

Katarzyna Kochanowska i Grzegorz Kusza

Katedra Ochrony Powierzchni Ziemi
Uniwersytet Opolski
ul. Oleska 22, 45-052 Opole
email: kkochanowska@uni.opole.pl

WPLYW ŚRODKÓW CHEMICZNYCH STOSOWANYCH DO ODŚNIEŻANIA NA WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE RĘDZIN WŁAŚCIWYCH W MIEŚCIE OPOLE

INFLUENCE OF SNOW REMOVAL WITH CHEMICALS ON SORPTION PROPERTIES OF RENDZINAS IN THE TOWN OF OPOLE

Abstrakt: Zdolność sorpcyjna gleby jest jednym z podstawowych wyznaczników kształtujących jakość gleby i jej odporność na degradację. Miernikiem takiej jakości jest zawartość kationów wymiennych, występujących w kompleksie sorpcyjnym. Niewłaściwy wzajemny stosunek jonów wymiennych może przyczynić się nie tylko do zmian chemicznych w glebach, ale także będzie stanowić zagrożenie dla roślin bytujących na nich. Jednym z podstawowych czynników wpływających na równowagę w kompleksie sorpcyjnym jest wprowadzanie środków chemicznych służących do zwalczania śniegu i gołoledzi na drogach i chodnikach. Przeprowadzone w 1994 i 2009 r. badania miały na celu określenie zmian zawartości kationów wymiennych (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} i Ca^{2+}) w rędzinach właściwych miasta Opole. Zestawiając wyniki badań z analizowanego okresu, stwierdzono jednoznacznie wzrost zawartości kationów wapnia oraz magnezu, natomiast spadek stężenia potasu i sodu.

Słowa kluczowe: rędziny właściwe, kompleks sorpcyjny, zasolenie

Abstract: A sorption capacity of soils is one of the basic indicators of the soils quality and their resistance for the degradation. The content of exchangeable cations in the soil sorption complex makes the soil quality standard. An improper mutual ratio of exchangeable ions not only does chemical changes in the soils, but may contribute to the plant development threat. One of the essential factors influencing the chemical equilibrium in the soil sorption complex is the application of deicing chemicals. Studies, carried out in 1994 and 2009 years, aimed at evaluation of changes in the content of exchangeable cations (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} and Ca^{2+}) in rendzinas in the town of Opole. The results obtained revealed explicitly the increase in calcium and manganese content, as well as the decrease in potassium and sodium concentrations.

Keywords: rendzinas, sorption complex, soil salinity

O zasobności gleby w dużym stopniu decyduje jej zdolność do zatrzymywania (sorbowania) na powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej cząstek różnych składników, w szczególności wody, par, gazów, drobnych cząstek, molekuł, jonów czy też mikroorganizmów. Zdolność ta nazywana jest sorpcją, a układy biorące udział w sorbowaniu - kompleksem sorpcyjnym gleby. Kompleksy sorpcyjne gleb mogą zawierać ładunki dodatnie i ujemne, dzięki czemu na ich powierzchni mogą być sorbowane zarówno kationy, jak i aniony, jednak najczęściej przeważają ładunki ujemne (próchnica, minerały ilaste), dlatego przede wszystkim sorbowane są kationy [1].

Dobrzański i in. [2] przeprowadzili analizy chemiczne i fizyczne gleb zieleńców Warszawy, na których zaobserwowano pierwsze objawy ujemnego działania soli już w 1954 roku. Badania te wykazały wysycenie kompleksu sorpcyjnego prawie całkowicie kationami o charakterze

zasadowym. Gleby zaliczane są do zasolonych, gdy wartość sodu wymiennego w stosunku do całej wymiennej pojemności sorpcyjnej wynosi powyżej 5%. Autorzy dowiedli, że oddziaływanie rozpuszczalnych soli, znajdujących się w roztworze glebowym, uzależnione jest od aktualnej wilgotności gleby.

