

아파트 조경 식생불량공간 리모델링 설계를 위한 토양특성 연구^{1a}

한승원^{2*} · 김광진³ · 윤지혜² · 정나라² · 유수진⁴

A Study on Soil Characteristics of Poorly Vegetation Space for Landscape Remodeling Planning on Apartment Complex^{1a}

Seung-Won Han^{2*}, Kwang Jin Kim³, Ji Hye Yun², Na Ra Jeong², Soo Jin You⁴

요약

본 연구에서는 아파트단지 내 불량한 식생공간을 보수하거나 다양한 식생으로의 재조성하여 녹색의 질을 높이기 위한 방안으로 아파트 단지 내 조경관리 현황을 조사하고 식재지반인 토양상태를 파악하여 합리적인 계획 수립을 위한 기초 자료화 하는 것을 목적으로 하였다. 아파트 준공시점을 기준으로 동일한 규격의 수목이 동시에 식재되는 것을 감안해 준공연도를 5년 단위로 구분하고 식재기간 경과에 따른 수목생장과 토양성분의 차이를 분석하였다. 전체 조사대상지 9개소에 모두 식재된 수종 중 침엽수 4종과 활엽수 4종의 생육상태를 조사하여 한 결과 침엽수 중 가이즈까향나무 소나무, 활엽수 중에서는 꽃사과나무가 5년 이상의 식재기간이 경과되었을 때 가장 생육이 좋았다가 10년 이상 되었을 때는 생장이 감소하였다. 측백나무와 단풍나무는 10년 이상 된 지역의 수목이 생육이 가장 좋아 비교적 생장을 위한 기간이 많이 요구되는 수종이었다. 수목은 식재되어 있으나 지표면이 나지가 되어있는 지점의 토양경도를 분석한 결과 준공 후 5년 이상이 되면 20mm 이상의 답압 된 상태가 되는 것으로 조사되었고 토양이화학성은 준공 초기부터 지속적으로 pH는 높고 유기물함량은 비옥한 토양의 1/3 정도로 추가 시비가 필요한 상태였다. 본 결과를 토대로 나지부분의 재식재시에는 식재지 주변 배수로 설계와 토심 50cm 정도를 개토하고 왕겨 등의 유기질재료를 혼합하는 정도의 토양 개량 계획을 추가하여 수목 하부에 지피식물을 식재하는 것만으로 토양의 답압과 토양건강성을 회복하는 방안이 될 것이라고 사료된다.

주요어: 나지환경, 토양답압, 토양경도, 토양화학성, 수목생장

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide base information that can be utilized in surveying the status of landscape management within apartment complexes and grasping the conditions of the soil for planting plants, as a way to improve the quality of green spaces by repairing poorly vegetated spaces within apartment

1 접수 2020년 2월 1일, 수정 (1차: 2020년 2월 19일), 게재확정 2020년 2월 20일

Received 1 February 2020; Revised (1st: 19 February 2020); Accepted 20 February 2020

2 국립원예특작과학원 도시농업과 연구사 Urban Agriculture Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Researcher, Wanju, 55365, Korea (hansgarden@korea.kr)

3 국립원예특작과학원 도시농업과 연구관 Urban Agriculture Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Senior researcher, Wanju, 55365, Korea

4 국립원예특작과학원 도시농업과 박사후연구원 Urban Agriculture Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Postdoctoral researcher, Wanju, 55365, Korea

a 이 논문은 농촌진흥청에서 지원하는 연구비(PJ0136452020)에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: hansgarden@korea.kr

complexes and remodeling them with diverse species of plants. Considering that trees and shrubs of equal sizes are simultaneously planted upon the completion of apartment complexes, they were divided based on their completion year at the interval of 5 years and differences in the growth of trees and the components of soil over time were analyzed. Out of the species of trees planted in all the 9 apartment complexes surveyed in this study, the growth of 4 species of needleleaf trees and 4 species of broadleaf trees were surveyed. *Juniperus chinensis* 'Kaizuka' and *Pinus densiflora* Siebold & Zucc. out of the needleleaf trees and *Malus floribunda* Siebold ex Van Houtte out of the broadleaf trees showed the highest growth rate when over 5 years passed after planting and their growth rate decreased when over 10 years passed. *Platycladus orientalis* and *Acer palmatum* Thunb. in the apartment complexes that were built over 10 years ago showed the highest growth rate, which indicates that the species require a relatively long period of time for growth. The hardness of the soil at the areas where trees were planted but their soil surface was bare was analyzed. When over 5 years passed after the completion of apartment complexes, over 20 mm of the soil was found to be stamped. The physicochemical properties of soil were also surveyed and the pH level was found to have been continuously high ever since the completion. The organic content in the surveyed soil was about 1/3 of the content in fertile soil, which means that additional fertilization is required. These results indicate that the stamped soil and the health of soil can be restored, when replanting plants in bare areas, by adding plans to improve soil, such as designing drain ways around the planted areas, transporting soil for the 50 cm depth of the ground and mixing organic matters such as chaff, and simply by planting groundcover plants in the lower part of trees and shrubs.

