



**WSTĘPNA OCENA SKUTKÓW WIELOLETNIEGO
STASOWANIA CHLORKU SODU DO ZWALCZANIA
GOŁOLEDZI NA DRZEWA I GLEBĘ PRZY DRODZE
KRAJOWEJ NR 12**

Adam Marosz

Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

***PRELIMINARY EFFECT OF LONG TIME USED SODIUM
CHLORIDE AGAINST WINTER SLIPPERY ON ROADSIDE
TREES AND SOIL ALONG MAIN NATIONAL ROAD No 12***

Streszczenie

Celem przeprowadzonych badań terenowych i analiz było poznanie wpływu zanieczyszczeń komunikacyjnych związanych z zimowym zwalczaniem śliskości na roślinność przydrożną i glebę. Badania przeprowadzono przy drodze głównej nr 12 w centralnej Polsce w 4 lokalizacjach. Roślinność i gleba w sąsiedztwie dróg są szczególnie narażone na liczne stropy abiotyczne i uszkodzenia. Na skutek długookresowego używania soli do poprawy bezpieczeństwa ruchu na drodze gleba narażona jest na skażenie i wysoką akumulację szkodliwych jonów sodu i chloru. W trakcie badań pobrano próby gleby i liści do analiz chemicznych, pomiaru poziomu EC i pH gleby, przeprowadzono szczegółowe obserwacje drzew oraz ocenę uszkodzeń blaszki liściowej. W bezpośrednim sąsiedztwie drogi zaobserwowano wysoki poziom zasolenia gleby oraz wysokie pH (odczyn zasadowy) wskaźniki te maleją w miarę wzrostu odległości od krawędzi jezdni. W przypadku zasolenia różnice stają się nieistotne od 7-8 m od krawędzi jezdni. Natomiast w przypadku wartości pH próbki z pola uprawnego wskazują, iż gleby są bardzo kwaśne i kwaśne, a przy drodze zasadowe. Zwiększoną akumulację sodu w liściach odnotowano u wszystkich rodzimych drzew rosnących przy drodze

co najmniej 25 lat. U gatunków obcych jak *Acer saccharinum*, *Quercus rubra* i *Robinia pseudoacacia* zawartość sodu w liściach nie różniła się od roślin kontrolnych, a blaszki liściowe nie miały objawów nekrozy.

Słowa kluczowe: zasolenie gleby, alkalizacja gleby, pH gleby, pobieranie i akumulacja sodu, stres solny

Abstract

*The aim of the local study and chemical analyses was identification of the impact of transport pollution connected with removing winter ice and snow from the roads on roadside plants and soils. The study was conducted near the main road no 12 in central Poland, in 4 locations. Plants and soil along the roads are particularly exposed on many stresses and injuries. As consequence of long time of application salts to maintain safe driving conditions on the road, side soil is exposure for contamination and high accumulation of sodium and chloride ions. During the experiment soil and leaves samples were taken for chemical analysis and EC or pH determination. Observation of trees and leaf-blade damage were also made. High soil salinity and pH were observed in the direct roadside. Values are decreasing when the distance from the road curb is increasing. In case of salinity data are becoming statistically not important at 7-8 m from the road curb. Whereas pH values of soil samples from the field are acidity compared to samples taken from the roadside that are alkaline. The results indicate that sodium chloride de-icing affects of sodium downloading by the native species of trees grown along the road at least of 25 years. Amount of sodium ions in the leaves of alien species such as *Acer saccharinum*, *Quercus rubra* and *Robinia pseudoacacia* did not differ according to control ones, and there were any damage or leaf – burning symptoms observed.*

Key words: soil salinity, soil alkalization, soil pH, sodium uptake and accumulation, salinity stress

WSTĘP I CEL

Reakcja drzew na antropogeniczne czynniki stresowe jest skomplikowana i prowadzi do ograniczenia wzrostu, zaburzenia w pobieraniu składników pokarmowych zwiększeniu podatności na choroby, szkodniki, przemarzanie. Zasolenie powoduje poważne zachwianie równowagi jonowej w glebie, zmiany odczynu, ograniczenie przepuszczalności gleby i aktywności mikrobiologicznej (Przybulewska i Krompiewska 2005, Green and Cresser 2008). Z danych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad wynika, że rocznie tylko ta in-

