

옥상정원 활성화에 유용한 토질영양제에 대한 연구

김 기 은

서경대학교 화학생명공학과

Study on Several Soil Conditioners for Roof Gardening

Gi Eun Kim

Department of Biotechnology, Seokyeong University.

ABSTRACT

Recently the roof gardening has become very popular and even on the apartment-veranda and on the roofs in high buildings many kinds of vegetables and berries are cultivated. And the demand of the nutritional supplement for the effective plant growth is also increasing. The general urban conditions are to be adapted for plant growth. A different hygroscopic and temperature-conditions after regions, sunshine and wind have strong influences on the plant growth and usually it is not optimal enough. It is because why a nutritional condition in soil for plant growth so important and essential. The usual compound-soil or -fertilizer cannot offer enough quantities of nutrients for plant growth and additional soil conditioner becomes more necessary.

There are many kinds of soil conditioners like hydrogel in the market and we studied on Geohumus, Montigel and Geko, which are widely used in Europe and other countries. Water absorption and microbial immobilization with effective microorganisms were tested and compared. The EM solution was identified as bacteria, fungi and azotobacter etc. and they were immobilized at the soil conditioners at first. And the cultivated and immobilized at the soil conditioners EM-solution was added to the plant soil. 1 g of the soil conditioners absorbed ca. 20 g of water. The plant grew 10 cm more, got 3 times more branches and 2 times more fruits in the soil with soil conditioners

First author : Gi Eun Kim, Department of Biotechnology, Seokyeong University,
Tel : +82-2-9407127, E-mail : gkeun@skuniv.ac.kr

Corresponding author : Gi Eun Kim, Department of Biotechnology, Seokyeong University,
Tel : +82-2-9407127, E-mail : gkeun@skuniv.ac.kr

Received : 18 May, 2015. **Revised** : 27 July, 2015. **Accepted** : 6 August, 2015.

immobilized with microorganisms. With water addition the plant with both conditions in the soil could stay fresh in comparison to without soil conditioners.

Key Words : *Roof gardening, Soil conditioner, Effective microorganisms, Plant growth.*

I. 서 론

최근 참살이 열풍으로 야채나 베리 종류를 옥상이나 텃밭이나 아파트의 베란다에서 직접 재배하여 시식하는 가정이 늘어나면서 옥상정원의 형태가 변화하고 있다. 예전에는 옥상정원을 텃밭의 형태로 이해하였으나, 최근에는 규모와 방법이 다양해지면서, 여기에 필요한 여러 가지 제품들에 대한 수요도 해마다 급상승하고 있다. 또한, 도시의 정원은 도시 내 생물서식지로서 귀한 공간이므로, 생태학적으로 효율적인 농사방법에 대해 다양하게 연구가 이루어지고 있다(Dunnett and Kingsbury, 2012).

도시환경문제와 녹지부족현상의 대안으로 옥상의 녹화에 대한 관심이 높아지고 있다. 옥상 녹화는 녹지면적을 확대하고, 도시의 생태계는 물론 도시환경을 전반적으로 개선시키는 효과가 있고, 정원이나 벽면녹화 등과 함께 녹지네트워크화에 크게 기여할 수 있다(Kang, et al., 2005). 이러한 옥상정원은 도시의 녹지화는 물론, 도시환경에 다양한 역할을 하여, 이산화탄소를 흡수하고 산소를 방출하는 대기정화기능까지 갖고 있다. 이렇게 하여 증산작용을 통해 공기의 온도를 낮추고 태양복사열을 감소시킴으로서 지온과 기온의 변화를 완화시키는 기능도 있다(Kim, 2007; Ha, 1996). 이러한 옥상녹화는 공기와 수질정화, 온도조절 등 다양한 기능이 가능하므로, 이에 대한 관심과 필요성이 지속적으로 증가하고 있다(Lee, 2002). 특히 도시 지역에서 이러한 다양한 기능에 대한 관심과 필요성의 증가하였는데, 예를 들면, 서울시에서는 건축물에 대한 학술용역사업을 시작으로 옥상

녹화를 원하는 시민의 신청을 받아 지원하였다(Seoul Metropolitan Government, 2002 ; 2003).

