

ORIGINAL ARTICLE

## 가로수 하부의 식재밀도에 따른 지피초화류의 생육 평가

윤용한 · 이선영<sup>1)</sup> · 주진희\*

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

### Evaluation of Growth of Groundcovers as Affected by Planting Densities under the Roadside Trees

Yong Han Yoon, Sun Yeong Lee<sup>1)</sup>, Jin Hee Ju\*

Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea

<sup>1)</sup>Department of Green Technology Convergence, Graduate School of Konkuk University, Chungju 27478, Korea

#### Abstract

This field experiment aimed to identify the optimal planting density for establishing a management plan for ground-cover plants under roadside trees. *Liriope platyphylla* and *Hosta longipes* both widely used for planting under trees were selected as the plant materials and planted under *Prunus serrulata* var. *spontanea* at different planting densities. Based on the distance between each plant, 4 planting densities were used: 11%, 25%, 49%, and 83% with three replications. To estimate plant growth, plant height, number of leaves and tillers, fresh and dry weight, and visual quality were investigated. *Liriope platyphylla* exhibited relatively better growth at the highest planting density of 83%. For *Hosta longipes*, however, the lower growth was positively correlated with high planting density. Therefore, the optimal planting density for *Liriope platyphylla* is 83% and for *Hosta longipes* is 11%.

**Key words** : Optimal planting density, *Liriope platyphylla*, *Hosta longipes*

#### 1. 서론

동식물을 위한 서식지 제공, 소음, 먼지, 빛 등의 다양한 공해 요소 차단, 토사 및 우수 유출 방지, 공기질 개선 등의 기능을 가진 가로변 녹화(Milton et al., 2015)는 지난 30년간 단순 심미성과 경관 향상 외에 다양한 목적으로 조성되어왔다(Mullaney et al., 2015). 기존에는 이러한 가로변 녹화의 목적에 맞추어 식재계획 및 시행에 있어 교목류를 중심으로 이루어졌다. 그러나 최근에는 공

간적 제약을 적게 받으며 단위면적당 식물 생체량을 증대시킴으로써 가로녹화가 지닌 기능을 극대화할 수 있는 초화류를 가로수의 하부에 식재하는 방법이 제안되고 있다. 하지만 초화류의 경우 유지관리 비용과 인력이 많이 소모될 수 있으며(Sohn, 2012), 식물생육에 적절하지 못한 가로변 환경에 식재 시 식재효율이 저하될 수 있어 식물의 기능과 역할을 제대로 발휘하게 하기 위해서는 공간별 적정식물의 선정 및 적정배식 방법의 필요성을 가진다(Jeong and Lee, 2005). 특히 계획단계에서 식물별

Received 31 March, 2022; Revised 20 May, 2022;

Accepted 24 May, 2022

\*Corresponding author: Jin Hee Ju, Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, 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.

적정 식재밀도에 따른 배식이 이루어지지 않을 경우 인접 종과의 경쟁에 도태되어 피복률이 낮아지면서 경관이 불량해지고 이입종의 유입이 증가하여 생태계 교란이 발생하는 등의 문제가 야기된다(Han and Jang, 2020). 또한, 식물간 거리가 지나치게 넓을 경우 이입종의 출현을 야기해 식물체의 광이용효율(light-use efficiency)을 감소시킴으로서 생육을 저하시킬 수 있으나, 반면에 식물간 거리를 좁게 하는 경우 식물체에 도달하는 빛의 양이 감소되어 광합성을 저해하고 이는 마찬가지로 생육의 저하로 이어질 수 있다(Mahdi et al., 2021).