stytucja zużywa około 500 tys. ton chlorku sodu i 5 tys. ton chlorku wapnia na utrzymanie ok. 18 tys. km dróg, którymi zarządza (GDDKiA 2015). Oznacza to, iż w czasie zimy średnio przeznaczana się prawie 28,8 t chlorku sodu i 288 kg chlorku wapnia na km bieżący drogi. Częstotliwość stosowania chlorku sodu uwarunkowana jest od przebiegu warunków pogodowych w czasie zimy, kategorią drogi i natężeniem ruchu kołowego (Blomqvist and Johansson 1999). Tak duże ilości stosowania tych związków powoduje gromadzenie się w wierzchniej warstwie głównie jonów Na^+ i Cl^- oraz toksycznych węglanów i wodorowęglanów sodu. Nagromadzenie sodu w glebie bezpośrednio przy drodze lub ulicy może być kilkanaście razy większe niż w glebach rolniczych oddalonych od dróg czy terenach parkowych w miastach (Brogowski i in. 2000, Marosz 2011, Sławiński i in. 2014). Akumulacja szkodliwych związków powoduje nie tylko wzrost zasolenia, ale także alkalizację gleb i wzrost wartości pH. Degradacja chemiczna powodowana wieloletnim stosowaniem soli do usuwania gołoledzi z jezdni powoduje drastyczny spadek dostępnych składników pokarmowych. Zmiany te negatywnie oddziałują na aktywność biologiczną gleby oraz jej właściwości użytkowe. Przyswajalność niektórych składników pokarmowych w obecności nadmiernej ilości jonów sodu i chloru jest utrudniona (Norrström i Bergstedt 2001). Powoduje to zaburzenia w pobieraniu składników przez rośliny uprawne graniczące z pasem drogowym i rośliny sadzone w celu osłony biologicznej drogi, głównie drzewa i krzewy (Brogowski i in. 2000, Marosz 2011). Zwiększone zasolenie gleby jest przyczyną wzrostu stresu suszy fizjologicznej, woda w koloidach glebowych jest silniej związana i turniej dostępna dla roślinności przydrożnej co ma wpływ na wzrost drzew istniejących oraz jakość i przyjęcia nowych nasadzeń dokonywanych wzdłuż szlaków komunikacyjnych (Bach i Pawłowska 2006, Marosz 2014).

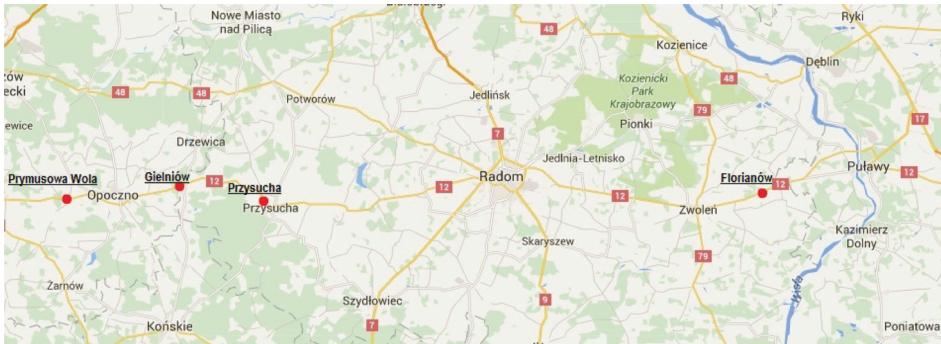
Celem prowadzonych badań była ocena wpływu zanieczyszczenia chlorkiem sodu na glebę w pasie drogowym i przydrożne drzewa oraz na glebę uprawną graniczącą z pasem drogowym w 4 lokalizacjach przy drodze krajowej nr 12.

MATERIAŁ I METODY

Charakterystyka terenu badań

Badania objęły swym zasięgiem pas drogowy i drzewa przydrożne przy drodze krajowej nr 12 w centralnej Polsce między Sulejowem, a Puławami w 4 wyznaczonych lokalizacjach. Droga krajowa nr 12 jest szlakiem komunikacyjnym tzw. klasy GP (ruch główny przyspieszony) przebiega na długości 757 km przez 6 województw, równoleżnikowo od granicy Niemieckiej w Łęknicy do granicy Ukrainskiej w Dorohusku-Berdyszycach. Charakteryzuje się dużym natężeniem ruchu pojazdów silnikowych, w tym pojazdów ciężkich (powyżej 12 t dopuszczalnej masy całkowitej). Szacowany przepływ pojazdów w 2011 dla

lokalizacji Florianów wyniósł ponad 3800 na dobę r. (Marosz 2011). Według danych GDDKiA jest on dużo większy. Wyniki generalnego pomiaru ruchu (GPR 2010) podają średni dobowy ruch dla odcinka Przysucha-Wolanów na poziomie 5901, w tym 1063 pojazdy ciężarowe, a dla odcinka Anielin-Bronowice dla lokalizacji Florianów 6101, w tym 2357 ciężarowych. Rocznie daje to ruch na tych odcinkach na poziomie 2,15-2,22 mln pojazdów. Wytypowane do badań terenowych punkty lokalizacyjne znajdują się w krajobrazie otwartym, rolniczym są to miejscowości: Prymusowa Wola (51°36' N 20°17' E), Gielniów (51°39' N 20°43' E), Przysucha (51°36' N 20°61' E) i Florianów (51°38' N 21°73' E) (rys. 1).



