

ORIGINAL ARTICLE

배수불량 식재기반에서 기능성파이프 적용이 느티나무 생육에 미치는 영향 분석

김정호 · 김의기¹⁾ · 김원태²⁾ · 윤용한*

건국대학교 과학기술대학 녹색기술융합학과, ¹⁾건국대학교 산림과학과 대학원

²⁾연암대학교 환경조경과

The Effects of Functional Pipe on *Zelkova serrata* Growth in Poorly Drained Planting Ground

Jeong-Ho Kim, Eui-Ki Kim¹⁾, Won-Tae Kim²⁾, Yong-Han Yoon*

Department of Green Technology Convergence, College of Science and Technology, Konkuk University Chungju 380-701, Korea

¹⁾Department of Forest Science, Konkuk University, Chungju 380-701, Koorea

²⁾Department of Landscape Architecture, Cheonan Yonam College, Cheonan 331-709, Koorea

Abstract

In this study, one of the measures for the promotion of the growth of trees planted in poor drainage areas, which functionality pipe supplying oxygen in the soil, and promotes drainage, barren soil and poor drainage areas in planting design was to provide the basic data to compare the impact on the application of functionality pipe. The *Zelkova serrata* testing materials were selected, planted a total of 12 by three to four individual experiments were conducted. Growth measurements of the items Plot A > Plot C > Plot D > Plot B were excellent in the order of height, number of leaves, leaf width, and chlorophyll content, Plot A > Plot C > Plot D > Plot B was in good order of the growth of the length of the root-collar diameter, Plot C > Plot A > Plot B > Plot D in order rate of variation was good. This has adverse effects on plant growth, poor drainage planting base represents, promote drainage and oxygen supply technique can be applied good to the planting from *Zelkova serrata* growth based drainage is poor and barren presented as part of research to be done in the future include a means for promoting the growth of plants in soil, the planting design.

Key words : Oxygen, Growth, Chorophyll content, Planting design

1. 서론

토양은 작물생육에 충분한 양의 양분뿐만 아니라 적절한 양의 수분을 보유하면서 대기중 공기와 기체

교환을 원활히 할 수 있는 조건을 갖추고 있을 때, 비로소 작물에 대한 생육배지로서의 역할을 충분히 수행할 수 있다(Yoo 등, 2002; Kim 등, 2011). 토양의 물리적 성질은 토성과 토양의 구조에 의하여 지배되

Received 28 May, 2013; Revised 16 July, 2013;

Accepted 20 July, 2013

*Corresponding author : Yong-Han Yoon, Department of Green Technology Convergence, Konkuk University, Chungju 380-701, Korea
Phone: +82-43-840-3538
E-mail: yonghan7204@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.

는데, 토성면에서 불량한 토양이라 할지라도 토양의 1차 입자들이 입단을 이루어 구조가 잘 발달한 경우에는 작물생육에 유리한 토양의 물리적 성질이 발현될 수 있다. 모든 식물은 수분이 생육에 직접적으로 영향을 미치며 수분함량에 따라 대사활성이 제한을 받는다. 토양은 수분저장과 양분을 공급하면서 식물의 뿌리 및 생육에 영향을 미친다. 토양내 수분은 식물이 뿌리를 통하여 흡수 이용할 수 있도록 양분을 녹이는데 가장 효과적인 수단이며(Cho 등, 2012), 식물의 적정 생육을 위해서 항상 일정한 수준으로 유지되어야 한다. 그러나 토양내 수분이 과도한 경우 토양표면의 견밀도를 증가시키고 식물의 뿌리와 미생물의 호흡으로 발생하는 이산화탄소가 증가하여 식물의 생육에 악영향을 미친다(Jang과 Jung, 2008). 즉, 배수불량한 과습 토양의 경우 토양표면의 견밀도 증가, 토양내 정체된 수분으로 인한 산소의 부족, 이산화탄소의 과다 등으로 인하여 식물생장이 불량해진다. 특히 뿌리호흡의 불량은 새로운 식물조직의 합성과 살아있는 조직 보전에 영향을 미치므로(Ryan과 Law, 2005; Lee 등, 2012) 항상 토양내 뿌리의 호흡이 원활히 될 수 있도록 해야 한다.