단위면적당 최적의 식재밀도는 일사와 영양의 효율적 이용을 통한 식물의 지상부와 지하부의 양질의 생육을 확보하는데 일조할 수 있고(Asmamaw, 2017) 적정 식재밀도는 식물종에 따라 달라질 수 있어 관련 연구가 진행되어왔다. Oh et al.(2012)는 아파트의 외부조경의 효과를 높이고 조경수목 식재가 주는 효용을 부각시킬 수 있는 식재밀도의 적정기준을 마련하기 위해 연구를 진행하였으며 이외의 연구(Han et al., 2014; Lee et al., 2018)가 조경수와 같은 목본류를 대상으로 하였다. Clerget et al.(2016)은 3가지의 서로 다른 식재밀도 별 식물의 생육 및 생산량을 평가하는 연구를 수행하였으며 Asmamaw(2017)과 Lecarpentier et al.(2019)도 초본류를 실험에 적용하였으나 생산성 증대를 목적으로 하여 농작물로 식물종이 한정되어왔다.

이에 본 연구는 내음성이 강해 가로수의 하층식재에 많이 적용되는 맥문동(*Liriope platyphylla*)과 비비추(*Hosta longipes*)를 대상으로 적정 식재밀도를 구명하여 효율적이며 지속가능한 가로녹지공간 계획을 위한 기초 자료를 제시하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구재료

본 연구에는 맥문동(*Liriope platyphylla*)과 비비추(*Hosta longipes*)가 사용되었다. 맥문동은 상록 다년초 이면서 내음성이 높아 수림하부에 지피식물로 군식이 가능하며(Ju et al., 2016), 비비추 역시 다년생 초본으로 원예품종이 널리 재배되고 있고 광보상점이 낮은 음지식물로(Ryu et al., 2018) 하층식재로 널리 사용되고 있어 선정하였다. 2021년 4월 초장의 길이와 분얼수 및 엽수

가 비교적 균일한 포트지름 4 cm의 맥문동과 포트지름 8 cm의 비비추를 충남 천안시 병천면에 위치한 산내식물원에서 구입하였으며, 1주일간 순화시킨 후 대상지에 식재하였다.

### 2.2. 연구방법

본 연구는 2021년 5월부터 10월까지 진행되었으며 실험구는 충청북도 충주시에 위치한 대학교 캠퍼스 내 벗나무 가로수 하단부 1.0 m x 1.0 m 면적에 조성하였다. 외부요인의 영향이 큰 연구대상지의 특성을 고려하여, 같은 시기에 식재된 수고 약 3.5 m, 수관폭 약 2 m의 비교적 일정한 벗나무를 선정하여 그 하부에 조성하였다. 각각의 실험구는 식재 밀도(11%, 25%, 49%, 83%)에 따라 맥문동은 L11(4본/m<sup>2</sup>), L25(9본/m<sup>2</sup>), L49(17본/m<sup>2</sup>), L83(30본/m<sup>2</sup>)으로 비비추는 H11(2본/m<sup>2</sup>), H25(4본/m<sup>2</sup>), H49(8본/m<sup>2</sup>), H83(15본/m<sup>2</sup>)으로 구분하였다. 식재 밀도의 경우 식물체 간의 거리를 고려하여 단위면적 당 개체수를 기준으로 구분하였으며 Table 1과 같다.

각각의 처리구별 3반복 하였으며 밀도별로 식물체를 정식한 후 초기활착을 위해 표면흙이 마르지 않을 정도로 관수하였고, 실험기간 중 인위적인 관수는 하지 않았다.