Rysunek 1. Lokalizacja miejsc poboru prób i obserwacji drzew przy drodze krajowej nr 12

Figure 1. Localization of sampling places and trees observation along main road no12

Wybór tych lokalizacji był celowy ze względu na możliwość łączenia różnych wyjazdów bez konieczności organizowania tylko ekspedycji w celu pobierania prób gleby i obserwacji roślinności. Pas drogowy w wyznaczonych lokalizacjach badawczych jest stosunkowo szeroki i wynosi 9 m w lokalizacji Florianów i 11 m w pozostałych (w linii prostej od krawędzi drogi). We wszystkich lokalizacjach droga chroniona jest głębokimi rowami odwadniającymi. Krawędź rowu zaczyna się od 2-3 m od brzegu jezdni, a głębokość rowu w zależności od lokalizacji wynosi 1-1,5m. W 3 punktach pas drogowy graniczy z polami rolnymi i w jednym z sadem jabłoniowym. Drzewa rosnące w podanych lokalizacjach należące do 5 gatunków krajowych i 3 gatunków obcych są szczegółowo scharakteryzowane w tabeli 1.

Pobieranie prób i analizy

Próby gleby pobierano w końcu listopada 2015 r. z głębokości 10 i 20 cm co 1 metr w linii prostej począwszy od 2 m od krawędzi jezdni (pobranie pierwszej próby w odległości 1m od krawędzi jezdni było niemożliwe z uwagi

na całkowicie zmienioną strukturę gleby w związku z budową i remontami drogi. Gleba w pasie bezpośrednim przy krawędzi jest utwardzona tłuczniem i ma mocno zbitą strukturę. Ostatnie 3 próby z odległości 12, 13, i 14m od krawędzi drogi pobierano z pola uprawnego, na których w lokalizacji Przysucha prowadzony był sad jabłoniowy, w lokalizacji Florianów pole było zaorane i przygotowane do siewu wiosennego kukurydzy, a w pozostałych dwóch przypadkach pola obsiane były zbożami ozimymi. Próbkę gleby z pola pobierano w celu oceny czy stosowanie soli drogowej ma wpływ na skażenie gleby uprawnej. Klasa agronomiczna gleby dla lokalizacji Prymusowa Wola – lekka; Gielniów – bardzo lekka, dla lokalizacji Przysucha i Florianów – średnia. Dla każdej lokalizacji pobrano próbki w 4 powtórzeniach. Pomiary zasolenia wykonano metodą konduktometryczną (EC), natomiast kwasowość czynną oznaczono wykonując pomiar pH w wodzie destylowanej (miernik wielofunkcyjny Eijkelkamp – Agriserch Equipments, Netherlands).

Tabela 1. Charakterystyka drzew rosnących w pasie drogowym w badanych lokalizacjach przy drodze nr 12.

Table 1. Trees description grown on the roadside along main road no 12 in the designated locations

Gatunek	Liczba drzew*	Wielkość drzew (m)	Orientacyjny wiek	Stan zdrowotny	Lokalizacja
<i>Acer platanosides</i>	35	12-14	40-45	Dobry	Gielniów
<i>Acer pseudoplatanus</i>	8	6-8	25-30	Słaby	Florianów
<i>Acer pseudoplatanus</i>	14	8-12	40-50	Dobry	Florianów
<i>Acer saccharinum</i>	7	14-16	40-45	Bardzo dobry	Gielniów
<i>Fraxinus excelsior</i>	38	14-16	40-50	Bardzo dobry	Przysucha
<i>Quercus rubra</i>	6	8-10	25-30	Bardzo dobry	Gielniów
<i>Robinia pseudoacacia</i>	12	12-14	30-40	Dobry	Gielniów
<i>Tilia cordata</i>	65	14-16	45-50	Dobry	Prymusowa Wola
<i>Tilia cordata</i>	12	10-12	30-35	Dobry	Florianów
<i>Sorbus hybrida</i>	10	6-8	35-40	Słaby	Gielniów

* liczba drzew na odcinku 1 km po obu stronach drogi

Próby liści z 4 różnych drzew danego gatunku pobierano na początku października po kilkanaście sztuk z drzewa, z zewnętrznej części korony w tych samych lokalizacjach co próby gleby: Prymusowa Wola, Gielniów, Przysucha, Florianów. Analiza zawartości sodu, potasu i wapnia w liściach wykonana została w laboratorium analiz chemicznych Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. Zawartość sodu, potasu i wapnia w materiale roślinnym oznaczono metodą ato-

mowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprężonej. Suchą masę oznaczono metodą wagową. Próby liści z drzew kontrolnych pochodziły z zadrzewień naturalnych, parkowych lub ogrodowych nie narażonych na działanie chlorku sodu.

Wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica v.7.1. Weryfikacja różnic między średnimi przeprowadzona została testem Tukey'a, przy poziomie istotności $p=0,05\%$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza i pomiary konduktometryczne pobranych prób gleby wykazały, iż gleba w pasie drogowym do 6 m od krawędzi drogi w wybranych lokalizacjach charakteryzuje się znacznie podwyższonym zasoleniem. W dalszej odległości od drogi poziom wartości EC łagodnie spada i ponownie wzrasta w próbkach pobieranych z pola uprawnego szczególnie w lokalizacjach, gdzie gleba była oceniona jako lekka i bardzo lekka (tab. 2). Najwyższy poziom wartości pomiaru EC zanotowany jest na 2 i 3 metrze od krawędzi jezdni. Na głębokości 10 i 20 cm w pierwszej próbie pobieranej od drogi wartość EC wyniosła 213 i 202 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, w lokalizacji Przysucha, a w lokalizacji Florianów odpowiednio 183 i 192 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. W lokalizacjach Prymusowa Wola i Gielniów charakteryzujących się innym rodzajem gleby były to wartości 158 i 110 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ oraz 163 i 192 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Również wysokim poziomem wartości EC charakteryzują się próbki pobierane z odległości 3 m od krawędzi drogi. Należy zwrócić uwagę, iż w wyniku dwóch łagodnych zim i ograniczonego stosowania chlorku sodu w porównaniu do poprzednich lat nadmiar soli został wypłukany z gleby do głębszych warstw. Potwierdzają to wcześniejsze badania autora oraz innych badaczy analizujących poziom zasolenia gleb przy ulicach (Marosz 2011, Mazur i in. 2011) Zasolenie w dalszej odległości od drogi gwałtownie spada, nawet o połowę wartości EC niż w bezpośrednim sąsiedztwie drogi. Najmniejsze było w lokalizacji Gielniów na glebie bardzo lekkiej, gdzie już od 5 m było 3-4 razy mniejsze niż bezpośrednio przy drodze. W przypadku pozostałych lokalizacji na glebach lekkich i średnich wyraźny spadek wartości EC odnotowano w próbkach pobieranych z 7 i 8 m (tab. 1). Mniejsza zawartość chlorków w próbkach bardziej odległych od ulicy była również w badaniach Mazura i in. (2011). Wniosek jaki wypływa ze wstępnych wyników badań jest taki, że gleby uprawne chronione pasem drogowym szerokości 7m i więcej nie są bezpośrednio narażone na silne oddziaływanie soli drogowej. W terenach miejskich próbki gleby z odległości 0,5 m od ulicy zawierały więcej chlorków niż w odległości 1m. Średnia zawartość soli w glebie w czerwcu była znacznie niższa niż w marcu (Mazur i in. 2011). Oznacza to, że sól jest stosunkowo łatwo wypłukiwana do głębszych warstw lub podlega spływowi powierzchniowemu zanieczyszczając wody gruntowe. Próby

gleby pobierane z pola uprawnego w odległości 12-14 m od jezdni w trzech lokalizacjach również charakteryzowały podwyższoną wartością EC. Wartości te były podobne do EC próbek pobranych bezpośrednio przy drodze. Należy przypuszczać, że podwyższone stężenie jonów w próbkach z pola wiąże się z zabiegami nawożenia mineralnego i organicznego prowadzonego w uprawach i większej zawartości jonów pochodzących z nawozów, a szczególnie jonów NO_3^- . W celu potwierdzenia tej tezy w następnych latach wykonane zostaną szczegółowe analizy gleby na zawartość podstawowych składników pokarmowych oraz sodu.

Tabela 2. Ocena zasolenia gleb ($\text{EC } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) w pasach drogowych oraz sąsiadujących terenów rolniczych i ogrodniczych na przykładzie drogi krajowej nr 12 w 4 lokalizacjach, w 2015 r.

Table 2. Soil salinity ($\text{EC } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) on the roadside or agricultural and horticultural area adjoined the main national road no 12 in 4 locations in 2015.

