

여름철 무강우 시 들잔디 옥상녹화 식재지반에 따른 관수주기 및 관수량 산정

주진희 · 배규태 · 김원태¹⁾ · 윤용한*

건국대학교 산림과학과, ¹⁾천안연암대학 환경조경과
(2011년 9월 22일 접수; 2012년 1월 15일 수정; 2012년 3월 8일 채택)

Computation of Irrigation Interval and Amount as affected by Growing Substrate and Soil Depth Planted with *Zoysia japonica* in Green Roof during a Dry Summer

Jin-Hee Ju, Gyu-Tae Bae, Won-Tae Kim¹⁾, Yong-Han Yoon*

Department of Forest Science Graduate School, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea

¹⁾Department of Environment and Landscape Architecture, Cheonan Yonam College, Cheonan 331-709, Korea

(Manuscript received 22 September, 2011; revised 15 January, 2012; accepted 8 March, 2012)

Abstract

The purpose of this study was to identify the irrigation intervals and the amount of suitable growing substrate needed to achieve the desired shallow-extensive green roof system during a dry summer in Korea. In terms of treatment, three types (SL, P₆P₂L₂, P₄P₄L₂) with varying soil mixture ratios and two types (15 cm, 25 cm) with varying soil depths were created. The results have been analyzed after measuring growth and soil water contents. The difference of growth by treatment was significant in terms of green coverage, height, leaf width and photosynthesis. In measurement of chlorophyll content, no difference was detected when measured against soil depth. According to the growth measurement of *Zoysia japonica* with respect to differing soil mixture ratios in the 15 cm-deep treatment, a statistical difference was detected at the 0.05 significance level in photosynthesis. In case of green coverage, height, chlorophyll content and leaf width, no statistical significance was observed. In case of the 25 cm-deep treatment, a statistical significance was observed in height and photosynthesis. In terms of green coverage, chlorophyll content and leaf width, no statistical significance was detected. In comparisons of soil moisture tension and soil water contents, the irrigation interval and amount were 8 days and 14.9 L in the SL (15 cm) treatment, respectively. The irrigation interval showed for 10 days a 1.3-fold increase, and the irrigation amount was 27.4 L 1.8-fold more than SL (25 cm), respectively. For P₆P₂L₂ (15 cm) treatment, the irrigation interval and amount were 12 days and 20.7 L, respectively. However, an irrigation interval under P₆P₂L₂ (25 cm) was for 15 days 1.3 times longer than P₆P₂L₂ (15 cm), and an irrigation amount of 40 L was 1.9 times more than that under P₆P₂L₂ (15 cm). In P₄P₄L₂ (15 cm) treatment, it was indicated that the irrigation interval was 15 days, and the irrigation amount was 19.2 L. It was not needed to

*Corresponding author : Yong-Han Yoon, Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea
Phone: +82-43-840-3538
E-mail: yonghan7204@kku.ac.kr

irrigate for 16 days under $P_4P_4L_2$ (25 cm) treatment during the dry summer and the longest no-rain periods. The irrigation interval and amount under $P_4P_4L_2$ were 1.8-fold and 1.3-fold, respectively, more than SL treatment as affected by soil mixture ratio. Comparatively $P_4P_4L_2$ had more 1.3-fold and 0.9-fold in irrigation interval and amount more than $P_6P_2L_2$. Therefore, it can be noted that different soil depth and soil mixture ratios had a significant effect on the irrigation interval and amount.

