

폐목질 자원을 이용한 인공지반 녹화용 식생기반재의 제조조건에 관한 연구*¹

김대영*^{2†} · 김미미*²

A Study on Manufactural Condition of Vegetation Mat for Greening Impermeable Surfaces Using Wood Waste*¹

Dae-Young Kim*^{2†} · Mi Mi Kim*²

요 약

도시 내 부족한 녹지공간을 확보하기 위하여, 기존 건물의 옥상 등 인공지반에서의 녹화가 점차 확대되어 가고 있으나 인공지반 대부분을 차지하고 있는 옥상의 경우 건물에 미치는 하중과 강우 및 관수에 관한 문제를 비롯하여 식물의 성장도 원활해야 한다는 점을 주의해야 한다. 현재 많이 사용되는 인공토양의 경우 원석을 수입하여 가공 생산하는 것으로, 앞으로 인공지반 녹화가 활성화될시 수입으로 인한 비용 등의 문제로 새로운 대체물질이 필요하다고 판단된다. 본 연구에서는 기존 녹화소재의 단점인 하중과 설치 후 유지 관리를 보완하고자 친환경 대체재료로서 폐목재칩과 폐지 슬러리를 이용한 식생기반재를 개발하고 그 제조조건에 대해 검토해보았다. 본 실험은 폐목재칩과 폐지슬러리의 혼합비와 비료의 주입농도를 달리하여 식생기반재를 제조하고 잔디와 보리를 식생기반재당 1g씩 파종하여 성장률을 분석하는 것으로 진행되었다. 폐목재칩과 폐지 슬러리는 0.9 : 0.1~0.5 : 0.5의 비율로 혼합되었으며, 그 결과 혼합비율이 0.6 : 0.4 일 때 잔디는 약 1.5배, 보리는 약 1.9배 높은 성장률을 보였다. 또한 비료의 농도가 1%일 때 제조된 식생기반재에서 비료가 첨가되지 않았을 때보다 약 1.3~1.5배 높은 성장률을 보였다. 식생기반재의 pH는 7.1~8.8로 약알칼리성을 보였으며 주입된 비료의 농도가 높을수록, 폐목재칩의 혼합량이 많을수록 낮은 경향을 나타냈다. 그리고 비료 용출실험 결과 비료를 첨가하지 않은 칩과 비교시 비료를 첨가한 칩에서 인, 칼륨, 몰리브덴의 성분이 높게 나온 것으로 보아 비료의 주입은 성공적임을 알 수 있었다.

*¹ 접수 2007년 11월 29일, 채택 2010년 1월 15일

*² 동국대학교 바이오시스템대학 바이오환경과학과, College of Life Science & Biotechnology, Department of Biological & Environmental Science, Dongguk University-Seoul, Seoul 200-715, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 김대영(e-mail: sbpkim@dongguk.edu)

ABSTRACT

The cityward tendency of the population caused the building crowd and the skyscrapers, and destroyed the cityscape and ecosystem of the city. For this reason, many researchers studied to make more green spaces in the city. The roof greening is one of the methods to get the green spaces in the city. There are some problems in this method such as the safety load, growth of the plants on the artificial foundation, and so on. In this study, we evaluated the waste woodchips and the waste papers as a new materials for the artificial foundation. The new artificial foundation was made of the waste woodchips and the waste papers with the different ratio of mixture (woodchips, paper slurry, and fertilizer). The artificial foundation was applied to the planting of three different plants (creeping bentgrass, barley, and wheat). It was found that the growth of the plants with 1% of fertilizer was higher than other conditions. The best making condition of foundation was 40% pulp and 60% woodchips in the germination of all plants.