일반적으로 도시에서의 농업조건은 자연환경과 비교하여 여러 가지로 조건이 열악하고, 특히 도시에서 옥상정원은 생물에 미치는 생육조건이 도시의 지역에 따라 수분, 극심한 온도 조건, 강한 햇빛과 바람 등 식물이 생존하기에는 매우 불리하다(Erica et al., 2007). 옥상정원의 조건은 식물에게는 생리적으로 열악한 조건이므로, 배양하는 토양의 영양상태가 중요하다. 식물은 제한된 용량의 토양에서 수분과 영양을 공급받아야 하므로, 이를 보충해줄 수 있는 수단이 필요하다. 시중에서 구입하는 배합토로는 옥상 조건에서의 수분과 영양분등이 식물생육에 충분하지 않으므로, 수분을 오랫동안 함유할 수 있는 토양습윤제, 영양성분이 강화된 토양개량제, 토질개선제 등에 대한 관심이 증가하였고, 다양한 종류의 인공토양도 개발되고 있다(Kang and Lee, 2005). 장기적으로는 인공토양의 개발로만 충분하지 않기에 생물학적으로 분해가 가능하고, 부산물이 남지 않으며, 부작용이 없는 물질에 대한 수요도 증가하고 있다. 또한, 유기질을 함유하고 있는 토양습윤제를 사용하면, 화학비료 사용량이 감소하게 되므로, 장기적으로는 토양환경을 개선시킬 수 있다(Kim, 2007). 토양에 포함되어 있는 유기물질들은 분해되지 않은 섬유질들로 구성되어 있으므로 수분 보유력이 높아지고 수분의 양에 유연하게 반응하고(Koo et al., 2001), 토양을 구성하고 있는 입자들의 밀도를 낮추어 공극정도를 높일 수 있다(Uhm et al., 2012).

1996년 일본의 Higa교수는 유용미생물기술

을 농업과 환경에 적용하여 화학비료의 과도한 사용으로 야기되는 환경과 건강에 관련된 문제들을 해결할 수 있다고 주장하였고(Higa, 1996), 그 후 전 세계적으로 농업에서 유용미생물의 사용이 확산되고 있다. 특히 토양에 유용미생물을 적용하는 경우 여러 가지 긍정적인 효과들이 보고되었다. 우리나라에서도 이미 여러 중소기업에서 생산 및 공급되고 있으며, 사용되는 분야도 다양해지고 있다. 토양에 유용미생물을 첨가하면, 식물생장에 유리하도록 토양의 물리화학적 성질을 개선시킴으로서 자연 유기농법에 유용하다(Higa, 2004). 또한 첨가된 유용미생물들이 증식하면서, 많은 양의 유기물이 분해되고, 분해산물들은 토양에서 식물생장에 필요한 영양소로 사용되는 데, 밭아와 식물생장에 유리하여, 생장을 촉진시킨다(Javaid, 2006). 특히 장기적으로 유용미생물을 농업에 사용하면, 식물이 왕성하게 성장하면서 질병이나 병충해에도 크게 영향받지 않고, 미생물에 의해 생성된 물질들은 생장을 촉진시킨다는 보고도 있었다(Hu and Qi, 2013).

본인이 직접 재배하는 경우 화학적 비료나 살충제 등을 사용하지 않고, 제한된 양의 토양과 조건에서 식물이 자라야 하므로 식물로부터 얻는 열매의 상태나 양도 제한적이다. 이를 극복하기 위하여 식물의 흡수가 빠르게 이루어지도록 여러 가지 영양성분을 함유하고 있는 액체상태의 비료나 이를 함유하고 있는 토양에 대한 관심이 높아지고 있다. 일반적으로 농업에서는 전통적으로 흙, 빛, 물과 화학적 비료, 살충제와 제초제 등을 사용하여 농업의 효율과 경제성을 높이는 것으로 이해되고 있으며, 여기에서 발생하는 문제점이나 어려움들에 대해서도 이미 교과서에 제시될 정도로 잘 알려져 있다. 이를 지양하기 위해 농업과학기술 분야에서는 많은 노력과 발전을 이루었다. 그러나 기후변화와 지구온난화의 가속화로 지구사회의 여러 분야에서 변화와 혁신에 대한 요구가 증가되고 있으며,

특히 농업분야에서는 이에 대한 수요가 다른 분야와 비교하여 월등하게 높다.