KEY WORDS: BARE GROUND, SOIL STAMPING, SOIL HARDNESS, SOIL PROPERTIES, TREE GROWTH

서론

아파트 조경공간은 주택정원의 사적인 기능도 가지고 있는 반면 공원과 같은 공적인 기능도 가진다. 삶의 질 향상에 따라 휴식, 운동, 산책, 사회적 교류를 목적으로 하는 옥외 조경공간의 품질이 아파트 구매의 중요 요인이 되고 있고(Kim *et al.*, 2005a), 사회 전반적으로 건강의 중시하는 웰빙, 친환경과 생태, 환경에 관심을 가지게 되면서 상록수, 녹음수 위주의 식재에서 녹지를 체험할 수 있는 화목류, 유실수, 초화류 등 관리를 요하는 수종의 식재에 대한 요구가 증가하고 있다(Kim *et al.*, 2005b).

주차공간이 지하로 배치되면서 주차장 상부를 조경공간으로 조성하면서 녹지면적은 매우 증가하였으나, 인공지반에 토양 기반을 조성함에 따라 자연지반식재에 비해 장기 다짐에 의한 배수 불량과, 점질토 또는 이물질이 포함된 부적합한 토양의 반입으로 수목생장 저하되어 하자가 발생되고 있다(Cho *et al.*, 2010).

식재기반 불량에 의한 수목하자 개선방안으로 Kim(2014)은 조경토 기준 세분화 및 토양품질 확인 절차 마련, 사전 토양 검사를 통한 적정공법 선정 등을 제안하였는데, 본 연구에서는 식재기반이 불량해진 공간을 개선하기 위한 방법으로 준공연도

가 각기 다른 9개 아파트를 선정하여 아파트 조경 관리현황을 조사하고 식재 유형과 토양분석을 통해 토양개선 방안과 녹지의 질을 높이기 위한 식재공간 리모델링 설계를 위한 기초자료로 활용하고자 연구를 실시하였다.

연구방법

1. 연구대상지

본 연구는 수원시, 화성시, 전주시에 소재하는 아파트 30개소를 선정하여 전화인터뷰를 통해 조경관리 인원과 관리 내용 등을 파악하고, 이 중 식재 기간에 의한 식생 차이를 고려하여 준공 초기, 중기, 후기 3개 유형으로 구분하여 각 유형별 준공연도가 비슷한 아파트 총 11개소를 선정하였다(Table 1, Figure 2).

Table 1. The site for experiment

Name of apartment	Location	Completion date	Area of residences(m ²)	No. of floors
B apt.	Suwon	1997.12.	105	17/20
G apt.	Suwon	2000.06.	105-161	16/17
E apt.	Jeonju	2003.10.	112-167	16/20
P apt.	Hwasung	2006.12.	100-178	22
K apt.	Hwasung	2007.09.	122-152	28
SG apt.	Hwasung	2007.12.	128-204	25
L5 apt.	Jeonju	2009.08.	58-90	20
L6 apt.	Jeonju	2009.08.	60-83	20
D apt.	Suwon	2012.12.	142-267	10/39
S apt.	Jeonju	2013.12.	110	15/20
H apt.	Jeonju	2016.06.	112-140	15/20

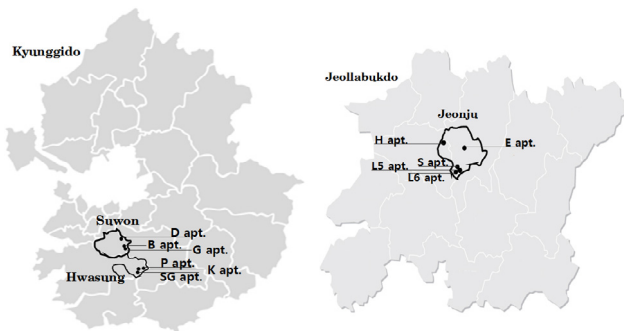


Figure 1. Location of this experiment

선정된 관리사무소 조경관리 담당자 인터뷰를 통하여 수목 관리 종류와 연간 관리 횟수 등을 조사하고, 아파트 내 수목의 종류와 수고, 수폭 등의 생장을 측정하였다. 조경공간 내 식생 불량에 의해 나지로 방치되어 있는 지역은 나지면과 수목의 표면온도를 측정하여 식재지와 나지환경을 비교 분석하였다 (Figure 2). 표면온도는 맑은 날 오후 1~2시 사이에 적외선 촬영기법을 활용하여 열화상카메라(Table 2., FLIR T440, FLIR Systems Inc.)를 사용하여 대상지 아파트 9개소 내 침엽수 3지점, 활엽수 3지점을 측정하고 통계분석을 통해 유의성을 검증하였다.

