

연구논문

도시림의 계절별 토양환경이 곰솔의 생육에 미치는 영향

김 석 규

동아대학교 조경학과

(2011년 6월 7일 접수, 2011년 7월 28일 승인)

Soil Environment's Impact on the Growth of *Pinus thunbergii* by Season in Urban Forests

Kim, Seok-Kyu

Department of Landscape Architecture, Dong-A University

(Manuscript received 7 June 2011; accepted 28 July 2011)

Abstract

The purpose of this study is to clarify correlations between soil environments and the growth of trees in forests and thereon analyze effects of seasonal changes in such environments on such growth. To determine seasonal factors of soil affecting the Tree Vitality of *Pinus thunbergii*, first of all, the study designated the Tree Vitality as a dependent variable and soil hardness, moisture, pH, K, Na, Mg and Ca as independent variables. Then the study performed Pearson's coefficient analysis.

To clarify what soil factors influence the seasonal growth of *Pinus thunbergii* multiple regression analysis is carried out, and findings are as follow; the growth of *Pinus thunbergii* was basically influenced by pH, followed by soil hardness in spring, K, followed by moisture in summer, and by soil hardness in winter. However, no soil factors affected the vitality at the significance level of 5% for t.

Keywords : Tree Vitality, Soil hardness, Moisture, pH, K, Na, Mg, Ca

1. 서론

1970년대 이후 도시의 급격한 산업화로 인한 녹지공간의 감소와 생활환경의 악화, 경제성장에 따른 생활수준의 향상과 여가시간의 증대로 사람들은 자연환경에 대한 중요성과 가치를 인식하게 되었으며,

그에 따라 도시림을 이용하는 시민들이 점차 증가하게 되었으며, 보건휴양가치에 대한 인식이 점차 높아져 가고 있다.

그러나 도시림은 이용자에 의한 답압의 증가와 대기오염에 의한 토양의 산성화로 인하여 토양환경이 점차 악화되어 가고 있으며, 이로 인하여 도시공원

녹지의 식생은 점차 파괴되어 가고 있다.

이용자의 답압에 의하여 토양이 경화된 지역은 토양 견밀도가 높고 빈약한 산소조건 때문에 수목 뿌리의 발육과 정상적인 기능유지를 어렵게 하며, 궁극적으로는 수목의 활력을 떨어뜨리고 수목을 고사하게 한다. 답압에 의해 토양경도가 증가하면 토양밀도는 증가하나 공극용적, 용기량, 투수성 등은 감소하게 되며, 이러한 토양의 물리적 성질의 악화는 결국 임목생장의 저해요인으로 작용하게 된다 (Duggeli, 1937).

산성토양에서는 불용성 상태의 Al과 Mn이 가용성 상태로 전환되어 식물체의 잔뿌리 발육을 억제하기 때문에 식물의 활력도가 낮아진다. 또한 토양의 pH가 낮아짐에 따라서 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ 와 같은 치환성 양이온이 수소이온과 치환되어 세탈되고, 가용성 P를 불용성 상태로 전환시켜 이들 영양염류의 결핍증상이 나타나게 되며, 이러한 요인들이 식물생장의 중요한 제한요인으로 작용한다(Ulrich *et al.*, 1980).

이러한 환경영향에 의하여 열악해지고 있는 토양 특성이 수목의 생육에 미치는 영향을 파악하기 위하여 본 연구를 수행하였으며, 수목활력도와 계절별 토양특성을 분석하여 수목의 생육에 영향을 미치는 계절별 토양요인을 도출하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 조사대상지 선정

본 연구는 부산광역시를 대상으로 하였으며, 조사대상지는 문헌연구와 현장답사를 통하여 입지별 특성이 뚜렷하게 나타나는 도시림을 조사대상지로 선정하였다. 조사대상지는 공업지역, 주거지역, 해

안지역으로 구분하여 지역별로 각 1개의 도시림을 대상지를 선정하였으며, 부산의 대표적인 공업단지인 사상공단 주변에 위치한 사상공원, 도심주거지역 중심에 위치한 대연공원, 도시외곽해안지역에 위치한 몰운대유원지를 대상으로 선정하였다.