### 2.3. 평가 및 분석

생육평가를 위한 측정항목은 맥문동의 경우 초장, 분얼수, 생체중, 건물중, 시각적질로 비비추는 초장, 엽수, 생체중, 건물중, 시각적질로 구분하여 2주 간격으로 한달에 2번 측정하였다. 초장은 기반을 중심으로 식물체의 가장 끝부분을 기준으로 30 cm 스테인레스 자(SRP-300, SB, Korea)를 사용하여 측정하였다. 측정된 초장, 엽수와 분얼수의 값을 기준으로 성장률(Growth rate; GR =  $M2 - M1 / T2 - T1 \times 100$ , M1: First measurement, M2: Last measurement, T1: First day, T2: Last day)을 산출하였다(Yoon et al., 2021). 생체중과 건물중은 실험이 종료된 시점인 8월에 전자저울(FX-200i, AND, Korea)을 이용하여 측정하였다. 생체중의 경우 지상부와 지하부로 나누어 흐르는 물로 식물체의 잔여물을 제거하여 물기를 털어내고 재었다. 건물중은 교내 유리온실 내부에서 약 20일간 자연건조 후 측정하였고 이를 기준으로 T/R율(T/R ratio = Top dry weight/Root dry weight)을 계산하였다. 맥문동은 휴면형이 지중식물에

**Table 1.** Planting density division for the experiment based on the plants/m<sup>2</sup> considering the planting distance

Species	Planting density (%)	Planting distance (cm)	Plants/m <sup>2</sup>
<i>Liriope platyphylla</i>	11	20	4
	25	12	9
	49	7	17
	83	3	30
<i>Hosta longipes</i>	11	20	2
	25	12	4
	49	7	8
	83	3	15

**Table 2.** Valuation basis for visual quality of plants (1-5 Likert-type scale)

Grade	Valuation basis
1	Dead
2	Visible wilting, firing and green leaf < 50%
3	Slow growth, green leaves = 50%
4	Good growth, green leaves = 75%
5	Exceptional growth

속하는 특성으로 9월경부터 잎이 갈변하여 지상부가 퇴화하고 비비추류의 경우도 9월경부터 지상부가 고사하는 생장특성을 가지므로(Han and Jang, 2020) 시각적질은 식재 후 약 3달이 경과한 8월경 외관적으로 보이는 잎의 생육상태를 5단계 리커트척도(1-5 Likert-type scale)를 사용한 Rafi et al.(2019)의 산출기준을 적용하여 측정하였다(Table 2). 각 항목별로 수집된 데이터의 통계 분석은 SPSS(SPSS Statistics 27, IBM, USA) 프로그램을 이용하여 Duncan 다중검정( $p < 0.05$ )으로 평균간의 유의성을 검증하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 맥문동

맥문동의 초장 생장률의 경우 처리구간의 차이가 미미하였으나, 식물체 간의 간격이 가장 넓은 L11에서 다른 처리구와 비교하여 상대적으로 높은 수치를 보였다. 반면에 분얼수는 L83 > L25 > L11 > L49 순으로 가장 밀도가 높은 처리구에서 가장 큰 생장률을 나타냈으며, 처리구별 평균값 간에 5% 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 2). 분얼수는 식물의 구조를 결

정하는 중요한 특징으로 온도나 식재밀도 등 환경적 요인에 의해 영향을 받는다(Michell et al., 2012). 개체 간 밀도의 증가로 인해 분얼수에 부정적 영향을 받은 밀(Lecarpentier et al., 2019)과 쌀(Clerget et al., 2016)과는 달리, 맥문동은 가장 밀집되어 식재된 L83에서 분얼수의 생장률이 가장 높았다. 이는 식재밀도에 따른 삼백초(*Saururus chinensis* Baill)의 생육을 평가한 연구(Nam et al., 2012), 식재밀도가 야생염소풀(*Aegilops tauschii* Coss.)의 분얼수에 미치는 영향을 분석한 연구(Yu et al., 2020)와 비교적 일치하는 것으로 나타났다. 적은 수의 개체가 식재될 경우 대부분의 식물체가 식재 공간 바깥 부분에 노출됨으로써 여유공간이 발생한다. 이로 인해 식재밀도에 따른 영향력이 감소하는 것으로 보고된 바 있어, 비교적 같은 조건에서 식재된 맥문동 역시 동일한 원인에 결과가 기인되었다는 부분을 배제할 수 없다.