준공연도가 외부업체 중 준공연도가 각기 다른 9개 아파트를 선정하여 아파트 조경 관리현황을 조사하고 녹지의 질을 높이기 위한 식재공간 평가를 위한 식생조사와 토양분석을 실시하였다.

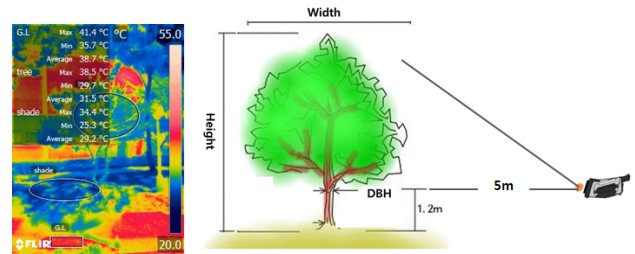


Figure 2. Measurement of tree size & Imaging by thermal infrared camera

Table 2. Specification of thermal infrared camera

Performance configuration	Resolution
Detector Type	Focal plane array 320×240pixels(76800)
Temperature sensitivity	below 0.1°C
Temperature range	-20°C ~ 650°C
Spectral range	7.5~13μm
Thermal sensitivity	< 45 mK at 30°C
Laser type	1mW/635nm(red)

2. 토양분석

토양화학성은 토양산도(pH), 유기물함량(Organic Matter), 전기전도도(EC, Electrical Conductivity), 유효인산(Av.P₂O₃, Available P₂O₃), 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na)을 분석하였다. 토양분석은 농촌진흥청 토양화학분석법 기준에 따라 분석하였다(NIAST, 2000).

시료채취는 표면온도를 측정했던 지점의 나지 부분 중 무작위로 3~5곳을 지정하여 산중식토양경도계(Soil penetrometer)를 사용하여 토양경도를 측정하였고, 토심 30cm 정도의 깊이로 0.5~1.0kg의 토양시료를 채취하였다. 채취한 시료는 상온에서 건조시킨 후 2mm 체로 친 후 검정 항목별로 측정하였다. pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 초자전극법(Orion 520A pH meter, Orion Research Inc., Boston, USA)으로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법으로 측정하였으며, 유효인산은 Lancaster법으로 비색계(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하였다. 치환성 양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등은 1M NH₄OAc로 추출하여 원자흡광분광도계(AAnalyst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)로 분석하였고 암모니아태 질소와 질산태 질소는 킬달분석법으로 측정하였다. 자료의 통계분석은 SPSS v14.로 Duncan's 다중검정을 실시하였고, 공동주택 입주경과기간에 따른 토양화학성 간의 관계를 분석하기 위하여 Pearson 상관분석을 실시하였다.

토양분석 결과는 NIAST(2006)의 재배적지 토양기준을 토

대로 5단계로 토양등급 기준을 설정하고 각 성분별 현재 토양 수준을 평가하여 식재 후 경과기간에 따른 토양 개선의 방법 설정에 활용할 수 있도록 하였다(Table 3).

결과 및 고찰

1. 아파트 조경 관리현황 및 식재불량공간 환경 특성

1) 아파트 조경관리 현황

아파트 관리사무소를 통해 현재 아파트 조경관리 현황을 조사한 결과 식재 후 경과기간에 따른 관리 횟수의 차이는 없었고, 11개소 중 9개 아파트에서 새로운 식물로 보식이 필요함에

도 예산부족과 관리인의 전문성 부재로 일상적인 관리만 진행하고 있으나 변화가 있는 조경공간의 필요성을 공감하였다. 자체 관리 인원은 6명~8명으로 수목전정은 연 2~4회 봄, 가을로 실시하고, 잡초제거는 적게는 연 3~4회, 많게는 수시로 진행하고 있다고 보고하여 준공 후 초기에 집중될 것으로 생각했던 잡초관리가 기간 경과 후에도 지속적으로 실시되고 있음을 알 수 있었다. 수목병해충 방제는 분기별 연 4회 진행하는 곳이 많았는데, 이는 아파트 전 세대를 대상으로 실시하는 소독작업과 함께 외부 소독도 같이 진행되고 있었다(Table 4).

