

공동주택단지의 관수시스템과 조경수 생육환경 비교 연구

Comparative study on Irrigation Systems and Growth Status of Trees in Apartment Housing Project

정엽*

*삼성물산(주) 건설부문 그룹장

Jeong, Yeob*

*Group Leader, Engineering & Construction Group, Samsung C&T Corporation

Received: September 1, 2024

Revised: September 19, 2024

Accepted: December 27, 2024

3인익명 심사필

Corresponding author :

Yeob Jeong,

Group Leader, Engineering &
Construction Group, Samsung
C&T Corporation, Seoul 05288,
Korea

Tel.: +82-2145-5727

E-mail: yop205@gmail.com

국문초록

기후변화 환경에서 조경수의 관수 관리는 점차 중요성이 커진다. 조경공사 중 빈번하게 발생하는 조경수의 하자 저감을 위해, 공동주택의 관수시스템에 따른 수목의 생육 모니터링을 실시하였다. 수도권 공동주택단지를 대상으로 점적관수(drip system)와 스프링클러(sprinkler)를 설치한 실험구와 관수장치를 설치하지 않은 대조구를 설정하고 수목의 생육상태를 분석하였다. 요구관수량 산정 기준을 통해 관수량을 적용하였고, 수종별 평균 고사율과 불량률을 모니터링하였다. 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 점적관수 방식이 수목 고사율에서 긍정적 효과를 확인하였다. 대조구에 비해서 점적관수시스템은 평균 고사율이 13.7%, 불량률은 10.9%의 개선효과가 있음을 밝혔다. 점적관수의 경우 대조구와 비교하여 약 25% 하자 저감 효과 및 약 12%의 하자비용절감 효과가 확인되었다. 둘째, 관수시스템 구축비용 및 관수시스템 운영비용 측면에서 점적관수가 스프링클러와 비교하여 2.5-10배 가량 유리함을 밝혔다. 연구를 통해서 조경수의 고사율과 불량률을 낮추고 경제적인 비용절감의 효과가 높은 점적관수시스템을 공동주택에 설치하는 것에 대해 긍정적인 접근이 필요함을 제시하였다. 본 연구는 기후와 공사여건 등의 변수가 큰 실제 현장에서 관수와 수목상태를 모니터링하여 효과를 실증하기 위한 방법론과 결과를 제시한 것으로 의의가 있다.

주제어: 고사율, 수목활력도, 스프링클러 관수, 점적 관수, 하자 저감

ABSTRACT

The irrigation system for landscape plants is becoming increasingly important in the context of climate change. To reduce defects in landscape plants, which frequently occur during landscape construction, this study monitored the growth of plants in apartment housing project based on different irrigation systems. The experiment included plots equipped with drip irrigation systems and sprinklers, as well as a control plot without any irrigation devices. Plant growth conditions were analyzed, and irrigation volumes were determined based on the required water supply standards. Average mortality and defect rates were monitored for each plant species. The findings of the study are as follows: First, the drip irrigation system demonstrated positive effects in reducing plant mortality rates. Compared to the control group, the drip irrigation system showed a 13.7% reduction in average mortality rates and a 10.9% reduction in defect rates. The system resulted in approximately a 25% decrease in defects and a 12% reduction in defect-related costs compared to the control plot. Second, in terms of installation and operational costs, drip irrigation was found to be 2.5 to 10 times more cost-effective than sprinkler systems. This study highlights the need for a positive approach toward installing drip irrigation systems in multi-family housing complexes, as they effectively reduce plant mortality and defect rates while providing significant cost-saving benefits. The study is significant in that it presents methodologies and empirical results for monitoring irrigation and plant conditions in real-world settings, which are influenced by variables such as climate and construction conditions.

Keywords: Defect Reduction, Drip Irrigation, Mortality Rate, Sprinkler Irrigation, Tree Vitality

1. 서론

1.1 연구의 배경과 목적

한국토지주택공사(LH) 건설기술정보시스템(CONstruction Technology Information System: COTIS)에 따르면 2016년까지 접수된 총 1,903건의 조경공사 하자 중에서 수목에 관한 것이 969건에 이른다. 이는 전체의 89%를 차지하는 것으로 조경수가 조경공사에서 발생하는 가장 빈번하고 중요한 대상을 보여준다.

시공된 조경수에 하자가 발생하면 고사목 전체를 대체하는 문제가 있다(정명묵과 이상석, 2012). 조경수는 살아 있는 생명체로서 자체 품질과 함께 굴취 및 운반, 식재시기, 사후관리 등의 재료와 공정상에서 영향을 받기 때문에 하자가 발생한다. 조경시공업계에서는 하자의 빈도를 저감하기 위해 공정 및 유지관리를 고도화하고 있지만, 범세계적인 기후변화로 인해 식재공사의 적기로 알려진 3-5월의 하자가 증가하고 있다. 기후변화로 인한 가뭄, 병해충 등은 식재공사 후 조경수의 유지관리에 영향을 미치기 때문이다. 기후변화로 인해 봄철에 발생하는 가뭄현상은 건물과 도로 등의 인공구조물의 비중이 높은 도시생활권의 조경수에서 하자가 증가될 것으로 전망된다. 서울시의 연도별 봄철 강수량은 지속적으로 감소하고 있으며, 향후 봄철 가뭄으로 인한 피해는 점차 증가할 것으로 예측된다. 1960년대 평균 253.1mm였던 강수량이 2008-2017년에 190.4mm로 급격하게 감소하는 것이 이를 방증한다.

가뭄으로 인한 조경수목의 하자는 인공기반 위에 조성되는 공동주택단지에서 발생 가능성이 높다. 녹지에 대한 입주민의 선호도와 이용도가 높아짐에 따라 조경수의 하자는 시공업체의 이미지 실추를 가져올 수 있다. 조경수는 입주민들에게 공동주택단지의 인지도와 경제적 가치를 높일 수 있는 대상으로 인식되고 있다(박상진과 조세환, 2016). 이와 함께 조경수의 하자는 실질적으로 시공업체의 경제적 손실을 수반한다. 시장 규모가 17,000억 원으로 추정되는 조경 식재공사에서 매년 하자의 보수공사에 드는 비용은 약 2,900억 원에 이른다.

임원현과 김용수(2001)는 조경수의 하자 원인을 찾기 위해 대구 경북지역의 50개 민영개발 공동주택 단지를 대상으로 수종, 성상, 수고별 하자율을 분석하였다. 높은 하자율이 발생하는 조경수를 확인하였으며, 교목류의 하자발생률이 관목류에 비해 다소 높음을 밝혔다. 한국조경학회(2013)와 LH 공공주택사업처(2017)에서도 조경공사에서 하자율이 높게 발생하는 조경수를 조사하였다. 김양희와 권영후(2008)는 공동주택단지의 조경식재공사에서 발생하는 하자의 실태를 조사하고 조경수의 고사 원인 분석과 함께 식재 시기 및 관리 방법에 대한 개선 방안을 제시하였다.

