

ORIGINAL ARTICLE

## 저관리 도시농업을 위한 벽면녹화 부직포 처리가 식용꽃인 한련화(*Tropaeolum majus* L.)의 생육과 개화에 미치는 영향

박재현 · 윤용한<sup>1)</sup> · 이재만<sup>2)</sup> · 송희연<sup>2)</sup> · 주진희<sup>1)</sup>\*

국립산림품종관리센터, <sup>1)</sup>건국대학교 녹색기술융합학과, <sup>2)</sup>건국대학교 대학원 녹색기술융합학과

### Effects of Layers of Non-woven Fabric on the Growth and Flowering of Edible Flower *Tropaeolum majus* L. in the Vertical Greening System for Lower Maintenance Urban Agriculture

Jae-Hyeon Park, Young-Han Yoon<sup>1)</sup>, Jae-Man Lee<sup>2)</sup>, Hee-Yeon Song<sup>2)</sup>, Jin-Hee Ju<sup>1)</sup>\*

Korea Forest Seed & Variety Center, Chungju 27495, Korea.

<sup>1)</sup>Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea.

<sup>2)</sup>Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University, Chungju 27478, Korea

#### Abstract

*Tropaeolum majus*, with a high decorative and food demand for vertical greening systems, has been utilized to revitalize urban agriculture. The effects of number of non-woven fabrics in a non-water environment and the adaptability of *T. majus* to this system were investigated. Planting ground composition of the container-type wall vertical greening system was made using non-woven fabric in one, two, three, or four layers. The results showed that the soil water content remained the highest when the non-woven fabric comprised 4 sheets. The morphological properties showed more growth with the 4 sheets than with 1, 2, and 3 sheets. In terms of physiological characteristics, chlorophyll content was mostly high in the 4 sheets, while shoot fresh weight value was in the order of 3 > 4 > 2 > 1 sheet, and root fresh weight value was in the order of 4 > 2 > 1 > 3 sheets. The dry weight of the measured values in the shoot was in the order of 4 > 3 > 2 > 1 sheet while no clear difference was found in the root of each treatment. The difference in the flowering characteristics was not different, but in evaluating the characteristics as a whole, the growth in the three layers of non-woven fabric was the best. In addition, the soil moisture contents and the growth characteristics were statistically significant as a positive correlation between the groups. Thus, greater the non-woven fabric, the higher is the adaptability of *T. majus* to dry stress under soil water-free conditions by maintaining soil moisture content. This showed that it represented an effective alternative as a method of vertical greening system for lower maintenance urban agriculture.

**Key words** : Dry stress, Non-woven fabric, Plant growth, Soil moisture content, Hanging basket

Received 13 March, 2019; Revised 6 May, 2019;

Accepted 7 May, 2019

\*Corresponding author. Jin-Hee Ju, Department of Green Technology Convergence, Konkuk University, Chungju 27478, Korea  
Phone : +82-43-840-3541  
E-mail : jjhkkc@kku.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

기후변화에 따른 건조지대 증가 및 인구 증가로 인한 농경지 감소(Fedoroff, 2015)에 새로운 대안으로서 도시농업이 대두되었지만, 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)에 의하면 도시농업으로 인해 생산되는 식량은 세계 식량시장의 15% 정도 밖에 되지 않는다고 하였다. 최근에는 더욱 적극적인 의미에서 녹지와 인간의 활동을 접목시키려는 움직임이 일고 있으며(Lee et al., 2014), 도시를 중심으로 다양한 공간을 창출하여 재배 및 녹지 공간으로 활용하고, 공간에 적절한 도시농업기술을 연구·개발함으로써 도시농업의 생산량을 증대시키는 것을 목적으로 하고 있다. 하지만 도시지역 내에서 농지의 확보 및 유지(Kim et al., 2010)와 공간의 제약성 때문에 활용도가 떨어지는 실정이다(Song et al., 2018). 이에 건물의 외부 벽면 공간을 활용한 식물 및 녹화시스템인 수직적 농장에 관한 연구가 진행되고 있다(Kalantari et al., 2017).