Badaniami dotyczącymi szlaków komunikacyjnych Bydgoszczy zajęli się Andrzejewski i Cwojdziański [3]. W mieście tym oprócz chlorków do zwalczania gołoledzi stosowano sole potasowe. Zaobserwowano, iż stężenie jonów obydwu tych związków wzrastało zawsze w miejscach o nasilonym ruchu samochodowym i pieszym. Są to przede wszystkim skrzyżowania ulic oraz okolice przystanków autobusowych przy zakładach pracy.

Czerniawska-Kusza i in. [4] przeprowadzili badania mające na celu ocenę wpływu usuwania śniegu z użyciem soli drogowej na właściwości gleby oraz zdrowotność drzew

wzdłuż ulic Opola. W wyniku przeprowadzonych analiz zauważono, iż zawartość jonów sodu w kompleksie sorpcyjnym gleby zmieniała się w zależności od miejsc pobierania próbek: średnio 1,9 mg/100 g gleby w miejscach, gdzie nie używano soli podczas zimowej eksploatacji dróg, oraz średnio 5,32 mg/100 g gleby w miejscach, gdzie była ona stosowana. Zasugerowano, że jony sodu mają zdolność wypierania innych kationów z gleby. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż jony potasu i magnezu są słabiej związane z frakcją wymienną gleby niż jony wapnia i dlatego są łatwiej wymieniane przez inne jony.

Przeprowadzone przez Norrströma i Bergstedt [5] badania dotyczyły określenia wpływu chlorku sodu (NaCl) stosowanego do odśnieżania na: stopień dyspersji koloidalnej i sumę kationów wymiennych oraz ich wymywalność z gleby, pozwoliły poznać mechanizm działania soli w środowisku glebowym. Analizując otrzymane wyniki, stwierdzono, iż duża zawartość sodu w glebie (którego źródłem są środki do zimowego odśnieżania dróg) może powodować takie same kłopoty dotyczące stopnia rozproszenia koloidów glebowych jak spotykane w glebach rejonów suchych (stepy, półpustynie, pustynie). Autorzy poprzez przeprowadzone analizy wykazali, że jony sodu sprzyjają wydłużeniu procesu wymywania kationów zasadowych z gleby, wywierając tym samym duży wpływ na zawartość kationów wymiennych w utworach glebowych. Badania dowiodły także, iż sole stosowane do odśnieżania zubożają glebę w potas, który wraz z kationami zasadowymi jest jednym z pierwiastków niezbędnych do wzrostu i prawidłowego funkcjonowania roślin. W wyniku przeprowadzonych badań zaobserwowano, iż działanie soli do odśnieżania może wywołać efekt nawożenia gleby. Z drugiej jednak strony w gruntach o jakościowo słabym kompleksie sorpcyjnym, wysokich wymaganiach roślin w stosunku do potasu przy jednoczesnym jego małym stężeniu w roztworze glebowym i wysoką podatnością na wymywanie istnieje bardzo duże niebezpieczeństwo zubożenia gleby w składniki pokarmowe.

Materiały i metody

Dominującym typem gleb w mieście Opole są rędziny węglanowe [6]. Charakteryzują się one odczynem alkalicznym, wysokim poziomem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami, metalami oraz znacznym udziałem w materiale glebowym połączeń próchniczo-wapiennych. Obiektem badań były gleby z wybranych obszarów miasta Opole, zlokalizowanych przy ulicach 1 Maja, Katowickiej i Piastowskiej. Ogółem wyznaczono 13 powierzchni doświadczalnych sąsiadujących bezpośrednio z jezdnią ciągów komunikacyjnych. Do analiz wybrano poletka o powierzchni ok. 1÷3 m².

Zakresem badań laboratoryjnych objęto określenie zawartości kationów wymiennych w roztworze octanu amonu (CH₃COONH₄) o pH 7 metodą AAS za pomocą absorpcyjnego spektrometru atomowego ICE 3000 firmy THERMO [7].