도시화의 진행에 따른 불투수표면의 증가와 과도한 답압 등은 토양내 수분의 보유 및 이동을 방해하고 아울러 논흙의 과도한 포함은 토양내 배수성, 통기성, 투수성 기능 저하를 야기한다(Yoo 등, 2002). Lee 등(1990)은 특수식재지역인 논매립지, 쓰레기매립지, 임해매립지, 파쇄암매립지 등에서는 배수불량에 의해 수목의 피해가 크게 발생한다고 제시하였고 Choi와 Shim(1995)은 배수불량지인 논매립지에서는 공동주택단지내 수목하사율이 20% 이상 발생하며 일부지역의 경우에는 50%까지 발생한다고 보고하였다.

지금까지 수목생육불량과 식재기반의 관계성을 규명한 연구는 주로 임해매립지를 대상으로 진행되었으며 Kim(2007)은 임해매립지내 느티나무 식재이후 토양과 뿌리생장특성을, Kim 등(2001)은 광양만의 고품질 식재지역내 토양환경의 수직적 특성을, Koo 등(1999)은 임해매립지 식재기반 조성을 위한 토양특성 연구를, Kim 등(2011)은 해안매립지 식재기반 평가를 실시하였다. 이외 Kang(1984), Choi 등(2002), Park 등(2003), Byun(2004) 등에 의해 수행되었다.

최근 들어 도심지내 배수불량 및 수목고사에 대한 연구가 다소 진행되었는데, 공동주택단지내 배수불량에 따른 수목피해(Lee, 1982; Choi와 Shim, 1995)와 하자율(Cho 등, 2012) 등을 분석하고 개선대책으로 토양 개량, 토양내 산소의 공급, 배수증진계획 수립 등을 제시하였다.

기존의 연구들을 종합한 결과, 대부분 배수불량에 따른 식물생육상태 분석 연구, 매립지내 토양과 식물생육과의 관계를 규명한 논문으로 토양내 배수불량 개선을 위한 기법을 적용한 실증 및 실험연구는 거의 없었으며, 특히 유공관 등의 기능성파이프 적용성 및 효율성에 대한 연구는 전무한 상태이었다.

본 연구는 배수불량지역내 식재된 수목의 생육 증진을 위해 기능성파이프를 적용한 후 식물의 생육에 미치는 영향 검증하여 향후 척박지 토양, 배수불량 식재기반내 식재설계시 기초자료로 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시 식물 및 실험구 제작

실험구는 충북 충주시에 위치한 건국대학교 글로벌 캠퍼스 묘포장에 설치하였으며 모든 실험구의 규격은 직경 60 cm, 깊이 60 cm로 하였다. 토양은 일반토와 하부 자갈층 포설을 모두 동일하게 적용하였고 대조구를 포함하여 총 4개 유형(Plot A~D)으로 3반복으로 하였다. Plot A는 무처리구로 대조구의 성격이며 Plot B는 방수시트 처리, Plot C는 방수시트+다공질 담체 기반 기능성파이프 2개, Plot D는 방수시트+쇄석기반 기능성파이프(이하 유공관) 2개를 각각 설치하였다. 유공관과 다공질 담체기반 기능성파이프는 길이 0.8~1.0 m로 하여 하부 자갈층에서 표면까지 이르게 하여 배수 및 통기성을 원활히 할 수 있도록 최대한 배치하였다.

공시식물로 선정한 느티나무는 자생종으로 교목성상의 수종이며 성목시 수형이 아름답고 안정감을 주는 수목으로서 주변경관과 잘 어울리는 대표적 수종으로 가로수, 녹음수, 경관수, 완충녹지 등 다양한 용도로 대량 식재되고 있다. 이에 본 연구에서는 느티나무 실생 2년생을 이용하여 각 처리구별 3본씩 식재하

였다. 각 실험구는 초기 식재후 약 3주간 활착기간을 두었으며 이후 관습 및 배수불량 처리를 위해 주 1회 over flow 방식으로 두상관수를 실시하였다. 측정시기는 2012년 5월부터 8월까지 주1회 씩 총 14회 측정하였다.

