

ORIGINAL ARTICLE

충주시 가로변 토양과 가로수 식생에 미치는 계절별 제설제의 영향

김재영 · 박주영¹⁾ · 윤용한²⁾ · 주진희*

건국대학교 대학원 녹색기술융합학과, ¹⁾한국환경수도연구원, ²⁾건국대학교 녹색기술융합학과

The Seasonal Impacts of De-icing Salts on Soil and Vegetation in Chungju City

Jae-Young Kim, Ju-Young Park¹⁾, Young-Han Yoon²⁾, Jin-Hee Ju*

Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, Graduate School of Konkuk University, Chungju 27478, Korea

¹⁾Korea Environment & Water Works Institute, Seoul 07201, Korea

²⁾Department of Green Technology Convergence, College of Science Technology, Konkuk University, Chungju 27478, Korea

Abstract

De-icing salts applied to roads during winter enable safe driving conditions. However, these salts are eventually displaced to roadside areas at which they can negatively impact soil, vegetation, and water resources. This purpose of this study is to determine the relationship between foliar damage ratio (NY = 0-25%, SY = 26-50%, CY = 51-75%) on roadside trees (*Ginkgo biloba*) and seasonal impact of de-icing salts on soil and vegetation. Thirty roadside trees were selected at 8 m intervals between the Konkuk and Judeok intersections in Chung-ju city. The results reveal that seasonal soil acidity is relatively alkaline for foliar damage ratio of *Ginkgo biloba* was CY compared to NY. Also, electronic conductivity of each seasonal sampling was recorded as high in winter and spring, whereas the opposite trend is observed in summer. Various plants species were identified in abundance under roadside trees within NY roadside sections. These same species were observed in reduced numbers within CY sections. Strong negative correlations were identified between foliar damage ratio on roadside trees and vegetation. This relationship may be a method to use in predicting the accumulation of de-icing salt and visible injuries on roadside trees.

Key words : Deicing salt, Electronic conductivity, Foliar damage, Roadside tree, Soil-plant continuum

1. 서론

최근 잦은 강설로 인한 교통안전을 위해 제설제 중 하나인 염화칼슘(CaCl₂)의 사용 빈도와 양이 증가되

고 있다. 염화칼슘은 칼슘과 염소의 이온성 화합물로 서 물의 어는점을 -55℃까지 낮출 수 있어 도로의 얼음 및 눈을 녹이는 제설제로 이용되고 있다. 그러나 이

Received 31 July, 2017; Revised 17 August, 2017;

Accepted 21 August, 2017

*Corresponding author: Jin-Hee Ju, Department of Green Technology Convergence, Konkuk University, Chungju 27478, Korea
Phone : +82-43-840-3541
E-mail : jjhkkc@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.

러한 제설제는 염소이온(Cl⁻)을 다량으로 포함하고 있어 대량살포 시 심각한 부식현상과 환경오염의 원인이 되고 있다(Seung et al., 2010). 특히 봄철에 개엽 시기와 연계될 경우 그 피해가 가속화 될 수 있다. 무엇보다 토양에 집적된다면 수목의 낮은 개엽, 신초신장 불량, 엽 성장 저해 및 엽 변색, 조기낙엽, 고사 등의 피해를 유발할 가능성이 높다(Kwon et al., 2014). 현재 제설제에 의한 가로변 토양과 가로수 식생의 염류 피해를 최소화하기 위해 모래와 친환경제설제 등을 사용하거나 물에 희석시켜 사용하는 습염살포식으로 이용하고 있다(Lee et al., 2010). 하지만 실제 충주시 염화물계 제설제 살포량을 조사한 결과, 2013년부터 2016년까지 적설량 대비 염화칼슘(CaCl₂)과 염화나트륨(NaCl)의 살포량은 점차 증가하는 추세인 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구는 대표적 제설제 피해지라고 할 수 있는 가로변을 중심으로(Zang et al., 2012) 가로수의 황변정도의 비율에 따른 계절별 가로수 하부의 토양 및 식생의 변화를 살펴봄으로써, 제설제 피해지역의 관리방안을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상지 및 측정지점