Key Words : Soil moisture tension, Water management, *Zoysia japonica*

1. 서론

옥상녹화는 옥상의 표면온도를 낮춰줌으로써 냉방비를 절감 할 수 있을 뿐 아니라(Saiz 등, 2006), 증산작용으로 인한 수분이동, 식재지반을 통한 건축물의 내구성 증가 및 도시의 시각적 쾌적감을 제공해준다(Derek와 Jeremy, 2008). 하지만 옥상녹화 식재지반은 일반노지에 비해 토양의 양이 한정되어 있고 뿌리 주변의 완충능력이 낮아 주변환경의 영향을 직접적으로 받는다. 특히, 토양수분은 식물생육에 직간접적으로 중요한 역할을 하기 때문에, 적정수준의 관수주기와 관수량이 필요하다. 방 등(2004)은 경량형 옥상녹화에서 토심과 관수주기에 따른 내건성 자생식물의 생육을 살펴본 결과, 최소 토심은 10 cm가 적당하지만, 5 cm이하의 토심에서는 내건성 수종일지라도 최소 2주에 1회 이상의 관수가 필요하다고 하였다. 이 등(2003)은 도시 옥상녹화에 적합한 지반, 점적관수 및 잔디초종을 선발한 결과, 옥상녹화용 점적관수 배치는 50 cm이내가 적합하고, 1일 1회 관수 처리 시 잔디의 생육이 우수하다고 하였다. 한편, 농업분야에서는 식물의 생리적인 측면을 강조하여 토양수분장력에 의한 생육을 파악하고 있으나(김, 2001; 김, 2003), 옥상녹화 식재지반의 토심과 토양배합비에 따른 관수량과 관수주기의 수치적인 산출에 관한 연구는 미흡하다.

일반적으로 토양 중에 포함되어 있는 물의 양을 토양용적수분함량이라고 하나 식물자체가 이용하는 수분과 동일한 의미를 갖지 않기 때문에, 어떠한 토양이든 자연 그대로의 상태에서 수분이동을 지속적으로 모니터링하는 것은 중요하다. 일반적으로 토양용적수분함량이 증가할수록 토양수분장력은 감소하는 경향을 나타낸다. 모래가 함유된 사양토의 경우 식물이 수분스트레스를 받지 않고 생육하는 범위를 토양수분장

력 20 kPa~80 kPa로 보고 있다(정, 2007). 식물이 물을 흡수하는 힘과 토양이 물을 흡수하는 힘이 연관되었다고 볼 때, 토양입자가 수분을 흡착하는 장력은 그 식물의 수분요구도를 반영한다고 할 수 있다. 또한 토양수분장력은 보편적으로 널리 이용되는 수분측정방법으로 토양의 수분상태를 연속적으로 측정할 수 있으며, 이와 함께 용적수분함량을 구함으로써 좀 더 정확한 관수주기와 관수량을 알 수 있다.

저관리 옥상녹화 관수계획은 식물생육을 촉진하기 보다는 생존을 위한 최소한의 수분공급이 목적이다. 따라서, 한정된 수자원을 효율적으로 이용하고, 건조한 시기를 극복할 수 있는 좀 더 정밀한 관수계획이 필요하다. 이에 본 연구는 저토심 옥상녹화의 지피식물로 흔히 식재되어 연구결과와 보편적 현장적용을 확보할 수 있는 들잔디(*Zoysia japonica*)를 식물재료로 선정함으로써 여름철 무강우 시 식재지반에 따른 관수주기와 관수량의 산정을 통해 효율적인 관수계획을 제시하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 실험구 조성

옥상녹화 실험은 2008년 4월부터 9월까지, 충청북도 충주시 위치한 건국대학교 내 복합실습동 2층 옥상(위도 36° 94", 경도 : 127° 90")에 설치하였다. 실험구는 가로 1 m, 세로 1 m로 제작하였으며 배수판 위에 공시토양이 빠져나가지 않도록 부직포를 바닥에 깔고 식재토양을 포설하였다. 토양배합비는 총 3가지로 단일인 사양토(SL)를 대조구로 펄라이트, 피트모스, 부엽토를 각각의 부피비율에 따라 PPL배합토를 조제하였으며, 이를 각각 SL, $P_6P_2L_2$, $P_4P_4L_2$ 로 표기하였다(Table 1). 토심은 환경부에서 제시한 '생태면적률 적용지침'에 옥상녹화의 공간별 가중치 기준인

토심 20 cm 전후로 토심 15 cm, 25 cm로 구분하였다. 따라서, 토양배합비 3처리, 토심 2처리로 총 6처리로 식재토양을 조성하였다. 들잔디는 가로 0.3 m, 세로 0.3 m, 두께 0.03 m인 뗏장을 각 실험구별로 9장씩 정식하여 실험구 조성을 완료하였다(Fig. 1).