본 연구에서는 도시농업을 확산 및 촉진시키고 넓게는 전통적인 농업분야에서도 적용이 가능한 친환경적인 유기농업방법의 한 방향을 제시하고자 한다. 식물의 성장 효율성을 높일 수 있으며, 증가하고 있는 토양습윤제에 대한 수요에 대응하여 외국에서는 사용이 검증되었으나, 이를 확인하는 실험을 실시하였다. 환경에 미치는 영향이 검증된 유용미생물과 토양습윤제를 연계하여 식물의 생육에 미치는 영향을 확인하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험에서 토양습윤제로 사용된 지오희무스는 2013년 생산된 제품(독일 지오희무스사 제품)을 두가지 크기를 사용하였고, 미생물은 농업 및 여러 분야에서 다양하게 사용되고 있는 유용미생물액(좋은EM 이엠존)을 사용하였다. 식물을 재배하는 토양으로는 혼합토(화분월드, 10kg)를 구매하여 사용하였다. 방울토마토의 모종은 필마켓에서 2013년 9월 17일, 국화와 로즈마리는 시중 꽃집에서 같은 날 각각 구매하여 실험에 적용하였다. 미니그린하우스는 인터넷에서 구매하여 실험실 건물의 옥상에 설치하였고, 역시 시중에서 구입한 플라스틱 화분(63cm×23cm×17cm) 2개에 각각 3개의 식물을 심고, 같은 실험을 진행하였다.

1. 토양습윤제 습윤력 및 부피변화 확인

토양에서 습도를 유지하기 위한 목적의 폴리머로 이미 유럽 지역에서 사용되고 있는 토양습윤제들을 선택하여 수분흡수량을 비교하였다. 지오희무스는 Geohumus사 제품으로, hydrogel 성분에 화산재와 점토성분의 미네랄을 혼합하여 생산한 제품으로 수분흡수력이 40 배 이상되며(Geohumus GmbH), 입자크기별 흡수용량을

비교하기 위하여 평균 약 $2.1 \times 2.1 \times 2.1 \text{mm}^3$ (A), $4.5 \times 4.5 \times 4.5 \text{m}^3$ (B)의 두 가지 제품을 사용하였다. 비교대상 습윤제로 몬티젤-F(Suedchemie사 제품), 지코(Clariant사 제품) 등을 구매하여 사용하였다. 몬티젤-F와 지코는 Bentonite를 주원료로 생산된 제품이며, 물분자와 미네랄성분의 흡착력이 높다(Suedchemie사, Clariant사). 실험 방법으로는 각각의 토양습윤제를 이용하여 1g씩 정량하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 증류수 100ml를 넣어 채운 후 4시간과 48시간 경과 후, 수분흡수 후 유지정도를 살펴보았다. 본 실험은 2014년 3월, 보완 실험은 2015년 7월 20일에서 24일 사이에 수행되었다.

2. 유용미생물 배양

유용미생물 배양액의 미생물의 종류와 균체 농도를 확인하였다. 유용미생물은 구매된 원액을 사용하였으며 미생물을 확인하기 위해 실험하기 전 viable cell counting을 하여 세포 농도와 미생물 세포수를 확인하였다. EM은 원액, 10배, 100배 등으로 희석하여 사용하였다. Bacteria의 확인을 위해 MRS 한천배지에 각각 희석된(원액, 10배, 100배) 유용미생물용액 $80 \mu\text{l}$ 을 접종하

고, spreading 하고 36.5°C 에서 24시간 인큐베이터(동아과학, DA-IN-250)에서 배양하였다. Fungi의 배양 및 확인은 PDA배지를 이용하여 MRS 한천배지와 같은 방법으로 배양하였다. Azotobacter sp.는 Asbhy배지에서 확인하였다.

