

**PROPADANJE DRVOREDA U GRADU ZAGREBU KAO
POSLJEDICA POSIPANJA ULICA I TRGOVA SOLJU**

**DEGRADATION OF TREES IN THE CITY OF ZAGREB AS A
CONSEQUENCE OF SPRINKLING SALT OVER STREETS AND
SQUARES**

L. Čoga, Mirjana Herak Čustić, T. Čosić, Ines Vršek, I. Pavlović

SAŽETAK

Upotreba natrijevog, magnezijevog ili kalcijevog klorida u čišćenju ulica, trgova i drugih javnih površina od snijega i leda dovela je do povećanja toksičnosti klora u nekoliko zadnjih desetljeća. U cilju utvrđivanja utjecaja klora na sušenje drvoreda u gradu Zagrebu, u 2002. godini provedena su istraživanja, na tri različita lokaliteta. U tu svrhu uzeti su uzorci tla, i biljnog materijala (lista) lipe na Tomislavovom trgu, te tla i lista javora na Cvjetnom trgu i u Branimirovoj ulici. Na svim istraživanim lokalitetima utvrđene su visoke koncentracije ukupnih vodotopivih soli u tlu, po cijeloj dubini profila. Kao dominantni ioni u tlu utvrđeni su ioni klora i natrija što upućuje na zaključak da su istraživani lokaliteti posipani natrijevim kloridom, kojeg smatramo glavnim izvorom soli u analiziranim tlima. Ovisno o lokalitetu i dubini uzorkovanja koncentracija klora u tlu kretala se u rasponu od 213 do 5034 mg kg⁻¹, a natrija od 465 do 3500 mg kg⁻¹ tla. Sukladno visokim koncentracijama natrija i klora u tlu utvrđene su i visoke koncentracije natrija i klora u biljnom materijalu. Najviše koncentracije klora (23150 mgkg⁻¹ suhe tvari) i natrija (18500 mgkg⁻¹ suhe tvari) utvrđene su u listu javora na Cvjetnom trgu, zatim u listu lipe na Tomislavovom trgu (23150 mgkg⁻¹ Cl i 10000 mgkg⁻¹ suhe tvari Na), a najniže u listu javora u Branimirovoj ulici (9090 mgkg⁻¹ suhe tvari klora i 7000 mgkg⁻¹ suhe tvari natrija). Utvrđene razlike u koncentraciji natrija i klora ovisno o lokaciji mogu se dovesti u vezu s tehničkim rješenjem sadnog mjesta.

ABSTRACT

Use of sodium, magnesium or calcium chloride in cleaning snow and ice from the streets, squares and other public spaces has led to a rise in chlorine toxicity in the last few decades. Aimed at determining the impact of chlorine on the drying of trees in tree-lined parts of the city of Zagreb, investigations were conducted on three different locations in 2002. Soil and plant material (leaf) samples were taken from a lime-tree at Tomislav Square and from maples growing at Flower Square and in Branimir Street. High concentrations of total water-soluble salts were found over the whole soil profile depth on all the locations studied. Chlorine and sodium ions were the predominant ions in soil, which points to the conclusion that the studied locations were sprinkled with sodium chloride, which the authors consider to be the main source of salt in the analyzed soils. Depending on the location and sampling depth, chlorine concentrations in soil ranged from 213 to 5034 mg kg⁻¹, while sodium concentrations were between 465 and 3500 mg kg⁻¹ soil. Consistent with high sodium and chlorine concentrations in soil, high concentrations of sodium and chlorine were also determined in the plant material. The highest concentrations of chlorine (23150 mgkg⁻¹ dry matter) and sodium (18500 mgkg⁻¹ dry matter) were recorded in the maple leaf from Flower Square, then in the lime-tree leaf from Tomislav Square (23150 mgkg⁻¹ Cl and 10000 mgkg⁻¹ Na dry matter), and the lowest in the maple leaf from Branimir Street (9090 mgkg⁻¹ chlorine dry matter and 7000 mgkg⁻¹ sodium dry matter). The established differences in sodium and chlorine concentrations between locations may be related to the technical solution of the plant site.

UVOD

Prekomjerne soli u tlu često su ograničavajući čimbenik ne samo u uzgoju poljoprivrednih kultura u aridnim i semiaridnim područjima (Marschner, 1985), nego i u velikim urbanim sredinama, kao posljedica posipanja ulica i trgova solju (Leh, 1973. cit. Bergman 1992).