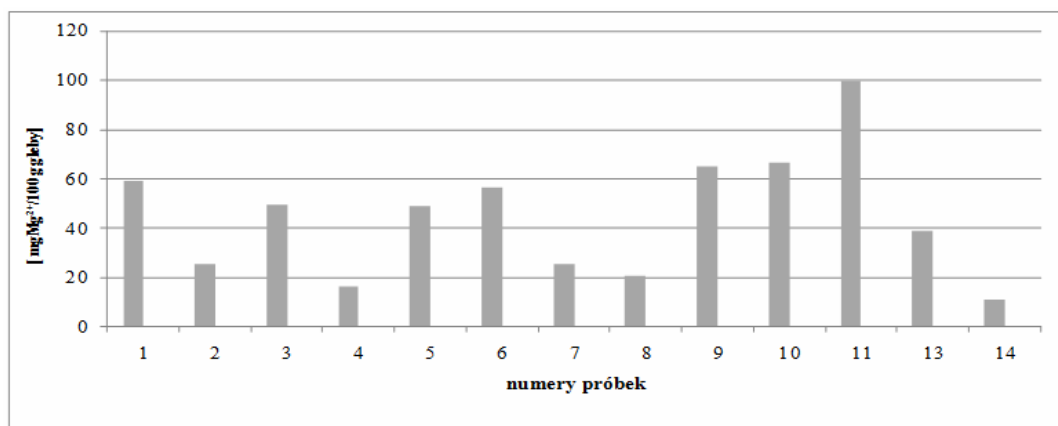
Wyniki

Sód

Zawartość sodu w kompleksie sorpcyjnym badanych gleb kształtuje się w granicach od 11,36 do 99,76 mgNa⁺/100 g gleby. Najmniejsza jego zawartość wystąpiła w próbce nr 14, natomiast największa zaś w próbce nr 11 (rys. 1). Analizując średnie zawartości oznaczanego wskaźnika występującego w próbkach pochodzących z poszczególnych ulic Opola, stwierdzono, iż najmniej zasobnym ciągiem komunikacyjnym była ulica Piastowska (37,71 mgNa⁺/100 g gleby), większa zawartość wystąpiła w próbkach uzyskanych z ulicy Katowickiej (43,76 mgNa⁺/100 g gleby), zaś najbardziej zasobnymi w badany kation okazały się gleby zlokalizowane przy ulicy 1 Maja (50,46 mgNa⁺/100 g gleby).

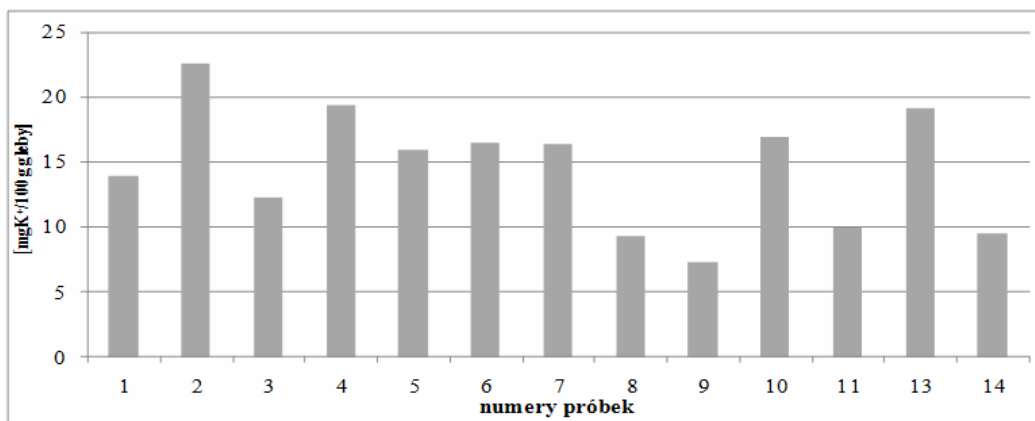
Maksymalna zawartość sodu wymiennego dla każdej z badanych ulic wyniosła:

- Piastowska: 59,36 mg/100 g gleby - próbka nr 1,
- Katowicka: 56,76 mg/100 g gleby - próbka nr 6,
- 1 Maja: 99,76 mg/100 g gleby - próbka nr 11.