3. 유용미생물배양액의 지오희무스 고정화와 조건별 방울토마토 생육비교

수분 흡수 실험결과, 크기가 적은 담체가 더 많은 수분을 흡수하였고, 같은 용량에 대하여 표면적이 넓어 더 많은 미생물세포가 흡착되므로, 지오희무스A를 선택하여 앞으로의 실험에 사용하였다.

유용미생물 원액 500ml에 지오희무스를 25g 첨가하고, 지오희무스속에 미생물이 안착될 수 있도록 8시간 배양시킨다. 상등액을 따라 버리고 고정화된 지오희무스를 모아 실험에 사용하였다. 미니그린 하우스를 Figure 1과 같이, 실험실이 위치한 건물 옥상에 설치하고, 화분(Figure 2)을 준비하였다. 미리 준비된 플라스틱 화분에 혼합 토(15kg)와 토양습윤제(토양 15kg + 지오희무스 100g), 혼합 토와 미생물을 고정화한 토양습윤제(토양 15kg + 고정화된 EM 500ml) 지



Figure 1. Mini-greenhouse



Figure 2. Mini-tomatoes

오휴무스 100g를 채우고, 방울토마토 묘를 심은 후 관수하면서 실험을 진행하였다.

방울토마토는 3일에 1회 오후 3시경 1L씩 관수하였고, 7일 마다 성장속도를 비교하기 위해 높이(60cm 자로 측정), 가지 수와 과일 수와 건강상태를 관찰하였다. 미니그린하우스는 스틸과 PVC재질의 혼합하여 만들어졌으며, 높이가 190cm, 가로 폭 122cm, 세로 폭 186cm의 크기로, 전체 무게는 8.8kg이다.

4. 조경식물의 관수변화에 따른 생육비교

로즈마리, 국화의 관수에 따른 생육을 비교하였다. 배양토는 혼합토(15kg), 토양습윤제(토양 15kg + 지오휴무스 100g), 고정화한 토양습윤제(토양 15kg + 고정화된 지오휴무스 100g) 등 방울토마토와 같게 만들었다. 로즈마리와 국화는 모종을 심었을 때 각각 1L씩 일차 관수한 후, 3주 동안 관수 하지 않았다. 7일 간격으로 재료식물의 생육을 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양습윤제의 습윤력 비교

지오휴무스 A, B는 흡수하지 않은 물을 제거한 후에 무게를 재어 흡수한 물의 양을 구하였다. 지오휴무스 A, B는 각각 53.20, 43.28g의 물을 흡수하였다(Table 1; Figure 3). 지코와 몬티젤-F의 경우, 침지된 후 4시간, 48시간 경과 하여도 부피의 변화가 크지 않았고, 지오휴무스의 A, B 경우 4시간 경과 후 대부분의 수분이 흡수되었고, 그 이후에도 지속적으로 흡수량이 증가하였다.

2. 유용미생물 생균수 확인

유용미생물 배양액의 생균수를 측정하였으며, 1ml에 bacteria 약 3.0×10^3 개체, fungi 1.0×10^2 개체, azotobacter 1.0×10^3 개체의 농도로 혼합되어 있음을 확인하였다(Table 2). 일반적으로 토양에 유기물질이 풍부하게 되면 토양미생물의 생육이 촉진된다. 토양미생물의 생육과정에서 생성

Table 1. Water Absorption of Hydrogels for Soil.

Absorbant / h(g)	0 h(g)	4h(g)	48h(g)
Geohumus A	1.00	27.60	20.36
Geohumus B	1.00	53.20	43.28
Montigel	1.00	2.91	8.36
Geko	1.00	5.43	8.36

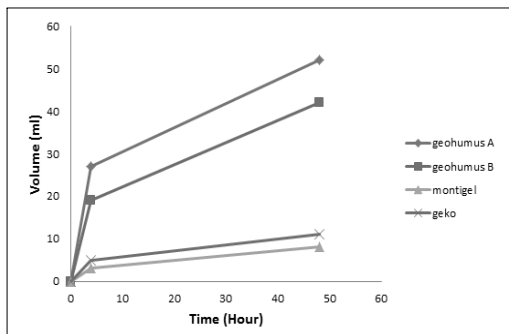


Figure 3. Water Absorption of Geohumus, Geko and Montigel.