Odległość od drogi (m)		Głębokość pobierania prób (cm) w poszczególnych lokalizacjach							
		Prymusowa Wola		Gielniów		Przysucha		Florianów	
		10	20	10	20	10	20	10	20
Pas drogowy	2	158c	110ab	163d	192d	213d	202d	183d	192d
	3	136c	107ab	144cd	156d	195d	296e	159c	155cd
	4	121bc	101ab	74ab	71ab	113b	129c	121bc	186d
	5	136c	135b	26a	29a	108b	164d	196d	201d
	6	137c	108ab	53a	46a	78ab	111b	141c	180d
	7	108b	63a	65ab	48a	80ab	44a	166c	181d
	8	80ab	74a	49a	35a	64a	57a	102b	110c
	9	67a	62a	84b	70ab	75ab	59a	83b	70ab
	10	93ab	82ab	93b	84b	61a	64a	76ab	56a
	11	44a	53a	97b	64ab	67a	93b	74ab	81b
Pole uprawne	12	133c	134b	147cd	135c	130bc	139c	83b	62a
	13	144c	121b	155cd	126c	167c	138c	65a	49a
	14	116b	126b	115c	132c	123bc	127c	59a	53a

Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn nie różnią się istotnie wg testu Tukeya przy poziomie istotności $p=0,05$

Kolejnym ważnym aspektem jest nadmierna alkalizacja gleb w bezpośrednim sąsiedztwie drogi spowodowana wieloletnią kumulacją jonów sodu i chloru. Najwyższą wartością pH charakteryzowała się gleba bardzo lekka w lokalizacji Gielniów. W bezpośrednim sąsiedztwie drogi (2 m od krawędzi) na głębokości 10 i 20 cm odczyn gleby był mocno zasadowy (pH 8,3 i 8,2). Podobne wartości zanotowano w lokalizacji Przysucha na glebie średniej (pH odpowiednio 8,1

i 7,7) oraz nieco niższe we Florianowie (pH 7,0 i 7,3). Wraz ze wzrostem odległości od krawędzi drogi pH gleby stopniowo spada we wszystkich lokalizacjach. Różnice w pomiarach przestają być istotne od 7-8 m od krawędzi jezdni (tab. 2). Najniższe wartości pH zanotowano w próbach gleby lekkiej i bardzo lekkiej pobieranych z pól uprawnych 12-14 m od drogi w Prymusowej Woli (pH w przedziale 3,5-4,1), Gielniowie (pH w przedziale 3,9-4,7) oraz na glebie średniej w Przysusze (4,0-4,7). Tak niskie wartości pH w tych próbach związane są prawdopodobnie z niedostatecznym nawożeniem pól uprawnych wapnem. Ocena potrzeby wapnowania gleb mineralnych na podstawie wartości odczynu i kategorii agronomicznej gleby opracowana została przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Na podstawie tych danych są to kategorie gleb kwaśnych, koniecznie wymagających wapnowania. W przypadku lokalizacji Florianów pH gleby uprawnej było nieco wyższe i mieściło się w przedziale 4,5-5,5. Wapnowanie gleby średniej o takiej wartości pH na podstawie danych IUNG określenie jest jako potrzebne. Wartości pH pomiędzy pasem przydrożnym, a polem uprawnym różnią się niemal dwukrotnie dla wszystkich badanych lokalizacji (tab. 2). W tej przestrzeni rozwija się 90 % systemu korzeniowego drzew przydrożnych. Podobne wartości odczynu gleby uzyskali Brogowski i in. (2000) przeprowadzając analizę gleb przy ulicach w Łodzi, Bach i in. (2007) w Częstochowie oraz Bach i Pawłowska (2006) w Krakowie. W śródmieściu Łodzi w sąsiedztwie ulic odczyn był zasadowy pH 7,8, podobnie w Częstochowie pH 7,4-8,6, a w Krakowie nawet w przedziale pH 8-10. Dlatego drzewa rosnące w granicy pasa drogowego narażone są na bardzo zmienne warunki wzrostu zarówno jeśli chodzi o zasolenie jak i pH, od którego zależy dostępność i przyswajalność niektórych składników i mikroelementów. Szczególnie trudne warunki do wzrostu i rozwoju mają egzemplarze drzew nowo sadzonych w celu uzupełnienia zadrzewień (Marosz 2014). Masowe uszkodzenia drzew lub ich wypadły z terenów przydrożnych i przyulicznych spowodowane są głównie zniszczeniem gleby jako środowiska wzrostu korzeni (Bach i Pawłowska 2006).