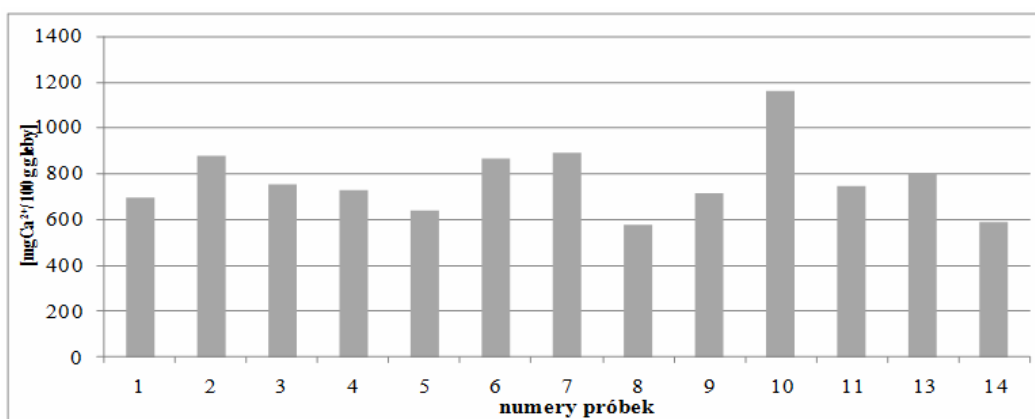
Rys. 1. Stężenie sodu wymiennego w glebach przyulicznych miasta Opole (2009)

Fig. 1. A concentration of exchangeable sodium in soils near selected streets in the town of Opole (2009)



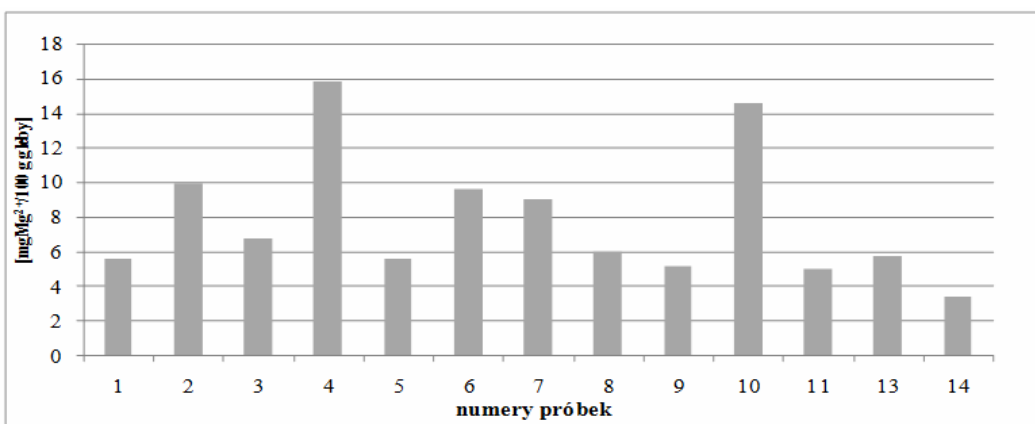
Rys. 2. Koncentracja potasu wymiennego w glebach wybranych ulic miasta Opole (2009)

Fig. 2. A concentration of exchangeable potassium in soils near selected streets in the town of Opole (2009)



Rys. 3. Zawartość wapnia wymiennego w wybranych glebach przyulicznych miasta Opole (2009)

Fig. 3. An exchangeable calcium content in soils near selected streets in the town of Opole (2009)