2.2. 조사분석방법

토양분석은 환경부 제공 토양오염공정시험방법에 따라 실시하였으며 분석항목은 토성, 토양산도(pH), 전기전도도(EC), 치환성 양이온 함량을 각각 선정하였다.

생육측정 항목으로는 수고, 근원직경, 엽수와 엽폭, 엽록소 함량을 측정하였으며 수고와 근원직경은 줄자를 활용하여 측정지점을 동일하게 설정한 후 측정하였다. 엽수는 육안으로 측정하였고, 엽폭은 표준잎 3개를 선정하여 평균값을 산출하였으며 엽록소 함량의 경우 휴대용 엽록소 측정기(SPAD-502, MINOLTA)로 식물체의 성장점에서 2~3번째 완전히 전개된 잎들의 중앙부근을 5회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다.

결과분석은 각 실험구별 생육상태에 차이가 있는지를 살펴보기 위해 분산분석을 실시하였으며 Duncan의 사후검증을 통해 집단 간 차이를 확인하였다. 통계분석은 SPSS for Windows 18.0 프로그램을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 토양의 이화학적 특성

각 실험구별 토양의 물리적 특성으로 토성을, 화학적 특성으로 pH, EC, 치환성 양이온을 각각 측정하였다. 토양의 물리적 특성 중 토성은 토양분류, 토지이용 및 토지 평가에 있어 매우 중요한 인자이며(Yoo, 2001) 토양구조와 함께 토양이 생명을 유지하는데 필요한 물과 공기를 보유하고 흐르게 하는 능력을 결정하는 역할을 한다(Brady와 Weil, 2010). 4개 실험구의 경우 모래 65.42~67.12%, 실트 15.49~20.53%, 점토 14.07~17.39% 로서 모두 사양토(sandy loam) 이었다.

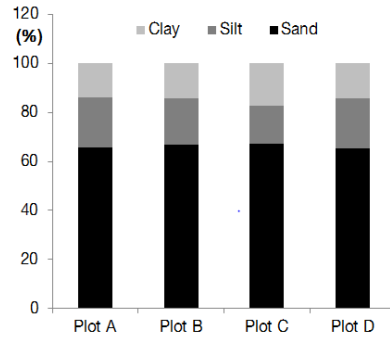


Fig. 1. Soil texture in 4 plots.

토양산도(pH)는 6.77~7.05이었으며 Kim 등(2011)이 제시하고 있는 식재기반으로서의 토양평가등급상 중급 및 상급 수준에 포함되어 식재기반으로서 양호한 상태이었다. 일반적으로 농경지에서는 토양산도가 3.5이하로 떨어지게 되면 작물의 생육이 불가능하며(Zhang 등, 2011) 수목식재지에서는 pH 4.5 미만 혹은 pH 8.0 이상일 경우 생육이 불량하다(Kim 등, 2011).

토양과 관개수의 전기전도도는 식물에 대한 염류 장애를 판단하는 중요한 화학적 지표로 이용된다(Yoo, 2001). 전기전도도가 2.0 dS/m이하이면 수목식재가 가능하고, 4.0 dS/m이상이면 식물생육에 크게 지장을 줄 수 있으며, 8 dS/m이상에서는 내염성이 강한 품종 이외에는 생육이 어렵고, 일부 내염성 식물만이 생육 가능하다(Marucum과 Murdoch, 1990; Tanji, 1990). 전기전도도가 높은 토양에서 수목의 생육이 지장을 받는 이유는 토양수에 염류이온의 농도가 높아 물의 삼투포텐셜이 매우 낮은 값을 갖게 되어 식물에 의한 수분이용 효율이 떨어지기 때문이다(Kim 등, 2011). 4개 실험구 토양의 전기전도도는 0.70~0.73 dS/m으로 식재기반내 토양 화학성 평가 등급에서 중급 수준이었다.