2. 연구내용

토양환경은 수목의 생육에 영향을 미치는 토양인자 중에서 토양경도, 수분함량, 토양pH, 무기물함량(K, Na, Ca, Mg)을 조사하였으며, 토양시료채취는 토양채취기를 이용하여 조사지점별로 중간지점과 5m 거리로 동서남북 각 방향에서 0.5~1kg의 시료를 채취하여 총 5개의 부시료를 하나의 혼합시료로 채취하였다.

수목생육상태를 파악하기 위하여 수목활력도를 측정하였으며, 대상수종은 부산광역시 전체 산림면적의 40% 이상을 차지하고 고르게 분포하고 있는 지표수종인 곰솔을 대상으로 하였다. 수목활력도는 방형구내 흉고직경 15cm이상의 곰솔을 전수 측정

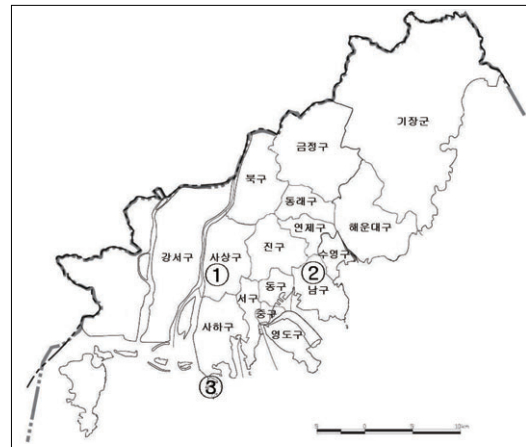


Figure 1. Location map of investigation sites

①: Sasang Park ②: Daeyeon Park ③: Molundae

Table 1. Investigated sites

Investigated area	Investigated spot	Type	Address	Area(m ²)	Position
Industrial	Sasang Park	urban natural park	Sasang-Gu Goebup-Dong, Gamjeon-Dong, Jule-Dong	673,500	sub-urban
Residential	Daeyeon Park	neighboring park	Nam-Gu Daeyeon-Dong	57,160	residential
Coastal	Molundae	amusement area	Saha-Gu Dadae-Dong	506,184	out-skirt

한 후 평균하였다.

조사구는 10×10m(100m²)의 방형구를 조사대상 지별로 각 6개 조사지점을 선정하여 설치하였으며, 조사시기는 곰솔의 생육에 영향을 미치는 계절별 토양특성을 분석하기 위하여 봄(4월), 여름(7월), 가을(10월), 겨울(1월)로 구분하여 조사를 실시하였다.

3. 연구방법

1) 토양분석

토양경도는 산중식(山中式) 토양경도계(Soil penetrometer)를 사용하여 각 조사구의 표토를 2m 간격으로 100개 지점을 측정하여 평균하였다.

수분함량은 표층으로부터 15cm깊이의 토양을 채취하여 시료 2g을 칭량법에 정확히 평취하고 칭량법의 덮개를 약간 연 상태에서 건조기 온도를 105℃로 유지시켜 2~3시간 가열한 후 건조기(desiccator)에 옮겨 방냉시켜 그 중량을 측정하였다. 재차 건조기에 넣어 약 1시간 건조한 후, 전과 같이 방냉한 후 칭량하고 건조 전후의 칭량 차이가 0.3mg이하의 함량을 얻을 때까지 건조, 방냉, 칭량을 반복하여 수분함량을 산출하였다.

pH는 표층으로부터 15cm깊이의 토양을 채취하여 20~40℃에서 1~4일간 풍건 후 분쇄하여 토양 시료와 증류수를 등량으로 혼합하고 유리막대나 교반기로 완전히 섞은 후 30분간 정치하여 20~25℃에서 pH를 측정하였다.

무기물함량은 표층으로부터 15cm깊이의 토양을 채취하여 dry-ash법으로 시료를 105℃에서 건조하여 600℃에서 2~3시간 가열한 후 건조기(desiccator)에서 방냉시켜 3N HCl 10ml로 용해시켰다. 이것을 drybathincubater(약 120℃)에서 20분간 가열하여 유기물을 완전 제거하고 여과한 후 100ml 메스플라스크에 정용하여 분석시료로서 전처리한 후 원자흡광분광광도계(atomic absorption spectrophotometer)로 측정하였다.