본 연구는 2016년 2월부터 8월까지 가로변 현장조사를 수행하였으며, 교통량이 가장 빈번한 충주시 건대사거리에서 주덕사거리까지(총 5 km) 가로변을 연구대상지로 설정하였다. 가로수인 은행나무(*Ginkgo biloba*)의 전엽에 가시적으로 나타나는 황변증상의 비율을 기준으로, 0-25%는 NY (Nothing yellowing), 26-50%를 SY (Slight yellowing), 51-75%를 CY (Considerable yellowing) 총 3가지로 구분하였으며 (Table 1), 총 30그루의 하부 토양 및 식생을 계절별로 조사하였다 (Fig. 1).

2.2. 조사분석방법

2.2.1. 토양채취 및 분석

30그루의 은행나무 하부 토양을 지면으로부터 15 cm 깊이 이하의 표토와 15 cm 깊이 이상의 심토로 나누어 한 표본 당 500 g씩 채취하였다. 채취한 총 60개의 토양표본은 7일간 자연 건조시킨 후 풍건 토양 5 g을 튜브에 취하여 증류수 25 ml를 가한 뒤 혼합하였

Table 1. Classification of foliar damage ratio of *Ginkgo biloba* and location of samples investigated roadside in the Chung-ju city

Classification	Foliar damage ratio of <i>Ginkgo biloba</i>	Location of samples
NY (Nothing yellowing)	0~25%	○
SY (Slight yellowing)	26~50%	●
CY (Considerable yellowing)	51~75%	●



Fig. 1. Locations of investigated roadside sites in the Chung-ju city.

다. 30분간 진탕 후 pH meter (AZ-85505, AZ Instrument, Japan)로 토양산도(pH)를, No. 2 여과지로 여과한 용액을 EC meter (CON510, EUTECH Instrument, Singapore)로 전기전도도(EC)를 각각 측정하였다.

2.2.2. 하부식생현황조사

가로수 하부식생 군집구조를 조사하기 위하여 횡단면 3 m(높이) × 3 m(폭) × 약 16 m(길이)로 총 10개의 식생조사구를 설치하여 Braun-Blanquet(1964)의 식물사회학적 방법에 따라 조사표에 종명을 각각 기록하고 우점도와 균도를 기입하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 계절별 가로변 가로수 하부 토양특성

3.1.1. 토양산도(pH)

겨울철인 1월에 측정된 토양산도(pH)는 NY구간의 평균 pH가 6.93으로 중성을, SY구간의 평균 pH 또한 7.02로 중성을 띄는 경향을 볼 수 있었다. 반면, CY구간의 평균 pH는 7.41로 다른 구간들에 비해 약알칼리성인 것으로 분석되었다. 봄철인 3월에 측정된 토양산도는 NY구간의 평균 pH가 7.86, SY는 7.90으로 NY구간과 큰 차이를 보이지 않았지만, CY구간의 경우 8.18로 다른 구간들에 비해 약알칼리성을 띄는 것을

알 수 있었다. 여름철인 7월에 측정된 토양산도는 NY구간의 평균 pH가 8.00, SY구간의 평균 pH는 8.03, CY구간의 평균 pH는 8.14로 구간별 차이는 크지 않았다. 이는 토양산도가 치환성양이온(K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺)함량과 고도의 유의적인 정의 상관성이 있는 것으로 나타나(Jeong et al., 2003), 제설제의 주요성분인 Ca, Na 등이 겨울철에 유입됨에 따라 토양산도가 지속적으로 상승한 것으로(Park et al.(2009) 판단된다.