Prema nekim procjenama čak 80 do 90 % posušenih stabala u velikim gradovima, posljedica su visoke koncentracije soli. U uvjetima povećane

razine soli u tlu postoje tri glavna čimbenika koji nepovoljno utječu na biljke: nedostatak vode, toksičnost iona – prekomjerno primanje Cl^- i Na^+ , te poremećaj u primanju i transportu hraniva (Zekri i Parsons, 1992; Peres-Alfocea i sur., 1993). Soli apsorbirane kroz lišće ili korijen dovode do kloroze i ubrzanog razvoja smeđih nekrotičnih pjega na rubovima listova. Listovi se na rubovima kovrčaju i poprimaju izgled sličan onom koji se javlja kod nedostatka kalija ili suviška nitrata. Nekrotične pjege šire se prema sredini listova. Pri ekstremno visokim koncentracijama soli dolazi do sušenja cijele krošnje, počevši od vrhova grana. Stabla, koja nisu u potpunosti uništena tjeraju u proljeće nove mladice, koje se mogu prepoznati po sitnim žutozelenim listovima, s nekrotičnim pjegama na krajevima listova. Listovi i grančice oštećenih biljaka mogu imati 10 do 35 puta veće koncentracije klora i natrija, u odnosu na zdrave biljke. Različite biljne vrste mogu tolerirati različite soli u različitim koncentracijama. U vrlo osjetljive biljne vrste ubrajaju se: *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Acer saccharinum*, *Tilia spp.*, *Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus*, *Populus nigra pyramidalis*, *Prunus avium*, *Aesculus hippocastaneum*, *Corylus colurna*. Za razliku od navedenih biljnih vrsta kod kojih je toksični učinak klora utvrđen pri koncentracijama od 0,5 do 1,5 % Cl/S.T., neke biljne vrste, kao što su: *Robinia pseudoacacia*, *Quercus rubra*, *Quercus robur*, *syn. Pedunculata*, sposobne su bez vidljivih oštećenja izdržati i vrlo visoke koncentracije do 4 % Cl/S.T. Premda se malo zna o tome kako povišena koncentracija klorida štetno djeluje na biljke, sigurno je da uništava klorofil. Također, postoji sumnja da je kod biljaka izloženih visokim koncentracijama soli smanjeno primanje dušika, fosfora i kalija, dok je razina kalcija i magnezija visoka, što uzrokuje preuranjeno fiziološko starenje. Iako problem sekundarnog zaslanjivanja i alkalizacije u urbanim sredinama nije detaljnije obrađivan u našoj stručnoj i znanstvenoj literaturi, rezultati brojnih istraživanja provedenih u većim Evropskim gradovima pokazuju da se radi o vrlo aktualnoj problematici. Višegodišnja, često skupo plaćena iskustva u praksi čišćenja ulica i trgova od snijega i leda, materijalima nedefinirane kvalitete, potakla su nas na ova istraživanja u gradu Zagrebu, s ciljem utvrđivanja relevantnih parametara, koji će omogućiti smanjenje štetnog djelovanja soli na biljke.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su provedena u travnju i svibnju 2002. godine na tri različita lokaliteta u gradu Zagrebu: Cvjetnom trgu, Tomislavovom trgu i u Branimirovoj ulici, te u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja, Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Nakon provedenog rekognosciranja terena, na sva tri lokaliteta, obilježena su po tri stabla koja se suše i uzeti su uzorci tla i biljnog materijala (lista). Pri tome je važno napomenuti da je u Branimirovoj ulici primijenjeno drugačije tehničko rješenje sadnog mjesta, u odnosu na Cvjetni i Tomislavov trg, koji su popločeni. Na Cvjetnom trgu uzeta su tri uzorka tla: prvi na dubini 0-30 cm – neposredno uz deblo, drugi na dubini 0-40 cm – udaljen od debla 60 cm i treći uzorak na dubini 40 – 80 cm, te uzorak lista javora. Na Tomislavovom trgu uzeta su dva uzorka tla, neposredno uz deblo s dubine 0-40 cm i 40 – 80 cm, te uzorak lista lipe. U Branimirovoj ulici uzeta su također dva uzorka tla sa dubine 0-40 cm i 40-80 cm i uzorak lista javora.