2) 수목생육상태 분석

곰솔의 생육상태를 파악하기 위하여 수목활력도

를 측정하였으며, OSMOSE사의 Shigometer (Model OZ-93)를 사용하여 형성층 전기저항치를 측정하였다. 수목활력도는 지표면에서 120cm 높이(흉고)의 수간에서 측정하였으며, 오차를 줄이기 위하여 한 수목의 수간에서 4회 측정 후 평균하였다.

3) 통계 분석

수목의 생육에 영향을 미치는 계절별 토양요인을 도출하기 위하여 봄(4월), 여름(7월), 가을(10월), 겨울(1월)로 구분하여 통계분석을 실시하였다.

토양인자와 수목활력도와와의 상관관계를 파악하고 각 변수의 독립성 여부를 판정하기 위하여 Pearson 상관분석을 실시하였다.

상관관계분석을 통하여 선정된 토양인자를 독립변수로 지정하고 수목활력도를 종속변수로 지정하여 다중회귀분석을 실시하였으며, 유의성, 다중공선성, 상대적 기여도를 검정하여 곰솔의 생육에 영향을 미치는 토양인자를 도출하였다. 통계분석은 통계프로그램 SPSS를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양환경

토양경도는 사상공원을 제외하고 4월(봄), 7월(여름), 10월(가을) 순으로 현저히 증가하다가 이용자의 이용밀도가 작다고 판단되는 1월(겨울)에 감소하는 것으로 나타나 이용밀도에 의한 토양경도의 변화가 뚜렷하게 나타났다. 사상공원은 이용자의 이용밀도가 낮다고 판단되는 1월(겨울)의 토양경도가 가장 높게 나타나, 이용밀도 이외의 다른 요인(토성, 지형, 지하수위, 겨울철 국지적 기온 강하에 의한 토양의 응결 등)에 의한 것으로 판단되었다.

토양경도와 수목생장과의 관계는 토양경도 23~25mm에서 생장상태가 양호하고(윤국병, 1997), 27~30mm에서는 뿌리의 생장이 곤란하며, 30mm이상이면 뿌리의 토양침입과 수분의 침투가 불가능하다고(일본재료학회, 1984) 연구되었는데, 조사지의 토양경도는 대체로 수목의 생장에 양호한

Table 2. Soil properties of investigated areas according to the season

Site	Month (mm)	Hardness (%)	Moisture (pH)	Acidity (me/100g)	Inorganic matter			
					K	Na	Mg	Ca
Sasang park	April	19.1	2.81	3.29	3.18	0.15	0.98	0.08
	July	19.9	2.14	4.04	0.74	0.06	0.59	0.03
	October	21.8	16.62	3.64	1.69	0.15	0.09	0.02
	January	22.3	1.82	4.57	1.87	0.45	0.33	0.13
Daeyeon park	April	18.7	1.57	4.19	2.61	0.53	2.83	0.04
	July	20.5	6.55	4.58	0.73	0.09	9.96	0.15
	October	22.5	13.94	4.22	1.92	0.50	0.11	0.30
	January	20.5	2.81	4.62	2.01	0.55	0.38	0.38
Molwundae	April	20.0	2.14	5.00	1.37	0.68	0.82	0.22
	July	20.9	11.16	4.74	0.29	0.06	2.13	0.06
	October	21.6	2.55	5.32	1.12	0.46	0.10	0.23
	January	19.9	1.73	5.54	1.69	0.43	0.35	0.38

것으로 판단되었다.