치환성양이온은 음전하를 띤 토양입자 표면에 전기적 인력으로 흡착된 양이온을 말하며(Yoo, 2001), 토양의 성질과 비옥도 등과 상관성이 매우 높다. 치환성양이온 중 칼륨이온(K⁺)은 식물체 대사에 중요한 역할을 하는데, 특히 식물의 증산작용을 조절하는데 크게 기여하고, 아울러 전분과 단백질 합성효소를 활성화한다(Bhandal과 Malik, 1988). 따라서 식물체 내

Table 1. Characteristics of soil in 4 plots

Substrate	pH	EC(dS/m)	K ⁺ (cmol/kg)	Ca ²⁺ (cmol/kg)	Mg ²⁺ (cmol/kg)
Plot A	6.77	0.71	4.07	12.73	0.89
Plot B	6.96	0.76	3.88	10.92	0.84
Plot C	6.96	0.73	4.13	13.04	0.96
Plot D	7.05	0.70	3.97	14.33	0.92

에 칼륨이 부족하면, 식물체 생육이 크게 장애를 입어 잎이 작고, 회록색을 띠며, 성숙 전에 잎의 첨단부위부터 고사하여 잎의 가장자리로 번져간다. 또, 과실이나 종자의 수, 용적 및 중량 등이 모두 감소할 수도 있다 (Kim 등, 2009). 4개 실험구의 토양내 칼륨이온(K⁺)은 3.88~4.13 cmol/kg로서 모두 식재기반으로서의 화학성 평가기준 상 상급수준이었다.

치환성양이온 중 칼슘(Ca²⁺)은 세포막을 보호하여 세포벽 구조의 안정화, 이온전달의 조정, 세포벽의 효소활동과 이온교환 작용의 통제에 필수적인 유기물 혹은 무기물로서(Demarty와 Thellier, 1984, Kim 등, 2011), 4개 실험구의 토양내 칼슘(Ca²⁺)은 10.92~14.33 cmol/kg로서 식재기반으로서의 화학성 평가기준 상 상급수준이었다.

마그네슘이온(Mg²⁺)은 엽록소의 주 구성성분으로 탄소동화작용에 영향을 미치는데, 결핍 시 잎에서 엽맥사이의 황화현상이 뚜렷하게 나타난다(Kim 등, 2011). 4개 실험구의 토양내 마그네슘이온(Mg²⁺)은 0.84~0.96 cmol/kg로서 식재기반으로서의 화학성 평가기준 상 중급수준이었다.

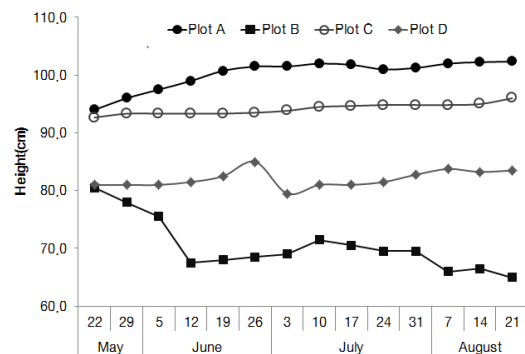
본 연구에서는 식재기반이 되는 토양은 수목의 생육이 양호한 상태로 설정하고자 토양의 물리, 화학성 등급 상 중급 이상으로 설정하였으며 단지, 과습상태 혹은 배수불량이 수목에 미치는 영향과 이를 개선하기 위한 기능성파이프의 효과에 대해 검증하고자 하였다.

3.2. 생육특성

3.2.1. 수고

수고는 직경과 함께 수목의 건강 및 활력에 영향을 미치는 중요한 요소이며 수목의 건강상태를 나타내는 중요한 지표로 활용할 수 있다.

대조구 성격인 Plot A는 초기값 94.0 cm에서 3개월 이후 측정시 102.4 cm로 나타나 수고생장은 8.4 cm이었으며 증감율은 8.9%이었다. 반면 방수시트만 처리한 과습 및 배수불량 상태인 Plot B는 초기값 80.5 cm에서 3개월 이후인 8월 21일 측정시 수고가 65.0 cm로 측정되어 15.5 cm가 감소한 상태이었다. 이는 수분스트레스에 의한 성장저하로 판단되며 증감율은 -19.3% 이었다. 수분의 부족 혹은 과습에 따른 수분스트레스는 세포내의 여러 가지 생화학적 반응속도를 둔화시키고 세포의 성장, 세포벽 합성과 단백질 합성, 기공의 크기에 관여함으로써 광합성에 영향을 미친다. 이로 인해 수목은 길이 및 직경생장의 저조, 쇠약, 고사 등의 결과를 야기한다(Jang과 Jung, 2008)의 연구결과와 유사한 경향이었다.