식재공사에서의 문제를 파악한 연구로 김학수(2018)는 조경수 하자의 다양한 원인을 분석하고, 수목 하자율을 낮추기 위한 개선 방안을 제시하였다. 개선방안으로 식재설계 책임제 도입, 컨테이너 재배수목의 가격 고시 및 식재품질 신설, 지역별 하자판정위원회 구성 등을 제안하였다. 정명묵과 이상석(2012)은 조경공사와 관련된 하자 소송 판례를 분석하여 하자 처리의 문제점을 파악하고, 이를 개선하기 위한 방안을 제시하였다. 조경수목 식재 공종에서 하자 발생이 가장 많았으며, 하자 판정 및 처리 기준의 명확화 필요성을 강조하였다. 이상석과 유주은(2012)은 조경공사 관련 분야 전문가들을 대상으로 하자 실태 및 인식을 조사하여, 집단 간 인식 차이를 분석하고 발주기관과 조경건설업체 간 하자 책임, 하자담보책임기간 등에 대한 인식 차이가 존재함을 밝혔다. 황상원 등(2023)은 조경공사에서 관급자재와 사급자재의 비율에 따라 발생하는 하자의 원인을 분석하였다. 인천광역시 사례를 중심으로 하자 발생 요인을 조사하고, 자재 공급 방식에 따른 하자 관리가 중요함을 제시하였다.

LH 토지주택연구원(2018)은 조경유지관리 차원에서 수목하자의 개선방안을 연구하였는데, 특히 기후변화 대응을 위해 가뭄발생빈도의 증가와 폭염(35°C 이상)으로 인한 증발량 상승에 따른 강화된 관수기준의 설정이 필요함을 밝혔다. 이처럼 조경수목의 하자저감을 위해서 식재 후 관수는 매우 중요하다. 미국의 경우 건축물의 보편적이고 공통적인 평가 기준으로 사용되는 친환경 건축물 인증제도(Leadership in Energy and Environment Design, LEED)에 관수량의 산정 기준이 포함되어 있다. 증발산속도, 수종, 밀도, 미기후 등에 따른 관수량 기준이 체계화되어 기후변화에 따라 정밀하게 반영토록 되어 있다(표 2, 3 참조), 이와 비교하여 우리나라에서 조경수의 하자 피해를 저감하는데 중요한 작용을 하는 조경공사 표준시방서(국토해양부, 2016)에서도 조경수에 대한 관수시설의 설치 방법, 수압시험, 장비의 재원 등에 비해 식재공사 후 수목별 관수량, 관수시기, 횡수 등에 대한 규정이나 지침은 마련되지 않았다. 공공기관에 해당하는 부천시 건축과의 조경 유지관리 매뉴얼(부천시, 2010), 한국철도시설공단의 조경 시설 관리 지침(한국철도시설공단, 2009)에서도 관수에 대한 방법과 시기에 대해서 일반적인 사항이 간략하게 기술되어 있다.

조경수의 하자에 대한 연구는 주로 하자율이 높은 성상 및 수종을 특정하고 실태를 파악하는데 집중되어 있는 경향이 있다. 공동주택단지를 대상으로 하자율이 높은 취약 수종을 파악하는 것은 재료의 수급에서 중요한 연구이

다. 식재공중에서 발생하는 문제에 대해서도 관리자의 인식이나 재료의 수급, 관례와 제도 등에 머물고 있다. 이에 비해 식재공사를 기점으로 요구되는 유지관리에서 기후변화에 의한 가뭄에 대비하기 위한 관수시스템은 연구가 미진하다. 관수시스템의 효과를 분석하기 위해서는 조경수의 식재시점부터 일정 기간동안 관수와 조경수의 상태에 대한 현장 관찰이 요구되는 어려움이 있어 연구가 시도되지 않고 있다. 효과를 검토하기 위해 대조군을 설정해야 하고 비교를 위한 지표 설정이 필요하다.

본 연구는 공동주택단지의 조경식재공사 현장에서 식재된 조경수에 대한 관수시스템의 효과를 실증하는데 목적을 두었다. 이를 위해 현장에서 조경수의 대조군을 설정하고 관수시스템을 달리하여 관수와 수종별 고사율, 수목활력도, 광합성량 등의 정량적 지표를 측정하여 비교하는 방식을 사용하였다.

1.2 연구내용 및 방법

1.2.1 연구대상지 및 대조구 설정

연구 목적에 부합될 수 있는 대상지는 도심지의 대면적 주거지역 내 위치하고 지리적으로 인접하며 관수에 따른 조경수의 상태변화를 비교할 수 있어야 한다. 이를 위해 연구대상지로 공동주택단지 조경공사에 있어 규모, 공사 기간이 유사한 현장 중에서 갈수기(봄철 3-5월) 이전에 식재공사가 완료되는 곳인 서울시 성동구의 공동주택단지 건설현장을 선정하였다(그림 1 참조). 관수와 모니터링은 2018년 4월부터 2019년 10월까지 총 19개월간 진행되었다.

관수시스템이 수목 하자 저감에 미치는 영향을 분석하기 위해 실험구와 대조구를 설정하였다. 대상지 내 실험구는 관수시스템의 설치 효과를 분석하기 위해 관수를 제외한 기타 하자발생 요인들의 간섭을 최소화하고자 공동주택단지 내 건물의 배치, 녹지지역의 면적, 향(向), 수종 등이 유사한 3개 블록으로 설정하였다. 실험구와 대조구는 동일한 식재 조건을 갖추었다. 식재 토양은 실험구, 대조구 모두 토심 1.2m를 균등하게 확보하였고, 동일한 토취장에서 반입하고 샘플을 조사함으로써 균질한 환경을 조성하였다. 식재공사 과정에서 일정 주기로 방재를 실시하여 해충의 피해로부터 영향을 최소화하였다. 조경수에 영향을 미칠 수 있는 폭우나 폭설, 고온 등의 기후 현상은 관찰되지 않았다.