토양수분함량은 물운대를 제외하고 7월에 증가하여 10월에 가장 높게 나타나고 1월과 4월에 가장 낮게 나타났으며, 물운대의 토양수분함량 변화가 다른 공원들과 유사하지 않는 것은 해안에 위치하고 있는 입지특성과 국지적 기후특성에 기인한 것으로 사료된다. 부산시 월별 평균강수량 분포(부산지방기상청, web.kma.go.kr/~busan)와 토양수분함량을 비교한 결과, 물운대는 평균강수량 분포와 토양수분함량간의 상관성이 있으나 다른 대상지는 상관성이 없는 것으로 나타나 평균강수량이 토양수분함량에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

토양산도는 대체로 4월에 가장 낮게 나타났고, 7월에 높아지다가 10월에 다시 낮아지며, 1월에 가장 높은 경향을 보였다. 부산시 월별 산성비 분포(낙동강유역환경청, www.me.go.kr/ndg) 및 월별 대기오염 분포(환경부, www.me.go.kr)와 토양산도 변화를 비교한 결과, 강우산도 및 대기오염도와 토양산도간의 상관성이 있는 것으로 나타나, 강우산도와 대기오염도가 토양산도에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

수목의 생장과 토양산도와의 관계에서 토양산도의 처리 및 적용기준은 pH 5.5~7은 적정, pH 4~5.5 또는 pH 7~8은 개량, pH 4미만 또는 8이

상은 교체(한국수자원공사, 1997)해야 하는 것으로 제시되어 있는데, 조사지의 토양산도는 pH 3~5.5 범위에 있어 수목의 생육을 위해서는 개량 및 교체해야 할 것으로 판단되었다.

무기물함량 중에서 K함량은 대체로 4월과 1월에 높고 7월에 가장 낮은 경향을 보였고, Na함량은 4월과 10월에 높고 7월에 가장 낮은 경향을 보였다. Mg함량은 4월과 7월에 높고 10월에 가장 낮은 경향을 보였고, Ca함량은 1월에 가장 높고 7월과 10월에 낮은 경향을 보였다.

무기물함량 중에서 낮은 Ca함량과 Mg함량은 토양이 산성화되어 나타나는 결과이며(서울특별시, 1997), 토양의 산성화는 Ca성분의 용탈과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단할 수 있다(길용식, 2001). 사상공원은 Ca, Mg, Na함량이 다른 조사지에 비하여 낮게 나타났으며, 특히 Ca함량은 매우 낮은 수치로 나타나 Ca성분의 용탈이 매우 심하였고, 이는 토양의 산성화로 인한 것으로 판단되었다.

조사대상지의 토양특성을 비교한 결과, 토양산도는 모두 강산성으로 나타났으며, 특히 사상공단 주변에 위치한 사상공원의 토양산도는 pH 3~4로 나타나 수목생육을 위해서는 토양의 교체가 필요한 것으로 판단되었다.

Table 3. Tree vitality (unit: kΩ)

Month	Sasang park	Daeyeon park	Molwundae
April	22.4	18.5	16.8
July	18.2	16.5	12.2
October	28	25.9	21.5
January	41.3	37	33.7

2. 수목생육상태

수목활력도는 수목의 생육상태를 나타내는 상대적인 측정치이며, 전기저항치 수치가 낮을수록 상대적으로 수목의 생육상태가 양호한 것으로 판단할 수 있다(김석규, 2002).

사상공원은 1월이 41.3kΩ으로 가장 높고, 7월이 18.2kΩ으로 가장 낮게 나타났다. 대연공원은 1월이 37.0kΩ으로 가장 높고, 7월이 16.5kΩ으로 가장 낮게 나타났다. 몰운대는 1월이 33.7kΩ으로 가장 높고, 7월이 12.2kΩ으로 가장 낮게 나타났다.

곰솔의 수목활력도는 4월에 비교적 낮게 나타나다가 7월에 가장 낮게 나타나며, 10월에 급격히 증가하여 1월에 가장 높게 나타나는 경향으로 나타났다. 따라서 조사대상지 모두 7월에 가장 낮은 수치로 나타나 곰솔의 생육이 가장 양호한 것으로 나타났다으며, 1월에 가장 높은 수치로 나타나 곰솔의 생

육이 가장 불량한 것으로 나타났다. 이러한 수목활력도의 변화는 계절별 온도변화에 따른 곰솔의 생리적인 변화에 기인한 것으로 판단되었다.