Zawartość potasu i wapnia w liściach drzew rosnących w pasie drogowym jest zróżnicowana pomiędzy gatunkami (tab. 4 i 5). Pobieranie tych składników przez rośliny jest często modyfikowane poziomem zasolenia gleby (Rengel 1992, Brogowski i in. 2000, Kaya i in. 2003, Marosz i Nowak 2008). W przeprowadzonych analizach większość drzew akumulujących znaczne ilości sodu w liściach charakteryzowała się mniejszą zawartością potasu były to: klon jawor, jesion wyniosły, jarząb pośredni oraz lipa drobnolistna notowana w dwóch lokalizacjach (Prymusowa Wola i Florianów), wyjątkiem był tylko klon pospolity (tab. 4 i 5). Potwierdzają to badania Brogowskiego i in. (2000) dla tego gatunku. Liście z drzew przyulicznych rosnących na terenie Łodzi zawierały więcej sodu i chloru a mniej magnezu, azotu i siarki. W przeprowadzonych badaniach najmniejsze ilości potasu zawierały drzewa kontrolne robinii akacjowej oraz drzewa lipy drobnolistnej w warunkach przydrożnych narażonych na zasolenie. Zawar-

tość wapnia jest bardziej zróżnicowana i trudniejsza do interpretacji we wstępnej ocenie. Najmniejsze ilości tego pierwiastka zwierały liście dębu czerwonego (0,86% s.m.) z lokalizacji Gielniów (tab. 4) i drzewa kontrolne lipy drobnolistnej (1,29% s.m.) z lokalizacji Florianów. Drzewa rosnące w obejściu oddalone ponad 500m od drogi nr 12 i nie narażone na zasolenie (tab. 5). Wysoką zawartość wapnia stwierdzono w liściach klonu jaworu nie narażonego na zasolenie i w liściach jesionu wyniosłego (3,14 % s.m.) rosnącego przy drodze w lokalizacji Przysucha. Tak duże zróżnicowanie w pobieraniu tego pierwiastka może być uwarunkowane jego dostępnością i zawartością w podłożu. Zasolenie zdominowane przez chlorek sodu powoduje ograniczenie dostępności wapnia w glebie oraz jego transport do wierzchołków wzrostu, co wpływa bezpośrednio na wzrost wegetatywny jak i na organy generatywne (Rengel 1992). Teza ta nie jest jednoznacznie poparta wynikami przeprowadzonych analiz zawartości wapnia, które będą kontynuowane w następnych latach. Ograniczenia wzrostu powiązane są często z uszkodzeniami blaszki liściowej i wcześniejszego opadania najbardziej uszkodzonych liści w okresie drugiej połowy lata (Bach i Pawłowska 2006).

Tabela 3. pH gleby w pasie drogowym oraz sąsiadujących terenów rolniczych i ogrodniczych na przykładzie drogi krajowej nr 12 w 4 lokalizacjach, w 2015
Table 3. Soil pH on the roadside or agricultural and horticultural area adjoined the main national road no 12 in 4 locations in 2015.

Odległość od drogi (m)		Głębokość pobierania prób (cm) w poszczególnych lokalizacjach							
		Prymusowa Wola		Gielniów		Przysucha		Florianów	
		10	20	10	20	10	20	10	20
Pas drogowy	2	5,9c	5,9c	8,3e	8,2e	8,1e	7,7d	7,0c	7,3c
	3	5,7bc	5,7c	7,2d	7,4d	7,6d	7,2c	7,3c	7,5c
	4	5,7bc	5,5c	6,8cd	7,1d	7,9d	7,1c	7,0c	7,4c
	5	5,7bc	5,6c	6,1c	6,7d	7,1cd	6,9c	7,2c	7,6c
	6	5,6bc	5,6c	5,7c	6,0cd	6,7c	5,9b	7,1c	7,4c
	7	5,1b	5,3c	4,9b	5,3c	5,0b	4,9ab	6,8c	7,1c
	8	4,2a	4,1b	5,0b	4,8b	5,2b	4,9ab	6,2bc	6,5bc
	9	3,9a	3,9ab	4,6b	4,7b	4,6ab	4,7a	6,1bc	6,1bc
	10	4,4,a	4,2b	4,7b	4,5ab	4,9b	4,6a	5,9bc	5,8b
	11	3,7a	3,5a	4,6b	4,8b	4,6ab	4,9ab	5,4b	5,4b
Pole uprawne	12	3,7a	3,5a	4,5b	4,0a	4,2a	4,7a	5,5b	5,2b
	13	3,9a	4,1b	4,7b	4,5ab	4,2a	4,5a	4,7a	5,8b
	14	4,0a	3,6a	3,9a	3,9a	4,0a	4,5a	4,5a	4,4a

Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn nie różnią się istotnie wg testu Tukeya przy poziomie istotności $p=0,05$

Tabela 4. Zwartość potasu, wapnia i sodu (% suchej masy) w liściach drzew rosnących przy drodze nr 12 w lokalizacji Prymusowa Wola i Gielniów oraz drzew kontrolnych rosnących w zadrzewniach naturalnych lub ogrodach

Table 4. Potassium, calcium and sodium content (% of dry weight) in the leaves of trees grown on the roadside road no 12 in location Prymusowa Wola and Gielniów according to control one grown in natural afforestation or gardens.