Keywords: green roof, woodchip, paper slurry

1. 서 론

도시 내 녹지는 인공적인 도시경관에 시각적인 안정감을 줄 뿐만 아니라 도시인에게 정신적인 편안함과 안이함을 촉진하며, 도시 기후의 조절, 대기의 정화, 소생물권 형성의 조거제공 등 삶의 터전으로서 갖추어야 할 중요한 환경제공의 기능을 담당하고 있다(박철수 외, 1996). 그러나 가속적인 경제성장과 산업화로 인하여 도시로의 인구집중이 심화되고 있으며, 그 결과로 도시인구는 과밀화 되고 건물은 고층화 및 입체화 되고 있다(현대건설기술연구원, 1997). 또한 고층건물과 아파트, 아스팔트와 콘크리트로 덮인 공간이 늘어났으며 도시경관과 생태계는 급속히 파괴되었다. 이런 도시화 현상의 위험성에 대한 공감대와 생태계 복원에 대한 중요성이 인식되면서 도시문제의 해결방안으로 녹지대의 확보가 절실하게 되었지만(김남춘 외, 2003), 도시로의 인구집중은 토지부족 및 지가상승을 불러왔고, 고밀화를 통한 토지이용의 극대화가 추진되어 잔여공지가 줄어들게 되었다. 따라서 녹지공간의 확보가 점차 어려워져 가고 있으며(이석해 외, 2000) 이에 대한 대안으로 토지의 입체적인 이용을 통한 인공지반에서의 녹화가 필요하게 되었다.

인공지반은 자연지반의 상대적 개념이다. 자연지반과는 달리 인위적으로 만들어진 지반이라는 뜻이다(최일홍, 2004). 도시의 대부분을 차지하는 빌딩의 옥상이나 지하주차장의 윗부분 등 도시 내 인공지반은 이미 자연지반보다 넓은 면적을 차지하고 있다.

그 중 옥상녹화는 도시의 환경개선과 생태적 공간 조성을 위한 하나의 대안으로서 중요성이 높아지고 있다(이동근 외, 2005). 그러나 옥상 등의 녹화는 무엇보다도 하중에 따른 안전성 문제가 중요한 사항이므로 강우 및 관수에 따른 정체수가 생기지 않고 가급적 배수가 원활하여 하중에 대한 부담을 덜어 줄 필요가 있다(이은엽 외, 2000). 옥상에서의 녹화는 충분한 토심의 확보와 불량한 환경에서도 식물생육이 유지되어야 할 과제를 안고 있다(안원용 외, 2001).

현재 인공지반의 녹화를 위해서 가장 많이 이용되고 있는 펠라이트는 원석을 수입하여 가공 생산하는 것으로서, 그 대체품의 개발이 필요하다고 판단된다(허근영 외, 2001). 이에 본 연구에서는 인공지반의 녹화가 많아지면서 기존의 수입에 의존하는 녹화소재의 단점을 보완하는 식생기반재를 개발하기 위해 친환경 대체재료로서 폐목재칩과 폐지슬러리를 이용한 식생기반재의 제조조건을 검토하였다.

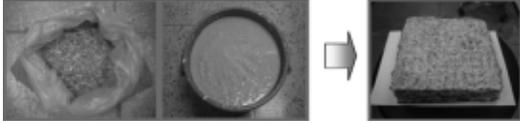


Fig. 1. Manufacture process of vegetation mat.

2. 재료 및 실험 방법

2.1. 실험재료

본 실험에 사용된 폐목재칩은 국립산림과학원에서 분양받은 11%의 함수율을 갖는 중층용(Core layer) 칩을 사용하였고, 폐지슬러리는 백상지를 세절기로 절단 후 해리기로 약 5000번 돌려 2.5~3.5%의 고흡분 농도로 맞추어 사용하였다. 첨가되는 비료는 주성분이 수용성인산 11%, 질소 6%, 수용성가리 5%, 수용성붕소 0.0005%인 I사의 제4종 복합비료 하이포넥스 액비를 사용하였다. 식물생육 실험을 위한 종자는 녹화에 많이 사용되는 초본류에서 대표적인 잔디 Creeping Bentgrass와 작물재배의 가능성을 알아보기 위하여 동국대학교 식물생명공학과에서 분양받은 보리 종자를 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 식생기반재의 제조