**Fig. 2.** Change in plant height by plots.

다공질 담체를 기반으로 한 기능성파이프 2개를 적용한 Plot C는 초기값 92.7 cm에서 96.0 cm로 완만한 수고생장을 보였으며 성장길이는 3.3 cm, 증감율은 3.6%이었다. 유공관에 쇄석을 채운 기능성파이프 2개를 적용한 Plot D는 초기값 81.0 cm에서 83.5 cm로 성장하여 차이값은 2.5 cm, 증감율은 3.1% 이었다. 즉 4

개 실험구별 느티나무의 수고 생장은 Plot A > Plot C > Plot D > Plot B의 순이었다. 이는 토양내 과습상태가 토양의 물리적 특성, 양분 공급성, 생육성을 저하시켜 생장에 악영향을 미치는데, 이런 배수불량지역의 경우 뿌리호흡만으로도 생육에 도움이 된다(Jang과 Jung, 2008)는 결과를 고려할 때, 기능성 파이프 적용이 뿌리의 호흡에 양호한 작용을 미친 것으로 판단되었다. 그러나 실험구별 공시식물의 생육상태와의 일원배치분산분석(ANOVA) 분석결과, 유의성이 검증되지 않아 향후 장기 모니터링을 통해 추가 검증이 필요하였다.

3.2.2. 근원직경

조경용 수목들은 다른 어떤 요인들보다 토양내 수분의 영향을 많이 받는데, 홍수와 가뭄으로 인해 물이 과잉이거나 부족할 때 그리고 물의 염 농도가 지나치게 높을 때 특히 문제가 발생한다. 과잉의 증력수는 식물에 이용될 수 없을 뿐만 아니라 만약 3~4일 이상 토양에 증력수가 계속 존재한다면 산소공급 부족으로 식물이 해를 입게 된다(Jang과 Jung, 2008). 아울러 토양내 수분스트레스는 식물의 직경생장을 어렵게 하는 주요 요인이 된다(Kim, 2009).

5월 22일 1차 조사후 총 14회 실험구별 느티나무의 근원직경을 측정된 결과(Fig. 3), Plot A는 초기값 9.4 cm에서 12.4 cm까지 성장하여 직경의 성장길이는 3.1 cm, 증감율은 31.7%이었다. 방수시트만을 처리하여 과습상태로 지속시킨 Plot B는 초기값 6.0 cm에서 시작하여 7월까지 점진적으로 증가하다가 7월 24일 조사시 8.3 cm로 최대값을 나타내다가 이후 다시 감소하여 최종적으로 7.6 cm로 측정되었다. 성장길이는 1.6 cm, 증감율은 26.9%이었다. 다공질 담체를 기반으로 한 기능성파이프 2개를 적용한 Plot C는 초기값 7.7 cm에서 10.2 cm까지 성장하여 성장길이 2.5 cm, 증감율 32.2 cm로 나타났다. Plot D는 초기값 8.5 cm에서 지속적으로 직경생장을 하다가 7월 10일 조사 이후 성장곡선이 완만해지다가 8월 21일 최종 조사시 11.0 cm로 낮아져 성장길이 2.5 cm, 증감율 29.4%이었다.

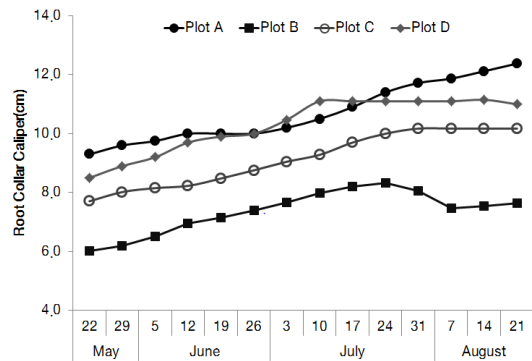


Fig. 3. Change in root collar caliper by plots.

실험구별 직경생장 길이는 Plot A > Plot C > Plot D > Plot B 순이었으며 증감율은 Plot C > Plot A > Plot B > Plot D 순이었다. 통계분석결과, Plot A는 생육이 양호한 집단으로 구분되었고 나머지는 생육상태가 불량한 그룹으로 구분되어 배수불량이 식물생육과 밀접한 연관성이 있는 것으로 확인되었다. 그러나 향후 실험구별 식재수종의 추가 확보와 장기 모니터링이 이루어져야 할 것이다.