2) 식재불량 지역 식재공간 표면온도 분포

Cook *et al.*(1990)은 기상환경 요인을 제외한 상태에서 식재 연류이 생장에 미치는 환경 요소는 강수량과 온도가 주된

Table 3. Standard of soil grade in this experiment

Grade	1	2	3	4	5
Soil hardness (mm)	>30	27~30	27~23	23~18	<18
pH (1:5)	<5	>7	5~6	6.5~7	6~6.5
EC (dS/m)	>1.00	0.89~1.00	0.64~0.89	0.34~0.64	<0.34
OM (%)	<1.0	1.0~1.5	>4.0 1.5~2.0	3.5~4.0 2.0~2.5	2.5~3.5
Av.P2O5 (mg/kg)	<10	10~50	50~100	100~150	>150
K ⁺ (cmol/kg)	<0.1	>1.0 0.1~0.25	0.75~1.0 0.25~0.35	0.6~0.75 0.35~0.45	0.45~0.6
Ca ⁺⁺ (cmol/kg)	>20	15~20	15~10 <3	6~10 3~5	5~6
Mg ⁺⁺ (cmol/kg)	>3.0 <0.5	2.7~3.0 0.5~0.8	2.3~2.7 0.8~1.2	2.0~2.3 1.2~1.5	1.5~2.0

Table 4. The count of landscape management for a year

Years after planting	Name of apartment	Personnel in charge	Pruning	Weeds	Disease & pest	Add planting
<5	D apt.	9	1	3	12	-
	S apt.	5	3	3	4	-
	H apt.	6	1	2	4	-
	P apt.	6	int.*	CN*	int.	CN
5~10	K apt.	6	2	int.	4	1
	SG apt.	7	2	2	12	-
	L5 apt.	7	4	12	2	1
	L6 apt.	6	2	2	2	-
10<	B apt.	8	2	2	3	-
	G apt.	6	3	int.	1	-
	E apt.	8	2	4	4	1

*: int. is intermittent, CN is in case of necessity

요인으로 작용한다고 보고한 바에서와 같이 본 연구에서는 일사, 수분, 토양 등 식재환경 불량에 따라 지표면 나지가 형성된 지역의 식재부와 지표면의 표면온도를 측정하여 식재부에 미치는 영향을 조사하였다.

침엽수와 활엽수에 의한 지표면 온도저감에는 유의적 차이는 보이지 않았다. 지표면 온도가 30℃범위에서 침엽수 잎 표면 온도는 지표면에 비해 6.64℃, 40℃범위에서는 14.01℃, 50℃ 이상에서는 21.70℃ 낮은 온도분포를 나타냈다. 나지부분의 표면온도는 침엽수 표면온도에 비해 30℃범위와 40℃범위에서는 4.80℃, 5.04℃ 높았고, 50℃ 이상에서는 7.35℃의 차이를 보여 온도가 올라갈수록 식재부에 의한 온도 저감에 효과적임을 알 수 있었다(Figure 3).

콘크리트 지표면 온도가 30℃범위에서 활엽수 잎 표면 온도

가 8.33℃ 낮았고, 40℃ 범위에서 15.03℃, 50℃ 이상의 환경에서는 22.40℃ 온도가 저감되는 결과를 나타냈고, 잎표면 온도에 비해 나지부 지표면온도는 4.90℃~5.80℃ 높은 온도를 나타냈다(Figure 4).

2. 아파트 식재기간 경과에 따른 수목생장 및 토양환경 특성

1) 준공 경과 기간별 수목 생장 특성

보식을 요구하는 아파트 9개소에 5주 이상 식재된 수목은 총 침엽수 13종, 활엽수 31종이 조사되었고, 개소 당 평균 침엽수 4.2종, 활엽수 10.7종이 식재되었다(RDA, 2015). 이 중 공통으로 식재되어있는 수목 8종을 대상으로 준공연도 유형별 성장차이를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