식생기반재의 제조는 비료를 첨가하지 않은 폐목재칩과 폐지슬러리의 혼합비를 달리한 식생기반재의 제조와 초기발아에 대한 성장 촉진상태를 관찰하기 위하여 농도를 0.5%, 1%, 2%로 달리하여 감압침지법을 통해 비료액을 주입한 폐목재칩과 폐지슬러리를 전건중량 250 g을 기준으로 0.5 : 0.5~0.9 : 0.1 (폐목재칩 : 폐지슬러리)의 비율로 혼합하여 200 (W) × 200 (L) × 50 (H) mm의 크기의 나무틀에 부어 30분 동안 중력에 의해 수분을 제거한 후 상온에서 건조한다.

2.2.2. pH의 측정

식생기반재의 식물생육을 통한 pH의 변화를 알아보기 위하여 제작된 식생기반재에서 약 10 g을 시료

Table 1. The pH of vegetation basement board with various level of fertilization

Pulp to wood ratio	Level of fertilizer (%)			
	0	0.5	1.0	2.0
0.0 : 1.0	7.8 ± 0.036	-	-	-
0.5 : 0.5	8.0 ± 0.164	7.8 ± 0.026	7.6 ± 0.262	7.6 ± 0.035
0.6 : 0.4	7.7 ± 0.026	7.7 ± 0.052	7.5 ± 0.034	7.5 ± 0.200
0.7 : 0.3	8.8 ± 0.026	8.2 ± 0.026	7.3 ± 0.144	7.3 ± 0.026
0.8 : 0.2	8.5 ± 0.020	7.9 ± 0.044	7.6 ± 0.036	6.9 ± 0.122
0.9 : 0.1	7.8 ± 0.157	7.5 ± 0.100	7.3 ± 0.157	7.1 ± 0.113

* The value in the parentheses is the standard deviation.

를 취하여 증류수 300 ml의 비이커에 침지시킨 후 24시간이 지난 후에 3반복으로 pH를 측정하였다.

2.2.3. 종자의 파종 및 성장률 관찰

제작된 식생기반재에 종자는 1 g을 기준으로 잔디는 0.33 g씩 3반복으로 보리는 6종자씩 5반복으로 파종한 후, 항온항습기 내에서 3월평균 온도인 28°C, 60%의 습도에 맞추어 명조건으로 배양하여 일별 성장상태를 관찰하고 일정기간 후 전체적인 줄기 성장률을 측정하였다.

2.2.4. 비료액의 용탈 실험

각 농도(0.5%, 1%, 2%)로 희석된 비료액은 1000 ml로 제조되었으며 목재칩 200 g을 넣고 30분간 1기압으로 감압시켰다. 감압 후에 목재칩은 상온에서 건조되었고 비료의 주입여부를 확인하기 위한 용탈실험은 우리나라 연평균 강우량에 해당하는 800 ml의 증류수에 목재칩을 잠길 정도로 설치하여 교반후 정해진 시간 후 꺼내어 중력에 의해 수분을 제거 후 Stectro Xetos사의 무기물형광분석기를 사용하여 원소를 분석하는 것으로 진행되었다.

3. 결과

3.1. 식생기반재의 pH

제조된 식생기반재의 pH를 측정한 결과 Table 1과

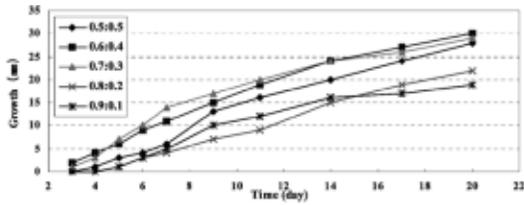


Fig. 2. The comparison of growth rate of creeping bentgrass according to mixed percentage of paper slurry and waste woodchip (Density 1%).