벽면공간은 일반적인 녹화와 달리 시설물의 경량화와 조성 및 관리의 편리성이 중요하다(Ryu et al., 2014). 특히 식물의 성장을 위해서는 토양층과 관수가 기본적으로 설치되는 시스템을 따라야만 한다(Oh and Kim, 2017). 이러한 시스템에 적용하기 위해 벽면녹화 기술로 포트(pot) 기법을 활용하고 있다. 하지만, 포트 기법을 선택할 경우 수중이 한정되어 있고, 열악한 식물 생육조건으로 고사가 빈번하게 발생한다(Lee and Lee, 2013). 또한, 벽면녹화에 이용되는 식물들의 환경변화에 대한 내성을 평가할 수 있는 객관적 지표가 없어 판단 기준에 대한 연구가 필요한 실정이다(Ryu et al., 2014). 특히, 벽면의 환경압 중 식물생육에 가장 문제가 되는 것이 토양의 건조와 바람에 의한 과도한 증산이라고 볼 때, 식물 종의 생리적 내건성도 요구되나 빗물을 최대한 저장·활용할 수 있는 토양의 식재지반 및 피복재에 관한 연구가 요구되고 있다(Ju et al., 2015).

이에 본 연구는 식용꽃으로 가장 사용량이 많은 한련화(*Tropaeolum majus* L.)를 대상으로(Park et al., 2007) 벽면녹화의 부직포 처리에 따른 토양중량수분, 생육 및 개화 특성을 살펴봄으로써, 인위적인 관수량을 최소화할 수 있는 저관리 도시농업의 활성화모색

하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구재료

#### 2.1.1. 토양, 식물, 피복재

본 연구에 사용된 공시 토양은 보습력 및 배수력, 통기성이 좋은 원예용 상토(Hanaruem, sinsungmineral, Korea)와 통기성과 배수성을 제공하며 pH7인 펄라이트(New-pealshine, GFC, Korea)를 배수층으로 사용하였다. 식물재료는 관상가치 외에 건강에 도움이 될 수 있는 물질이 밝혀져 꾸준히 수요가 증가하고, 용기형 수직농업에 적합한 한련화를 사용하였으며(Lee et al., 2011; Christenhusz, 2012; Ju et al., 2018), 2015년 4월 직경 12 cm 화분을 구입한 후 1개월간 순화시켰다. 피복재 처리는 다공성 구조에 의한 수분유지(Ju et al., 2015), 재료(Shin et al., 2009)와 겹수(Shin et al., 2005)에 따른 온도 유지 효과가 있는 부직포(non-woven fabric, NF Sungju, Korea)를 이용하였다.

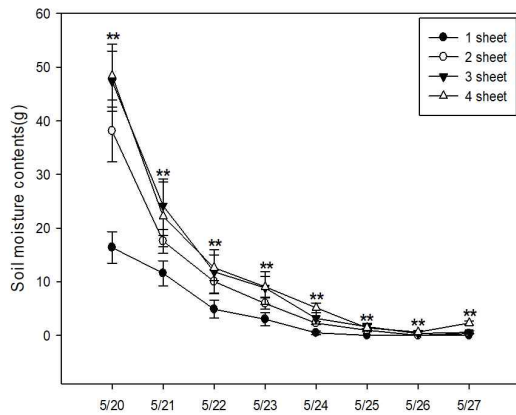
#### 2.1.2. 실험구 조성

본 실험은 2015년 5월부터 7월까지 수행되었으며, 전 공온실 남동쪽 벽면에서 실시하였다. 용기형 실험구의 크기는 30×17×17 cm이며 1/4구형 행잉바스켓(hanging basket) 바깥쪽을 부직포로 피복하였다. 식재지반은 용기 높이의 1/3을 펄라이트로 배수층을 형성하고 배합토를 용기의 턱 2~3 cm를 남기고 포설하였다. 한련화는 각 포트 당 3반복으로 식재하였으며, 피복재에 따른 수분 및 성장 비교를 위해 부직포 처리를 1겹, 2겹, 3겹, 4겹으로 각각 3구씩 처리하였다. 실험구는 온실 외부 벽면에 설치한 가로 약 13 m 높이가 약 1.5 m의 격자형 구조물에 부착하였다. 초기활착을 위해 각 실험구 당 500 ml로 관수한 이후에는 빗물로만 수분공급을 하였다.