Kemijska svojstva tla određena su standardnim metodama za tlo: reakcija tla (pH) potenciometrijski kombiniranom elektrodom u suspenziji s vodom i 1 M KCl-om, humus metodom po Tjurin-u (JDPZ 1966), te fiziološki aktivni fosfor i kalij amonij laktatnom metodom po Egner i sur. (1960). Električna provodljivost (E.C.) određivana je konduktometrijski, mikroprocesorskim konduktometrom s platinastom elektrodom. Količina natrija u tlu određena je plamenfotometrijski, a klorida titracijom pomoću AgNO_3 (AOAC, 1975). Kemijske analize biljnog materijala obavljene su digestijom suhog uzorka biljnog materijala pomoću MILESTONE mls 1200 mega MICROWAVE sustava. U tako pripremljenim probama određene su količine: Ca, K, Mg, Na i P. Kalcij i magnezij određeni su tehnikom atomske apsorpcijske spektrofotometrije (AAS) na aparatu PU 91000X, a kalij i natrij određeni su plamenfotometrijski na aparatu Phlapno 86 (AOAC, 1975). Odvojeno je uzeto 1,0 g suhog uzorka koji je ekstrahirano s 40 ml deionizirane vode u vremenu od 30 minuta, a u ekstraktu je određena količina klora titracijom pomoću AgNO_3 (AOAC, 1975). Ukupni dušik u tlu i biljnom materijalu određen je po Kjeldahl-u.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

1. KONCENTRACIJE SOLI U TLU

Sva prirodna tla sadrže veću ili manju količinu ukupnih vodotopivih soli, ovisno o tipu tla, klimatskim prilikama i antropogenom utjecaju. S ciljem da se utvrdi utjecaj posipanja ulica i trgova solju na koncentraciju soli u tlu, pri različitim tehničkim rješenjima sadnog mjesta, uzorci tla uzeti su s tri različita lokaliteta, u gradu Zagrebu, prema prikazanoj metodici. Rezultati kemijskih analiza tla prikazani su na tablici 1.

Tablica 1/2. Kemijska svojstva tla

Lokacija	Oznaka uzorka	pH		E.C.	%	mgkg ⁻¹ tla	
		H ₂ O	1MKCl	mScm ⁻¹	soli	Cl ⁻	Na ⁺
Cvjetni trg (javor)	0-30 cm, oko debla	7,80	7,50	3,23	1,03	5034	3500
	0-40 cm, 60 cm od debla	8,60	7,60	2,87	0,92	2870	2300
	40-80 cm, 60 cm od debla	9,00	7,60	1,75	0,56	1920	1570
Tomislavov trg (lipa)	0-40 cm, oko debla	8,90	7,50	2,52	0,82	2091	2000
	40-80 cm, oko debla	8,50	7,50	0,81	0,26	1400	1280
Branimirova ulica (javor)	0-40 cm, oko debla	7,54	7,03	1,71	0,55	387	213
	40-80 cm, oko debla	7,87	7,12	0,78	0,25	230	182

Tablica 2/2.

Lokacija	Oznaka uzorka	%	mg100g ⁻¹				%
		humusa	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃
Cvjetni trg (javor)	0-30 cm, oko debla	4,10	5,20	2,80	37,80	36,00	4,2
	0-40 cm, 60 cm od debla	3,50	5,20	2,87	26,40	13,50	13,5
	40-80 cm, 60 cm od debla	2,10	4,20	1,75	24,20	8,40	22,9
Tomislavov trg (lipa)	0-40 cm, oko debla	3,90	3,80	2,52	11,80	13,00	19,3
	40-80 cm, oko debla	3,30	1,50	1,35	9,30	7,40	18,3
Branimirova ulica (javor) *	0-40 cm, oko debla	3,45	4,80	3,11	12,45	11,90	12,4
	40-80 cm, oko debla	2,98	3,70	1,80	10,08	6,50	13,5

* Za razliku od Branimirove ulice gdje je veća površina tla oko debla otvorena i zaštićena rubnjakom, na Cvjetnom i Tomislavovom trgu cijela površina je popločana, osim 40 cm promjera, oko debla, poput otvorenog «bunara».

Na temelju dobivenih rezultata kemijskih analiza razvidno je da se radi o tlima alkalne reakcije, umjereno humoznim, po cijeloj dubini profila. Opskrbljenost tla fiziološki aktivnim fosforom i kalijem je bogata na Cvjetnom trgu, a slaba do umjerena na Tomislavovom trgu i u Branimirovoj ulici. Razina mineralnog dušika u tlu je razmjerno visoka, na svim istraživanim lokalitetima.