Table 1. Mixture ratios of the growing substrate used in this experiment

Growing substrate	Sand loam (%)	Perlite (%)	Peatmoss (%)	Leaf mold (%)
SL	100	0	0	0
P ₆ P ₂ L ₂	0	60	20	20
P ₄ P ₄ L ₂	0	40	40	20



Fig. 1. The overall view of the experimental green roof with different growing substrates and soil depths on the rooftop.

2.2. 연구 방법

기상관측은 실험기간인 2008년 4월부터 9월까지 자동기상관측(Minimet, SKYE, UK)기를 사용하여, 온도, 상대습도, 강수량 등을 조사하였다.

들잔디의 생육은 초장, 엽장, 녹피율, 엽록소 함량, 광합성 등을 중심으로 측정하였다. 초장은 각 실험구별로 대표적인 식물체 10개를 선택하여, 줄기 기부에서 선단엽까지 길이를 측정하였다. 녹피율은 (들잔디

가 차지하는 면적/실험구 면적)×100%로 계산하였다. 엽록소 함량 측정은 휴대용 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta, Japan)로 2주에 1회씩, 식물체의 생장점에서 2-3번째 완전히 전개된 잎의 중앙부위 부근을 10번 반복하여 측정된 값의 평균치로 하였다. 광합성 측정은 휴대용 광합성측정기(Li-6400, Li Cor, USA)를 사용하여, 토양배합비 및 토심에 따른 들잔디 잎의 CO₂ 흡수량을 측정하여 광합성 반응을 조사하였다.

토양용적수분장력을 측정은 Jet-fill tensiometer (Irrometer Co, CA, USA)를 사용하였다. 텐시ومي터는 매트릭포텐셜을 측정하는데 사용하는 기기로 다공성겉과 물로 채워진 연결관 진공계 혹은 수은 압력계로 이루어져 있다. 토성에 따라 교정치를 설정하지 않고 직접 쓸 수 있는 표준방법으로 측정범위는 0에서 -85 kPa이다. Jet-fill tensiometer의 설치에 같은 지름을 가지는 오거를 사용하여 구멍을 파고 토양 공극을 줄여 주기 위해 물에 갠 벤토나이트를 넣은 다음, 측정기기를 넣고 약간 비틀어 고정시킨 후 틈이 없도록 벤토나이트로 채워 물이 흐르지 않게 하였다. 증류수를 사용하여 측정기 내부 튜브를 채우고 토양과 측정기기가 평형을 이루는 3-6시간 후 측정을 시작하여 실험 기간 중 14시의 압력계 수치를 조사하였다. 토양용적수분함량은 토양수분측정기(PI-68 Thetaprobe, Eijkelkamp, NL)와 데이터로거(DT-80, C&H, Korea) 및 토양수분센서(ECH EA-10, C&H, Korea)를 이용해 14시에 측정하였다.

2.3. 해석방법 및 통계처리

여름철 무강우에 따른 관수주기 및 관수량 산정을 위해 강우 후 중력수가 빠져나간 시점인 24시간 후에 토양용적수분함량을 관수목표 수분함량으로 설정하였다. 관수주기 산정을 위해 토양수분장력이 80 kPa를 나타낸 시점의 토양용적수분함량을 측정하여 관수 시점으로 설정하였다. 측정결과 SL처리구에서는 25 vol%, PPL배합토에서는 30 vol%를 관수목표 토양용적수분함량으로 하였다. 이 때 관수량은 Table 2의 계산식에 근거하여 산정하였다(정, 2007).