3.1.2. 전기전도도(EC)

전기전도도(EC)는 용액이 전류를 운반할 수 있는 정도를 측정하여 용액 중의 이온세기를 신속하게 평가할 수 있는 항목으로 함유된 이온과 염의 농도를 종합적으로 표시하는 지표이다(Oh et al., 2010). 겨울철인 1월에 측정된 전기전도도의 경우 NY, SY, CY 구간이 각각 0.12, 0.17, 0.18 ds/m으로 조사되었다. 봄철에는 NY, SY, CY 구간이 각각 0.176, 0.183, 0.186 ds/m으로 분석되었다. 한편, 여름철에는 NY, SY, CY 구간이 각각 0.10, 0.09, 0.07 ds/m으로 감소되었다. 계절별 모든 구간에서 수목의 식재 가능한 전기전도도 0.2 ds/m을 초과하고 있지 않으나 황변증상이 낮은 NY구간에서 높은 CY구간으로 갈수록 전기전도도가 증가하는 경향을 보였다. 특히 여름철은 겨울철 및 봄철과 비교해보았을 때, 전체적인 수치가 상대적으로 확연하게 감소하였다. 일반적으로 이화학적 특성을 결정하는 토

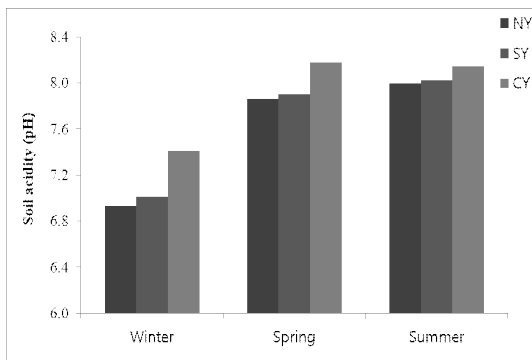


Fig. 2. Seasonal change of soil acidity (pH) under roadside tree for classification of foliar damage ratio of *Ginkgo biloba* in the Chung-ju city. NY = Nothing yellowing, SY = Slight yellowing, CY = Considerable yellowing.

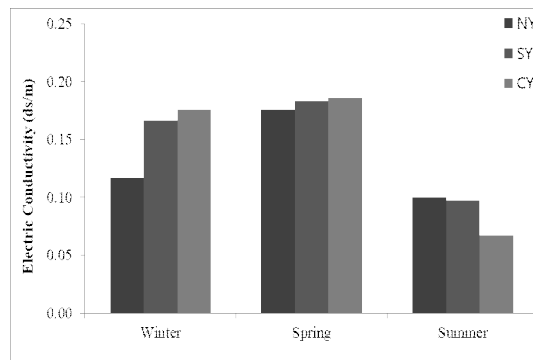


Fig. 3. Seasonal change of soil Electric Conductivity (EC) under roadside tree for classification of foliar damage ratio of *Ginkgo biloba* in the Chung-ju city. NY = Nothing yellowing, SY = Slight yellowing, CY = Considerable yellowing.

양인자들 사이에는 유의적인 상관관계가 있다고 볼 때 (Hur et al., 1997), 이러한 결과는 여름철 토양채취가 집중강우 기간(1~7일, 16일) 이후에 수행되었기 때문에 자연적인 수분공급으로 인해 전기전도도가 감소한 것으로(Lee et al., 2013) 사료된다.

3.2. 계절별 허부식생

3.2.1. 봄철 허부식생

봄철 실시된 NY구간에서 여름철과 공통적으로 발견되는 허부식생으로는 애기똥풀(*Chelidonium majus* var. *asiaticum*), 쇠뜨기(*Equisetum arvense*), 그렁(*Eragrostis ferruginea*), 쑥(*Artemisia princeps*) 등으