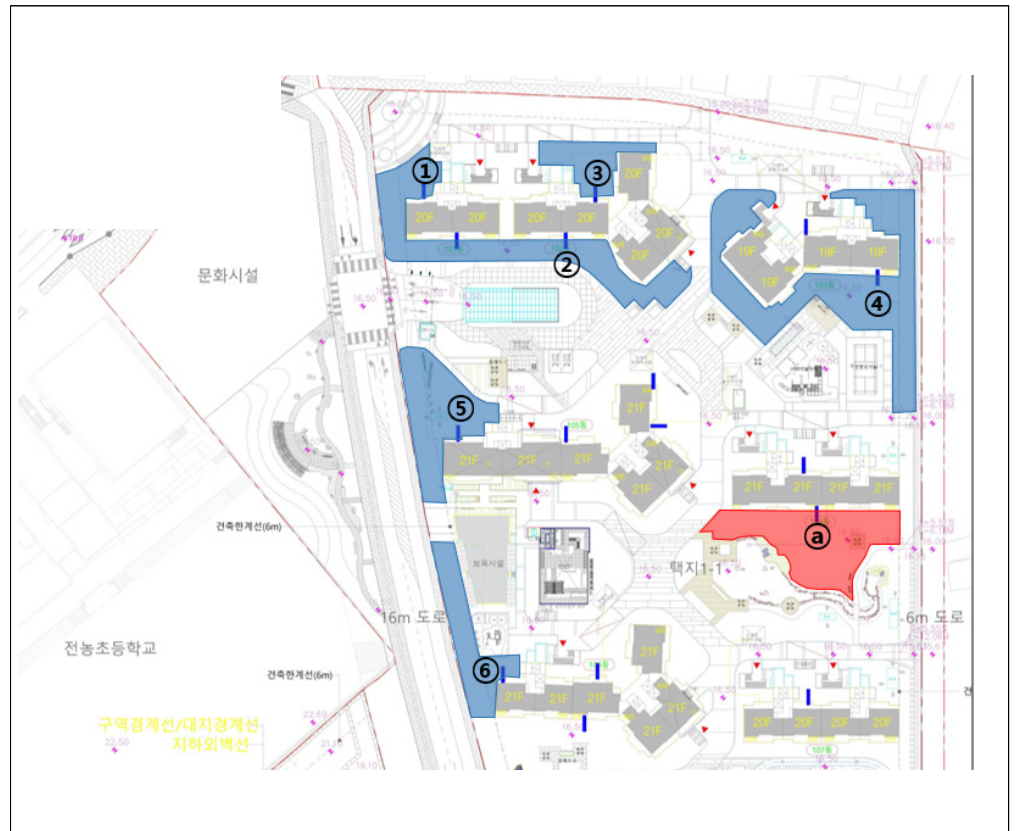


그림 1. 연구대상지 및 대조구
 범례: 스프링클러 설치, 점적관수 설치

1.2.2 관수시스템 설치

스프링클러를 수목의 식재간격이 넓어 면적인 관수가 필요하고, 주민들의 이동 및 생활에 불편을 끼치지 않는 독립적으로 조성된 지역을 중심으로 설치하였다. 관수량을 별도로 산출하기 위하여 콘트롤러 및 전자밸브에는 유량계를 별도로 설치하였다. 메인관은 PE PIPE로 연못으로 연결되는 관수라인에서 시작하여 녹지지역을 전체적으로 연결하며, 매설깊이는 300mm로 설치하였다. 팝업 스프링클러 헤드는 살수반경 3m 내외로 관수 범위를 갖는 제인이 사용되었다(그림 2 참조).

점적관수 시스템은 콘트롤러+전자밸브, 메인 배관, 보조관, 점적 단추로 구성된다. 콘트롤러 및 전자밸브는 QC 밸브의 하단에 연결하여 녹지지역에 관수가 실시될 수 있도록 설치하였으며, 콘트롤러 및 전자밸브의 작동원리는 스프링클러 시스템과 동일하다. 점적관수 시스템은 3개 규격의 관으로 구성되어 있다. 메인관은 매설깊이 200mm로 설치하였다. 각 수목으로 접근하기 위해 설치되는 보조관은 메인관에서 분리되며 점적 단추를 연결한다. 점적 단추는 수압을 조절하여 시간당 2L, 4L, 8L의 일정량을 관수할 수 있도록 설정할 수 있다. 현장에서는 4L/1시간 용량의 단추를 이용하였다. 점적 단추는 대교목에 4개/1주, 소교목에 2개/1주, 4-5주의 수목이 모아심기된 곳에 4-6개가 설치되었다(그림 3 참조).

1.2.3. 관수량 설정

기상자료에서 강수량을 참고하고 증발산량을 산출하여 관수량을 산출하였다. 잠재증발산량의 계산에 기온, 풍속, 습도, 태양복사 4가지 요소가 이용되는 Penman-Monteith 공식을 사용한다. 그러나, 태양복사와 같은 값을 사용할 수 없을 때는 한 달 이상의 기준 작물에 대한 온도와 일조시간을 이용하는 Blaney-Criddle 공식을 사용할 수 있다 (수식 1 참조). Blaney-Criddle을 적용하여 산출된 잠재증발산량은 봄철식재 시기(3월, 4월, 5월)를 기준으로 단위 면적(m²)당 평균 128L이 된다.

$$ET_o = kt(0.46t + 8.13)p \tag{식 1}$$

ET_o: 증발산량 [mm day⁻¹]

kt : 온도보정계수 (0.0311t + 0.24)

t: 평균 기온 [K]

p: 평균 일 일조시간 / 연 총 일조시간



그림 2. 스프링클러관수시스템 설치현황



그림 3. 점적관수시스템 설치현황

서울지역의 월평균 관수필요량은 2017년 3-11월을 기준으로 0-80.4mm/m²이었으며, 강수량이 잠재증발산량을 초과하는 6-9월을 제외한 평균 관수필요량은 59.3mm/m²이었다(표 1 참조). 서울지역의 잠재증발산량과 강수량을 고려한 관수필요량은 매달 약 60mm(60L)/m²이며, R40-R50의 대형목은 약 120-180L, R15-20의 교목은 약 17-30L 정도의 관수가 필요한 것으로 산정하여 실험연구에 반영하였다.

식재수목당 관수 면적은 굴취 후 수목의 잔뿌리가 위치하는 뿌리분의 넓이로 계산하여 적용하였고, 이식수목 뿌리분의 규격 폭인 흉고직경(근원직경)의 4배 값을 반영하였다. 1회 관수량으로 대교목에 10-15L, 소교목에 1.5-2.5L를 기준으로 주 3회, 매월 12-13회의 관수를 실시하였다. 3-5월에 10일 이상의 강우가 없는 것으로 예보 되었을 때, 관수량을 2배로 적용하였다. 장기적인 강우(장마)가 예상되는 기간에는 관수를 일시적으로 중단하는 등 탄력적으로 운영하였다. 7월 말-8월 중순까지는 총 3회의 추가 관수 작업을 수행하였고, 대형목에는 물주머니를 설치했다. 관수량으로 점적관수 및 스프링클러 시스템은 평상시 60L/m²/월, 여름철에는 140L/m²/월의 물을 공급하였다(표 2, 그림 4 참조).

1.2.4 조경수 모니터링

모니터링 수준으로 평균 하자율이 높아 관수시스템이 비교에 적합하다고 판단된(LH 공공주택사업처, 2017) 서양측백(17.96%), 단풍나무, 측백나무, 소나무, 스트로브잣나무, 전나무 등이 5-10%, 산수유, 왕벚나무, 매화나무, 꽃사과, 매죽나무, 대나무 등이 2-5%, 살구나무, 산딸나무, 느티나무, 주목, 마가목, 배롱나무, 모감주나무, 이팝나무, 백목련, 단풍나무, 왕대, 팽나무, 대왕참나무, 메타세콰이어 등이 1-2% 구성비율을 나타냈다.

수목 하자율의 경우, 실험구로 설정되지 않는 지역을 포함한 전체 공동주택 단지에 대하여 조사, 분석을 진행하였다. 대상지 내 식재 수목에 대한 고사 및 생육상태 모니터링은 식재초기 이후 3개월마다 조사하였으며, 수목 식

표 1. 서울지역 월별 강수량 및 잠재증발산량(단위: mm, 자료: 기상청 기후정보 포털 응용 시나리오)

구분	2008-2017년 평균			2017년		
	잠재증발산량 (A)	강수량 (B)	관수 필요량 (A-B)	잠재증발산량 (A)	강수량 (B)	관수 필요량 (A-B)
1월	94.2	13.1	81.1	91.9	14.9	77.0
2월	92.0	30.9	61.1	94.4	11.1	83.3
3월	115.9	35.5	80.4	119.2	7.9	111.3
4월	116.2	75.7	40.6	126.8	61.6	65.2
5월	141.9	79.3	62.6	153.4	16.1	137.3
6월	126.3	126.7	-0.4(0)	149.4	66.6	82.8
7월	74.4	509.9	-435.5(0)	65.5	621.0	-555.5(0)
8월	100.8	252.5	-151.7(0)	88.9	297.0	-208.1(0)
9월	116.8	139.3	-22.5(0)	121.5	35.0	86.5
10월	124.2	51.4	72.8	111.0	26.5	84.5
11월	85.9	45.7	40.2	77.3	40.7	36.6
12월	87.8	28.0	59.8	78.5	34.8	43.7
합계	1,276.5	1,387.9	-111.4	1,277.9	1,233.2	44.7