Rys. 4. Koncentracja magnezu wymiennego w glebach ciągów komunikacyjnych miasta Opole (2009)

Fig. 4. A concentration of exchangeable magnesium in near - street soils in the town of Opole (2009)

Potas

Najmniejsza zawartość potasu wymiennego w glebach badanego obiektu wystąpiła w próbce nr 9 (7,32 mgK⁺/100 g gleby), zaś największą jego zawartość zaobserwowano w odrywce nr 2 i wyniosła ona 22,52 mgK⁺/100 g gleby (rys. 2). Średnie ilości potasu uzyskane z próbek

zlokalizowanych przy poszczególnych ulicach miasta Opole wykazały, iż najmniejsza ich koncentracja wystąpiła w próbkach pochodzących z ulicy 1 Maja (12,02 mgK⁺/100 g gleby), bardziej zasobne w oznaczany jon były gleby zlokalizowane przy ulicy Katowickiej (16,25 mgK⁺/

100 g gleby), najbardziej zasobnymi były gleby ulicy Piastowskiej, średnia zawartość potasu: 17,02 mgK⁺/100 g gleby.

Maksymalna zawartość potasu wymiennego dla poszczególnych ulic wyniosła:

- Piastowska: 22,52 mg/100 g gleby - próbka nr 2,
- Katowicka: 16,52 mg/100 g gleby - próbka nr 6,
- 1 Maja: 19,12 mg/100 g gleby - próbka nr 13.

Wapń

Przeprowadzona analiza zawartości wapnia wymiennego w glebach badanego obiektu wykazała, iż jego zawartość mieściła się w granicy od 578 mgCa²⁺/100 g gleby do 1160 mgCa²⁺/100 g gleby. Najmniejsza oznaczona ilość wapnia wystąpiła w próbce nr 8, największa zaś w próbce nr 10 (rys. 3). Średnia zawartość wapnia uzyskana z próbek zlokalizowanych przy każdej z badanych ulic Opola wykazała, iż gleby leżące przy ulicy 1 Maja oraz Piastowskiej charakteryzowały się bardzo zbliżoną, średnią koncentracją wapnia, która wyniosła odpowiednio 765,6 mgCa²⁺/100 g gleby dla ul. 1 Maja i 766,0 mgCa²⁺/100 g gleby dla ul. Piastowskiej. Gleby leżące przy ulicy Katowickiej wykazały największą średnią zawartość oznaczanego jonu, która wyniosła 798,0 mgCa²⁺/100 g gleby. Maksymalna zawartość wapnia w kompleksie sorpcyjnym dla każdej z badanych ulic wyniosła:

- ul. Piastowska: 881,04 mg/100 g gleby - próbka nr 2,
- ul. Katowicka: 890,04 mg/100 g gleby - próbka nr 7,
- ul. 1 Maja: 1160,04 mg/100 g gleby - próbka nr 10.

Magnez

Zawartość magnezu w kompleksie sorpcyjnym kształtuje się w granicach od 3,4 do 15,8 mgMg²⁺/100 g gleby. Najmniejsza jego ilość wystąpiła w próbce nr 14, największa zaś w odkrywcę nr 4. Wartość ta była prawie pięć razy większa od wartości uzyskanej w próbce nr 14 (rys. 4). Analizując średnie zawartości magnezu występującego w próbkach pochodzących z poszczególnych ulic Opola, stwierdzono, iż najmniejsza jego ilość wystąpiła w próbkach pochodzących z ulicy 1 Maja (6,7 mgMg²⁺/100 g gleby), bardziej zasobne były gleby ulicy Katowickiej (8,1 mgMg²⁺/100 g gleby), natomiast najbardziej zasobnym ciągiem komunikacyjnym okazała się ulica Piastowska, której średnia zawartość magnezu wymiennego wyniosła 9,6 mgMg²⁺/100 g gleby.