Gatunek	K	Ca	Na	Sucha masa (%)
<i>Acer platanoides</i>	1,56c	1,34b	1,03c	95,0a
<i>Acer platanoides</i> – kontrola	0,93ab	1,36b	0,016a	92,4a
<i>Acer saccharinum</i>	0,91ab	1,25b	0,015a	95,4a
<i>Acer sachcarinum</i> – kontrola	1,43c	1,72c	0,004a	93,3a
<i>Quercus rubra</i>	1,07b	0,86a	0,02a	96,2a
<i>Quercus rubra</i> – kontrola	1,58c	1,71c	0,035a	95,0a
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1,19b	1,94c	0,045a	95,2a
<i>Robinia pseudoacacia</i> – kontrola	0,48a	1,77c	0,018a	91,4a
<i>Tilia cordata</i>	0,6a	2,12c	0,121b	94,8a
<i>Tilia cordata</i> – kontrola	1,51c	2,18c	0,028a	94,0a

Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn nie różnią się istotnie wg testu Tukeya przy poziomie istotności $p=0,05$

Tabela 5. Zwartość potasu, wapnia i sodu (% suchej masy) w liściach drzew rosnących przy drodze nr 12 w lokalizacji Przysucha i Florianów oraz drzew kontrolnych rosnących w zadrzewniach naturalnych lub ogrodach

Table 5. Potassium, calcium and sodium content (% of dry weight) in the leaves of trees grown on the roadside road no 12 in location Prymusowa Wola and Gielniów according to control one grown in natural afforestation or gardens.

Gatunek	K	Ca	Na	Sucha masa (%)
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0,76a	2,11b	0,438c	92,6a
<i>Acer pseudoplatanus</i> – kontrola	1,23b	3,1c	0,02a	92,7a
<i>Fraxinus excelsior</i>	1,39b	3,14c	0,09b	95,0a
<i>Fraxinus excelsior</i> – kontrola	2,27c	2,06b	0,022a	92,3a
<i>Sorbus hybrida</i>	1,02a	1,89b	0,109b	95,5a
<i>Sorbus hybrida</i> – kontrola	1,48b	2,16b	0,015a	96,4a
<i>Tilia cordata</i>	0,93a	2,14b	0,197b	93,5a
<i>Tilia cordata</i> – kontrola	2,11c	1,29a	0,044a	92,7a

Średnie oznaczone tą samą literą w obrębie kolumn nie różnią się istotnie wg testu Tukeya przy poziomie istotności $p=0,05$

Podwyższona zawartość sodu w liściach badanych drzew zanotowana została u gatunków rodzimych: klonu zwyczajnego, klonu jaworu, lipy drobnolistnej jesionu wyniosłego i jarzębu pośredniego. W przypadku klonu zwyczajnego zawartość sodu była kilkadziesiąt razy wyższa (1,03% s.m.) niż u drzew kontrolnych nie narażonych na zwiększoną zawartość NaCl i podobnie u klonu jaworu, gdzie liście z drzew przydrożnych zawierały 22 razy więcej sodu w porównaniu do liści drzew kontrolnych. W przypadku pozostałych gatunków różnice były już znacznie mniejsze, ale statystycznie istotne, drzewa lipy drobnolistnej, jesionu wyniosłego i jarzębu pośredniego akumulowały w liściach 4 razy więcej sodu niż okazy kontrolne. (tab. 3 i 4). Drzewa pozostałych gatunków nie pobierały nadmiernej ilości sodu, należą do wyjątkowo odpornych na ten czynnik stresowy. Przeprowadzone obserwacje liści dodatkowo potwierdzają wyniki badań analitycznych. Liście drzew tych gatunków nie miały oznak uszkodzeń blaszki liściowej w odróżnieniu do silnej nekrozy brzegów blaszki obserwowanej u klonów. Mniejsze uszkodzenia występowały na lipie i jarzębie. Zdrowe ulistnienie, nie posiadające oznak nekrozy spowodowanej nadmiarem chlorku sodu było również u jesionu wyniosłego. Podobne wyniki dla klonu zwyczajnego i lipy krymskiej uzyskał Brogowski i in. (2000) oraz Baczewska i in. (2014) dla lipy 'Euchlora'. Liście tych drzew zawierały 2-4 razy więcej sodu niż okazów rosnących w parku, a w przypadku robinii zawartość tego składnika nie różniła się i była na podobnym poziomie zarówno u drzew przyulicznych jak i parkowych.