맥문동의 생체중은 지상부와 지하부 모두 L83 > L49 > L25 > L11 순으로 밀도가 클수록 큰 수치를 보였다. 특히, L83의 지하부 생체중은 11.34 g으로 L11의 4.91 g 과 약 6.43 g의 무게 차이가 있었으며  $p < 0.05$  수준에서

**Table 3.** Growth of *Liriope platyphylla* by plant density under the roadside tree

Plant density	<sup>z</sup> Growth rate of (%)		Fresh weight (g)		<sup>x</sup> T/R ratio
	Plant height	No. of tiller	Shoot	Root	
<sup>y</sup> L11	1.03 a	4.05 b*	5.21±2.14 a	4.91±1.19 c*	1.90
L25	0.27 a	4.70 b	5.39±2.73 a	6.97±1.55 bc	0.79
L49	0.78 a	3.72 b	6.92±3.60 a	8.98±2.13 ab	0.69
L83	0.35 a	11.37 a	7.75±2.17 a	11.34±1.38 a	0.61

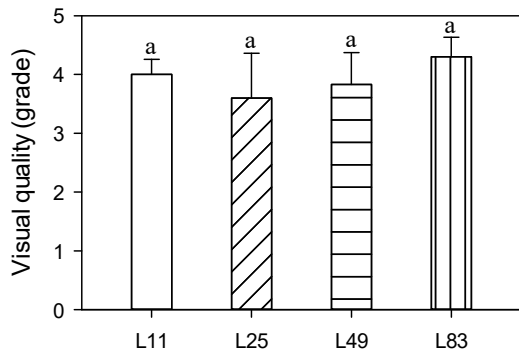
<sup>y</sup>L11; *Liriope platyphylla* 11% (4 plants/m<sup>2</sup>), L25; *Liriope platyphylla* 25% (9 plants/m<sup>2</sup>), L49; *Liriope platyphylla* 49% (17 plants/m<sup>2</sup>), L83 : *Liriope platyphylla* 83% (30 plants/m<sup>2</sup>)

<sup>z</sup>GR = M2-M1/T2-T1×100(M1: First measurement, M2; Last measurement, T1; First day, T2; Last day)

<sup>x</sup>T/R ratio = Top dry weight/Root dry weight

\*: significant at 5% level

유의미한 결과인 것으로 나타났다. T/R를 역시 L83에서 1에 가장 근사치를 보여 지상부와 지하부가 비교적 균일하게 생육이 양호한 것으로 판단된다(Table 3).



**Fig. 1.** Visual quality (grade of 1-5) of *Liriope platyphylla* by plant density under the roadside tree in August. The vertical bars indicate standard errors of the mean. Different letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  using Duncan's test. L11; *Liriope platyphylla* 11% (4 plants/m<sup>2</sup>), L25; *Liriope platyphylla* 25% (9 plants/m<sup>2</sup>), L49; *Liriope platyphylla* 49% (17 plants/m<sup>2</sup>), L83; *Liriope platyphylla* 83% (30 plants/m<sup>2</sup>).

맥문동의 시각적질은 식재밀도에 따른 평균값의 유의한 차이는 없는 것으로 드러났으나 L83에서 평균 4.4등급으로 다른 처리구에 비해 외관상 질이 높은 것으로 나타났다(Fig. 2).

일반적으로 식재밀도가 지나치게 높을 경우 식물체

간의 경쟁이 심화되어 궁극적으로 식물의 생육에 악영향을 가져올 수 있으나(Hou et al., 2019) 맥문동의 경우는 반대로 밀식하는 것이 생육에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### 3.2. 비비추

비비추의 경우 초장과 엽수에서 동일하게 H11 > H25 > H83 > H49 순으로 높은 성장률을 가졌고 특히, 초장의 경우 처리구간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 잠두(*Vicia faba* L.)를 15에서 20 cm 거리를 두고 식재했을 때 초장, 엽수와 같은 모든 생육항목에서 의미있는 증가를 보였으며 이는 식물체 간의 간격이 증가함에 따라 더 많은 양의 대사물질을 생산해 낼 수 있는 점에 기인한 것을 밝혔다(Mahdi et al., 2021). H11와 H25 처리구에서 비비추 각 개체간의 간격은 20 cm, 12 cm로 잠두를 대상으로 한 연구와 유사한 결과라고 볼 수 있다.