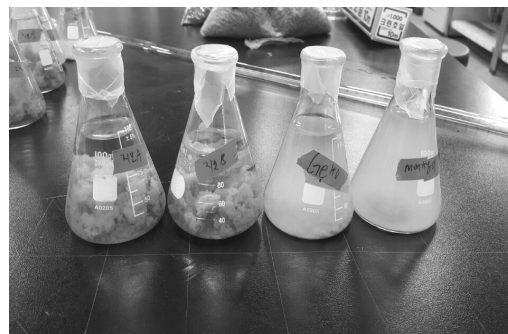


Figure 4. Geohumus A, Geohumus B, Geko and Montigel in Water.

Table 2. Microbial population of EM.

Microbial number of EM in 1ml		
Bacteria	Fungi	Azotobacter
3.0×10^3	1.0×10^2	1.0×10^3

되는 질소, 인, 칼륨과 여러 가지 미량요소들이 생성되고, 이 성분들은 식물에 흡수되어 식물의 생육에도 유리하게 작용한다. 또한, 풍부한 미생물들의 호흡에 의해 토양에 공극성이 풍부하게 되고, 식물의 뿌리에 유리하게 작용하게 된다. 이때 토양에 수분이 부족하게 되면, 이러한 미생물생육이 억제되고, 식물생육에 필요한 영양물질도 부족하게 되면, 이는 식물의 생장억제로 연결되게 되므로, 우선 토양에서 수분의 양을 유지할 수 있는 물질은 식물생장에 필요한 기본적인 조건을 마련하게 된다. 미생물들의 작용은 식물을 재배할 때 관수만 하는 것보다 식물의 생장을 촉진시킬 수 있을 것으로 사료된다. 유용미생물(Effective Microorganisms)들은 전 세계적으로 다양한 분야에서 사용되고 있고, 긍정적인 효과도 알려져 있으므로, 부작용에 대한 우려가 없는 것이 큰 장점으로, 문제없이 토양에도 적용하고 있다(Higa, 1996).

3. 유용미생물과 토양습윤제 혼합

방울토마토의 생육이 가장 잘 일어난 조건은

미생물이 고정화된 지오희무스를 혼합한 토양에서 재배한 방울토마토이다. 21일째의 경우를 비교해 보면 미생물이 고정화된 지오희무스의 경우 아무것도 넣지 않은 것보다 10cm가 더 자라 있었다. 고정화되지 않은 지오희무스를 첨가하여 재배한 경우보다 3cm가 더 자란 것을 확인할 수 있다(Figure 5). 가지 수 또한 21일의 관찰 기간동안 아무것도 넣지 않은 배양조건이 21일 동안 3배 증가하는데 머물렀으나 미생물이 고정화된 지오희무스의 경우 약 5배가 증가하였다(Figure 6). 토마토열매는 실험 주기가 3주 밖에 되지 않아 사실 상 많은 열매를 맺는 것을 관찰하기에 한계가 있었다. 특히 토양습윤제나 미생물의 첨가가 없었던 토양에서는 21일이 되어서야 조그만 열매를 관찰할 수 있었다. 최대 2개까지 12일째에 관찰할 수 있었는데 익지 않고 조그만 푸른빛을 띠는 열매였다(Table 3).