3. 곰솔의 생육에 영향을 미치는 토양특성

1) 봄(4월)

종속변수인 수목활력도와 이에 영향을 미치는 7개의 독립변수들간의 관계에 관한 Pearson의 상관분석을 수행한 결과, 수목활력도는 5%의 유의수준에서 토양경도, 토양pH, K함량의 상관계수의 값이 통계적인 유의성이 있는 것으로 나타났다.

토양특성이 수목의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해 상관분석 결과에서 유의성이 있는 것으로 나타난 토양인자를 독립변수로 지정하고 수목활력도를 종속변수로 지정하여 다중회귀분석한 결과, 결정계수(R²)는 0.716으로 72%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났으며, F값은 14.298, F값에 대한 유의확률값이 0.000으로 유의수준 5%에서 통계적인 유의성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 다중공선성을 검토한 결과, 모두 공차한계가 1이하, 분산팽창요인(VIF)이 10이하로 독립변수들간의 공선성의 문제는 없는 것으로 판단된다.

Table 4. The result of Pearson correlation analysis

	Tree Vitality	Hardness	Moisture	pH	K	Na	Mg	Ca
Tree Vitality	1.000 (0.000)							
Hardness	0.457* (0.019)	1.000 (0.000)						
Moisture	0.212 (0.179)	-0.048 (0.418)	1.000 (0.000)					
pH	-0.530** (0.007)	0.304 (0.090)	-0.251 (0.136)	1.000 (0.000)				
K	0.563** (0.004)	0.199 (0.194)	0.516** (0.008)	-0.449* (0.021)	1.000 (0.000)			
Na	-0.289 (0.102)	0.016 (0.472)	-0.072 (0.378)	0.524** (0.007)	-0.017 (0.470)	1.000 (0.000)		
Mg	-0.108 (0.320)	-0.127 (0.292)	-0.374* (0.048)	-0.057 (0.403)	0.099 (0.334)	0.090 (0.349)	1.000 (0.000)	
Ca	0.034 (0.442)	0.177 (0.221)	0.269 (0.119)	0.235 (0.153)	0.034 (0.441)	0.430* (0.026)	-0.217 (0.173)	1.000 (0.000)

Annotate): () : significance level; * : significance level 0.05; ** : significance level 0.01

Table 5. The result of multiple return analysis

variant	non standard figures		standard figures	t	significance probability	collinearity		R ²	F	significance probability
	B	standard error	Beta			tolerance limit	VIF			
(constant)	17.489	3.098		5.645	0.000			0.716	14.298	0.000
Hardness	0.596	0.140	0.629	4.259	0.001	0.767	1.305			
K	-2.546	0.627	-0.658	-4.064	0.001	0.637	1.569			
Na	0.313	0.346	0.142	0.905	0.378	0.675	1.483			

독립변수들이 수목활력도에 미치는 상대적 기여도(Beta값)는 토양pH 0.658, 토양경도 0.629, K 함량 0.142 순으로 나타났으며, t값에 대한 유의확률값 5% 유의수준에서 토양pH, 토양경도 순으로 수목활력도에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

2) 여름(7월)

종속변수인 수목활력도와 이에 영향을 미치는 7개의 독립변수들간의 관계에 관한 Pearson의 상관분석을 수행한 결과, 수목활력도는 5%의 유의수준에서 토양수분함량, K함량의 상관계수의 값이 통계적인 유의성이 있는 것으로 나타났다.

토양특성이 수목의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해 상관분석 결과에서 유의성이 있는 것으로 나타난 토양인자를 독립변수로 지정하고 수목활력

도를 종속변수로 지정하여 다중회귀분석한 결과, 결정계수(R²)는 0.520로 52%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났으며, F값은 9.761, F값에 대한 유의확률값이 0.001로 유의수준 5%에서 통계적인 유의성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 다중공선성을 검토한 결과, 모두 공차한계가 1이하, 분산팽창요인(VIF)이 10이하로 독립변수들간의 공선성의 문제는 없는 것으로 판단된다.