로 조사되었다. 개별 출현 식물종인 오리새(*Dactylis glomerata*)(D·S:2·2)는 3%정도의 피도, 소리쟁이(*Rumex crispus*)(D·S:1·1)는 2%의 피도를 보였다. SY구간에서 봄철과 여름철 공통 출현 식물종으로는 쑥과 잔디(*Zoysia japonica*) 등이었으며, 개별 출현 식물종으로 그렁이 71%, 서양민들레(*Taraxacum officinale*)(D·S:1·2)가 2%의 피도를 보였다. CY구간에서 공통으로 출현한 식물종으로는 그렁, 쑥, 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*)등으로, 개별 출현 식물종은 발견되지 않았다(Table 2). 따라서 봄철에는 황변정도가 낮은 NY구간에서 높은 CY구간으로 갈수록 출현

Table 2. The list of the vegetation under roadside tree for classification of foliar damage ratio of *Ginkgo biloba* in the Chung-ju city from spring to summer season, 2016

Classification	Spring					Summer				
	S.N. ^z	K.N	D.V	S.A	C.D (%)	S.N. ^z	K.N	D.V	S.A	C.D (%)
NY	<i>Dactylis glomerata</i>	오리새	2	2	3	<i>Humulus japonicus</i>	환삼덩굴	5	5	50
						<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	고사리	5	5	35
	<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이	1	1	2	<i>Agropyron tsukusinense</i> var. <i>transiens</i>	개밀	1	3	3
						<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	1	3	1
	Total		-	-	5	Total		-	-	89
SY	<i>Eragrostis ferruginea</i>	그렁	5	5	71	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>	명아주	4	4	20
						<i>Humulus japonicus</i>	환삼덩굴	2	3	10
	<i>Taraxacum officinale</i>	서양민들레	1	2	2	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	1	3	3
						<i>Erigeron annuus</i>	개망초	+	2	5
	Total		-	-	73	Total		-	-	38
CY						<i>Zoysia japonica</i>	잔디	3	3	20
						<i>Pueraria thunbergiana</i>	췌	1	2	2
						Total	-	-	-	22

^zS.N; Scientific Name, K.N; Korean Name, D.V; Dominance Value, S.A; Sociability, C.D; Coverage Degree

하는 하부식생의 종류가 상대적으로 감소하고 있음을 알 수 있었다.

3.2.2. 여름철 하부식생

여름철 실시된 NY구간의 하부식생조사에서는 환삼덩굴(*Humulus japonicus*)(D·S:5·5)이 50%의 높은 피도로 우점하였고, 고사리(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*)(D·S:5·5)는 30%의 피도로, 개밀(*Agropyron tsukusinense* var. *transiens*)(D·S:1·3)이 3%의 피도로 강아지풀(*Setaria viridis*)(D·S:1·3)은 1%의 피도로 출현하였다. SY구간의 출현종으로는 명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*)(D·S:4·4)가 20%의 피도로 우점하였으며, 환삼덩굴(D·S:2·3)은 10%의 피도로 출현하였다. 또한 강아지풀은 3%, 개망초(D·S:+·2)는 5%의 낮은 피도를 보였다. CY구간에서는 잔디(D·S:3·3)가 20%로, 찰(*Pueraria thunbergiana*)(D·S:1·2)은 2%의 낮은 피도로 출현하였다(Table 2). 여름철 하부식생 조사결과 봄철과 마찬가지로 NY구간에서 CY구간으로 갈수록 식물종의 종류가 상대적으로 감소되었다.