Table 2. Calculation on the irrigation amount due to moisture content required, bulk density and rhizosphere depth

Calculation on the irrigation amount	
Irrigation Amount(mm) = Moisture content required(weight, %) × Bulk density × Rhizosphere depth(cm) × 10	
Moisture content required(weight, %) = Moisture content of objectives(weight, %) - Moisture content of the current(weight, %)	

3. 결과 및 고찰

3.1. 실험대상지의 기상환경조건

실험기간 중 여름철 무강우가 지속된 기간의 평균 온도, 강수량, 상대습도는 Table 3과 같다. 7월 1일부터 7월 11일까지의 온도 26.6 °C, 상대습도 70.3 %, 8월 4일부터 8월 11일까지의 온도 27.2 °C, 상대습도 68.4 %, 8월 24일부터 8월 31일까지의 온도 22.8 °C, 상대습도 71.4 %, 9월 3일부터 9월 18일까지의 평균 온도 22.3 °C, 상대습도 73 %로 측정되었다.

Table 3. The meteorological conditions during the experimental green roof from April to September, 2008

Meteorological element	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Temperature (°C)	12.9	17.3	21.4	26.1	24.8	20.8
Rainfall (mm)	31.5	70.9	78.1	319.8	192.5	18
Relative humidity (%)	56.9	59.8	64.9	76.4	73.3	74.2

3.2. 식재지반에 따른 들잔디 생육특성

토심 15 cm에서는 초장, 엽폭, 엽록소 함량, 녹피올 등의 항목이 배합비에 따른 뚜렷한 차이가 없는 반면, 광합성의 경우 피트모스함량이 높은 P₆P₂L₂처리구가

SL나 P₄P₄L₂처리구보다 높았다. 토심 25 cm에서는 초장, 광합성 등이 SL < P₆P₂L₂ < P₄P₄L₂ 순으로 높게 나타난 반면, 엽폭, 엽록소 함량, 녹피올 등은 유의한 차이가 없었다(Table 4).

토심에 따른 들잔디 생육은 전반적으로 초장, 엽폭, 녹피올, 광합성 등은 토심이 깊을수록 양호한 결과를 나타냈으나 엽록소 함량은 토심에 따른 차이가 뚜렷하지 않았다. 이러한 결과는 시간이 경과될수록 토심에 따른 수분보유능 등의 차이(조, 1989), 수분포텐셜의 저하로 인한 생육 지연(Jon과 Christopher, 1998)이 원인인 것으로 해석된다. 한편, 낮은 토심에서 엽록소함량이 증가된 것은 토양수분의 부족으로 인해 광합성이 저해되어 엽색이 짙어지고, 엽면적이 적어졌기 때문이다(김, 2003).

3.3. 식재기반에 따른 토양수분 변화

토양용적수분함량과 토양수분장력을 측정한 결과 토양수분장력이 증가할수록 토양용적수분함량은 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 토양용적수분함량이 높을수록 광합성은 증가하지만 수분이용효율은 감소하기 때문에(남 등, 2010), 적정 토양용적수분함량 범위를 정하는 것은 중요하다. 사양토인 SL처리구의 경우 토양용적수분함량이 약 12 vol% 이하인 반면,

Table 4. Growth of *Zoysia japonica* as affected by growing substrate and soil depths in the experimental green roof

Growing substrate	Soil depth (cm)	Plant height (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll contents (SPAD values)	Green coverage rate (%)	Photosynthesis ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)
SL ^y		58.34 a ^z	44.75 a	14.75 a	47.68 a	8.62 a
P ₆ P ₂ L ₂	15	67.56 a	42.91 a	13.00 a	50.88 a	1.68 b
P ₄ P ₄ L ₂		65.38 a	44.11 a	14.20 a	48.72 a	9.09 a
SL		78.25 bc	45.31 a	14.60 a	57.88 a	6.94 a
P ₆ P ₂ L ₂	25	78.25 ab	49.54 a	15.05 a	44.40 a	16.73 b
P ₄ P ₄ L ₂		68.61 a	46.77 a	12.02 a	46.44 a	16.50 b

^z: The same letter in the column are not significant difference at p=0.05 level in Duncan's multiple range test.

^y: See the Table 1.