Koncentracije ukupnih vodotopivih soli su različite na različitim lokalitetima. Najveće koncentracije ukupnih vodotopivih soli u tlu (0,56 – 1,03 % soli) utvrđene su na Cvjetnom trgu, zatim 0,26 – 0,82 % soli na Tomislavovom trgu, a najmanje u Branimirovoj ulici 0,25 – 0,55 % soli. Kako je za detaljno tumačenje i ocjenu štetnog učinka slanog stresa na biljke važnije poznavanje ionskog sastava od same koncentracije ukupnih vodotopivih soli, na tablici 1. prikazane su koncentracije kloridnog i natrijevog iona. Maksimalno izmjerene koncentracije klorida od 5034 mgkg^{-1} i natrija 3500 mgkg^{-1} tla izmjerene su na Cvjetnom trgu, u sloju tla 0-40 cm dubine. Ukoliko se uzme u obzir vremenski razmak od posipanja soli do uzorkovanja tla, te činjenica da su kloridi jako pokretni u tlu, moguće je samo pretpostaviti o kojim se ekstremno visokim koncentracijama soli radilo u trenutku posipanja soli. Razlike u koncentraciji soli, utvrđene između pojedinih lokaliteta u najvećoj mjeri mogu se pripisati različitim fizikalnim svojstvima tla, o kojima ovisi ispiranje soli. Premda za smanjenje koncentracije soli u tlu postoji više mjera, ispiranje soli kvalitetnom vodom je jedina prava mjera, ukoliko je pravilno izveden sustav drenaže i osigurane dostatne količine kvalitetne vode (Sibbet, 1955). O kakvim se fizikalnim svojstvima tla radi, najbolji pokazatelj je utvrđeno stagniranje vode u sadnim jamama, ispod drveća koje se suši, na Cvjetnom trgu. Cijeli volumen promjera 40 cm, oko debla do površine ispunjen je vodom. Pri otvaranju profila prisutan je neugodan smrad, kao posljedica anaerobnih uvjeta. U tim i takvim uvjetima onemogućeno je ispiranje suvišnih soli u dublje slojeve tla. Koliko su fizikalna svojstva tla značajna za smanjenje štetnog djelovanja suvišnih soli, najbolji pokazatelj su zdrava stabla, na istom lokalitetu, kod kojih nije utvrđeno stagniranje vode u zoni korijena.

Premda još nema dovoljno spoznaja o odnosu tla i gradskog zelenila, proučavana tla mogu se sa stajališta njihova predvidivog utjecaja na zelenilo razvrstati u četiri skupine (Vranković i sur., 1994):

- tla razvijena na aluvijalnom supstratu pjeskovito ilovastog mehaničkog sastava ujednačenog po cijeloj dubini profila (Jarun, Brezovica, Savski

- gaj i Ribnjak). Obradom tih tala ne stvara se mehanički diskontinuitet soluma;
- tla razvijena na tercijarnim glinama i mramoriranim ilovinama pleistocena, glinasto-ilovaste teksture (Zelengaj, Tuškanac, Lašćinska, Maksimir). Ova tla nemaju ujednačen mehanički sastav po dubini profila, zbog Btg horizonta;
 - tla glinaste teksture, razvijena pod utjecajem prekomjernog vlaženja (Zaprude, Vrapče i Ribnjak); te
 - četvrta skupina tala, u koju spadaju i analizirana tla, nastala radikalnim tehnogenim premještanjem zemljišnih masa, različitog mehaničkog sastava (Zrinjevac, Baštijanova, Cvjetni trg, Tomislavov trg, Branimirova). Ova tla su često obogaćena skeletom kao i industrijskim građevinskim otpadom (šljaka, drozga, kamen, opeka i dr.), koji dolazi izmiješan sa sitnicom ili čini odvojene proslojke u profilu tla.

2. KEMIJSKA ANALIZA BILJNOG MATERIJALA

Da su utvrđene koncentracije kloridnog i natrijevog iona u tlu bile uistinu toksične, najbolje potvrđuju rezultati kemijskih analiza lista javora na Cvjetnom trgu i lipe na Tomislavovom trgu, tablica 2. Nadalje, iz prikazanih rezultata vidljivo je da je štetan učinak soli bio značajno manji na javoru u Branimirovoj ulici u odnosu na javor sa Cvjetnog trga, što se može dovesti u vezu s tehničkim rješenjem sadnog mjesta.