3.2.3. 엽수와 엽폭

토양이 습하면 수목은 광합성 속도가 떨어지고 직경생장이 현저히 감소할 뿐만 아니라 잎의 성장도 둔화된다. 또한 토양산소가 부족함으로써 뿌리가 상하고 부패하여 잎이 황화, 위조, 고사하는 등 토양수분에 따른 피해를 습해라고 한다(Kim, 2009). 즉, 과습한 토양은 뿌리의 호흡장애에 의해 토양내 무기양분의 흡수능력을 저하시켜 잎의 성장저하 및 낙엽에 이르게 할 수 있다.

4개 실험구별 엽수를 측정된 결과(Fig. 5), Plot A는 최소값 246개, 최대값 681개이었으며 측정기간 동안 435개의 잎수가 증가하여 증가율 176.8%이었으며 배수불량 실험지인 Plot B는 초기값 166개에서 점차 감소하여 8월 21일 측정시 3개만 잎이 유지되고 있어 총 164개가 감소하였고 증감율은 -98.4%이었다. Plot C는 초기값 171개에서 점차 엽수가 증가하다가 7월 10일 전후부터 감소하기 시작하여 8월 21일 조사시 136개가 유지되고 있어 초기값 대비 35개가 감소하였고 증감율은 -20.7%이었다. Plot D도 초기값 212개에

서 점차 증가하다가 7월 중순께부터 감소하기 시작하여 8월 21일 조사시 35개만 유지되어 총 176개의 엽수가 감소하였으며 증감율은 -83.5%이었다. 이는 식재후 2개월이 지나면서 고온에 의한 영향과 토양의 과습에 의한 영향이 함께 작용하는 것으로 판단되지만, 추후 지속적인 연구를 통해 다양한 인자와의 관계구명이 필요할 것으로 판단되었다. 엽폭의 경우에도 Plot A > Plot C > Plot D > Plot B의 순으로 양호하였으며 엽수의 경향과 유사한 상태이었다.

통계분석결과, 근원직경과 마찬가지로 Plot A는 생육이 양호한 집단으로 구분되었고 나머지는 생육상태가 불량한 그룹으로 구분되어 배수불량이 식물생육과 밀접한 관련성이 있는 것으로 확인되었지만, 향후 실험구별 식재수종의 추가 확보와 장기 모니터링이 이루어져야 할 것이다.

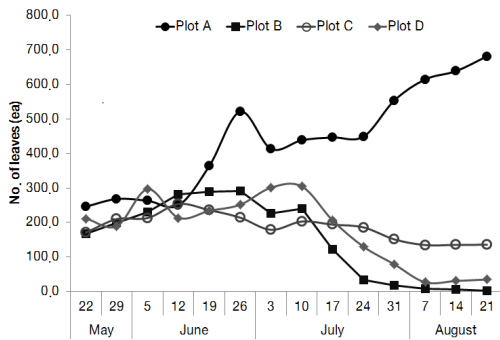


Fig. 4. Change in no. of leaves by plots.

3.2.4. 엽록소 함량

4개 실험구별 엽록소함량을 측정한 결과, 측정기간 동안 지속적 감소를 보였으며 증감율은 Plot A는 -9.6%(35.7 → 32.3 SPAD), Plot C는 -29.3%(37.4 → 26.5 SPAD), Plot D는 -53.1%(33.6 → 15.8 SPAD), Plot B는 -59.4%(38.1 → 15.5 SPAD) 등의 순이었다. 대조구인 Plot A의 경우 완만한 감소세를 나타내었지만, 이는 여름철 고온에 의한 생육저하로 판단되었으며 이외 3개 실험구는 모두 토양과습에 따른 생육저하로 판단되어 과습한 토양의 경우 식물의 광합성 저하를 야기한다(Smucker 등, 1991; Kim, 2009)는 기존 연구결과와 유사한 경향을 나타냈다. 그러나 실험구별 공시식물의 생육상태와의 일원배치분산분석(ANOVA) 분

석결과, 유의성이 검증되지 않아 향후 장기 모니터링을 통해 추가 검증이 필요하였다.