비비추의 지상부 생체중은 식재밀도가 클수록 낮은 수치를 보였으며 평균값 간의 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 지하부 생체중의 경우 H11에서 평균 36.78 g으로 가장 무거운 것으로 나타났으나, 처리구 간의 차이는 미미했다. T/R률의 경우 처리구 간 별다른 경향은 보이지 않았다(Table 4). 식물체간의 좁은 간격은 경쟁을 유발하며 한정된 자원을 나누어 사용해야 하는 식물의 생육을 저해한다(Sadras et al., 2019). 비비추의 지상부 지하부 생체중 모두 밀식할 경우 감소하는 것으로 나타났는데 이는 지상과 지하 모두에서 개체간의 한정된 자원에 대한 경쟁의 심화에 의한 것으로 판단된다.

비비추의 시각적질은 H11 > H25 > H49 > H83 순으로

**Table 4.** Growth of *Hosta longipes* by plant density under the roadside tree

Plant density	<sup>2</sup> Growth rate of (%)		Fresh weight (g)		<sup>x</sup> T/R ratio
	Plant height	No. of tiller	Shoot	Root	
<sup>y</sup> H11	-0.88 a*	-5.12 a	19.47±2.16 a*	36.78±3.15 a	0.31
H25	-2.68 ab	-5.49 a	18.50±3.31 a	34.22±2.71 a	0.45
H49	-8.13 b	-9.01 a	12.39±1.85 ab	32.44±3.61 a	0.26
H83	-3.58 ab	-6.27 a	8.95±1.93 b	34.31±3.49 a	0.19

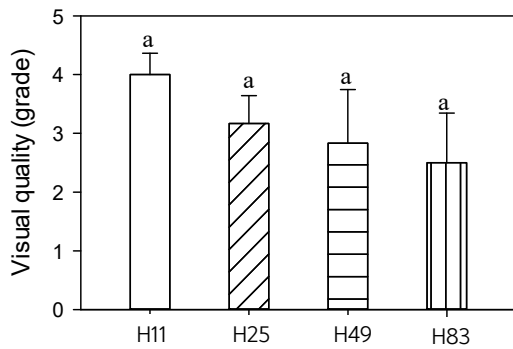
<sup>y</sup>H11; *Hosta longipes* 11% (2 plants/m<sup>2</sup>), H25; *Hosta longipes* 25% (4 plants/m<sup>2</sup>), H49; *Hosta longipes* 49% (8 plants/m<sup>2</sup>), H83; *Hosta longipes* 83% (15 plants/m<sup>2</sup>).

<sup>2</sup>GR = M2-M1/T2-T1×100(M1: First measurement, M2; Last measurement, T1; First day, T2; Last day)

<sup>x</sup>T/R ratio = Top dry weight/Root dry weight

\*: significant at 5% level

식재 밀도가 낮을 경우 시각적으로 좋은 생육을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 3).



**Fig. 2.** Visual quality (grade of 1-5) of *Hosta longipes* by plant density in August. The vertical bars indicate standard errors of the mean. Different letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  using Duncan's test. H11; *Hosta longipes* 11% (2 plants/m<sup>2</sup>), H25; *Hosta longipes* 25% (4 plants/m<sup>2</sup>), H49; *Hosta longipes* 49% (8 plants/m<sup>2</sup>), H83; *Hosta longipes* 83% (15 plants/m<sup>2</sup>).

#### 4. 결론

본 연구는 가로수 하층의 식재계획 및 유지관리를 위한 맥문동과 비비추의 적정식재밀도 구명을 목적으로 수행되었으며 그 결과는 다음과 같다.