독립변수들이 수목활력도에 미치는 상대적 기여도(Beta값)는 K함량 0.568, 토양수분함량 0.363 순으로 나타났으며, t값에 대한 유의확률값 5% 유의수준에서 K함량, 토양수분함량 순으로 수목활력도에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

Table 6. The result of Pearson correlation analysis

	Tree Vitality	Hardness	Moisture	pH	K	Na	Mg	Ca
Tree Vitality	1.000 (0.000)							
Hardness	0.263 (0.125)	1.000 (0.000)						
Moisture	-0.454* (0.019)	-0.070 (0.381)	1.000 (0.000)					
pH	-0.251 (0.136)	0.511** (0.009)	0.346 (0.062)	1.000 (0.000)				
K	0.626** (0.001)	0.236 (0.152)	-0.160 (0.245)	-0.157 (0.248)	1.000 (0.000)			
Na	-0.060 (0.399)	0.409* (0.033)	0.013 (0.477)	0.558** (0.004)	0.095 (0.342)	1.000 (0.000)		
Mg	0.088 (0.353)	-0.018 (0.468)	0.098 (0.336)	0.159 (0.246)	0.187 (0.208)	0.009 (0.485)	1.000 (0.000)	
Ca	0.146 (0.263)	0.218 (0.171)	0.312 (0.084)	0.469* (0.016)	0.215 (0.174)	0.192 (0.202)	0.560** (0.004)	1.000 (0.000)

Annotate): () : significance level; * : significance level 0.05; ** : significance level 0.01

Table 7. The result of multiple return analysis

variant	non standard figures		standard figures	t	significance probability	collinearity		R ²	F	significance probability
	B	standard error	Beta			tolerance limit	VIF			
(constant)	14.094	1.292		10.906	0.000			0.520	9.761	0.001
Moisture	-0.223	0.102	-0.363	-2.195	0.042	0.975	1.026			
K	4.808	1.400	0.568	3.435	0.003	0.975	1.026			

3) 가을(10월)

종속변수인 수목활력도와 이에 영향을 미치는 7개의 독립변수들간의 관계에 관한 Pearson의 상관분석을 수행한 결과, 수목활력도는 5%의 유의수준에서 토양경도, 토양수분함량, 토양pH, K함량의 상관계수의 값이 통계적인 유의성이 있는 것으로 나

타났다.

토양특성이 수목의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해 상관분석 결과에서 유의성이 있는 것으로 나타난 토양인자를 독립변수로 지정하고 수목활력도를 종속변수로 지정하여 다중회귀분석한 결과, 결정계수(R²)는 0.602로 60%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났으며, F값은 6.060, F값에 대한

Table 8. The result of Pearson correlation analysis

	Tree Vitality	Hardness	Moisture	pH	K	Na	Mg	Ca
Tree Vitality	1.000 (0.000)							
Hardness	0.419* (0.029)	1.000 (0.000)						
Moisture	0.670** (0.000)	0.063 (0.394)	1.000 (0.000)					
pH	-0.454* (0.019)	0.233 (0.155)	-0.840** (0.000)	1.000 (0.000)				
K	0.435* (0.024)	0.206 (0.185)	0.414* (0.031)	-0.334 (0.070)	1.000 (0.000)			
Na	0.016 (0.472)	0.030 (0.449)	-0.236 (0.151)	0.388* (0.041)	0.316 (0.081)	1.000 (0.000)		
Mg	-0.026 (0.456)	0.275 (0.114)	-0.020 (0.466)	0.150 (0.258)	0.502* (0.010)	0.383* (0.044)	1.000 (0.000)	
Ca	-0.082 (0.361)	0.075 (0.373)	-0.186 (0.210)	0.327 (0.074)	-0.058 (0.402)	0.232 (0.156)	0.587** (0.003)	1.000 (0.000)

Annotate): (): significance level; *: significance level 0.05; **: significance level 0.01

Table 9. The result of multiple return analysis

variant	non standard figures		standard figures	t	significance probability	collinearity		R ²	F	significance probability
	B	standard error	Beta			tolerance limit	VIF			
(constant)	9.801	8.144		1.203	0.246			0.602	6.060	0.004
Hardness	0.439	0.238	0.352	1.845	0.084	0.685	1.460			
Moisture	0.379	0.205	0.621	1.846	0.084	0.220	4.551			
pH	0.113	1.700	0.023	0.067	0.948	0.210	4.752			
K	0.431	0.674	0.114	0.640	0.531	0.789	1.267			

유의확률값이 0.004로 유의수준 5%에서 통계적인 유의성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 다중공선성을 검토한 결과, 모두 공차한계이 1이하, 분산팽창요인(VIF)이 10이하로 독립변수들간의 공선성의 문제는 없는 것으로 판단된다.