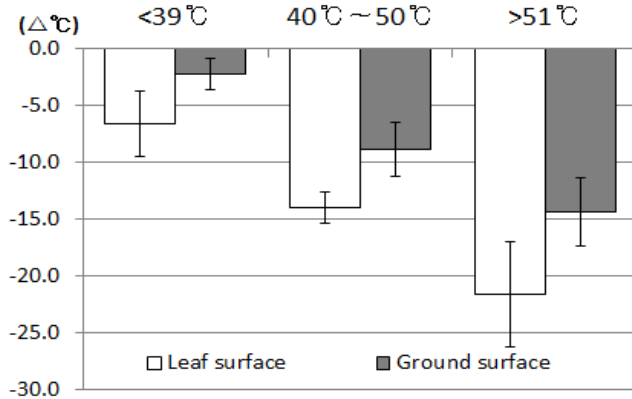


Figure 3. The temperature reduction relative to ground surface on conifer planting area

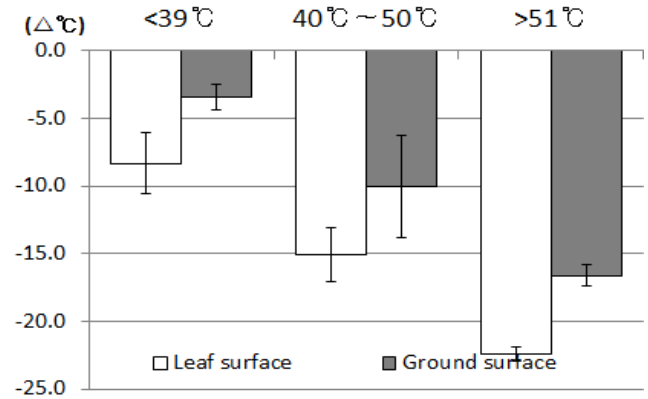


Figure 4. The temperature reduction relative to ground surface on deciduous planting area

Table 5. Tree growth characteristics by planting periods

(year)*	Height(m)			Width(m)			Diameter breast height(cm)			LAI**(1~5)		
	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<
<i>Juniperus chinensis</i> 'Kaizuka'	3.18 ^b	4.82 ^a	3.24 ^b	2.11 ^b	3.76 ^a	2.73 ^{ab}	37.75 ^b	58.95 ^a	40.22 ^b	3.17 ^a	3.34 ^a	3.35 ^a
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.	3.31 ^b	4.33 ^a	4.89 ^a	2.14 ^b	3.42 ^a	3.59 ^a	51.97 ^a	38.21 ^b	47.45 ^{ab}	1.70 ^b	1.86 ^{ab}	2.54 ^a
<i>Platycladus orientalis</i>	1.85 ^b	2.05 ^b	4.68 ^a	1.45 ^a	1.73 ^a	1.49 ^a	32.54 ^b	31.00 ^b	45.67 ^a	3.48 ^a	2.89 ^a	2.55 ^a
<i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc.	3.87 ^b	3.56 ^b	2.68 ^a	2.14 ^a	2.23 ^a	1.73 ^a	21.33 ^b	34.25 ^a	31.20 ^a	3.01 ^b	3.10 ^{ab}	4.05 ^a
<i>Malus floribunda</i> Siebold ex Van Houtte	2.23 ^b	3.99 ^a	4.45 ^a	1.74 ^a	2.01 ^a	3.31 ^a	28.28 ^a	22.50 ^b	23.23 ^b	3.11 ^a	2.24 ^a	2.36 ^a
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	5.52 ^b	5.65 ^{ab}	6.59 ^a	4.11 ^a	4.87 ^a	5.13 ^a	41.15 ^a	46.29 ^a	47.07 ^a	2.30 ^b	2.97 ^a	2.57 ^{ab}
<i>Acer palmatum</i> Thunb.	3.07 ^b	3.81 ^{ab}	4.28 ^a	2.29 ^b	2.77 ^{ab}	3.13 ^a	33.22 ^{ab}	27.34 ^b	37.18 ^a	2.53 ^a	2.66 ^a	2.56 ^a
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (Maxim.)E.H.Wilson	2.44 ^b	3.94 ^a	4.42 ^a	1.76 ^b	3.22 ^a	3.80 ^a	29.86 ^b	49.00 ^a	57.44 ^a	1.47 ^b	2.16 ^a	2.49 ^a

*: Years after planting, **: LAI is leaf area index measured with LI-COR 2000

^a: Horizontally, a differs from b (P<0.05) using repeated measures ANOVA and Duncan's Multiple Range test

침엽수 4종 중 가이즈까향나무(*Juniperus chinensis* 'Kaizuka')는 수고, 수폭, 흉고직경 모두 식재 후 5~10년 경과 되었을 때 가장 좋았고 10년 이상 지역의 아파트에서는 생육이 저하되었다. 침엽수로 대표적인 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.)는 수고와 수폭, 그리고 엽면적지수(LAI, Leaf Area Index) 모두 5년 이상 되었을 때 성장했는데, 흉고 직경은 기간이 지나면서 점차 작아지는 결과를 보였다. 주로 전정에 의해 관리되는 측백나무(*Platycladus orientalis*)와 주목(*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.)은 흉고직경의 변화가 유의적으로 차이를 나타냈는데 측백나무는 10년 이상, 주목은 5년 이상이 지나면 흉고직경 생장이 큰 결과가 조사되었다.