4. 결론

본 연구는 대표적 제설제 피해지라고 할 수 있는 가로변을 중심으로 가로수인 은행나무의 황변정도 비율에 따라 계절별 가로수 하부의 토양 및 식생의 변화를 살펴봄으로써, 제설제 피해지역의 관리방안을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 은행나무의 황변 정도에 따라 NY (Nothing yellowing; 0 to 25%), SY (Slight yellowing; 26 to 50%), CY (Considerable yellowing; 51 to 75%) 등 3가지 구간으로 구획하여 토양 및 식생 조사를 실시하였다. 계절과 관계없이 토양산도(pH)의 경우 은행나무 황변정도의 비율이 높은 CY구간이 낮은 NY 구간에 비해 알칼리성을 띄는 경향을 보였다. 전기전도도(EC)의 경우 겨울철과 봄철에는 가로수의 황변정도의 비율이 높을수록 증가하였으며, 여름철은 겨울철 및 봄철과 반대되는 경향을 보였다. 하부식생 조사 결과, NY구간에서는 애기뽕풀, 쇠뜨기, 그령, 쑥, 오리새, 소리쟁이, 환삼덩굴, 고사리, 개밀, 강아지풀 등이, SY구간은 쑥, 잔디, 그령, 서양민들레, 명아주, 환삼덩굴, 강아지풀, 개망초 등이 출

현하였다. CY구간의 경우 그령, 쑥, 억새, 잔디, 찰 등이 조사되었다. 따라서 상부 가로수인 은행나무 황변 정도의 비율이 높을수록 하부식생의 종류가 상대적으로 감소하고 있음을 알 수 있었다. 이에 가로변 가로수의 황변정도와 계절별 토양 및 하부식생과 밀접한 관계가 있으며, 특히 가로변 제설제의 집적은 토양환경 및 하부식생의 다양성에도 부정적인 영향을 미친다고 판단된다. 본 연구는 은행나무의 가지적 피해증상을 기준으로 가로변 토양 및 식생을 조사하였기 때문에 토양과 식물체 내 제설제 성분의 이행(soil-plant continuum)에 관한 복합적인 관계를 규명함에 있어서는 한계점을 가진다. 따라서 추후 이와 관련된 세밀한 연구를 진행함으로써, 제설제 피해지역의 보다 실효성 있는 환경복원적 접근 방법이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1C1A2A01052633).

REFERENCES

- Braun-Blanquet, J., 1964, Pflanzensoziologie Grundzuges der vegetations 3rd Wien-New York: Springer-Verlag, 865.
- Hur, B. K., Rim, S. K., Kim, Y. H., Lee, K. Y., 1997, Physico-chemical properties on the management groups of paddy soils in Korea, Korean J. Soil Sci. Fert., 30(1), 62-66.
- Jeong, J. H., Kim, C. S., Goo, K. S., Lee, C. H., 2003, Physico-chemical properties of Korean forest soils by parent rocks, J. Korean For. Soc., 92(3), 254-262.
- Kwon, M. Y., Kim, S. H., Sung, J. H., 2014, The responses of growth and physiological traits of *Acer triflorum* on calcium chloride (CaCl₂) concentration, Korean J. of Environ. Ecol., 28(5), 500-509.
- Lee, J. W., Kim, J. O., Jung, J. T., Shin, S. S., 2008, Production and effect of vegetation on eco friendly organic acid deicer, J. Korean Geoenviron. Soc., 321-326.

- Lee, S. Y., Kim, W. T., Ju, J. H., Yoon, Y. H., 2013, Effect of calcium chloride concentration on roadside ground cover plant growth, J. KILA, 41(4), 17-23.
- Oh, S. E., Son, J. S., Ok, Y. S., Joo, J. H., 2010, A Modified methodology of salt removal through flooding and drainage in a plastic film house soil, Korean J. Soil. Sci. Fert., 43(5), 565-571.
- Park, W. J., Seo, B. S., Park, C. M., 2009, Changes of physiological properties of several tree species to NaCl treatment, Korean J. of Environ. Ecol., 19(2), 45-48.
- Shin, S. S., Park, S. D., Kim, H. S., Lee, K. S., 2010, Effects of calcium chloride and eco-friendly deicer on the plant growth, J. Korean Soc. Environ. Eng., 32(5), 487-496.
- Zhang, Y., Li, F., Sun, T., Wang, J., 2012, Effect of deicing salts on urban soils and the health of roadside pines (*Pinus tabulaeformis*) in Northeast China, Appl. Mech. Mater., 178, 353-356.