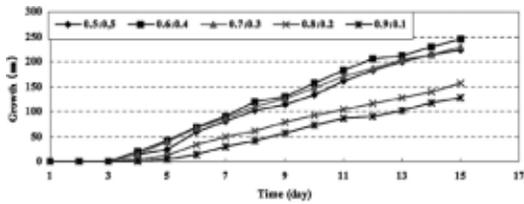


Fig. 3. The comparison of growth rate of barley according to mixed percentage paper slurry and waste woodchips (Density 1%).

같이 비료의 농도가 높을수록, 폐목재칩의 혼합양이 많을수록 pH가 낮은 경향을 나타냈다. 산성계열의 비료를 주입하였음에도 pH가 알칼리성을 보인 원인은 슬러리의 재료가 된 백상지가 탄산칼슘으로 도공 처리되었기 때문인 것으로 생각되어진다.

3.2. 혼합비율에 따른 성장률

1%의 농도의 비료액을 주입한 폐지슬러리와 폐목재칩과의 혼합비율을 기준으로 잔디의 성장률을 비교했을 때 Fig. 2와 같은 그래프가 나타났다. 혼합비율이 0.6 : 0.4일 때 성장 길이는 30 mm이었고 0.9 : 0.1일 때 성장 길이는 19 mm로 약 1.5배 차이를 보였다. 보리의 성장률을 나타낸 Fig. 3에서도 혼합비율이 0.6 : 0.4일 때 246 mm로 최고 성장 길이를 나타냈으며, 0.9 : 0.1일 때는 127 mm로 약 1.9배 차이를 보였다. 따라서 폐목재칩과 폐지슬러리의 혼합비율은 0.6 : 0.4일 때 식생기반재로서 가장 우수한 경향을 보여주었다.

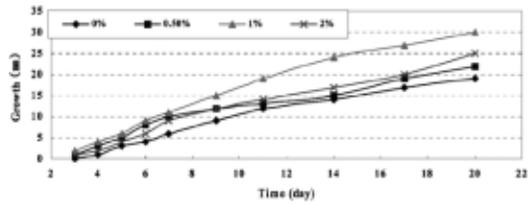


Fig. 4. The comparison of growth rate of creeping bentgrass according to density of artificial fertilizer in waste wood chip (waste woodchip : paper slurry= 0.6 : 0.4).

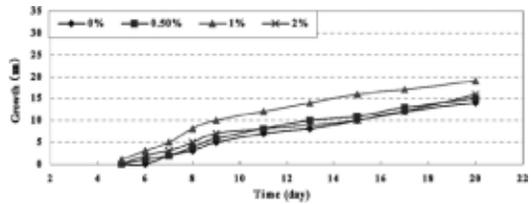


Fig. 5. The comparison of growth rate of Creeping Bentgrass according to density of artificial fertilizer in waste woodchip (waste woodchip : paper slurry= 0.9 : 0.1).

3.3. 주입한 비료 농도에 따른 성장률

폐목재칩에 주입한 비료의 농도에 따라 잔디의 성장률을 비교 했을 때 Figs. 4, 5에서 보여지듯이 비료의 농도가 1%일 때 크게는 11 mm, 적게는 5 mm의 성장 차이를 보였다.

3.4. 비료액의 용탈 실험

실험에 사용한 비료에는 식물이 자라는데 필요한 대량필수원소인 질소(N), 인(P), 칼륨(K)과 미량필수원소인 붕소(B)와 몰리브덴(Mo)이 들어있었으며, 분석기계 자체에서 성분 분석이 불가능했던 질소와 붕소를 제외하고 나머지 성분을 분석할 수 있었다. Table 2에서와 같이 control과 1% 농도의 비료를 주입한 칩을 비교했을 때 비료를 주입한 칩의 수치가 높은 것으로 보아 비료주입이 성공적임을 알 수 있었다. 시간에 따른 용탈량이 많은 원인은 분석기계 조작을 위해 강제적으로 성분을 용탈시키려고 했기 때

Table 2. The amount of chemical elements from leaching test

Time (hr.)	Chemical element (ppm)					
	P		K		Mo	
	Control	1%	Control	1%	Control	1%
0	3445	2917	33720	8628	53.0	52
1	1003	89.2	130.0	187	51.6	56.3
3	97.4	86.4	99.3	106	44.1	52.7
24	83.7	59.1	31.6	< 7.5	< 12	< 12

문이며, 실제 옥상녹화에 본 실험의 식생기반재를 시공했을 시 빗물에 의해 용탈되는 비료는 실험 결과보다 적을 것이라고 생각한다.