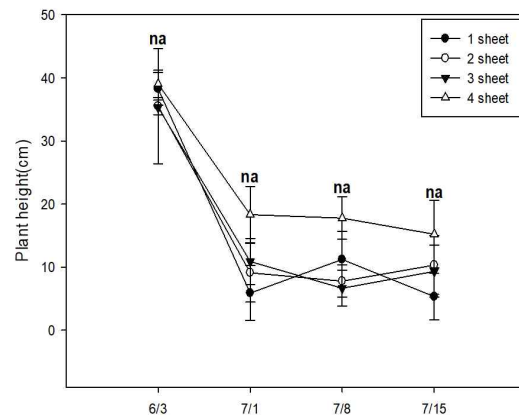
### 2.2. 연구방법

#### 2.2.1. 토양중량수분

식재 전 부직포 처리에 따른 토양 내 중량수분함량을 알아보기 위하여 2015년 5월 설치 완료 후 7일 동안 매일 1회 10반복으로 각 처리구별 용기무게를 전자저울(FG-150KAL-H, Korea)을 이용하여 측정하고 평균값을 산출하였다.



**Fig. 1.** Changes in soil moisture contents in the vertical greening system affected by different layers of non-woven fabric. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=3). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.



**Fig. 2.** Change in plant height of the *Tropaeolum majus* in response to different layers of non-woven fabric in a vertical greening system. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=9). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.

### 2.2.2. 식물의 형태 및 생리

식물의 형태적 변화는 정식 후 1개월이 경과하고 생육이 왕성한 시기인 2015년 6월부터 7월까지 초장, 엽수, 엽장, 엽폭 등을 2주마다 조사하였다. 초장은 하단부에서 정단부까지 자를 이용하여 잴며, 엽수는 육안으로 션다. 엽장과 엽폭은 디지털 캘리퍼스(DC-03A-150, KirinCorp, Korea)를 이용하여 실험기간 동일한 엽을 선정하여 길이를 잴다. 생리적 변화는 엽록소 함량, 생체중, 건물중으로, 엽록소 함량은 엽록소 측정기(SPAD-502, Mionlta, Japan)를 이용하여 3반복으로 잰 뒤 평균값은 산출하였다. 생체중과 건물중은 실험종료 후 각각 지상부와 지하부로 나누어 생체중을 잰 뒤, 70℃의 드라이 오븐(C-DF, CHANGSHIN Sci Co, Korea)에서 48시간 건조한 후 건물중을 측정하여 처리간 비교를 하였다.

### 2.2.3. 개화수

개화수는 첫 개화를 시작으로 2015년 6월 중순부터 7월 초까지 육안을 통해 개화수를 조사하였다.

### 2.2.4. 통계분석

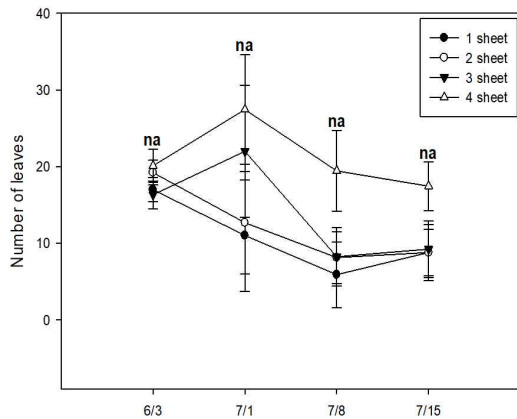
본 연구의 통계분석은 수집된 데이터를 PASW

statistics 18(SPSS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 ANOVA 및 Kruskal-Wallis 검정으로 각 처리 간 유의성을 검증하였으며, 각 요소들 간의 상관분석을 통하여 관계를 분석하였다. 이를 SigmaPlot 12.3(Systat software, Inc., San Jose, CA, USA)을 통해 그래프를 작성하였다.