WNIOSKI

1. Zanieczyszczenie gleby chlorkiem sodu powoduje istotny wzrost zasolenia gleby w pasie drogowym do 7-8m od krawędzi drogi oraz wzrost pH gleby w bezpośrednim sąsiedztwie drogi 4-7 m od krawędzi jezdni w zależności od lokalizacji i typu agronomicznego gleby.
2. Badanie prób gleby z pól pod kątem zasolenia i zakwaszenia wykazało, że gleby uprawne nie są narażone na nadmierne zasolenie, gdy pas drogowy jest szerokości przynajmniej 8m. Pomiar wartości pH wykazał, że gleby uprawne są kwaśne lub nawet bardzo kwaśne i wymagają koniecznie wapnowania.
3. Stan chemiczny liści drzew rosnących w pasie drogowym jest odzwierciedleniem stanu zasolenia gleby. Biorąc pod uwagę silną kumulację sodu w liściach niektórych gatunków drzew i związane z tym uszkodzenia blaszki liściowej oraz wcześniejsze ich opadanie, dobór drzew do obsadzania dróg powinien być stale modyfikowany, a przed posadzeniem roślin należy wykonywać podstawowe badania analityczne gleby. Pozwoli to na lepszy dobór roślin i wyższy ich procent przyjęć.

Badania zostały zrealizowane w ramach programu wieloletniego zad. 3.2, „Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

LITERATURA

Bach A., Pawłowska B. (2006). *Effect of sodium chloride salinity and pH of soil on ornamental Urban trees in Kraków with regard to nature conservations in cities*. Ecological Chemistry and Engineering 13: 455-461.

Bach A., Frazik-Adamczyk M., Pawłowska B., Pniak M. (2007). *Wpływ warunków miejskich na zdrowotność lip (Tilia × europaea) 'Pallida' w alei Najświętszej Marii Panny w Częstochowie*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu 383 seria Ogrodnictwo 41: 11-16.

Baczewska A.H., Dmuchowski W., Jozwiak A., Gozdowski D., Brągoszewska P., Dąbrowski P., Świeżewska E. (2014). Effect of salt stress on perenol lipids in the leaves of *Tilia* 'Euchlora'. *Dendrobiology* 72: 177-186.

Blomqvist G., Johansson E.L. (1999). *Airborn spreading and deposition of de-icing salt – a case study*. The Science of the Total Environment 235: 161-168

Brogowski Z., Czarnowska K., Chojnicki J., Prac J., Zagórski Z. (2000). *Wpływ stresu solnego na stan chemiczny liści drzew z terenu miasta Łodzi*. Roczniki Gleboznawcze 51 (1/2): 17-28.

GDDKiA (2015). www.gddkia.gov.pl/pl/a/2057GDDDKiA-w-pelni-przygotowana-do-zimowych-prac.

GPR (2010). www.gddkia.gov.pl/pl/987/gpr2010

Green S.M., Cresser M.S. (2008). *Nitrogen cycle disruption through the application of de-icing salts on upland highways*. Water, air and Soil Pollution 188: 139-153.

Kaya C., Ak B.E., Higgs D. (2003). *Response of salt-stress strawberry plants to supplementary calcium nitrate and/or potassium nitrate*. Journal of Plant Nutrition. 26: 543-560.

Marosz A., Nowak J.S. (2008). *Effect of soil salinity stress on growth and macroelements uptake of four tree species*. *Dendrobiology* 59: 23-29.

Marosz A. (2011). *Soil pH, electrical conductivity values and roadside leaf sodium concentration at three sites in central Poland*. *Dendrobiology* 66: 49-54.

Marosz A. (2014). *Stan istniejących założonych w latach 2008 i 2010 zadrzewień przy drodze ekspresowej S7 między Jedlińskiem i Grójcem*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich II/1: 265-278. (5p)

Mazur Z., Radziemska M., Dptuła D. (2011). *Wpływ środków do zwalczania śliskości jezdni na zawartość chlorków w glebach wzdłuż ulic Olsztyna*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 50: 212-217

Norrström A.C., Bergstedt E. (2001). *The impact of the road de-icing salts (NaCl) on colloid dispersion and base cation pools in roadside soils*. Water, Air and Soil Pollution 127: 281-299.

Przybulewska K., Krompiewska A. (2005). *Wpływ wzrastającego zasolenia NaCl na liczebność drobnoustrojów metabolizujących wybrane związki organiczne w glebie*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 505: 323-329

Rengel Z. (1992). *The role of calcium in salt toxicity*. Plant Cell Environment 15: 625-632

Sławiński J., Gołabek E., Senderak G. (2014). *Wpływ zanieczyszczeń komunikacyjnych na glebę i uprawną roślinność przydrożną*. Inżynieria Ekologiczna 40: 137-144.

Dr Adam Marosz
Pracownia Szkółkarstwa Roślin Ogrodniczych
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
Ul. 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
adam.marosz@inhort.pl
Tel. 46/ 834 54 07

Wpłynęło: 20.01. 2016

Akceptowano do druku: 9.03.2016