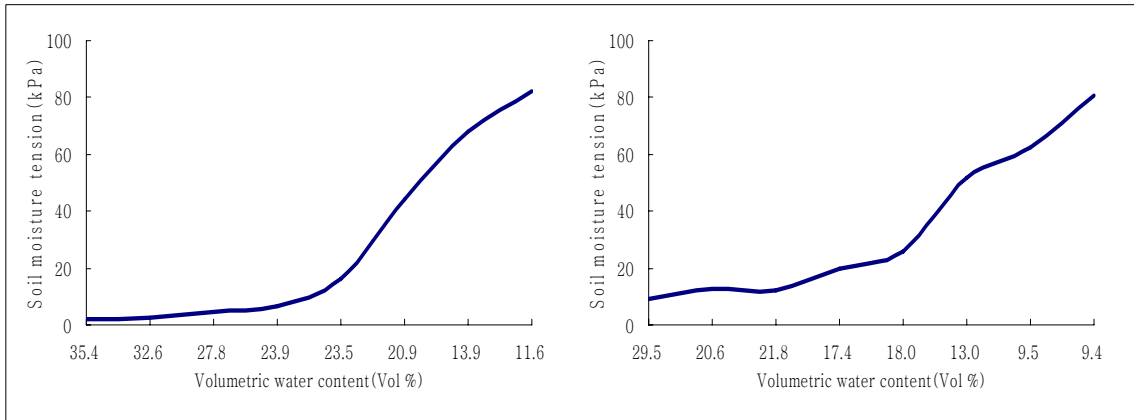


Fig. 2. Soil moisture tension characteristic curves in volumetric water content due to application of growing substrate in sand loam(left) and PPL mixed soil(right).

펄라이트와 피트모스, 부엽토를 혼합한 P₆P₂L₂처리구와 P₄P₄L₂처리구에서는 토양용적수분함량이 약 10 vol% 이하에서 토양용적수분장력이 80 kPa에 도달하였다 (Fig. 2). 식물이 수분스트레스를 받지 않고 생육하는 수분장력 범위를 20~80 kPa라고 볼 때(정, 2007), PPL배합토가 자연토인 사양토에 비해 관수주기가 길어지고 관수량이 감소하는 경향을 보였다.

3.3.1. SL처리구

자연토에 해당되는 SL처리구에서 토심 25 cm가 토심 15 cm에 비해 토양용적수분함량이 전반적으로 높게 나타났다. 여름철 무강우 기간에 따른 토양용적수분함량 변화를 비교한 결과, 토심이 얇을수록 토양에서 수분이 빠르게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3). 토심 15 cm에서 관수 직후 토양용적수분함량이 급격히

상승하였으나, 약 8일만에 걸쳐 지속적으로 낮아졌다. 관수주기는 무강우 후 각각 약 9일, 8일, 7일이었으며, 이때 관수량은 각각 12.2 L, 16.8 L, 15.8 L로 산정되었다. 관수주기가 점차 짧아진 반면 관수량이 높았던 것은 기온과 습도 그리고 풍속에 따른 영향으로 판단되며, 기온이 높고 습도가 낮으며, 풍속이 높을수록 관수주기가 짧아지는 것으로 분석되었다. 토심 25 cm에서 관수주기는 각각 11일, 9일, 10일로 나타났으며, 관수량은 29.4 L, 26.2 L, 26.6 L가 필요한 것으로 계산되었다. 토심 25 cm가 토심 15 cm보다 관수주기는 약 1.3배가 길어지고, 관수량은 약 1.8배가 많았으며, 수분보유능은 83.5% 더 높았다.