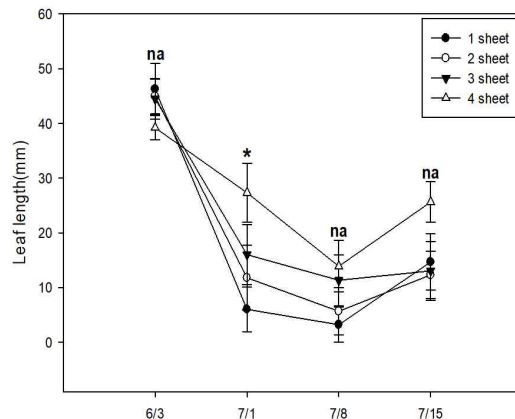
## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 벽면녹화 식재지반 내 토양중량수분함량의 변화

식재 전 부직포 처리에 따른 벽면녹화 식재지반 내 토양중량수분함량의 변화를 살펴보면, 부직포가 1겹인 경우는 실험 시작 5일 만에 0g으로 떨어졌으며, 2겹 및 3겹인 경우는 실험 시작 6일, 4겹은 7일 만에 0g으로 떨어졌다. 하지만 부직포가 4겹인 경우 실험 시작 8일째에 토양의 수분이 2.3 g까지 감소되었다. 또한 4 sheets > 3 sheets > 2 sheets > 1 sheet 순으로 통계적 차이를 나타내(Fig. 1), 부직포가 수분을 유지하고(Ju et al., 2015), 수분방출량을 낮추었으며, 이는 부직포의 겹 수가 많을수록 벽면녹화 식재지반 내 수분보유능이 높아짐을 보여



**Fig. 3.** Change in number of leaves of the *Tropaeolum majus* in response to different layers of non-woven fabric in a vertical greening system. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=9). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.



**Fig. 4.** Change in leaf length of the *Tropaeolum majus* in response to different layers of non-woven fabric in a vertical greening system. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=9). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.

주는 결과라 하겠다.

### 3.2. 식물의 형태적 변화

#### 3.2.1. 초장

부직포 처리가 1겹인 경우 약 30일 정도에 초장이 5 cm로 가장 큰 변화를 보였으며, 부직포 4겹인 경우는 초장이 약 20 cm로 측정되었다. 처리구별 초장은 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 4 sheets > 2 sheets > 3 sheets > 1 sheet 순으로 4 sheets일 경우 측정값이 가장 높았으며, 감소 폭 추이가 낮았다(Fig. 2). 선행연구에 따르면 토양 내 수분함량이 초장 생육과 관계가 깊고, 건조 스트레스에 따른 영향이 줄어든다고 하였다(Álvarez and Sánchez-Blanco, 2013). 이와 같이 부직포 처리가 4겹일 때, 한련화 초장 생육에 있어 건조 스트레스에 대한 적응성이 높아진다고 사료된다.

#### 3.2.2. 엽수

한련화 엽수 초기값이 15~20개라고 볼 때, 부직포 처리가 1~2겹인 경우 지속적으로 감소한 반면, 3~4겹인 경우는 엽수가 27개 정도로 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 처리구별 엽수는 유의적인 차이는 나타나지 않

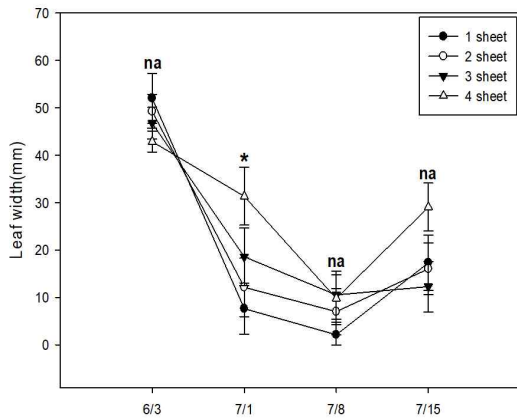
았지만, 4 sheets > 3 sheets > 2 sheets > 1 sheet 순으로 4 sheets 처리 시 엽수가 가장 높은 것으로 조사되었다(Fig. 3).