Tablica 2. Kemijska analiza lista javora i lipe

Lokacija	Oznaka uzorka	% na bazi suhe tvari					mg/kg suhe tvari	
		N	P	K	Ca	Mg	Cl	Na
Cvjetni trg	javor – list	2,86	0,30	2,56	1,92	0,50	23420	18500
Tomislavov trg	lipa – list	3,40	0,36	2,71	1,83	0,50	23150	10000
Branimirova ulica	javor – list	2,80	0,46	3,16	0,70	0,30	9090	7000

Pored razlika u kemijskom sastavu, znakovi štetnog učinka NaCl bili su vidljivi i na samim biljkama, mladicama i lišću. Mladice su bile žuto zelene, sa sitnim listovima, a na rubovima listova javljala se nekroza, najprije na

starijem lišću. Rubna nekroza bila je jače izražena kod javora na Cvjetnom trgu i lipe na Tomislavovom trgu u odnosu na javor u Branimirovoj ulici. Da je stupanj nekroze bio više pod utjecajem klora nego natrija, potvrđuje činjenica, da je do nekroze došlo i na Cvjetnom i na Tomislavovom trgu, iako je koncentracija natrija na Tomislavovom trgu bila upola niža. Utvrđene veće koncentracije kalcija i magnezija, a manje fosfora i kalija utvrđene kod biljaka izloženijih štetnom djelovanju soli, potvrđuju već prije navedene rezultate istraživanja Leha, (1993) cit. Bergman (1992). Naime, prema Lehu, biljke izložene visokim koncentracijama klora, primaju manje fosfora i kalija, a više kalcija i magnezija, što dovodi do preuranjenog fiziološkog starenja.

ZAKLJUČAK

Ekološku štetu, izazvanu posipanjem ulica i trgova solju, koja je poprimila alarmantne razmjere u mnogim većim gradovima, moguće je smanjiti na slijedeće načine:

- potrošnju soli svesti na podnošljivi minimum, uz povećano korištenje nekih drugih materijala (pijesak, šljunak, piljevina i dr...)
- izvršiti kvalitetnu pripremu tla za sadnju biljaka, što podrazumijeva pravilno riješen sustav drenaže (povoljan vodo-zračni režim tla) uz osiguranje dovoljne količine kvalitetne vode
- odabrati najpovoljnije tehničko rješenje sadnog mjesta, uvažavajući pri tome zahtjeve biljaka i namjenu površina (pješačka zona, park, ulica, parkiralište...)
- pri odabiru biljnih vrsta za sadnju, voditi računa o tolerantnosti biljaka na povišenu koncentraciju soli (tolerantne, umjereno tolerantne i slabo tolerantne biljke)

LITERATURA:

AOAC (1975): Official Methods of AOAC INTERNATIONAL, ed. Patricia Cunniff 16 th Edition, Vol. I-II.

Bergman, (1992): Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fisher , Jena

- Peres-Alfocea, F., Estan, M. T., Caro, M. and Bolarin, M. C.** (1993): Response of tomato cultivars to salinity. *Plant and Soil*, 150: 203-211.
- Vranković, A., Pernar, N., Martinović, J., Ricov, Š.** (1994): Prilog poznavanju ekoloških odnosa u Zagrebačkom gradskom raslinstvu. *Agronomski glasnik*, 1-2. 193-217.
- Zekri, M., Parsons, L. R.** (1992): Salinity tolerance of citrus rootstock: Effects of salt on root and leaf mineral concentrations. *Plant and soil*, 147: 171-181.
- Sibbett, G. S.** (1955): Managing high pH calcareous, saline and sodic soils of the Western pecan-growing region. *Hort Technology*, 5 (3): 222-225.

Adresa autora - Author's address:

Primljeno - Received: 27. 02. 2004.

Dr. sc. Lepomir Čoga
Prof. dr. sc. Mirjana Herak Ćustić
Doc. dr. sc. Tomislav Ćosić
ing. Ivan Pavlović
Zavod za ishranu bilja
Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25
10000 Zagreb

Doc. dr. sc. Ines Vršek
Zavod za ukrasno bilje,
Krajobraznu arhitekturu i vrtnu umjetnost
Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25
10000 Zagreb