3.3.2. P₆P₂L₂처리구

토심 15 cm에서 관수가 필요한 시점까지는 무강우

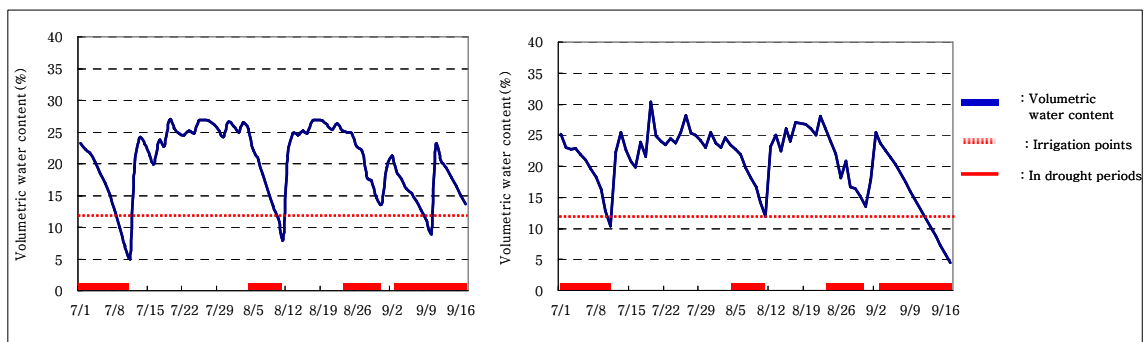


Fig. 3. Volumetric water content characteristic curves as affected by soil depth 15cm(left) and 25cm(right) in SL growing substrate during dry summer.

지속 후 각각 11일, 13일로 나타났으며, 필요 관수량은 각각 20.2 L, 21.1 L로 계산되었다. 토심 25 cm에서 관수필요시점은 무강우 15일 경과 후, 40 L의 관수량이 필요하였다. 토심에 따른 영향으로 관수주기는 토심 15 cm에 비해 토심 25 cm가 약 1.3배 길었으며, 관수량은 1.9배가 더 요구되었다. 토심에 따른 수분 보유능의 차이는 토심 25 cm가 토심 15 cm에 비해 93.7 % 더 많은 수분을 보유한 것으로 분석되었다 (Fig. 4).

3.3.3. P₄P₄L₂처리구

토심 15 cm에서 무강우 지속 후 15일 경과된 시점에 관수가 필요하였고, 이때 관수량은 19.2 L로 계산되었다. 토심 25 cm에서는 약 16일 간의 가장 긴 무강우 기간에도 관수가 필요하지 않은 것으로 나타났다(Fig. 5). 이는 피트모스가 지닌 높은 보수능력 때문

인 것으로 판단된다(어, 2007).

3.3.4. 식재지반에 따른 관수주기 및 관수량 산정

토심에 따른 토양용적수분함량은 토심 15 cm가 토심 25 cm 보다 변화의 폭이 컸다. 이는 토심이 얇을수록 토양의 수분용적량이 낮아 수분함량의 총 비율이 작아지기 때문에 수분이 유지되는 지속시간이 짧았기 때문인 것으로(최 등, 2003) 해석된다. 토양배합비의 경우 사양토인 SL처리구에 비해 인공배합토인 P₆P₂L₂와 P₄P₄L₂처리구에서 토양용적수분함량이 증가하였다.

관수주기 및 관수량에 있어서 P₆P₂L₂처리구의 경우 SL처리구에 비해 관수주기는 약 1.5배 길었으며, 필요 관수량은 토심 15 cm과 25 cm 각각 약 1.8배, 약 1.5배가 더 필요하였다. P₄P₄L₂처리구의 경우 관수주기는 SL처리구에 비해 약 1.8배 길었으며, 필요 관수