#### 3.2.3. 엽장

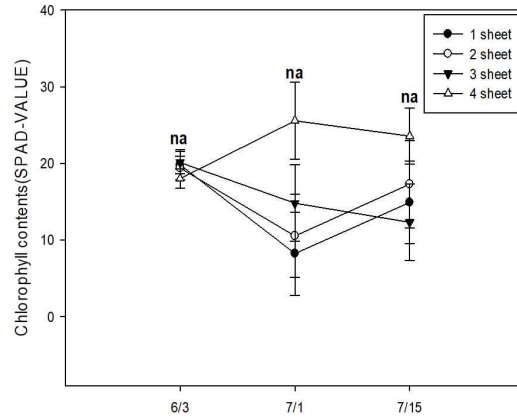
부직포 처리가 1~3겹인 경우 30일 동안은 급격히 감소하여 5~12 mm로 감소하다가 12~15 mm까지 낮게 회복되었으며, 부직포 4겹인 경우는 13 mm로 서서히 감소하다 26 mm까지 높게 회복되었다. 7월 1일 측정값을 기준으로 분석결과 4 sheets > 3 sheets > 2 sheets > 1 sheet 순으로 유의적 차이를 나타냈다(Fig. 4). 엽장은 토양의 물리·화학적 조건에 영향을 받으며(Klok and van der Velde, 2017), 부직포 겹 수에 따른 토양중량수분함량의 차이가 엽장 생육에 영향을 끼친 것으로 사료된다.

#### 3.2.4. 엽폭

부직포 처리가 1~3겹인 경우 30일 동안은 5~13 mm로 급격히 감소하다가 12~17 mm까지 낮게 회복되었으며, 부직포 4겹인 경우는 15 mm로 서서히 감소하다 29 mm까지 높게 회복되었다. 7월 1일 측정된 결과값을 기준으로 분석한 결과 4 sheets > 3 sheets > 2 sheets >



**Fig. 5.** Change in leaf width of the *Tropaeolum majus* in response to different layers of non-woven fabric in a vertical greening system. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=9). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.



**Fig. 6.** Change in chlorophyll contents of the *Tropaeolum majus* in response to different layers of non-woven fabric in a vertical greening system. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=9). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.

1 sheet 순으로 부직포가 4겹일 경우 가장 양호한 것으로 유의적 차이를 나타냈다(Fig. 5). 엽폭은 성장상태의 주요 지표로서 형태학적 특징을 결정하기 위한 중요한 변수로 알려져 있다(Engle and Miller, 2005). 이는 저관리 도시농업을 위한 벽면녹화 식재지반 내 토양수분함량의 보유여부가 엽형에 직접적으로 영향을 줄 수 있음을 시사한다고 하겠다.

### 3.3. 식물의 생리적 변화

#### 3.3.1. 엽록소함량

엽록소함량 초기값이 20 SPAD-Value 내외인 상태에서 시험한 결과 부직포가 1~3겹일 경우 30일 동안 9~15 SPAD-Value로 감소하였으며, 부직포 4겹일 경우는 약 25 SPAD-Value로 증가하였다. 처리구별 엽록소함량은 4 sheets > 2 sheets > 1 sheet > 3 sheets 순으로 높았지만, 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 6). Silva et al.(2018)은 토양 내 수분이 감소하면 식물의 상대적인 체내 수분 함량이 감소하며, 엽록소함량 감소에 영향을 받는다고 하였다. 따라서 다른 처리구보다 부직포의 겹수가 증가할수록 상대적으로 식재지반 내 수

분보유능이 증가함에 따른 결과라 사료된다.

#### 3.3.2. 생체중과 건물중

지상부 생체중은 3 sheets > 4 sheets > 2 sheets > 1 sheet 순이며, 건물중은 4 sheets > 3 sheets > 2 sheets > 1 sheet 순으로 나타났다. 통계적으로 유의성은 낮았으나, 부직포 1겹과 2겹의 차이는 거의 비슷한 값을 보였으며, 4겹일 때보다 3겹에서 식물체 수분함량이 높았다. 한편, 지하부 생체중은 4 sheets > 2 sheets > 1 sheet > 3 sheets 순이며, 건물중은 4 sheets > 2 sheets > 3 sheets > 1 sheet 순으로 나타나지만, 통계적으로 유의성은 낮았다. 식물체 수분함량은 부직포 3겹일 때 현저히 낮고, 1겹과 2겹의 차이는 거의 없었으며, 4겹에서 식물체 수분함량이 가장 높았다(Fig. 7). 이러한 결과는 부직포 1겹과 2겹은 전체적으로 한련화의 생리적 활성이 저조한 반면, 3겹 이상일 경우는 지상부에서 긍정적인 효과가 있으나, 지하부에는 부정적인 영향을 줄 수 있어 추후 면밀한 조사가 이루어져야 한다고 본다.