Maksymalna zawartość magnezu w kompleksie sorpcyjnym dla każdej z badanych ulic wyniosła:

- Piastowska: 15,8 mg/100 g gleby - próbka nr 4,
- Katowicka: 9,6 mg/100 g gleby - próbka nr 6,
- 1 Maja: 14,6 mg/100 g gleby - próbka nr 10.

Dyskusja

Niewłaściwy wzajemny stosunek w glebach jonów wymiennych Ca²⁺, Mg²⁺ i K⁺ może przyczynić się do wzrostu zagrożenia zatrucia roślin chlorkami, który pochodzi od soli (NaCl). Zmniejszenie stosunku sodu względem pozostałych jonów wymiennych w roztworze glebowym

może zabezpieczyć gleby przed procesem solońcowania, gdyż przy zmniejszającym się stosunku Na⁺ do Ca, Mg i K sól nie wejdzie do kompleksu sorpcyjnego [8].

Porównując zawartość sodu wymiennego z ilością, która wystąpiła w badaniach Dużyńskiego i Kuszy [9], zauważono, iż tylko w dwóch próbkach nr 9 i 11 nastąpił wzrost wartości oznaczanego parametru, pozostałe próbki cechowało zmniejszenie ilości analizowanego kationu. Zależność ta może być spowodowana przez kilka czynników:

- kompleks sorpcyjny gleb badanego obiektu jest wysyceny jonami sodu, zatem dalsza sorpcja tych kationów jest ograniczona,
- pobranie próbek bezpośrednio po zakończeniu sezonu zimowego spowodowało, iż sól zgromadzony w roztworze glebowym nie zdążył przejść do kompleksu sorpcyjnego. Potwierdzeniem powyższej zależności jest wykonana analiza wodnego wyciągu gleby, która wykazała wzrost zawartości Na⁺,
- wzajemne wypieranie pierwiastków, np. sodu przez potas i odwrotnie, znajdujących się w glebowym kompleksie sorpcyjnym.

Przeprowadzone analizy wykazały jednoznacznie, iż stosowana w postaci NaCl sól podczas zimowej eksploatacji dróg ma bardzo duży wpływ na zawartość jonów sodu w roztworze glebowym. Pobieranie sodu jest również ściśle związane z ilością potasu w glebie, grunt wykazujący większą zawartość sodu odznacza się wzmożonym pobieraniem potasu przez rośliny [10]. Badane gleby cechowały się ogólnym spadkiem zawartości potasu w stosunku do badań przeprowadzonych w 1994 r. [9]. Prawdopodobnie sól jest jednym z czynników, który zdecydował o deficycie potasu w środowisku glebowym. Udowodniono, iż większy udział sodu w kompleksie sorpcyjnym wpływa na pogorszenie właściwości fizycznych gleb. Wrochna i in. [11] oraz Siuta [12] podają, iż wysycenie kompleksu sorpcyjnego sodem powyżej 15% powoduje:

- peptyzację koloidów glebowych,
- zniszczenie struktury gruzełkowej gleby poprzez dyspergowanie koloidów zlepiających agregaty strukturalne,
- pogorszenie warunków cieplnych, powietrznych, wodnych,
- ograniczenie produktywności gleb.

W wyniku przeprowadzonego oznaczenia zawartości potasu wymiennego zauważono, iż tylko próbki glebowe nr 4, 7, 11 i 13 wykazały zawartość badanego jonu w ilości zbliżonej do oznaczonej 15 lat wcześniej, pozostałe próbki cechował spadek zawartości potasu w stosunku do oznaczenia wykonanego w 1994 r. Za sprawcę zaistniałego spadku uznano sole stosowane do odśnieżania. Do identycznego wniosku na podstawie swoich badań doszli Norrström i Bergstedt [5], którzy zauważyli, iż działanie soli do odśnieżania może wywołać również efekt nawożenia gleby. Autorzy wykazali ponadto, że w gruntach o jakościowo słabym kompleksie sorpcyjnym, dużych wymaganiach roślin w stosunku do potasu przy jednoczesnym jego małym stężeniu w roztworze glebowym i wysokiej podatności na wymywanie istnieje bardzo duże