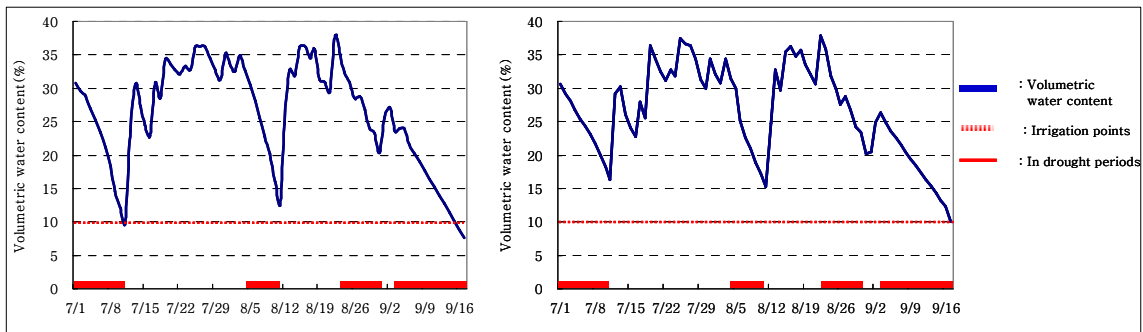


Fig. 4. Volumetric water content characteristic curves as affected by soil depth 15cm(left) and 25cm(right) in P₆P₂L₂ growing substrate during dry summer.

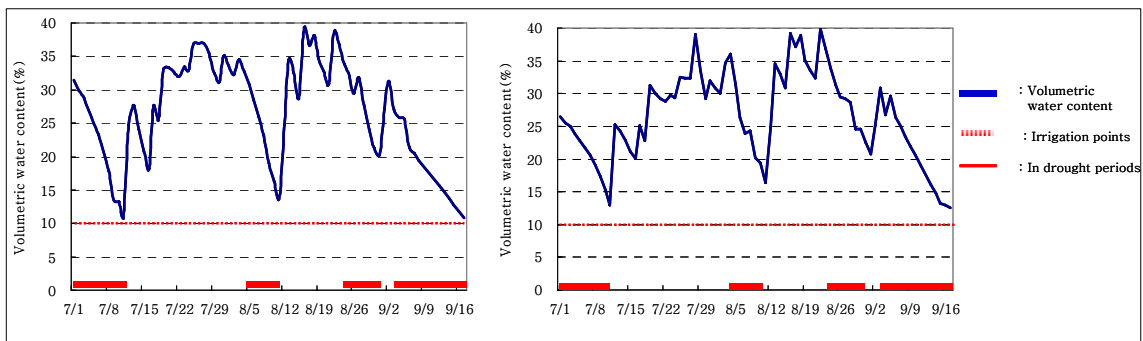


Fig. 5. Volumetric water content characteristic curves as affected by soil depth 15cm(left) and 25cm(right) in P₄P₄L₂ growing substrate during dry summer.

Table 5. Calculation on the irrigation interval and amount as affected by growing substrate and soil depths planted with *Zoysia japonica* in green roof system during dry summer

Growing substrate and soil depths	Drought day and irrigation interval	Irrigation amount	Average of irrigation interval	Average of irrigation amount
SL 15 cm	Drought 9 days(July 1 ~ July 9)	12.2 L	8 days	14.9 L
	Drought 8 days(Aug. 3~Aug. 10)	16.8 L		
	Drought 7 days(Sep. 2~Sep. 8)	15.8 L		
25 cm	Drought 11 days(July 1~July 11)	29.4 L	10 days	27.3 L
	Drought 9 days(Aug. 3~Aug. 12)	26.2 L		
	Drought 10 days(Sep. 2~Sep. 11)	26.6 L		
P ₆ P ₂ L ₂ 15 cm	Drought 11 days(July 1~July 11)	20.2 L	12 ays	20.6 L
	Drought 13 days(Sep. 2~Sep. 148)	21.1 L		
25 cm	Drought 15 days(Sep. 2~Sep. 16)	40.0 L	15 days	40.0 L
P ₄ P ₄ L ₂ 15 cm	Drought 15 days(Sep. 2~Sep. 16)	19.2 L	15 days	19.2 L
	25 cm			

량은 약 1.3배가 많았다. P₆P₂L₂처리구와 비교해 볼 때, 관수주기는 약 1.3배 길었으며, 필요 관수량은 약 0.9배가 많았다(Table 5).

4. 결론

본 연구는 저토심 옥상녹화의 지피식물로 보편적 현장적용을 확보할 수 있는 들잔디(*Zoysia japonica*)를 식물재료로 선정함으로써 여름철 무강우 시 식재지반에 따른 관수주기와 관수량의 산정을 통해 효율적인 관수계획을 제시하고자 한다.