표 2. 관수시스템별 운영사항

구분	점적관수(drip system)	스프링클러(sprinkler)	인력관수
운영	타이머 설정을 통한 자동 관수	타이머 설정을 통한 자동 관수	인부와 살수차를 이용한 관수
식재시기별 관수빈도	식재-6개월	2-4회/주	2-4회/월
	6-12개월	1-3회/주	1-3회/월
	13-36개월	1-2회/주	1-2회/주
관수량	1회 관수시 오전, 오후로 구분하여 각 2-3시간 가동		현장 전문가 판단
공통사항	관수량은 식재 수목의 뿌리분이 모두 젖을 정도로 충분히 투입 실험구 내 수목에 대한 시비 및 병충해 방제를 동일하게 시행		

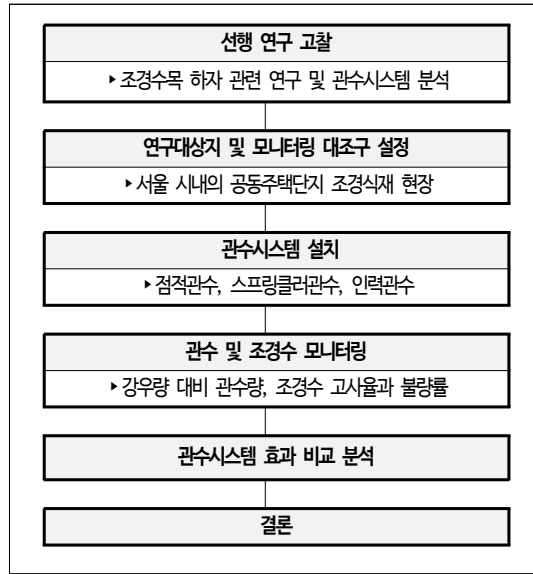


그림 4. 연구의 수행체계

재 이후 6개월이 경과한 9월을 기준으로 ‘생육양호’, ‘고사 및 제거’, ‘생육불량’으로 구분하여 전체 수량을 파악하였다. 고사 및 제거 수목은 9월 기준 수목이 고사하여 잎이 모두 탈락하며, 수목활력도에 따라 고사한 것으로 확인된 수목과 하자 보수를 위하여 제거된 기존 수목을 대상으로 분류하였다. 또한 생육불량의 판정은 수관 중 20% 이상이 낙엽으로 떨어진 경우, 상록수의 경우 전체 수관의 20% 이상이 잎변색이 일어난 경우, 가지 끝이 마르거나 고사하여 전체적인 수관이 위축된 경우 등을 포함하였다.

2. 관수 및 조경수 모니터링 결과

2.1 조경수 생육상태 변화

2.1.1 단지전체

식재된 총 1,747주의 조경수 중에서 생육이 양호한 수목은 1,507주로 집계되었다. 고사 또는 제거된 수목은 111주(6.4%), 생육상태가 불량한 수목은 129주(7.4%)로 나타났다. 고사/제거/생육상태 불량인 수목을 모두 합하면 240주의 수목이 양호하지 못한 생육상태를 보였다. LH공사의 수목하자비용 중 낙엽교목 평균값인 19.39%에 비해서는 매우 양호한 상태를 보였다.

고사율이 높은 수목은 서양측백(14.4%), 전나무(43.3%), 감나무(15.2%), 느티나무(10.5%), 백목련(18.9%), 산수유(20.7%) 등이었으며, 고사율이 낮은 수목은 목서, 소나무, 스트로브잣나무, 꽃사과, 단풍나무, 이팝나무 등으로 확인되었다. 생육이 양호한 수종은 목서, 반송, 소나무, 측백나무, 공작단풍, 꽃복숭아, 느릅나무, 단풍나무, 대왕참나무, 모감주나무, 모과나무, 배롱나무, 심산해당화, 이팝나무, 중국단풍, 팽나무, 회화나무 등으로 고사율이 2% 미만이었다(그림 5 참조).

2.1.2 실험구 및 대조구 비교결과

점적관수지역에 식재된 수목은 총 267주이며, 점적관수 설치지역의 평균 고사율은 4.9%로 전체 지역의 평균 고사율 6.4%, 대조구 지역의 평균 고사율 6.5%와 비교하여 약 1.5~1.6%의 고사율이 감소한 것으로 확인되었다(표 3 참조). 고사율이 크게 개선된 수종은 전나무, 감나무, 산딸나무, 산수유, 왕벚나무, 때죽나무 등이다. 대조구와 비교했을 때 고사율에서 차이가 작지만, 점적관수지역에서 비교적 고사율이 낮은 수종은 서양측백, 스트로브잣나무, 주목, 꽃사과, 단풍나무, 살구나무 등이었다. 반면, 대조구보다 고사율이 증가한 수종은 느티나무, 매화나무, 모감주나무, 산수유 등이다. 이 수종은 전체적으로 고사율이 낮거나 대조구와 점적관수지역에서 차이가 적은 것들이다.

불량률이 개선된 수종은 서양측백, 스트로브잣나무, 전나무, 느티나무, 때죽나무, 백목련, 산딸나무, 왕벚나무 등이며, 전체 하자율이 매우 낮은 수종을 제외한 대부분의 수종의 불량률이 개선된 것으로 확인되었다. 점적관수지역

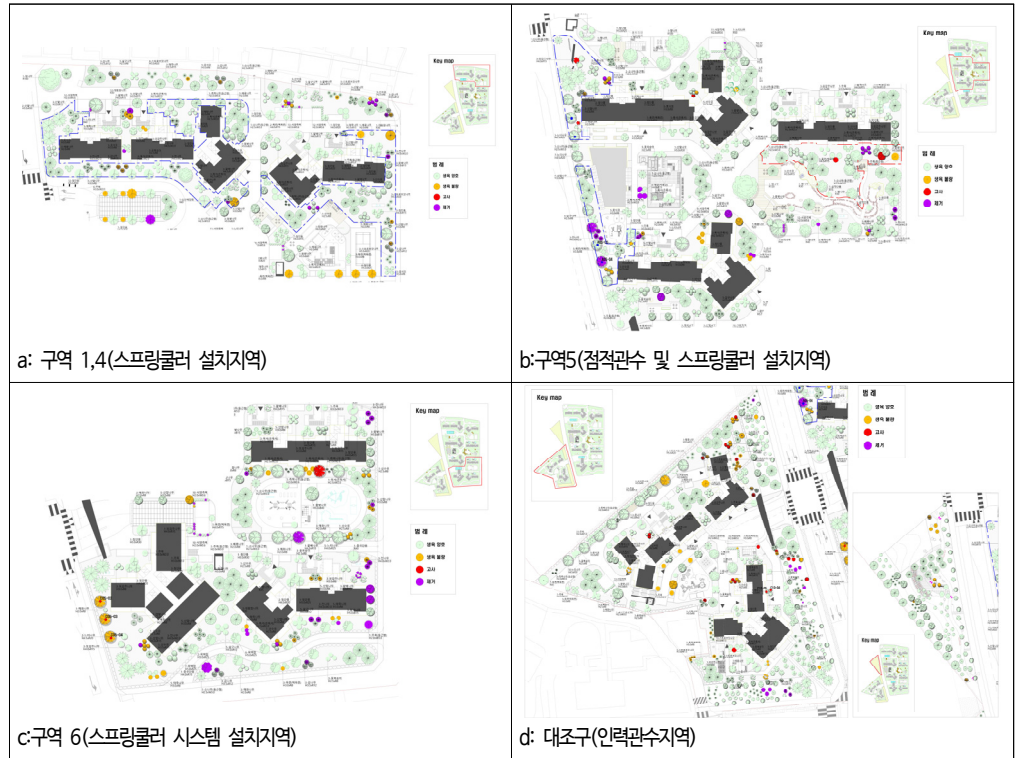


그림 5. 동별 수목 생육 상태(2018년 9월)

에서 수목 불량률은 전체 10.9%이며, 대조구의 14.8%와 비교하여 약 3.9% 감소하였다.