독립변수들이 수목활력도에 미치는 상대적 기여도(Beta값)는 토양수분함량 0.621, 토양경도 0.352, K함량 0.114, 토양pH 0.023 순으로 나타났으며, t값에 대한 유의확률값 5% 유의수준에서 수목활력도에 영향을 미치는 토양인자는 없는 것으로 판단되었다.

4) 겨울(1월)

종속변수인 수목활력도와 이에 영향을 미치는 7개의 독립변수들간의 관계에 관한 Pearson의 상관분석을 수행한 결과, 수목활력도는 5%의 유의수준에서 토양경도의 상관계수의 값이 통계적인 유의성

이 있는 것으로 나타났다.

겨울의 토양특성이 수목의 생육에 미치는 영향을 알아보기 위해 상관분석 결과에서 유의성이 있는 것으로 나타난 토양인자를 독립변수로 지정하고 수목활력도를 종속변수로 지정하여 회귀분석한 결과, 결정계수(R²)는 0.380으로 38%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났으며, F값은 11.662, F값에 대한 유의확률값이 0.003으로 유의수준 5%에서 통계적인 유의성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 다중공선성을 검토한 결과, 모두 공차한계이 1이하, 분산팽창요인(VIF)이 10이하로 독립변수들간의 공선성의 문제는 없는 것으로 판단된다.

t값에 대한 유의확률값 5% 유의수준에서 수목활력도에 영향을 미치는 토양인자는 토양경도로 판단되었다.

Table 10. The result of Pearson correlation analysis

	Tree Vitality	Hardness	Moisture	pH	K	Na	Mg	Ca
Tree Vitality	1.000 (0.000)							
Hardness	0.617** (0.001)	1.000 (0.000)						
Moisture	0.068 (0.384)	-0.018 (0.469)	1.000 (0.000)					
pH	-0.161 (0.243)	0.233 (0.155)	-0.262 (0.125)	1.000 (0.000)				
K	0.251 (0.136)	0.217 (0.173)	0.455* (0.019)	-0.157 (0.249)	1.000 (0.000)			
Na	0.333 (0.070)	0.088 (0.352)	-0.047 (0.420)	0.075 (0.373)	0.239 (0.149)	1.000 (0.000)		
Mg	-0.154 (0.253)	0.107 (0.322)	0.603** (0.002)	-0.060 (0.399)	0.555** (0.005)	-0.066 (0.388)	1.000 (0.000)	
Ca	0.088 (0.353)	-0.045 (0.424)	0.339 (0.066)	0.301 (0.093)	0.299 (0.094)	0.064 (0.392)	0.466* (0.017)	1.000 (0.000)

Table 11. The result of multiple return analysis

variant	non standard figures		standard figures	t	significance probability	collinearity		R ²	F	significance probability
	B	standard error	Beta			tolerance limit	VIF			
(constant)	23.896	4.058		5.888	0.000			0.380	11.662	0.003
Hardness	0.628	0.184	0.617	3.415	0.003	1.000	1.000			

IV. 결 론

본 연구는 도시림의 토양환경과 수목생육과의 상관관계를 구명하고, 계절별 토양환경의 변화가 수목의 생육에 미치는 영향을 분석하고자 곰솔의 수목활력도를 종속변수로 지정하고 토양경도, 토양수분함량, 토양pH, K, Na, Mg, Ca함량을 독립변수로 지정하여 Pearson 상관분석을 수행한 후, 그 결과를 이용하여 다중회귀분석을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

토양경도는 겨울(1월)에 가장 높고, 봄(4월)에 가장 낮게 나타났으며, 토양수분함량은 가을(10월)에 가장 높고, 겨울(1월)에 가장 낮게 나타났다. 토양산도는 겨울(1월)에 가장 높고, 봄(4월)에 가장 낮게 나타났으며, 무기물함량은 봄(4월)에 가장 높고, 가을(10월)에 가장 낮게 나타났다.