niebezpieczeństwo zubożenia gleby w składniki pokarmowe. Jak wykazują badania Bresia [13], cechą gleb miejskich z uwagi na właściwości, którymi to środowisko się charakteryzuje, jest niewielka zawartość potasu oraz magnezu. Potwierdzeniem powyższego stwierdzenia są również badania Norrström i Bergstedt [5], którzy dodają, iż jony potasu oraz magnezu są słabiej związane z frakcją wymienną gleby niż jony wapnia i tym samym są łatwiej przez te jony wymieniane. Autorzy podkreślają, iż potas wraz z kationami zasadowymi jest jednym z pierwiastków niezbędnych do wzrostu i prawidłowego funkcjonowania roślin. Podobne wyniki uzyskali Tołoczko i in. [14], prowadząc badania dotyczące wpływu zasolenia na kompleks sorpcyjny gleb w Łodzi.

Analizując zawartości wapnia wymiennego w glebach przyulicznych Opola w latach 1994-2009, zauważono, iż tylko próbki nr 1, 5 oraz 8 odznaczyły się spadkiem zawartości Ca^{2+} w stosunku do próbek z 1994 r. Gleby pozostałych odkrywek cechowały się wzrostem oznaczanego wskaźnika w stosunku do badania wykonanego 15 lat wcześniej. Kationy wapnia charakteryzuje największa energia wejścia do kompleksu sorpcyjnego oraz najmniejsza wyjścia z tegoż kompleksu w porównaniu do pozostałych kationów zasadowych [15]. Jak zauważyli Brogowski i in. [8] w swoich badaniach, większa ilość wapnia wymiennego w glebowym kompleksie sorpcyjnym przeciwdziała w pewnym stopniu wejściu jonów sodu do tegoż kompleksu. Powyższą zależność można uznać zatem za jednego ze sprawców spadku zawartości sodu wymiennego, który zaobserwowano, zestawiając wyniki badań własnych z wynikami przedstawionymi przez Dużyńskiego i Kuszę [9]. Wapń, sprzyjając tworzeniu się struktury gruzełkowej, wpływa na poprawę stosunków powietrzno-wodnych panujących w glebach [10].

Porównując zawartość jonów wapnia w wodnym wyciągu glebowym oraz w kompleksie sorpcyjnym, zauważono, iż ilość Ca^{2+} w wodzie glebowej była mniejsza niż w kompleksie. Identyczną zależność wykazali w swoich badaniach Czerniawska-Kusza i in. [4]. Wzmógłony proces wietrzenia skał węglanowych, któremu zostały poddane gleby występujące na terenie miasta Opole, był najważniejszym z przyczyn wzrostu ilości wapnia w kompleksie sorpcyjnym.

Biorąc pod uwagę zmianę zawartości magnezu wymiennego podczas wielolecia 1994-2009, zauważono, iż próbki glebowe nr 1, 3 oraz 5 charakteryzowały się spadkiem zawartości Mg^{2+} w stosunku do oznaczenia wykonanego w 1994 r. [9], zaś pozostałe próbki wykazywały wzrost zawartości magnezu wymiennego. W wyniku przeprowadzonych analiz wykazano, iż glebowy kompleks sorpcyjny został wzbogacony w jony wapnia - wzrost ten miał zapewne wpływ na zwiększenie ilości magnezu. Mg^{2+} , zgodnie z szeregiem adsorpcji i desorpcji, odznacza się podobnie jak wapń, dużą energią wejścia do kompleksu sorpcyjnego, jednak jest on szybciej niż wapń usuwany z tego kompleksu. Badania Mocka i in. [15] potwierdzają również, iż udział magnezu w glebowym kompleksie sorpcyjnym jest znacznie mniejszy niż wapnia. Ponadto

Siuta [12] wykazuje, iż duża ilość wapnia w glebie oddziałuje na pobieranie magnezu przez rośliny, stwierdzając tym samym, iż stosunek kationów $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ może wahać się w glebach w szerokich zakresach, ale najczęściej kształtuje się jak 3÷6:1.