대양참나무는 고사율이 0%인 수종으로 생육 불량비율은 점적관수지역에서 20%로 높게 나타났으나 전체 5주중 1주에 해당하는 개체로 조금 더 면밀한 검토가 필요한 것으로 판단된다. 산수유는 고사율과 마찬가지로 점적관수 설치 지역과 대조구에서 유의미한 차이가 나타나지 않는 것으로 확인되었다. 이는 관수효과보다 수목의 생육에 대한 영향이 더 큰 다른 제한요인이 작용하는 것으로 볼 수 있다.

스프링클러 관수지역에 식재된 수목은 총 12종 46주이며, 스프링클러 설치 지역의 전체 고사율은 17.4%로 점적 관수지역에 비해서 12.5%가 높았다. 대조구와 비교했을 때도 8.9%나 높게 나타났다. 이 지역에서 고사율이 낮은 수종은 목서, 반송, 소나무, 주목, 공작단풍, 꽃복숭아, 배롱나무, 팽나무 등이었다. 이 수종은 전체 지역에서 고사율이 2% 미만인 수종이며, 이 지역에서도 고사된 것이 없었다. 이 지역의 수종 중에서 백목련, 산딸나무, 산수유, 왕벚나무는 33.3-100.0%의 높은 고사율을 보였다.

점적관수 설치지역의 고사율은 대조구와 비교하여 1.6% 낮았으며, 스프링클러 설치지역의 대조구는 고사율이 대조구보다 높았다. 수목의 고사율을 낮추는데 점적관수시스템의 효과가 높음을 알 수 있다. 스프링클러 설치지역의 불량률이 19.6%로 대조구의 14.8%나 점적관수의 10.9%, 전체 13.7%보다 높게 나타났다. 스프링클러 설치지역은 대조구 및 점적관수 설치지역과 비교하여 수목의 불량률 역시 높게 나타났다. 스프링클러의 설치는 조경수의 고사율 저감에 영향이 낮을 수 있으므로, 설치에 신중한 검토가 요구된다(표 3, 4 참조).

2.2 관수시스템 효과 분석

2.2.1 고사율

점적관수시스템이 적용된 지역에서 고사율이 크게 개선된 수종은 서양측백, 전나무, 감나무, 백목련, 산딸나무, 왕벚나무, 팔배나무 등으로 고사율이 4.4-33.3% 감소하였으며, 이는 55.6-100.0%의 고사율 저감효과로 환산할 수 있다(표 5 참조). 스트로브잣나무, 주목, 꽃사과, 단풍나무, 매죽나무, 살구나무 등은 100.0% 고사율이 저감된 수종이었으나 대조구 내 식재수목의 고사율이 낮거나 실험구에 식재된 수량이 매우 적어 수치상로 유의미한 통계량으로 보기는 한계가 있다. 점적관수 설치지역에서 고사율이 증가한 수종은 느티나무, 매화나무, 모감주나무, 산수유 등으로 대조구와 비교하여 고사율이 1.1-16.7% 증가하였고, 고사율 저감효과로 환산하였을 때 6.0-145.5% 증가하였다. 느티나무가 식재된 104-106동 주변의 녹지지역으로 실험이 진행되는 동안 전기설비 공사로 인해 수차례 관수

표 3. 조경수 고사율 발생 현황(2018년 9월 기준)

수종	전체 식재 수목		점적관수		스프링클러		대조구	
	수량	고사율	수량	고사율	수량	고사율	수량	고사율
목서	76	0.0	21	0.0	6	0.0	49	0.0
반송	19	0.0	2	0.0	2	0.0	15	0.0
서양측백	142	14.1	6	0.0	-	-	133	15.0
소나무	147	0.0	23	0.0	4	0.0	102	0.0
스트로브잣나무	99	2.0	6	0.0	-	-	41	2.4
전나무	30	43.3	15	26.7	-	-	15	60.0
주목	87	1.1	1	0.0	1	0.0	85	1.2
측백나무	16	0.0	4	0.0	-	-	12	0.0
감나무	33	15.2	9	0.0	-	-	21	23.8
공작단풍	8	0.0	-	-	1	0.0	7	0.0
꽃복숭아	53	0.0	5	0.0	3	0.0	45	0.0
꽃사과	61	3.3	10	0.0	-	-	40	2.5
느릅나무	13	0.0	-	-	-	-	3	0.0
느티나무	38	10.5	11	18.2	-	-	27	7.4
단풍나무	101	1.0	19	0.0	-	-	82	1.2
대왕참나무	27	0.0	5	0.0	-	-	11	0.0
때죽나무	67	9.0	3	0.0	-	-	64	9.4
매화나무	42	2.4	6	16.7	-	-	29	0.0
모감주	70	1.4	11	9.1	-	-	59	0.0
모과나무	1	0.0	-	-	-	-	1	0.0
목백합	15	6.7	-	-	-	-	15	6.7
배롱나무	57	0.0	21	0.0	10	0.0	26	0.0
백목련	53	18.9	5	0.0	3	33.3	36	13.9
산딸나무	146	7.5	37	2.7	1	100.0	99	7.1
산수유	121	20.7	21	19.0	8	62.5	89	18.0
살구나무	50	4.0	10	0.0	-	-	36	2.8
심산해당화	1	0.0	1	0.0	-	-	-	-
왕벚나무	85	5.9	8	0.0	3	33.3	51	7.8
이팝나무	43	0.0	-	-	-	-	13	0.0
중국단풍	2	0.0	-	-	-	-	2	0.0
팔배나무	25	4.0	6	0.0	-	-	19	5.3
팽나무	18	0.0	1	0.0	4	0.0	13	0.0
회화나무	1	0.0	-	-	-	-	1	0.0
합계	1,747	6.4	267	4.9	46	17.4	1,241	6.5

표 4. 조경수 불량률 발생 현황(2018년 9월 기준)

수종	전체 식재 수목		점적관수		스프링클러		대조구	
	식재수량	불량률	식재수량	불량률	식재수량	불량률	식재수량	불량률
목서	76	9.2	21	0.0	6	0.0	49	14.3
반송	19	0.0	2	0.0	2	0.0	15	0.0