이 결과를 바탕으로 유용미생물세포들이 고정화된 지오희무스는 고정화하지 않은 것과, 지오희무스만으로 혼합된 두 가지의 배양토보다 방울토마토의 생장에 도움이 있는 것이 분명하

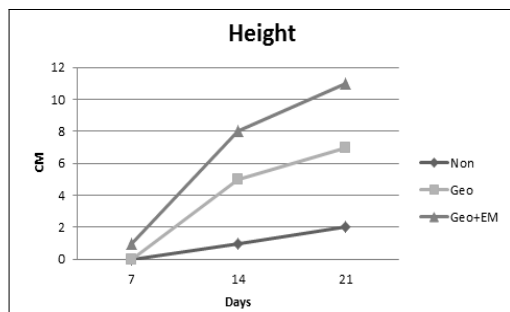


Figure 5. The height-comparison of mini-tomato plants cultivated in soil, mixed with Geohumus with and without EM.

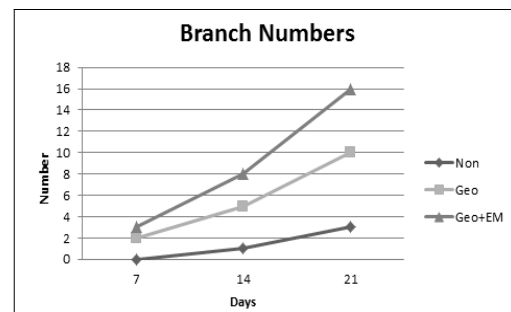


Figure 6. Branch-numbers of mini-tomato plants cultivated in soil, Geohumus with and without EM.

Table 3. Fruit numbers of cultivated mini-tomato plants.

Cultivation days	Non	Geo	Geo+EM
7	0	0	1
14	0	1	1
21	1	2	2

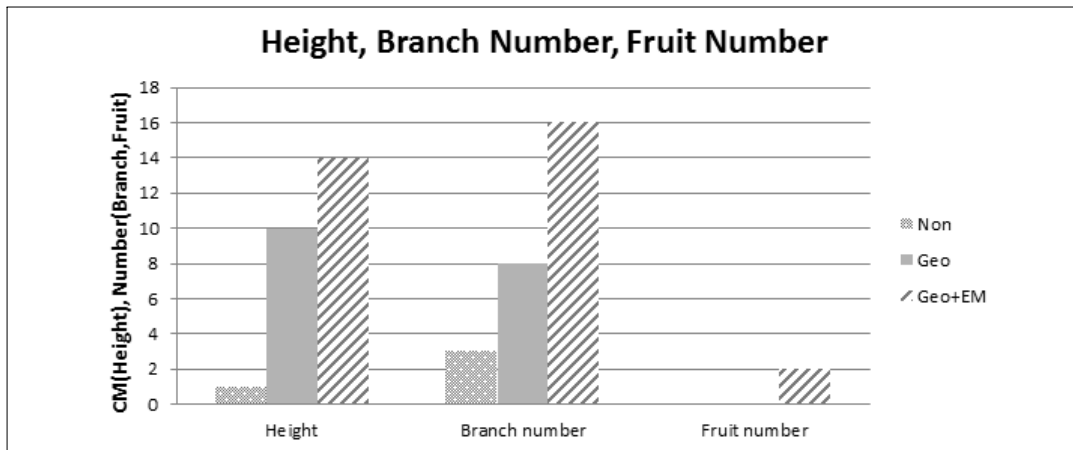


Figure 7. Height, branch and fruit numbers of the minitomatoe-fruits cultivated in soil, Geohumus with and without EM.

다고 사료된다. 열매의 경우 뚜렷한 개수의 차이는 확인하지 못 하였으나 미생물이 고정화된 지오희무스를 첨가한 것의 방울토마토가 더 많이 열릴 것이라는 경향성을 확인하였다. 모종 21일째의 결과 비교를 Figure 7에 정리하였다.

4. 조경식물의 관수변화에 따른 생육비교

조경분야는 관수를 전혀 하지 않은 상태에서 수분 없이 얼마나 오래 버티는지를 관찰하였다. 1~2주 때는 확연한 차이를 보이지 않아 육안으로 관찰하기 힘들었으나 21일 째인 3주째에서는 확실한 차이를 볼 수 있었다.