수목활력도는 조사대상지 모두 7월(여름)에 가장 낮은 수치로 나타나 수목의 활력이 상대적으로 가장 약화된 것으로 나타났으며, 1월(겨울)에 가장 높은 수치로 나타나 수목의 활력이 상대적으로 가장 불량한 것으로 나타났다.

봄(4월)의 수목활력도와 상관성이 있는 토양특성은 토양경도, 토양pH, K함량으로 나타났으며, 수목활력도에 영향을 미치는 토양인자는 토양pH, 토양경도 순으로 나타났다. 여름(7월)의 수목활력도와 상관성이 있는 토양특성은 토양수분함량, K함량으로 나타났으며, 수목활력도에 영향을 미치는 토양인자는 K함량, 토양수분함량 순으로 나타났다. 가을(10월)의 수목활력도와 상관성이 있는 토양특성은 토양경도, 토양수분함량, 토양pH, K함량으로 나타났으며, 수목활력도에 영향을 미치는 토양인자는 없는 것으로 나타났다. 겨울(1월)의 수목활력도와 상관성이 있는 토양특성은 토양경도로 나타났으며, 수목활력도에 영향을 미치는 토양인자는 토양경도로 나타났다.

이상의 분석결과, 봄철에 수목의 생육에 영향을 미치는 토양인자는 토양pH와 토양경도로 나타났고, 여름철에 수목의 생육에 영향을 미치는 토양인자는 K함량과 토양수분함량으로 나타났으며, 가을

철에 수목의 생육에 영향을 미치는 토양인자는 t값에 대한 유의확률값 5% 유의수준에서는 없는 것으로 판단되었고, 겨울철에 수목의 생육에 영향을 미치는 토양인자는 토양경도로 나타났다.

본 연구는 수목의 생육에 영향을 미치는 여러 환경요인 중에서 토양환경에 국한하였고, 토양특성 중에서 토양경도, 토양수분함량, 토양pH, 토양무기물함량에 한정하였다는 한계가 있다. 차후 수목의 생육에 영향을 주는 다양한 환경요인을 조사하여 수목의 생육저해 요인을 파악한다면 도시림의 식생을 합리적으로 관리하는데 기여할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 길용식, 2001, 도시녹지 토양의 화학적 변화 요인 분석과 관리방안 연구, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
- 김석규, 박승범, 남정철, 김승환, 2002, 도시공원녹지의 입지환경과 토양특성이 식생구조와 수목활력도에 미치는 영향, 한국환경복원녹화기술학회지, 5(5), 30-44.
- 남정철, 박승범, 김석규, 윤상복, 2007, 장산식생의 생태적 특성, Journal of Korean Data Analysis Society, 9(5), 2599-2612.
- 남정철, 박승범, 김석규, 윤상복, 2008, 승학산 식생의 생태적 특성 및 관리방안, Journal of Korean Data Analysis Society, 10(2B), 1201-1216.
- 박승범, 김석규, 남정철, 김승환, 강영조, 이기철, 2002, 사상공단 주변 식생의 생태적 특성 분석, 한국조경학회지, 30(1), 75-86.
- 서울특별시, 1997, 서울시 산림생태계 조사 연구보고서(1차 년도).
- 윤국병, 1997, 조정배식학, 일조각..
- 한국수자원공사, 1997, 조정설계기준.
- 日本材料學會土質安定材料委員會, 1984, 斜面安定工法, 鹿島出版會, 146-147.
- Duggeli, M, 1937, Wie wirkt das Ofters

Betreten des wald bodens ant einzelne physikalische und biologische Eigenschaften, Schweiz. F. Forestwesen. 88, 151-165.

Ulrich, B., R. Mayer, and P. K. Khanna, 1980, Chemical change due to acid precipitation in a loss-derived soil in central Europe. Soil Sci. 130, 193-200.

<http://web.kma.go.kr/aboutkma/intro/busan>, 부산지방기상청

<http://www.me.go.kr>, 환경부

<http://www.me.go.kr/ndg>, 낙동강유역환경청

최종원고채택 11. 08. 18