### 3.4. 개화수

개화수의 초기값이 3개 내외인 상태에서 시험한 결과

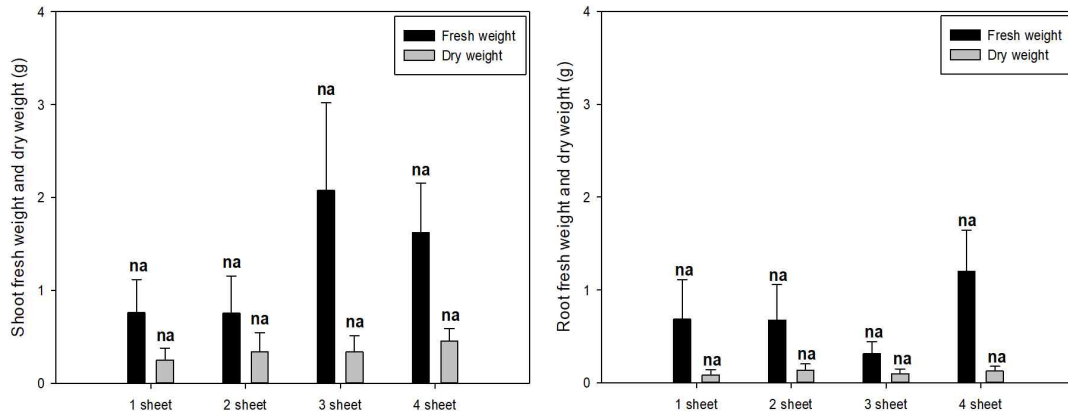


Fig. 7. Fresh weight and dry weight of the *Tropaeolum majus* in response to different layers of non-woven fabric in a vertical greening system. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=9). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.

부직포 1~4겹 모두 서서히 감소하였으며 가장 낮은 감소세를 보인 것은 3겹이며, 처리구별 개화수는 3 sheets > 1 sheet > 4 sheets > 2 sheets 순으로 미미한 차이를 나타지만 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 8).

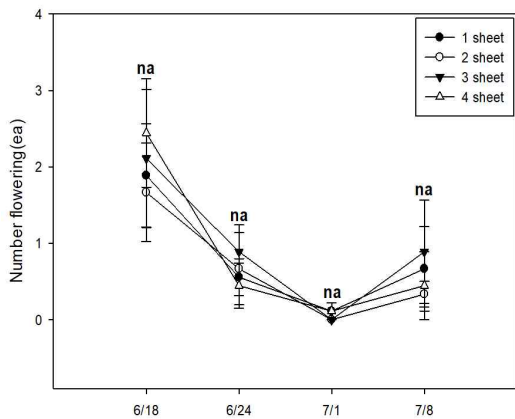


Fig. 8. Change in number of flowering of the *Tropaeolum majus* in response to different layers of non-woven fabric in a vertical greening system. Vertical bars give the Standard Error (SE) of the mean. ns, not significant; \* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively (n=9). 1 sheet; a piece of non-woven fabric, 2 sheet; two sheets of non-woven fabric, 3 sheet; three sheets of non-woven fabric, 4 sheet; four sheets of non-woven fabric.

### 3.5. 토양중량수분함량과 생육특성 및 개화수 간의 상관관계 분석

토양중량수분함량과 생육특성 및 개화수 간의 상관계수를 살펴보면, 초장, 엽장, 엽폭, 개화수는 0.4 ~ 0.6으로 보통, 엽록소는 0.2 ~ 0.4로 약함, 엽수는 0.2 이하로 상관관계가 낮은 수준이나, 모두 양의 상관성으로 통계적 유의하였다. 생체중 및 건물중은 모든 항목에서 0.2 이하로 상관관계가 낮은 수준으로 음의 상관성이며, 지상부 생체중을 제외하고 모두 통계적 유의하지 않았다. 하지만, 생육특성 집단별 상관관계는 식물형태와 개화수는 0.4 ~ 0.6으로 보통, 식물생리는 0.3으로 약한 상관관계로 분석되었으며, 모두가 통계적으로 유의하였다(Table 1). 이러한 결과는 토양중량수분함량이 한련화 생육에 전반적인 영향을 끼치며, 꽃을 식용으로 사용하는 특성상 생산적 가치와 상관성이 높음을 보여준다고 하겠다.