활엽수 4종 중 꽃사과나무(*Malus floribunda* Siebold ex Van Houtte)는 식재 초기에 수고는 2.23m에서 5년이 경과되면서 3.99m로 78.9% 성장하였으나 흉고직경은 28.28cm에서 22.50cm로 20.4% 감소하였다. 느티나무(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino)는 식재 후 5년 이상부터 수고 생장이 좋은데 LAI지수는 10년이 경과되면 줄어들어 차이를 나타냈다. 단풍 나무(*Acer palmatum* Thunb.)는 식재 초기부터 엽면적지수는 변화가 없어 초기부터 잎생장은 완성되고, 수고, 수폭, 흉고직경 은 10년이 경과될 때까지 지속적으로 증가하였다. 벚나무 (*Prunus serrulata* var. *spontanea* (Maxim.) E.H.Wilson)는 식재 초기와 식재 후 5년이 경과되었을 때 수고는 61.5%, 수폭 은 83.0%, 흉고직경은 64.1% 성장하고, 5년 이후 지역과 10년 이상 지역은 유의한 차이가 없었다.

2) 준공 경과 기간별 토양환경 특성

조사대상 아파트 토양의 경도는 5년 이상 경과되면서 21.6mm ~23.6mm로 불량한 상태였다(Table 6). 측정지가 보행로 주변 이 아닌 화단 안쪽 공간으로 인공조성지 토양의 대부분은 여러 종류의 토양을 겹쳐 쌓은 토층을 형성하여 자연토양에 비해 미숙토양이며, 토층하부가 중장비 등 답압의 영향으로 불투수 층이 되어 배수불량에 의한 장애를 보이고 있는 상태라고 사료 되었다(Lee, 1997).

아파트 조경공간의 토양산도는 7.3~7.4로 일반적인 토양의 개량목표(pH 6.0~6.5)에 비해 불량한 상태였는데 이는 가로 수, 가로녹지의 pH7.5, pH7.65와도 유사한 결과로(Kil, 2001, Han and Lee, 1996), pH 7.5 이상의 알칼리성 토양은 수목의 Fe, Mn과 같은 미량원소의 흡수력에 장애를 일으켜(Davis, 1984) 수목 생육에 지장이 예상되었다. 기간이 경과에 따른 pH 변화는 유의한 차이는 보이지 않았으나, 초기 pH7.42에 비해 10년 이상 된 아파트 토양산도가 pH7.25로 감소되었는데 이는 준공 초기 콘크리트 매립이나 도로경계석에서 유출된 시멘트의 CaO 성분이 물과 반응하면 Ca(OH)₂로 변화하여 알칼리성으로 변한 것(Lee, 1997)이 원인이 되었을 것이라 사료된다.

토양비옥도와 관련 있는 유기물함량도 1.0%~1.7%로 우리나라 산림토양의 3.7%에 비해 부족한 상태였는데(Kil, 2001), 시비 부족 이외에도 답압에 의한 표토의 유기물질 유실이 원인이 될 수 있을 것이라 생각된다.

아파트 조경공간의 토양성분별 분석결과 준공기간에 관계없이 유효인산 함량은 비교적 낮고 질산태질소는 거의 검출되지 않아 모든 공간에서 시비가 필요한 상태였다(Table 7). 치환성

Table 6. Differences of soil properties over planting periods

(years)*	Soil hardness(mm)			pH			EC(dS/m)			OM(%)		
	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<
Mean	18.5 ^a	23.6 ^b	21.6 ^b	7.42 ^a	7.30 ^a	7.25 ^a	0.38 ^b	0.25 ^a	0.33 ^a	1.00 ^a	1.62 ^b	1.70 ^b
Min	12.5	17.0	18.0	5.56	5.70	5.96	0.12	0.11	0.17	0.46	0.65	1.28
Max	25.0	30.0	26.0	8.32	8.74	8.50	1.07	0.45	0.63	2.37	4.59	2.11