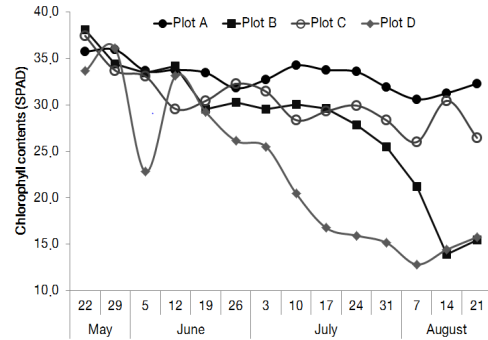


Fig. 5. Change in chlorophyll contents by plots.

4. 결론

본 연구에서는 배수불량지역내 식재된 수목의 생육증진을 위한 방안의 일환으로 배수촉진 및 토양내 산소공급을 위한 기능성파이프 적용에 따른 영향을 비교하여 척박지 및 배수불량 식재기반에 도입할 수 있는 기초자료로 제공하고자 하였다.

공시식물은 조경수로 흔히 이용되는 자생종 중 가로수, 녹음수, 경관수 등으로 널리 이용되는 느티나무를 선정하였으며 식재기반은 대조구(Plot A), 방수처리후 실시한 Plot B, 방수처리후 다공질 담체 기반 기능성 파이프 2개를 적용한 Plot C, 방수처리후 쇠석 기반 기능성 파이프 2개를 적용한 Plot D로 각각 구분하여 총 4개 타입의 실험구를 설정하였다. Plot별 3주씩 식재하여 총 12주를 대상으로 실험을 실시하였다.

생육측정 항목은 수고, 근원직경, 엽수와 엽폭, 엽록소 함량을 조사하였다. 수고, 엽수와 엽폭은 Plot A > Plot C > Plot D > Plot B의 순으로 생장이 양호하였으며 근원직경의 경우 생장길이는 Plot A > Plot C > Plot D > Plot B, 증감율은 Plot C > Plot A > Plot B > Plot D의 순으로 양호하였다. 엽록소함량은 전체적으로 감소하는 추세로 나타났는데, 이는 여름철 고온에 의한 생육저하와 과습에 따른 광합성 저하에 기인하는 것으로 판단되며 실험구별 감소율은 Plot A > Plot C > Plot D > Plot B의 순이었다.

각 측정별 다중범위검정결과 생육차이간 유의성은

없었는데, 이는 실험구에 사용한 공시식물의 수가 적기 때문이므로 향후 장기적인 생육평가를 통해 생육 경향 및 유의성을 검증해야 할 것이다.