들잔디의 초장, 엽폭, 광합성함량은 토심이 깊을수록 높은 수치를 보였다. 토심 15 cm에서는 광합성이, 토심 25 cm에서는 초장, 광합성 등의 항목에서 높은 수치를 보였다.

관수주기 및 관수량은 토심 25 cm가 토심 15 cm보다 관수량은 증가되나 관수주기가 길어졌으며, 보수성 높은 매질의 혼합비율이 높아질수록 관수량은 감소되고 관수주기는 길어졌다. 토양배합비에 있어서 SL처리구, P₆P₂L₂처리구, P₄P₄L₂처리구에서 모두 토심 15 cm에 비해 토심 25 cm의 경우 관수주기가 길고 관수량은 더 많은 것으로 나타났다. P₄P₄L₂처리구의 경우 토심 15 cm에서 무강우 지속 후 15일 경과된 시점으로부터 관수가 필요한 것으로 나타난 반면, 토심 25 cm P₄P₄L₂처리구의 경우 관수가 필요하지 않은 것으로 나타났다.

따라서 낮은 토심인 15 cm에서도 관수량과 관수주기를 고려한 적절한 관수관리가 계획되어진다면, 여름철 무강우 시 들잔디를 비롯한 초화류의 생육이 가능할 것으로 판단된다. 특히, 옥상녹화 토양의 경우 관리적인 측면을 고려하여 인공배합토가 자연토양보다 관수량과 관수주기에 있어 더 효율적일 것으로 판단된다. 하지만 본 연구는 옥상녹화의 관수주기 및 관수량을 산정함에 있어 토심 25 cm 이하라는 조건에 한정된 결과이므로, 추후 건축물 옥상녹화의 관수계획의 효율성을 높이기 위해서는 다양한 수중에 대한 생육검증과 토양수분변화에 관한 장기간에 걸친 모니터링이 필요하다.

참고 문헌

- 김기돈, 2003, 토양수분조절과 저단밀식재배가 토마토의 수량 및 품질에 미치는 영향, 석사학위논문, 배재대학교.
- 김세중, 박준홍, 오동식, 송관철, 2001, 수분스트레스가 작약의 생육과 수량에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 34, 199-204.
- 김이열, 2003, 코코피트와 피트모스의 특성, 토양과 비료, 13, 14-21.
- 남효훈, 권미경, 성전중, 한윤열, 2010, 토양수분 또는 차광에 따른 벌개미취의 광합성 반응, 한국원예기술학회지, 28, 125.
- 방광자, 주진희, 김선혜, 2004, 옥상조경용 인공배합토에서 토심 및 관수주기에 따른 몇몇 자생식물의 생육

- 특성, 한국환경복원녹화기술학회지, 7, 75-83.
- 어양준, 2007, 저관수형 옥상녹화에서 수분과 양분변화에 따른 두메부추의 생장변화, 석사학위논문, 성균관대학교.
- 이재필, 한인송, 주영규, 윤원종, 정조일, 장진혁, 김두환, 2003, 옥상녹화에 적합한 지반, 점적 관수 및 잔디 선정, 한국잔디학회지, 17, 155-163.
- 정강호, 2007, 작물을 재배할 때 좋은 물관리 방법, 토양과 비료, 29, 19-28.
- 조인상, 1989, 토성 및 유효토심의 차이가 토양수분 변화에 미치는 영향, 농시연보, 31, 6-13.
- 최희선, 이용범, 이해진, 김귀곤, 2003, 인공지반녹지의 토심 및 관리형태에 따른 비비추의 생육, 한국환경복원녹화기술학회지, 6, 1-7.
- Derek, W., Jeremy, T. L., 2008, Water uptake in green roof microcosms: Effects of plant species and water availability, Ecol. Eng., 33, 179-186.
- Jon, M. W., Christopher, K. W., 1998, Soil water and root growth, Hortscience, 33, 951-959.
- Saiz, S., Kennedy, C., Bass, B., Pressnail K., 2006, Comparative life cycle assessment of standard and green roofs, Environ. Sci. Technol., 40, 4312-4316.