맥문동의 초장 생장률은 처리구간의 차이가 미미하였으나 분얼수 생장률의 경우 상대적으로 밀도가 높은 처리구에서 높은 생장률을 보였다. 마찬가지로 지상부 지

하부 생체중 모두 가장 밀도가 높은 L83(83%; 30 본/m<sup>2</sup>)에서 큰 수치를 나타냈고 시각적질은 모든 처리구에서 전반적으로 양호한 수준이었으나, 특히 밀식한 처리구에서 좋은 것으로 평가되었다. 비비추는 초장과 엽수에서 마이너스 생장률을 기록하였으며, 가장 밀도가 낮은 H11(11%; 2 본/m<sup>2</sup>)에서 생장이 상대적으로 양호한 것으로 나타났다. 지상부의 생체중은 H11(11%; 2 본/m<sup>2</sup>)에서 가장 무겁고 H83(83%; 15 본/m<sup>2</sup>)에서 가장 가벼웠다. 시각적질의 경우 5월부터 7월까지 모든 처리구가 양호한 등급으로 평가되었으나 7월말 H11(11%; 2 본/m<sup>2</sup>)를 제외한 모든 처리구에서 큰 폭으로 등급이 하락했다. 맥문동은 가장 밀도가 높은 83%(30 본/m<sup>2</sup>)가 반면에 비비추는 가장 밀도가 낮은 11%(2 본/m<sup>2</sup>)가 적정밀도인 것으로 나타났다. 따라서 가로수 하부에 식재할 경우 양호한 생육을 위해 맥문동의 경우 적어도 49%(17 본/m<sup>2</sup>) 이상, 비비추는 25%(4 본/m<sup>2</sup>) 이하로 식재하는 것이 바람직하다. 본 연구는 연구기간이 한정적으로 계절 간 강수량, 기온 등 환경조건이 달라지는 국내의 기후환경에서 절대적인 결과로 보기 어려우며 주변 건축물에 의한 차광, 이입종의 유입 등이 고려되지 않아 추가적인 연구가 필요하다고 하겠다.

