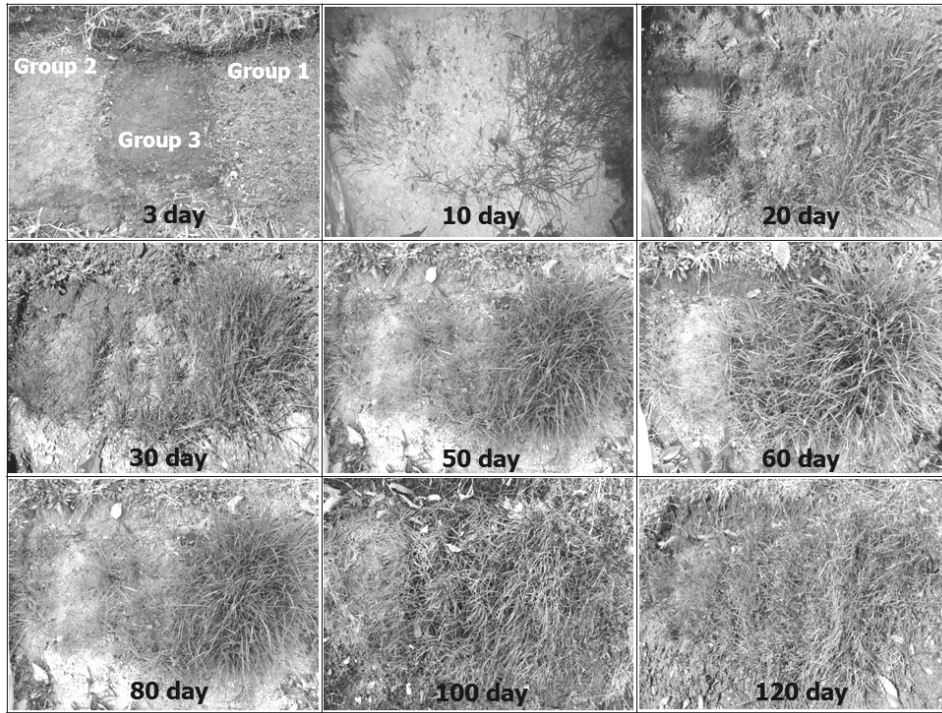


Fig. 8. Field growth test results

폐기물의 자원화는 물론 생육보조재로써 비탈면보호공법에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 침식에 저항하기 위해 친환경 토양안정재를 활용하여 기반재를 조성하고 악취 저감과 폐유기물질인 커피박의 비탈면보호재로써의 활용 가능성을 평가하기 위해 이화학분석 및 생육실험을 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 실험에 사용된 토양안정재는 천연섬유에서 추출한 단섬유가 포함되어 있으며, Ca와 Si가 주성분으로 기반재에 포함되어 침식이나 비산을 줄일 수 있으며 생육실험 결과 4% 이하의 배합비에서는 생육에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- (2) 이화학분석결과 건조 커피박이나 커피박 혼합토의 경우 산도는 약산성에 가까운 값을 보이며, 염류의 농도는 흙을 이용한 부속 시 크게 완화되는 특성을 나타내었다. 또한 전질소량이나 질산성 질소는 기존 녹화토에 비해 건조된 커피박군이 70% 이상 많은 것으로 나타났으며, 커피박의 유기물함량이 매우 큰 것으로 나타나 토양이나 기존 기반재에 추가적으로 혼합 시 충분한 시비효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

- (3) 기존 녹화토인 대조군(T1)과 기존 기반재에 커피박을 혼합한 시료(T3)의 실내 식생모니터링 결과 초기발아 개체수와 초기생장율은 T1이 두드러졌으나, 20일이 경과한 이후 T3의 피복율이 T1을 상회하는 경향을 보여 커피박이 중장기적인 식물 성장에 유리한 영향을 미치고 있음을 확인하였다.
- (4) 기존 녹화토(G1)와 커피박을 혼합한 시료(G3)의 실외 식생모니터링 결과 실내실험과 마찬가지로 초기발아와 성장율이 G1에서 두드러지는 경향을 보였고, 상대적으로 커피박이 포함된 실험군의 성장속도는 매우 느리지만 일정기간 이상 보습력과 유기물에 기인하여 성장조건을 유지하고 있는 것으로 관찰되었다.
- (5) 이화학실험과 생육실험을 통하여 커피를 추출한 후 생성되는 커피박은 특히 질소성분이 풍부한 폐유기물로 다양한 성분으로 인해 초기생장이 저해되는 특성이 있으나 장기적인 보습능력과 유기물의 공급으로 장기생장에 유리한 성질을 가지고 있는 것으로 확인되어 기존의 기반재를 대체하거나 보완할 수 있는 재료인 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 인천녹색환경지원센터의 2014년도 연구개발 사업비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Choi, J. W., Shin, D. I. and Park, H. S. (2013), Enhancement of growth and bioactivity of pleurotus eryngii mycelia by spent coffee ground, *Journal of Agriculture & Life Science*, Vol. 46, No. 6, pp. 157~163 (in Korean).
2. Esquivel, P. and Jiménez, V. M. (2012), Functional properties of coffee and coffee by-products, *Food Research International* 46, pp. 488~495.
3. Jeong, S. M., Heo, K. T. and Lee, J. G. (2012), *Coffee science*, Kwangmoonkak, Seoul, pp. 1~360 (in Korean).
4. Kim, C. G. and Shin, H. G. (2005), A study on removal of heavy metal in wastewater using exhausted coffee, *The Proceeding of Korea Organic Resource Recycling Association*, pp. 205~209. (in Korean).
5. Kim, H. S. (2012), Using environmentally friendly composting coffee by product, Master's thesis, Kwangwoon University, pp. 1~44 (in Korean).
6. Kim, J. H. (2005), Effects of plant mixtures and tackifiers on the slope vegetation, Master's thesis, Chongju University, pp. 1~52 (in Korean).
7. Kim, Y. J. (2008), Study on sawdust using re-cycle revegetation measures, Master's thesis, Kangwon National University, pp. 1~43 (in Korean).
8. Kwon, Y. C. and Oh, S. W. (2012), Strength characteristics of the soil mixed with a natural stabilizer, *Journal of Korean Geo-Environmental Society*, Vol. 13, No. 1, pp. 45~51 (in Korean).
9. Park, K. S., Oh, S. W. and Bae, W. S. (2014), Field applicability evaluation of eco-friendly mixed soil, *Journal of Korean Geo-Environmental Society*, Vol. 15, No. 2, pp. 17~25 (in Korean).
10. Zhang, X. X. (2013), Growth responses of native and foreign berry species in the artificial soils mixed with composted coffee ground, Master's Thesis, Sungkyunkwan University, pp. 1~39 (in Korean).