Figure 2의 왼쪽 사진이 처음 관수했을 때의 상태이고 오른쪽 사진이 21일이 지난 후 이다. 토양에서만 생육된 국화는 잎이 처지고 꽃이 시들해 진 것을 볼 수 있다. 하지만 지오희무스, 미생물이 고정화된 지오희무스를 혼합한 토양에서의 국화와 로즈마리는 잎이 조금 처지긴 했

지만 꽃은 아직 싱싱한 것을 관찰할 수 있었다.

본 연구는 기존의 토양재배법에 습윤기능을 하는 지오희무스를 첨가하고 더 나아가 지오희무스에 유용미생물세포를 고정화하여 식물의 생육 및 성장을 비교해 보았다. 지오희무스에 유용미생물을 고정화한 쪽 식물의 생육이 더 빠르고 성장도 더 큰 것으로 보아 일부분 식물의 생육에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 식물은 제한된 범위에서 일정량의 영양분과 수분을 공급 받으며 생육되므로, 영양성분과 수분은 물론 토양의 건강상태까지 종합적으로 관리가 되어야 한다. 본 연구는 지오희무스에 유용미생물을 첨가하여 식물의 성장 차이에 대한 가능성 및 경향을 확인해 본 실험이다. 그 결과 지오희무스에 유용미생물을 고정화하여 재배하는 방법은, 환경이 급격하게 변화는 도시환경 속 옥상정원을 활성화하고, 도시농업의 가능성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

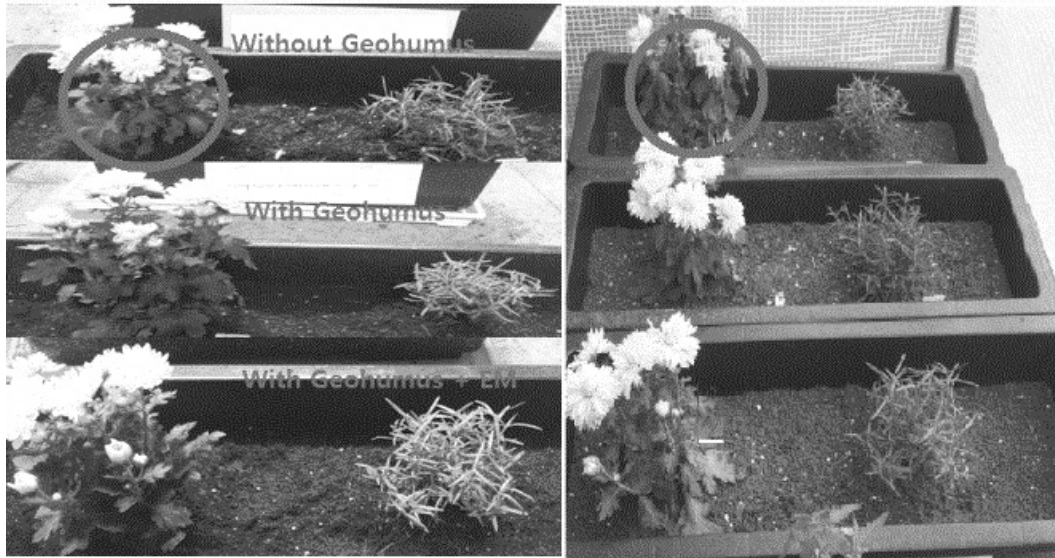


Figure 8. Rosmary- and Chrysanthemum flowers 21 days after seedling.

IV. 결 론

본 연구에서는 도시녹화의 일환으로 옥상정원의 확산 및 활성화에 필요한 수분 및 식물생육 조건 최적화에 대한 연구를 시중에서 쉽게 구매가 가능한 제품들 지오희무스, 지코, 몬티젤과 EM을 대상으로 실시하였다.