## 4. 결론

본 연구는 식용꽃으로 가장 사용량이 많은 한련화 (*Tropaeolum majus*)를 중심으로 부직포 처리에 따른 토양중량수분함량과 식물의 생육 및 개화수를 평가함으로써, 저관리 도시농업으로서 벽면녹화의 활성화방안에 활용하고자 수행하였다.

**Table 1.** Pearson's correlation between soil moisture contents and growth characteristics

Morphology	.516**	Height (cm)	Leaves (No.)	Length (mm)	Width (mm)	
		.559**	.196**	.533**	.510**	
Soil moisture contents (%)	.264**	Chlorophyll (SPAD-Value)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
		.305**	-.193**	-0.120	-0.024	-0.051
Flowering	.437**	Flowering (ea)				
		.437**				

\* and \*\*, significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively. not more than 0.2; not correlated, 0.2 - 0.4; weak correlation, 0.4 - 0.6; normal level correlation, 0.6 - 0.8; high water correlation, 0.8+; strong correlation. Height, Leaves, Length, Width; Growth. Chlorophyll, Shoot fresh weight, Shoot dry weight, Root fresh weight, Root dry weight; Physiology. Flowering; Production.

토양중량수분함량은 부직포의 겹 수가 많을수록 높아졌으며, 4겹일 경우 가장 높게 나타났다. 한련화의 생육 특성은 개화수에 비해 전반적으로 부직포 1겹, 2겹, 3겹은 저조하였으나, 4겹에서는 높은 경향을 보였다. 지상부 생체중은 3겹 > 4겹 > 2겹 > 1겹 순인 반면, 지하부의 경우 4겹 > 2겹 > 1겹 > 3겹으로 나타났다. 지상부 건물중은 4겹 > 3겹 > 2겹 > 1겹 순인 반면, 지하부는 처리구 별 뚜렷한 차이가 없었다.

토양중량수분함량과 생육특성 간의 상관관계를 살펴보면, 초장, 엽장, 엽폭, 개화수는 보통, 엽록소 함량은 약한 수준에 양의 상관관계였으며, 엽수, 생체중, 건물중은 상관관계가 낮은 수준으로 분석되었다. 하지만 생육특성 집단별 상관관계는 토양중량수분함량과 양의 상관으로 통계적 유의하였다.

결과적으로 부직포 처리에 따른 토양중량수분의 차이는 뚜렷하였으며, 부직포 4겹일 때 확연히 높게 나타났다. 또한, 한련화의 생육 결과에서도 비슷한 경향을 보였다. 따라서, 부직포 처리에 따른 토양중량수분함량의 증가는 한련화의 건조스트레스 완화효과가 있는 것으로 보며, 이는 생육 및 개화에 직·간접적으로 영향을 끼친 것으로 보인다. 이에 부직포 처리를 통한 벽면녹화 식재지반 내 수분환경개선 효과는 높은 것으로 판단되며, 추후 다양한 식용식물을 적용한 장기적 생육 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Álvarez, S., Sánchez-Blanco, M. J., 2013, Changes in growth rate, root morphology and water use efficiency of potted *Callistemon citrinus* plants in response to different levels of water deficit, *Sci. Hortic.*, 156, 54-62.
- Christenhusz, M. J. M., 2012, Curtis's Botanical Magazine (*Tropaeolum majus*), *R. Bot. Gard.*, 29(4)th California Islands Symposium (DK Garcelon a, 331-340.
- Engle, J. M., Miller, K. A., 2005, Distribution and morphology of eelgrass (*Zostera marina* L.) at the California Channel Islands, *Proceedings of the Sixnd Agric. Food Secur.*, 4(1), 1-11.
- Fedoroff, N. V., 2015, Food in a future of 10 billion, *J. People. Plants. Environ.*, 18(5), 371-378.
- Ju, J. H., Kim, H. R., Kim, W. T., Chol, E. Y., Yoon, Y. H., 2015, Plant growth assessment of flowering shrub species in a vertical greenery system with different cover materials and substrates for low mCA Schwemm, eds), 405-414.
- Ju, J. H., Yang, J., Park, J. Y., Yoon, Y. H., 2018, The role of cover material in soil water retention and growth of *Tropaeolum majus* and *Fragaria* spp. by vertical farming using hanging baskets in urban agriculture, *J. Environ. Sci. Int.*, 27(5), 291 - 297.
- Kalantari, F., Mohd Tahir, O., Mahmoudi Lahijani, A.,