*years after planting

Table 7. Differences of inorganic contents over planting periods

(years)*	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)			K ⁺ (cmol/kg)			Ca ⁺⁺ (cmol/kg)			Mg ⁺⁺ (cmol/kg)			Na ⁺ (cmol/kg)			NH ₄ N(mg/kg)		
	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<	<5	5~10	10<
Mean	55.15 ^a	63.38 ^a	35.99 ^a	0.19 ^b	0.32 ^a	0.22 ^b	7.72 ^a	7.17 ^a	7.43 ^a	1.60 ^a	1.13 ^b	0.87 ^b	1.20 ^b	0.47 ^a	0.27 ^a	36.97 ^a	11.74 ^b	34.69 ^a
Min	4.49	15.85	9.76	0.10	0.11	0.13	4.57	4.81	5.38	0.56	.52	0.50	0.07	0.23	0.06	7.00	4.20	7.70
Max	121.99	261.11	75.92	0.28	1.11	0.33	10.07	10.08	10.52	3.66	2.73	1.63	3.40	1.80	0.36	60.90	21.00	68.60

*years after planting

양이온은 질산태질소와 동반 흡수되고 암모니아태질소에 의해 흡수가 억제되는데(NIAST, 2000) 치환성양이온의 농도가 높았던 것 역시 질소질비료의 사용이 필요함을 유추할 수 있었다.

준공 경과에 따른 토양이화학성 항목과의 상관관계를 분석한 결과 준공기간에 따라 유기물함량은 양의 상관성을 보였고, 질산태질소 함량과 치환성이온 Ca, Mg, Na이 유의적인 차이로 감소하였다(Table 8). 유기물함량과 토양산도가 유의적인 음의 상관성을 나타냈고, 토양산도가 낮아질수록 EC는 감소하였는데 EC의 감소는 양분과 수분의 보유능력이 떨어져 토질이 척박한 상태로 진행되고 있었다(Kil, 2001). 시간이 경과함에 따라 질산태질소 함량과 치환성양이온이 높은 음의 상관성을 나타내었는데 산성도가 높은 토양은 염기포화도가 낮은 것이므로 Ca, Mg 등 대표적 염기가 식물에 결핍되기 쉽다는 보고(Yoo *et al.*, 1998)에 따라 인위적인 시비가 요구되는 상태로 추정할 수 있었다.

Yoon and Ahn(1998)은 조경용 교목을 대상으로 아파트 단지내 입지조건별 생존률, 생장율, 생장분포 및 생장인자간의 상관성에 따른 수형 특성을 조사한 결과 입지조건과 수목생장과는 약한 상관성을 나타냈으나 단지 내 토양이화학성 중 과다

한 Ca^{2+} 에서 기인한 높은 pH, 높은 염기포화도 등 열악한 토성으로 인한 유효수분함량의 부족과 높은 토양 경도, 유기물의 부족과 낮은 양이온치환용량 등이 수목생장에 가장 큰 제한인자로 작용한다고 보고에 의하면 본 대상지는 수목 생장에 열악한 토양환경임을 확인할 수 있었다.

이제까지 측정된 결과를 토대로 현재 아파트 내 불량한 식재공간의 개선방안을 도출하기 위해 토양환경을 종합분석을 해본 결과는 전 식재공간 대부분 물리적 요인인 토양경도와 투수성이 불량한 상태였고, 토양산도를 낮추고 질소시비가 시급한 상태였다(Table 9). 대책으로 석회나 유기질퇴비의 사용을 통한 토양개량으로 토양의 물리, 화학성의 개선으로 양분의 유효도를 향상시키는 방법(Kreutzer, 1995; Nilsson *et al.*, 1995)이 적절한 대책이라 생각된다.

5년이 경과되면서부터 답압과 토양불량에 의한 식물 생육장애에 대한 대책으로 암거배수, 객토, 유효토층의 개량 등을 통해 토양을 입단화시켜 원층성을 개량하고 각종 양분의 저장과 공급원으로서 미생물을 활성화시켜 중금속 등 환경오염 물질을 감소시키는 구체적인 토양관리 계획을 수립하는 것이 필요함을 알 수 있었다.