1. 각 토양습윤제의 습윤력과 유용미생물에서 각 미생물의 종류를 분석하였다. 토양습윤제는 비교적 빠르게 수분을 흡수하였고, 유용미생물을 분석한 결과 충분한 양의 유산균이 함유되어 있었다. 일반적으로 토양에 유기물질이 풍부하게 되면 토양미생물의 생육이 촉진된다. 토양미생물의 생육과정에서 생성되는 질소, 인, 칼륨과 여러 가지 미량요소들이 생성되고, 이 성분들은 식물에 흡수되어 식물의 생육에도 유리하게 작용하고, 풍부한 미생물들의 호흡에 의해 토양에 공극성이 높아지므로, 식물의 뿌리에 유리하게 작용하게 된다. 미생물들의 작용은 식물을 재배할 때 관수만 하는 것보다 식물의 생장을 촉진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

2. 실험소재로 사용한 방울토마토의 생육정

도는 생장과정에서 가지의 수, 열매의 수를 비교하였고, 유용미생물과 지오희무스를 혼합한 토양에서 생육정도가 가장 우수하였다.

3. 조경식물로는 국화와 로즈마리를 실험대상으로 사용하였고, 이 경우에는 관수를 하지 않은 상태에서 토양습윤제와 유용미생물을 첨가한 경우 더 오랫동안 싱싱함을 유지할 수 있었다.

본 연구에서는 몇 가지 토양습윤제와 유용미생물을 혼합하여 토양에 첨가하였을 때 식물의 생장 차이를 측정하여, 유용미생물의 혼합을 통해 토질개량제의 효과를 증진시킬 수 있음을 확인하였고, 이는 도시의 옥상농업에서 효율을 높일 수 있는 한 방법으로 제안될 수 있다. 다만 향후 연구에서는 유용미생물의 조성이 토양의 상태에 미치는 영향 등이 다루어져야하고, 식물의 종류에 따라 나타나는 생육정도 등은 다양한 측정 실험을 통해 통계적으로 처리되어 보다 자세한 결과들이 필요할 것으로 사료된다.

References

Dunnett, N. P. and N. Kingsbury. 2012. Planting

- Green Roofs and Living Walls. Portland; Timber Press.: 336.
- Erica, O. · Jeremy, L. · Brad, B. · Reid, R. C. · Hitesh, D. · Nigel, D. · Stuart, G. · Manfred, K. · Karen, K. Y. and R. Bradley. 2007. Green roofs as urban ecosystems, ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57: 823-833.
- Ha SK. 1996. Environment coherence of land use change in Ulsan which uses a land use TM data and the greens. A dissertation for MS degree, Sungkyunkwan University, Seoul.
- Higa, T. 1996. An earth saving revolution, 37-38.
- Higa, T. 2004. Effective microorganism - a new dimension for nature farming. In: Parr, J.F., Hornick, S.B., Simpson, M.E.(eds). Proceedings of the second international nature farming conference. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C. U.S.A. 20-22.
- Hu, C. and Y. Qi. 2013. Long term effective application promotes growth and increase yields and nutrition of wheat in China. *Eur. J. Agron.* 46, 63-67.
- Javid, A. 2006. Foliar application of effective microorganism on pea as an alternative fertilizer. *Agron. Sustain. Dev.* 26, 257-262.
- Kang KY and Lee EH. 2005. The study on native plants and planting soil for extensive rooftop greening, *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.* 8(4): 23-31.
- Kim Y. 2007. The Change of Plant Growth and Media by Genus Sedum in a Less Intensive and Light Weight Rooftop Afforestation System, *Flower Res. J.* 15(3): 169-173.
- Koo JM. · Kim KR and Park HG. 2001. A Study on the engineering characteristic of organic mixed soil. Proceedings of the Journal of Civil Engineering Conference: 2955-2958.
- Lee YM. 2002. Case of rooftop garden in the inside and outside of the country. p. 118-123. *Environment and Landscape Architecture*. Korea.
- Seoul Metropolitan Government. 2002. Report of monitoring on rooftop garden ‘Choroktrul’ in 2001. Department of Landscape Architecture in Seoul.
- Seoul Metropolitan Government. 2003. Love of Seoul. p.6. Seoul Metropolitan Government.
- Uhm MJ · Noh JJ · Chon HG · Kwon SW and Song YJ. 2012. Application effect of organic fertilizer and chemical fertilizer on the watermelon growth and soil chemical properties in greenhouse, *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 31: 1-8.