표 4. 계속

수종	전체 식재 수목		점적관수		스프링클러		대조구	
	식재수량	불량률	식재수량	불량률	식재수량	불량률	식재수량	불량률
서양측백	142	15.5	6	0.0	-	-	133	16.5
소나무	147	0.0	23	0.0	4	0.0	102	0.0
스트로브잣나무	99	14.1	6	0.0	-	-	41	24.4
전나무	30	46.7	15	26.7	-	-	15	66.7
주목	87	16.1	1	100.0	1	100.0	85	14.1
측백나무	16	0.0	4	0.0	-	-	12	0.0
감나무	33	51.5	9	55.6	-	-	21	47.6
공작단풍	8	0.0	-	-	1	0.0	7	0.0
꽃복숭아	53	0.0	5	0.0	3	0.0	45	0.0
꽃사과	61	4.9	10	0.0	-	-	40	2.5
느릅나무	13	0.0	-	-	-	-	3	0.0
느티나무	38	21.1	11	18.2	-	-	27	22.2
단풍나무	101	6.9	19	0.0	-	-	82	8.5
대왕참나무	27	3.7	5	20.0	-	-	11	0.0
매죽나무	67	23.9	3	0.0	-	-	64	25.0
매화나무	42	2.4	6	16.7	-	-	29	0.0
모감주	70	2.9	11	18.2	-	-	59	0.0
모과나무	1	0.0	-	-	-	-	1	0.0
목백합	15	6.7	-	-	-	-	15	6.7
배롱나무	57	0.0	21	0.0	10	0.0	26	0.0
백목련	53	20.8	5	0.0	3	33.3	36	16.7
산딸나무	146	19.2	37	5.4	1	100.0	99	23.2
산수유	121	48.8	21	47.6	8	62.5	89	46.1
살구나무	50	4.0	10	0.0	-	-	36	2.8
심산해당화	1	0.0	1	0.0	-	-	0	-
왕벚나무	85	10.6	8	12.5	3	33.3	51	13.7
이팝나무	43	0.0	-	-	-	-	13	0.0
중국단풍	2	50.0	-	-	-	-	2	50.0
팔배나무	25	12.0	6	0.0	-	-	19	15.8
팽나무	18	0.0	1	0.0	4	0.0	13	0.0
회화나무	1	0.0	-	-	-	-	1	0.0
합계	1,747	13.7	267	10.9	46	19.6	1,241	14.8

표 5. 수종별 관수시스템의 고사율 저감효과 비교분석결과

수종	평균하자율		고사율				고사율 저감효과			
							점적관수		스프링클러	
	LH1	LH2	점적관수 (A)	스프링클러 (B)	대조구 (C)	소계	C-A	$\frac{(C-A)}{C} \times 100$	C-B	$\frac{(C-B)}{C} \times 100$
목서	8.7	16.1	-	-	-	-	-	-	-	-
반송	8.4	9.4	-	-	-	-	-	-	-	-

표 5. 계속

수종	평균하자율		고사율				고사율 저감효과			
	LH1	LH2	점적관수 (A)	스프링클러 (B)	대조구 (C)	소계	점적관수		스프링클러	
							C-A	$\frac{(C-A)}{C} \times 100$	C-B	$\frac{(C-B)}{C} \times 100$
서양측백	8.0	5.0	-	-	15.0	14.4	15.0	100.0	-	-
소나무	5.6	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
스트로브잣	3.7	14.0	-	-	2.4	2.1	2.4	100.0	-	-
전나무	3.3	21.7	26.7	-	60.0	43.3	33.3	55.6	-	-
주목	18.3	21.8	-	-	1.2	1.1	1.2	100.0	1.2	100.0
측백나무	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
감나무	-	26.8	-	-	23.8	16.7	23.8	100.0	-	-
공작단풍	-	6.7	-	-	-	-	-	-	-	-
꽃복숭아	-	27.3	-	-	-	-	-	-	-	-
꽃사과	9.3	16.2	-	-	2.5	2.0	2.5	100.0	-	-
느릅나무	-	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-
느티나무	9.5	14.4	18.2	-	7.4	10.5	-10.8	-145.5	-	-
단풍나무	8.2	16.8	-	-	1.2	1.0	1.2	100.0	-	-
대왕참나무	6.6	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
때죽나무	14.7	31.2	-	-	9.4	9.0	9.4	100.0	-	-
매화나무	14.3	27.1	16.7	-	-	2.9	-16.7	-	-	-
모감주	-	13.2	9.1	-	-	1.4	-9.1	-	-	-
모과나무	-	9.4	-	-	-	0.0	-	-	-	-
목백합	6.6	-	-	-	6.7	6.7	-	-	-	-
배롱나무	29.2	56.8	-	-	-	-	-	-	-	-
백목련	-	19.4	-	33.3	13.9	13.6	13.9	100.0	-19.4	-140.0
산딸나무	10.4	21.8	2.7	100.0	7.1	6.6	4.4	61.8	-92.9	-1314.3
산수유	6.7	15.2	19.0	62.5	18.0	21.2	-1.1	-6.0	-44.5	-247.7
살구나무	-	22.3	-	-	2.8	2.2	2.8	100.0	-	-
심산해당화	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-
왕벚나무	12.8	17.1	-	33.3	7.8	8.1	7.8	100.0	-25.5	-325.0
이팝나무	1.1	1.8	-	-	-	0.0	-	-	-	-
중국단풍	4.6	11.4	-	-	-	0.0	-	-	-	-
팔배나무	11.1	-	-	-	5.3	4.0	5.3	100.0	-	-
팽나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
회화나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계 / 평균	9.3	17.7	4.9	17.4	6.5	6.6	1.7	25.4	-10.9	-166.5

LH1 : LH 공공주택사업처(2017), LH2 : 한국조경학회(2013)

가 중단되었던 지역이어서 관수량의 부족이 발생했을 가능성이 있다. 모감주나무는 점적관수 설치지역에 식재된 수목이 1주 고사하였는데, 모감주나무의 경우 식재 초기인 5월 고사하여 교체되었다. 산수유는 전체와 대조구, 점적관수 설치지역에서 거의 유사한 고사율을 보이고 있으며, 모든 지역에서 18~20% 내외로 높은 고사율을 보이고 있어

관수에 의한 수목의 생육상태 개선효과는 크지 않으며, 기타 요인으로 인한 수목고사율이 높은 수종으로 판단된다. 스프링클러 설치지역에서 수목의 고사율을 분석해 보면 총 식재수목은 12종 46주이며, 평균 고사율은 17.4%로 대조구 지역의 평균 고사율 6.5%와 비교하여 약 8.9% 증가한 것으로 확인되었으며, 이를 고사율 감소비율로 환산할 경우 약 166.5%의 고사율이 증가함을 알 수 있다.

스프링클러 설치 지역에서 고사율이 감소한 수종은 주목(100% 저감) 1종이며, 백목련, 산딸나무, 산수유, 왕벚나무 등 4종의 고사율이 크게 증가(140.0-1,314.3%)하였고, 목서, 반송, 소나무, 공작단풍, 꽃복숭아, 배롱나무, 팽나무 등 7종은 전체 단지에 고사한 개체가 없는 상태이다. 스프링클러 설치지역에 식재된 수량(1-10주)이 적어 1주의 고사로 인한 고사율 증가가 매우 크게 나타나기 때문에 전반적인 고사율 증가 효과를 산술적인 수치만으로 판단하는 것은 다소 무리가 있다. 하지만 전체적인 수목 고사율이 대조구와 비교하여 2.5배 이상 높게 나타나고 있어 스프링클러의 설치가 수목생육에 긍정적인 영향을 주지 못하는 것으로 판단하는데 무리가 없다.