또한 비료가 용탈되더라도 폐지슬러리로 재흡수가 될 것으로 예측할 수 있는 것은 앞서 실험한 식생기반재의 pH 측정에서 주입한 비료의 농도가 높아질수록 pH가 낮은 경향을 나타내는 것으로 미루어 폐목재칩에 주입한 비료가 폐지슬러리로 재흡수 되어 pH를 낮추었다고 추측할 수 있기 때문이다.

4. 결 론

목질폐자원을 이용한 식생기반재의 제조조건에서 식물이 잘 자랄 수 있는 조건의 폐목재칩과 폐지슬러리의 혼합비율에 관한 실험을 조사한 결과 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 폐목재칩과 폐지슬러리의 혼합비율은 0.6 : 0.4의 조건이 식물성장과 안정성 면에서 가장 좋은 결과를 보였다. 이것은 폐목재칩과 폐지슬러리의 혼합에 따른 공극이 식물 성장에 영향을 미친 것으로 생각된다.
- 2) 주입한 비료의 농도와 식물 성장률은 정비례하지 않고 비료의 농도가 1%일 때 식물 성장률이 높은 것으로 미루어 식물 성장에는 비료의 적정 투입이 필요하다.
- 3) 비료의 주입은 간단한 감압침지에서도 가능하므로 많은 양의 침에도 주입이 용이해 실용성이 높다고 생각된다.
- 4) 폐목재칩에 주입한 필수 영양성분이 모두 침지 및 용탈되지만 폐지슬러리로 재흡수되기 때문에 식물

성장에 영향을 미치는 것으로 확인되었고, 이것은 비료를 식물 특성에 맞게 선택할시 성장률을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

5) 향후 연구는 식물생육 실험을 통해 도출된 제조조건을 바탕으로 식생기반재의 물성을 향상시킬 수 있는 방향으로 진행되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2008년도 동국대학교 연구년 지원에 의하여 이루어졌음.

인 용 문 헌

1. 김남춘, 한승호, 강진형. 2003. 식생블록(그린스톤)에서의 식물생육에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 6(2): 57~70.
2. 김도경, 황지환. 2001. 인공지반에서 금잔디의 증발산량 예측에 관한 연구. 한국조경학회지 29(1): 161~167.
3. 박철수, 이재준, 황경희. 1996. 아파트단지 내 녹화공간 확대를 위한 한국과 일본의 인공지반 사례조사 비교연구.
4. 안원용, 김동엽. 2001. 옥상녹화 후 인공도양의 이화학적 특성 변화. 한국조경학회지 28(6): 77~84.
5. 이동근, 윤소원, 오승환, 장성완. 2005. 옥상녹화조성에 따른 온도저감효과에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 8(6): 34~44.
6. 이석해, 이행렬. 2000. 인공지반 녹화의 실태분석-서울특별시 관악구, 동작구 사례-. 산업과학연구 10권: 125~142.
7. 이성기, 류남형, 허근영. 2002. 펠라이트로 조성된 토양층의 하중. 한국조경학회지 30(1): 87~96.
8. 이은엽, 문석기. 2000. 옥상녹화공법의 배수층 구조별 식물생육 효과. 한국환경복원녹화기술학회지 3(4): 11~21.
9. 최일홍. 2004. 인공지반 녹화사례와 기술동향. 도시문제 4월호: 33~46.
10. 허근영, 심경구. 2001. 인공지반 녹화용 신소재 인공토양 개발. 한국원예학회지 42(3): 355~364.
11. 현대건설기술연구소. 1997. 인공지반 조경 녹화기술에 관한 연구. 현대건설주식회사.