#### 감사의 글

본 연구는 충북녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업(과제번호: 2202707316)의 지원으로 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Asmamaw, B. A., 2017, Effect of planting density on growth, yield and yeild attributes of rice (*Oryza sativa* L.), Afr. J. Agric. Res., 12(35), 2713-2721.
- Clerget, B., Bueno, C., Domingo, A. J., 2016, Leaf emergence, tillering, plant growth, and yield in response to plant density in a high-yielding aerobic rice crop, Field Crops Research, 199, 52-64.
- Han, B. H., Choi, J. W., Noh, T. H., Choi, T. Y., 2014, A Study on the planting density and planting species characteristic, Korean J. Environ. Ecol., 28(2), 150-160.
- Han, S. W., Jang, H. K., 2020, Evaluation of optimal planting combination considering growth characteristics of major landscaping groundcover plants, Korean J. Environ. Biol., 38(1), 197-205.
- Hou, X., Li, R., He, W., Ma, K., 2019, Effects of planting density on potato growth, yield, and water use efficiency during years with variable rainfall on the Loess Plateau, China, Agriculture Water Management, 230(1), 105982.
- Jeong, J. H., Lee, K. E., 2005, A Study of the planting characteristics of street trees and herbaceous plants in Gangwon-do, J. Korean Inst. Landsc. Archit., 33(5), 57-68.
- Ju, J. H., Hui, X., Park, J. Y., Choi, E. Y., Yoon, Y. H., 2016, Evaluation of salt tolerance of *Liriope platyphylla* and *Pachysandra terminalis* to deicing salt (CaCl<sub>2</sub>) concentration in winter, Korean J. Environ. Ecol., 30(4), 651-657.
- Lecarpentier, C., Barillot, R., Blanc, E., Abichou, M., Goldringer, I., Barbillon, P., Enjalbert, J., Andrieu, B., 2019, A Three-dimensional wheat model to study competition for light through the prediction of tillering dynamics, Annals of Botany, 123(1), 961-975.
- Lee, S. C., Hong, S. H., Kim, D. P., Choi, S. H., Ahn, M. Y., 2018, A Study for growth density on the *Pinus thunbergii* and *Pinus densiflora* communities in area of Busan, Korea, Korean J. Environ. Ecol., 32(2), 215-224.
- Mahdi, A. H. A., Badawy, S. A., Latef, A. A. H. A., Hosary, A. A. A., Razek, U. A. A. E., Taha, R. S., 2021, Integrated effects of potassium humate and planting density on growth, physiological traits and yield of *Vicia faba* L. grown in newly reclaimed soil, Agronomy, 11(1), 1-12.
- Michell, J. H., Chapman, S. C., Rebetzke, G. J., Bonnett, D. G., Fukai, S., 2012, Evaluation of a reduced-tillering (*tin*) gene in wheat lines grown across different production environments, Crop and Pasture Science, 63(1), 128-141.
- Milton, S. J., Dean, W. R. J., Sielecki, L. E., Ree, R. V. D., 2015, The function and management of roadside vegetation, Handbook of Road Ecology, 46, 373-381.
- Mullaney, J., Lucke, T., Trueman, S. J., 2015, A Review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments, Landscape and Urban Planning, 134(1), 157-166.
- Nam, S. Y., Choi, S. Y., Kim, Y. H., Jeon, J. O., Lee, J. K., Lim, S. C., Song, B. H., 2012, Seasonal changes in growth and yields according to planting density of *Saururus chinensis* Baill, Korean J. Medicinal Crop Sci., 20(1), 73-34.
- Oh, C. H., Jeong, W. J., Lee, I. K., Kim, M. K., Park, E. H., 2012, A Study on optimum tree planting density for apartment complex, J. Korean Inst. Landsc. Archit., 40(6), 140-147.
- Rafi, Z. N., Kazemi, F., Tehranifar, A., 2019, Effects of various irrigation regimes on water use efficiency and visual quality of some ornamental herbaceous plants in the field, Agriculture Water Management, 212(1), 78-87.
- Ryu, S. H., Kim, J. Y., Kim, S. Y., Yang, J. C., Lee, S. Y., 2018, Growth and development and photosynthetic response of *Hosta* species under various shading rates, Horticulture abstracts, 10(1), 186-187.
- Sadras, V. O., Thomas, D., Cozzolino, D., Cossani, C. M., 2019, Wheat yield response to nitrogen from the perspective of intraspecific competition, Field Crops Research, 243(1), 107632.
- Sohn, K. H., 2012, Presentation of checklists for selection of herbaceous plants in garden design, J. People Plants Environ., 15(1), 47-60.
- Yoon, Y. H., Suh, S. H., Lee, S. Y., Oh, D. K., Ju, J. H., 2021, Effect of companion planting on growth of *Festuca glauca* 'Elijah Blue' and flowering ground-cover plants on green roofs, J. Korean Env. Res. Tech., 24(5), 15-23.
- Yu, H., Yang, J., Cui, H., Li, Z., Jia, F., Chen, J., Li, X., 2020, Effects of plant density on tillering in the weed grass *Aegilops tauschii* Coss. and its phytohormonal

regulation, *Plant Physiology and Biochemistry*, 157(1), 70-78.

- 
- Professor. Yong-Han Yoon  
Department of Green Technology Convergence, College of  
Science Technology, Konkuk University  
yonghan7204@kku.ac.kr

- 
- Graduate student. Sun-Yeong Lee  
Department of Green Technology Convergence, Graduate  
School of Konkuk University  
dianau@kku.ac.kr
  - Professor. Jin-Hee Ju  
Department of Green Technology Convergence, College of  
Science Technology, Konkuk University  
jjhkkc@kku.ac.kr