점적관수 설치 지역의 식재수목은 관수설비를 설치하지 않은 대조구와 비교하여 1.6%의 고사율이 감소하였고 이는 약 25.4%의 고사율 감소효과로 설명할 수 있다. 스프링클러의 경우 실험구역의 면적이 좁아 식재수량이 많지 않았으나 대조구와 비교하여 오히려 수목 고사율이 증가하는 것으로 확인되었으며, 스프링클러 설치 효과에 대한 심도있는 검토가 필요한 것으로 판단된다.

2.2.2 불량률

점적관수 설치지역 식재수목의 불량률은 총 267주이며, 평균 불량률은 10.9%로 대조구 지역의 평균 14.8%와 비교하여 약 4.0% 감소한 것으로 확인되었다. 이를 불량률 감소비율로 환산할 경우 약 26.7%의 불량률 저감효과가 있는 것으로 분석되었다(표 6 참조).

점적관수 설치 지역에서 불량률이 크게 개선된 수종은 목서, 서양측백, 스트로브잣나무, 전나무, 단풍나무, 때죽나무, 백목련, 산딸나무, 팔배나무 등으로 불량률이 8.5-40.0% 감소하였으며, 이는 60.0-100.0%의 저감효과로 환산할 수 있다. 꽃사과, 살구나무 등은 불량률이 100.0% 저감된 수종이었으나 대조구 내 식재수목의 불량률이 낮아 단순한 수치상의 비교가 어려운 수종이다. 왕벚나무의 경우 고사율이 크게 개선되는 것으로 분석되었으나 생육불량 수목까지 포함하여 검토한 결과 8.9%의 불량률 개선효과가 있는 것으로 분석되었다. 느티나무의 경우 고사율 분석에서 점적관수 설치 지역이 대조구보다 높은 고사율을 보였으나 생육불량 수목을 포함하였을 때 18.2%의 불량률 개선효과가 있는 것으로 분석되었다.

점적관수 설치 지역에서 불량률이 증가한 수종은 주목, 감나무, 대왕참나무, 매화나무, 모감주나무, 산수유 등으로 대조구와 비교하여 불량률이 1.6-85.9% 증가하였다(주목 제외시 1.6-20.0%). 주목은 실험구에 식재된 수목이 단 1주로 불량률이 점적관수로 인한 효과를 대표하기에는 무리가 있는 것으로 판단된다. 감나무는 실험구와 대조구 모두 47.6%, 55.6%라는 높은 불량률을 나타내었으며, 생육불량의 원인이 관수보다는 다른 외부요인에 의한 것으로 판단된다. 대왕참나무의 경우 전체 고사율이 0%인 수종으로 생육 불량비율은 점적관수 구간에서 20%로 높게 나타났으나 전체 5주중 1주에 해당하는 개체로 조금 더 면밀한 검토가 필요하다. 매화나무와 모감주나무는 고사율과 마찬가지로 생육불량에 해당하는 개체가 1-2주로 보다 면밀한 검토가 필요하며, 위에서 제시한 바와 같이 고사 및 생육불량의 원인이 외부 요인에 의한 것으로 판단된다. 산수유는 고사율과 마찬가지로 점적관수 설치 지역과 대조구에서 유의미한 차이가 나타나지 않는 것으로 확인되었으며, 이는 관수효과보다 수목의 생육에 대한 영향이 더 큰 다른 제한요인이 작용하기 때문으로 판단된다(평균 46.1-100.0%의 높은 불량률을 나타냄).

스프링클러 설치지역은 대조구 및 점적관수 설치구간과 비교하여 수목의 불량률 역시 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 이 곳에서 불량률은 총 46주가 검토되었으며, 평균 19.6%로 대조구와 비교하여 4.7% 증가하였고, 이를 상대적인 비율로 환산할 경우 32.0%의 불량률 증가 효과가 있는 것으로 분석되었다. 불량률이 개선된 수종은 목서 1종이며, 단지 전체에서 불량률이 0.0%인 수종을 제외하면 모든 수종의 생육상태가 악화된 것으로 분석되었다. 이 곳에서 불량률이 증가한 수종은 주목, 백목련, 산딸나무, 산수유, 왕벚나무 등 5종으로 불량률 증가 비율이 매우 높은 특징을 보였다. 하지만, 주목과 산딸나무는 해당 지역에 단 1주만이 식재되었고, 백목련과 왕벚나무 역시 단 3주만 식재되어 있어 전체를 대표하기에는 수량이 적다.

전체적으로 보았을 때, 점적관수 설치지역에서 불량률은 관수시스템을 설치하지 않은 대조구와 비교하여 약 4.0%가 감소하였다. 이는 약 26.7%의 불량률 감소효과로 설명된다. 스프링클러 시스템은 면적이 좁아 식재수량이 많지 않았으나, 대조구와 비교하여 오히려 불량률이 증가하는 것으로 확인되었다.

표 6. 조경수 하자저감 효과(생육 불량률) 분석

수종	평균하자율		생육 불량률				불량률 저감효과			
							점적관수		스프링클러	
	LH1	LH2	점적관수 (A)	스프링클러(B)	대조구 (C)	소계	C-A	$\frac{(C-A)}{C} \times 100$	C-B	$\frac{(C-B)}{C} \times 100$
목서	8.7	16.1	-	-	14.3	9.2	14.3	100.0	14.3	100.0
반송	8.4	9.4	-	-	-	-	-	-	-	-
서양측백	8.0	5.0	-	-	16.5	15.8	16.5	100.0	-	-
소나무	5.6	11.9	-	-	-	-	-	-	-	-
스트로브릿나무	3.7	14.0	-	-	24.4	21.3	24.4	100.0	-	-
젠나무	3.3	21.7	26.7	-	66.7	46.7	40.0	60.0	-	-
주목	18.3	21.8	100.0	100.0	14.1	16.1	-85.9	-608.3	-85.9	-608.3
측백나무	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
감나무	-	26.8	55.6	-	47.6	50.0	-7.9	-16.7	-	-
공작단풍	-	6.7	-	-	-	-	-	-	-	-
꽃복숭아	-	27.3	-	-	-	-	-	-	-	-
꽃사과	9.3	16.2	-	-	2.5	2.0	2.5	100.0	-	-
느릅나무	-	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-
느티나무	9.5	14.4	18.2	-	22.2	21.1	4.0	18.2	-	-
단풍나무	8.2	16.8	-	-	8.5	6.9	8.5	100.0	-	-
대왕참나무	6.6	11.9	20.0	-	-	6.3	-20.0	-	-	-
매죽나무	14.7	31.2	-	-	25.0	23.9	25.0	100.0	-	-
매화나무	14.3	27.1	16.7	-	-	2.9	-16.7	-	-	-
모감주	-	13.2	18.2	-	-	2.9	-18.2	-	-	-
모과나무	-	9.4	-	-	-	-	-	-	-	-
목백합	6.6	-	-	-	6.7	6.7	-	-	-	-
배롱나무	29.2	56.8	-	-	-	-	-	-	-	-
백목련	-	19.4	-	33.3	16.7	15.9	16.7	100.0	-16.7	-100.0
산딸나무	10.4	21.8	5.4	100.0	23.2	19.0	17.8	76.7	-76.8	-330.4
산수유	6.7	15.2	47.6	62.5	46.1	47.5	-1.6	-3.4	-16.4	-35.7
살구나무	-	22.3	-	-	2.8	2.2	2.8	100.0	-	-
심산해당화	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-
왕벚나무	12.8	17.1	12.5	33.3	13.7	14.5	1.2	8.9	-19.6	-142.9
이팝나무	1.1	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-
중국단풍	4.6	11.4	-	-	50.0	50.0	-	-	-	-
팔배나무	11.1	-	-	-	15.8	12.0	15.8	100.0	-	-
팽나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
회화나무	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계 / 평균	9.3	17.7	10.9	19.6	14.8	14.3	4.0	26.7	-4.7	-32.0