- Kalantari, S., 2017, A Review of vertical farming technology: a guide for implementation of building integrated agriculture in cities, *Adv. Eng. Forum*, 24, 76-91.
- Kim, T. G., Park, M. H., Heo, J. N., 2010, Vision and assignment for the urban agriculture, *Kor. Rural Econ. Inst.*, 1-133.
- Klok, P. F., van der Velde, G., 2017, Plant traits and environment: floating leaf blade production and turnover of waterlilies, *PeerJ*, 5, 1-22.
- Lee, G. W., Jeong, Y. N., Min, B. H., Kim, S. Y., 2014, Study of improving the biotope area ratio system for urban agriculture vitalization-focus on daylight condition analysis, *J. Kor. Acad. Ind. Soc.*, 15(12), 7393-7402.
- Lee, H. J., Lee, S. J., 2013, Performance evaluation and growth condition study about green-wall system using moss, *J. Archit. Inst. Kor. Plann. Des.*, 29(1), 239-246.
- Lee, J. A., You, E. H., Kim, K. J., Kwon, H. J., Song, J. S., 2011, Effect of storage film type on quality maintenance in edible flower, *Flower Res. J.*, 19(4), 212-218.
- Oh, J. H., Kim, D. Y., 2017, Fire-resistant green-wall system for traditional markets, *J. Archit. Inst. Kor. Struct. Constr.*, 33(11), 27-33.
- Park, Y. J., Kim, H. J., Choi, K. H., Baek, S. H., Park, S. H., Kang, S. S., 2007, Effect of sowing time on growth and flowering of nasturtium, *Kor. J. Hortic. Sci. Technol.*, 25, 120.
- Ryu, J. H., Lee, H. B., Kim, C. M., Jung, H. H., Kim, K. S., 2014, Cold tolerance of ground cover plants for use as green roofs and walls, *Kor. J. Hortic. Sci. Technol.*, 32(5), 590-599.
- Shin, Y. S., Lee, J. E., Yeon, I. K., Cheung, J. D., Choi, S. Y., Lee, K. D., 2009, Effect of nonwoven fabrics materials on the growth and yield of korea melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.), *Prot. Hortic. Plant. Fact.*, 18(2), 101-106.
- Shin, Y. S., Park, S. D., Do, H. W., Bae, S. G., Kim, J. H., Kim, B. S., 2005, Effect of double layer nonwoven fabrics on the growth, quality and yield of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.) under vinyl house, *Prot. Hortic. Plant. Fact.*, 14(1), 22-28.
- Silva, M. D. A., Pincelli, R. P., Barbosa, A. D. M., 2018, Water stress effects on chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in sugarcane cultivars with contrasting tolerance, *Biosci. J.*, 34(1), 75-87.
- Song, X. P., Tan, H. T., Tan, P. Y., 2018, Assessment of light adequacy for vertical farming in a tropical city, *Urban For. Urban Green.*, 29, 49-57.

- 
- 박재현, 국립산림품종관리센터 박사연구원  
jh2344@korea.kr
  - 윤용한, 건국대학교 녹색기술융합학과 교수  
yonghan7204@kku.ac.kr
  - 이재만, 건국대학교 녹색기술융합학과 대학원생  
offense90@naver.com
  - 송희연, 건국대학교 녹색기술융합학과 대학원생  
heeyeon9003@daum.net
  - 주진희, 건국대학교 녹색기술융합학과 교수  
jjhkcc@kku.ac.kr