Table 8. Correlation analysis of planting periods and soil properties

	Planting periods	Soil hardness	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	NH ₄ N
Planting periods	1										
Soil hardness	-.167	1									
pH	-.088	-.105	1								
EC	-.095	-.132	.527**	1							
OM	.309**	-.039	-.321**	.065	1						
Av.P ₂ O ₅	-.169	.258	-.167	.252*	.665**	1					
K ⁺	.064	.077	-.333**	-.034	.785**	.796**	1				
Ca ⁺⁺	-.316**	.119	-.160	.371**	-.118	.135	-.191	1			
Mg ⁺⁺	-.440**	.246	-.392**	-.117	.054	.401**	.327**	.471**	1		
Na ⁺	-.401**	.270*	.402**	.660**	-.074	.121	-.186	.547**	.077	1	
NH ₄ N	-.011	.151	-.280*	.233*	-.017	.044	-.167	.835**	.309**	.335**	1

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

Table 9. Grades of soil evaluation over planting periods

	HD**	pH	EC	OM	N	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
<5	5	2	4	2	1	3	2	4	5
5~10	3	2	5	3	0	3	3	4	3
10<	4	2	5	3	1	2	2	4	3

*years after planting, **: HD is the soil hardness

REFERENCES

- Cho, S.H., K.J. Lee, B.H. Han and T.H. Roh(2010) Comparative study on the growth condition of landscape woody plants according to the ground structure of apartment complex, Incheon, Korea. *Pro. Kor. Soc. Env. Eco. Con.* 20(2): 154-158. (in Korean with English abstract)
- Cook, E., K. Briffa, S. Shiyatov and V. Mazepa(1990) Tree-Ring standardization and growth-trend estimation. *Methods of Dendrochronology*. Springer-Science+Business Media, B.V., pp. 104-122.
- Davis, R.K.(1984) The Success of Urban Tree is Usually a Matter of Selection. *American nurseryman*, pp. 81-84.
- Han B.H. and K.J. Lee(1996) A study on the analysis of the physiological growth condition and improvement of street trees in Seoul. *Korean Journal of Environment and Ecology* 10(1): 39-48. (in Korean with English abstract)
- Kang, Y.J.(2013). Changes and characteristics of landscape architectural design in Korean apartment housing. Ph. D. Dissertation, Seoul National University, Seoul. (in Korean)
- KFS(1999) Forest Ecology and Management. Korea Forest Service, pp. 1-25. (in Korean)
- Kil, Y.S.(2001) Restoration Administration and Analysis of the Soil Chemical Changes in Urban Green Open Space. Master's thesis, University of Seoul, Seoul. (in Korean)
- Kim, D.H., C.S. Park, C.S. Park, S.H. Joo, J.H. Shin and J.S. Byeon(2005b) Chronological studies on residents' appreciation of outdoor space in apartment complexes and It's changes: Case study of apartment complexes in the Daejeon Metropolis. *Journal of the Korea Institute of Landscape Architecture* 33(3): 31-42. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.H., D.S., Kim, J.H. Sin and S.B. Kim(2005a) The change of outdoor space in apartment complex and its causes. *Journal of the Korea Institute of Landscape Architecture* 32(6): 52-67. (in Korean with English abstract)
- Kim, W.S.(2014) A Study on the Tendency of Planting Tree Defects according to the Changes of Landscape in Apartment. Master's thesis, Hanyang University, Seoul. (in Korean)
- Kreutzer, K.(1995) Effects of forest liming on soil processes. *Plant and Soil* 168/169: 447-470.
- Lee, W.K.(1997) Various soil disturbances and countermeasures of landscape land. *Landscaping Tree* 61(3): 32-35. (in Korean with English abstract)
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology) (2000) Analytical Methods of Soil and Plant. NIAST, Korea. (in Korean)
- NIAST(National Institute of Agricultural Science and Technology) (2006) Fertilizer Ecommendation for Crops. RDA, Korea. (in Korean)
- Nilsson, L.O., R.F. Hüttl, U.T. Johansson and H. Jocheim(1995) Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems-present status and future research directions. *Plant and soil* 168/169: 5-13.
- Rural Development Administration(1998) Soil Survey Manual. *Agri. Sci. Inst.* pp. 57-124. (in Korean)
- RDA(2015) Development of Optimal Planting Evaluation Technology in Sunshine Environment for Outdoor Space in Urban Area. Rural Development Administration report PJ010915: 6-8. (in Korean)
- Son, S.H.(2007) A Study on the Preference on the Landscape Elements in APT. Complex : With Special Reference to Kileum APT. complex. Master's thesis, Hanyang University, Seoul. (in Korean)
- Yoo, J.H., J.K. Byun, C.S. Kim, C.H. Lee, Y.K. Kim and W.K. Lee(1998) Effects of lime, magnesium sulfate, and compound fertilizers on soil chemical properties of acidified forest soils. *Journal of Korean Society of Forest Science* 87(3): 341-346. (in Korean with English abstract)
- Yoon, K.Y. and K.Y. Ahn(1998) The growth patterns of major landscaping trees by site conditions in two apartment complexes. *Journal of Korean institute of Landscape Architecture* 26(2): 207-218. (in Korean with English abstract)