LH1 : LH 공공주택사업처(2017), LH2 : 한국조경학회(2013)

2.3 비용절감효과

관수시스템 구축을 통한 수목 하자비용 저감효과를 분석하기 위해 초기 설치비용을 산출하였다. 점적관수의 설치금액 3,603원/㎡으로 계산되었다(표 7 참조). 스프링클러시스템은 8,606원/㎡으로 점적 관수에 비해 설치비용이 2배 이상 높았다. 공동주택단지의 식재공사 시 관수시스템을 도입하기 위해서는 식재공사 금액에 대비하여 점적 관수가 약 2-3%, 스프링클러가 약 4.5-6.5%의 비용이 발생할 것으로 추정된다. 관수시스템을 적용할 때, 세대당 부담하게 되는 설치 비용은 점적관수가 약 55,000원, 스프링클러가 약 130,000원의 소요될 것으로 추정되었다.

식재공사 비용 대비 하자비용의 비율은 4.64%로 산출되었다. 점적관수 설치 지역의 하자예상 비용은 식재공사 대비 4.08%로 대조구의 4.64%와 비교하여 0.56% 감소하였으며, 이 수치를 대조구 대비 점적관수 설치 지역의 하자 저감 효율로 계산하면 대조구와 비교하여 11.93%의 추가적인 하자 비용 절감효과가 있는 판단된다.

모니터링에 설치된 관수시스템 설비를 기준으로 녹지면적 15,000㎡ 로 적용한 추정 관수량은 점적관수의 경우 93.6ton/월, 스프링클러의 경우 1,011.2ton/월이 소요된다. 스프링클러가 점적관수와 비교하여 약 10배의 물을 소비하게 됨을 알 수 있다. 이를 서울시 상수도 비용으로 산정하면 점적관수는 117,882원/월, 스프링클러는 1,274,143 원/월이 발생된다.

3. 결론 및 시사점

공동주택 조경이 마케팅 영역에 편입된 여건에서 수목 하자는 소비자 인지도가 높은 가치로서 시공자에게 부담스러운 문제가 되었다. 생물인 수목의 하자는 다양한 원인이 복합적으로 작용하고, 최근에는 기후변화에 따른 불확실성까지 증대되고 있다. 이에 조경유지관리 측면에서 관수시스템의 수목 하자 저감에 대한 효과성을 확인하려는 목적으로 수행된 본 연구의 실험 결과는 다음과 같다.

수목의 고사율과 불량률에서 점적관수 < 대조구 < 스프링클러 순으로 관수시스템의 효과가 나타났다. 이러한 차이는 공법의 특성상 점적관수가 일주기(daily cycle) 관수량 관리가 용이하고 뿌리생육에 보다 효율적으로 작용했기 때문으로 판단된다. 고사율은 점적관수 시스템에서 가장 낮았고, 스프링클러 시스템의 고사율이 가장 높았다. 불량률의 개선효과도 점적관수시스템이 높았다.

점적관수의 설치하는 수목의 생육상태를 안정적으로 유지하는 데 도움이 되며, 특히 대조구와 실험구 간 측정값 편차가 가장 크게 나타나는 여름철(8월)에 수목의 생육불량 예방에 효과 크게 나타났다. 반면, 스프링클러의 경우 대조구에 비해 광합성량이 양호하지 못한 양상을 보여 생육상태 개선 효과는 불명확한 측면이 있음을 확인하였다. 설치 및 유지비용을 비교한 결과 스프링클러 관수시스템은 점적관수에 비해 10배 이상의 경제적인 비용 상승이 발생할 수 있음도 확인되었다.

이러한 결과를 반영했을 때, 조경수의 고사율과 불량률을 낮추고 경제적인 비용절감의 효과가 높은 점적관수시스템을 공동주택에 설치하는 것에 대해 긍정적인 접근이 가능할 것으로 예상된다. 본 연구는 한정된 사례지와 관습적인 조경수종을 중심으로 모니터링을 실시했다는 한계가 있다. 그러나, 연구비용과 실제 현장에서 모니터링 등을 시행한 실증 연구로서의 가치가 높다고 볼 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 기후변화에 대응하기 위한 관수시스템의 효과를 검증하는 연구가 확산됨으로써 고사율과 불량률의 저감 방안이 검증되어 확산되기를 기대한다.

표 7. 관수시스템 운영을 통한 추정 관수량 및 발생 비용(직접비 기준)

구분		점적관수	스프링클러	비고
추정관수량	수량(개)	450	18	-
	관수용량	4L/1h·1개	6ton/1h·18개	-
	관수시간(분)	45	25	60mm/㎡월 기준
	1회 관수량(ton)	1.35	2.5	-
	월 관수 횟수	13회	13회	5mm/1회
	월 관수량(ton)	17.6ton	32.5ton	-
추정관수비용	관수량(ton/월)	93.6	1,011.2	녹지면적 15,000㎡ 적용 가정시
	상수도(원/ton)	1,260	1,260	300㎡ 초과 기준
	예상비용(원/월)	117,882	1,274,143	-

References

1. 국토해양부(2016) 조경공사 표준시방서.
2. 김양희, 권영휴(2008). 공동주거단지 조경식재공사의 하자실태와 개선방안 연구. 한국농업시설학회지 17(3): 49-60.
3. 김학수(2018). 조경수 하자 저감 방안 연구: 광주광역시 공원 및 녹지를 중심으로. 대한건축학회논문집 계획계 34(8): 67-75.
4. 박상진, 조세환(2016) 아파트 단지 조경요소별 입주민의 가치인지도 대비 공사비 측정의 상대적 적정성 분석 - 공공기관 시행 수도권 분양아파트를 중심으로-. 한국조경학회지 44(6): 177-187.
5. 부천시 건축과(2010) 건축 조경식재 및 유지관리 매뉴얼.
6. 이상석, 유주은(2012) 조경공사 하자에 관한 전문가 집단 간 인식분석을 통한 개선방안 연구. 한국조경학회지 40(6): 25-35.
7. 임원현, 김용수(2001) 아파트단지 조경수목의 식재하자에 관한 연구. 한국조경학회지 29(2): 61-67.
8. 정명묵, 이상석(2012) 조경공사 하자판례 분석을 통한 하자처리 개선방안 연구. 한국조경학회지 40(5): 45-54.
9. 한국조경학회(2013) 세미나자료: 수목생육 활성을 위한 식재설계 방안(김선미, LH 경관설계처)한국철도시설공단 (2009) 조경 시설관리 지침.
10. 황상원, 염성진, 박청인(2023) 조경공사에서 관급자재-사급자재 비율에 따른 하자 원인에 대한 기초연구: 인천광역시 사례를 중심으로. 한국환경과학회지 51(2): 79-89.
11. LH 한국토지주택공사 공공주택사업처(2017) 「하자저감을 위한 조경수목시장 선진화방안 연구용역」 시행계획 (안).
12. LH 한국토지주택공사(2018) 조경유지관리 최적화를 위한 관리기준 개선방안 연구.
13. <http://sts.kma.go.kr>, 기상청 기상자료개방포털.