본 논문은 최근 기상이변, 인공지반, 불량한 식재기반 등으로 인해 토양내 산소공급 및 배수증진을 위한 기능성 파이프의 효과를 검증하고자 실시한 논문으로 불량한 식재기반내 배수증진 및 산소공급을 위한 방안 수립이 식물 생육에는 긍정적 효과를 미치는 것은 확인되었지만, 생장상태와 유의성이 나타나지 않아 향후 추가적 실험구 조성 및 장기모니터링이 이루어져야 할 것이다. 아울러 토양내 기상율, 수분량 등에 대한 구체적 조사분석과 식물생육과의 관련성을 분석해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Bang, S. J., 2006, Effect of soil conditioner on soil properties and growth of plants in reclaimed tidal land, MS Thesis, Hankyong National University, Kyeonggi-do.
- Bhandal, I. S., Malik, C. P., 1988, Potassium estimation uptake and its role in the physiology and metabolism of flowering plants. *International Review of Cytology*, 110, 205-254.
- Brady, N. C., Weil, R. R., 2010, *Elements of the nature and properties of soils*, 3rd edition, Pearson Education.
- Byun, J. K., 2004, Soil environment change and growth of transplanted trees by soil covering depths in coastal reclaimed land, Ph. D. Thesis, Konkuk University, Seoul.
- Cho, C.W., Yoo, S.A., Kim, J.H., 2012, Characteristic of soil and cambial electrical resistance for investigation on defect cause of planting tree in apartment, *Journal of the Environmental Sciences*, 21(11): 1307-1320.
- Choi, Y. S., Shim, K. K., 1995, A study on the damaged tree by the inferior drainage in a prepared housing site, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 23(2), 195-204.
- Choi, I. H., Hwang, K. H., Lee, K. J., 2002, Injuries of landscaped trees and causes in the reclaimed seaside areas, *Korean Journal of Environmental Ecology*, 16(1), 10-21.
- Demarty, M. C., Thellier, M. M., 1984, Calcium and the cell wall, *Plant Cell Environ.*, 7, 441-448.
- Jang, B. K., Jung, J. K., 2008, *Handbook of soils for landscape architects*, 1st ed, Taerim Press, 29-74.
- Kang, H. C., 1984, Studies on the defected trees in the apartment house areas for landscape construction, MS Thesis, Hanyang University, Seoul.
- Kim, D. G., 2007, Roots growth characteristics of *Zelkova serrata* Makino. after replanting in the reclaimed land from the sea - on the root structure and spatial distribution of fine root phytomass-, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 35(5), 46-55.
- Kim, D. G., Kim, Y. S., Kim, M. S., Oh, K. K., 2001, Vertical soil environmental characteristics at landscape planting sites of *Pinus thunbergii* parlatoe in reclaimed land from the sea on Kwangyang bay, *Korean Journal Environmental Ecology*, 15(2), 186-192.
- Kim, H. J., 2009, *Environmental management science of tree*, 1st ed., Green institute of science and technology, 15-101.
- Kim, K. H., Kim, K. Y., Kim, J. K., Sa, D. M., Seo, J. S., Shon, B. K., Yang, J. Y., Um, K. C., Lee, S. Y., Jeong, K. Y., Jeong, D. Y., Jeong, Y. T., Jeong, J. B., Hyeon, H. N., 2009, *Soil science*, Bomoondang Publishing, 3-29.
- Kim, W. T., Yoon, Y. H., Kim, J. H., 2011, Evaluation of soil in planting ground at seashore reclaimed land in Incheon, *Journal of the Environmental Sciences*, 20(11), 1447-1455.
- Koo, B. H., Kang, J. S., Chang, K. S., 1999, A study of soil characteristics in coastal reclaimed areas for planting ground treatment, *Korean Journal of Environmental Ecology*, 13(1), 89-95.
- Lee, D. S., 1982, Studies on the defected trees in landscaped construction, MS Thesis, Seoul University, Seoul.
- Lee, K. J., Oh, C. H., Ryu, C. H., Oh, K. K., 1990, Studies on the planting of *Gaepho* citizen's woods (I) -the evaluation of tree planting-, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 18(3), 71-84.
- Lee, K. J., Won, H. Y., Mun, H. T., 2012, Contribution of root respiration to soil respiration for *Quercus*

- acutissima forest, Korean Journal of Environmental Ecology, 26(5), 780-786.
- Marcum, K. B., Murdoch, C. L., 1990, Growth responses, ion relations and osmotic adaptations of eleven C4 turgrass to salinity. Agron. J., 82, 892-896.
- Park, H. S., Lee, S. S., Lee, S. C., 2003, Physiological characteristics and death rate of planted trees in reclaimed seaside areas, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 31(2), 94-101.
- Ryan, M. G., Law, B. E., 2005, Interpreting, measuring and modeling soil respiration, Biogeochemistry, 48: 71-90.
- Smucker, A. J., Nunez-Barris, M. A., Richle, J. T., 1991, Root dynamics in drying soil environments, Belowground Ecology, 2, 4-5.
- Tanji, K. K., 1990, Agricultural salinity assessment and management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice, No 71.
- Yoo, S. H., Jung, Y. S., Joo, Y. K., Choi, B. K., Wu, H. Y., Lee, T. Y., 2002, Soil amendment for turgrass vegetation of the Incheon international airport runway side on the Yeogjong reclaimed land, Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 35(2), 93-104.
- Yoo, S. H., 2001, Dictionary of soil, 2nd, Seoul National University Press, 1-470.
- Zhang, Y. S., Somn, Y. G., Park, C. W., Hyun, B. K., Moon, Y. H., Song, K. C., 2011, Soil physical and chemical characteristics of river-bed sediments in river basins, Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 44(6), 963-969.