Warto podkreślić, iż rędziny są glebami, w których naturalna koncentracja wapnia jest dużo większa niż zawartość magnezu, co miało zapewne wpływ na wynik stosunku kationów $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ w glebach badanego obiektu. Porównując powyższą zależność z wynikami badań własnych, stwierdzono, iż stosunek wapnia do magnezu wyraźnie odbiegał od wartości podanej przez Siutę. Wyniosła ona nawet 174:1 (próbka nr 14), dostarczając tym samym kolejny dowód na daleko posuniętą zmianę chemizmu gleb leżących przy badanych ulicach w stosunku do utworów naturalnych.

Wnioski

1. Zestawiając otrzymane wyniki z wartościami uzyskanymi w 1994 r., stwierdzono wzrost wartości stężenia wapnia i magnezu wymiennego w glebowym kompleksie sorpcyjnym.
2. Spadek udziału sodu wymiennego w glebowym kompleksie sorpcyjnym spowodowany jest jego pełnym nasyceniem tymi jonami, zgromadzeniem sodu w roztworze glebowym oraz poprzez wzajemne wypieranie się jonów znajdujących się w kompleksie sorpcyjnym.
3. Na wzrost zawartości wapnia w kompleksie sorpcyjnym wpłynął proces wietrzenia skał węglanowych, który jest charakterystyczny dla rędzin powstałych na marglach i wapieniach występujących w Opolu.

Literatura

- [1] Uggla H.: Gleboznawstwo rolnicze. PWN, Warszawa 1983, s. 558.
- [2] Dobrzański B., Czerwiński Z., Borek S., Kępka M. i Majsterkiewicz T.: Roczn. Glebozn., 1971, **22**(1), 59-74
- [3] Andrzejewski J. i Cwojdzkiński W.: Zesz. Nauk ATR, Rolnictwo 1980, **80**(11), 49-53.
- [4] Czerniawska-Kusza I., Kusza G. i Dużyński M.: Environ. Toxicol., 2004, **19**, 296-301.
- [5] Norrström A.C. i Bergstedt E.: Water, Air, and Soil Pollut., 2001, **127**, 281-299.
- [6] Czerniawska-Kusza I., Dużyński M. i Kusza G.: Środowisko przyrodnicze Opola. con TEXT, Opole 1999, 26.
- [7] Ostrowska A., Gawliński S. i Szczubiałka Z.: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. IOŚ, Warszawa 1991, s. 334.
- [8] Brogowski Z., Czerwiński Z. i Tuszyński M.: Roczn. Glebozn., 1975, **26**(3), 259-275.
- [9] Dużyński M. i Kusza G.: Zesz. Probl. Post. Nauk Przyrod., 1999, **467**, 635-640.
- [10] Zawadzki S., Dobrzański B., Kowaliński S., Kuźnicki S. i Skawina T.: Gleboznawstwo. PWRiL, Warszawa 1999, s. 560.
- [11] Wrochna M., Gawrońska H. i Gawroński S.W.: Acta Agrophys., 2006, **7**(3), 775-785.
- [12] Siuta J.: Gleba - diagnozowanie stanu i zagrożenia. IOŚ, Warszawa 1995, s. 218.
- [13] Breś W.: Nauka, Przyroda, Technol., 2008, **2**(4), 1-8.
- [14] Tołoczko W., Niewiadomski A. i Trawczyńska A.: Ecol. Chem. Eng. A., 2009, **16**(4), 465-474.
- [15] Mocek A., Drzymała S. i Maszner P.: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. Akad. Roln. im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań 2000, s. 414.