

ptasich odchodów, resztek paszy i piór zalega długotrwale na powierzchni, co prowadzi do zmian właściwości chemicznych gleb w miejscach udostępnionych dla ptaków, a często także terenów przyległych [Licznar i in. 1995; Ligęza, Misztal 1999]. Związki wymywane przez infiltrującą wodę mogą przemieszczać się w formie roztworu przez pory glebowe. Skala zmian powodowanych w stałej i ciekłej fazie gleby przez związki łatwo rozpuszczalne zależy od wielu czynników, w tym ilości hodowanych ptaków, długości cyklu hodowlanego oraz przepuszczalności podłoża.

Celem pracy było określenie zmian odczynu, przewodnictwa elektrolitycznego właściwego i stężenia pierwiastków zasadowych w roztworach glebowych gleb na obszarach wybiegów wieloletnich ferm gęsi w porównaniu z roztworami z gleb kontrolnych leżących poza fermami.

METODY

Gleby do badań pobrano na terenie dwóch ferm gęsi – w Knyszynie (woj. podlaskie) oraz Hucie Józefów (woj. lubelskie). Wytypowano je na podstawie ankiet rozesłanych wcześniej do hodowców. Obie fermy w chwili pobierania próbek funkcjonowały przez co najmniej 20 lat, co gwarantowało, iż zachodzące tam zjawiska nie mają charakteru epizodycznego i zaznaczyły się w wyraźny sposób. Podstawowe informacje dotyczące charakterystyki badanych gleb, tj. budowy profili, miąższości poziomów genetycznych, uziarnienia oraz właściwości fizykochemicznych zawarł w pracy Ligęza i Misztal [1999]. Gleby z Knyszyna zaklasyfikowano do gleb brunatnych właściwych wytworzonych z piasków pylastych, natomiast z Huty Józefów do gleb płowych, których materiał macierzysty miał skład granulometryczny pyłów ilastych. Obie gleby miały charakter niecałkowity, gdyż stosunkowo płytko podścielał je materiał innej genezy.

W miejscach reprezentatywnych dla ferm oraz kontrolnych wykonano odkrywki glebowe ($n=4$). Glebę do pozyskiwania roztworów pobierano ze wszystkich poziomów genetycznych wyróżnionych w profilach. Dla każdego poziomu genetycznego była to próbka zbiorcza o masie około 20 kg. Materiał porównawczy stanowiły gleby podobne typologicznie do badanych, lecz znajdujące się poza obszarem ferm. Z każdego poziomu glebowego pobierano w cylindrach Kopecky'ego ($v=100\text{ cm}^3$) glebę o nienaruszonej strukturze w celu określenia polowej pojemności wodnej oraz z całej miąższości poziomów do badań roztworu glebowego. Roztwór glebowy otrzymywano metodą wirowania. Do powietrznie suchych próbek gleby o masie 1 kg dodawano wodę podwójnie destylowaną w ilości odpowiadającej wilgotności polowej pojemności wodnej ($pF=2,0$). Aby uzyskać stan równowagi między stałą i ciekłą fazą gleby, nawil-

gotnione próbki inkubowano przez 48 godzin w temperaturze pokojowej, bez dostępu światła. W zależności od wydajności procesu wirowania, wynikającego z siły związania wody przez stałą fazę, masa gleby odwirowanej gleby wynosiła od 5 do 10 kg. Z każdego poziomu genetycznego pozyskiwano około 0,5 dm³ uśrednionego roztworu glebowego, na który składało się od kilku do kilkunastu porcji roztworów cząstkowych. Dokładny opis metodyczny, dotyczący otrzymania roztworów zawiera opracowanie Smal [1999]. W roztworach oznaczano pH elektrometrycznie, przewodnictwo elektrolityczne właściwe (EC) konduktometrycznie, stężenie sodu, potasu i wapnia metodą fotometrii płomieniowej oraz magnezu metodą AAS.

WYNIKI

Odczyn roztworów glebowych nieznacznie odbiegał od obojętnego z wyjątkiem roztworów kontrolnych pochodzących z wierzchnich poziomów gleby z Knyszyna, które były lekko kwaśne (tab. 1). Generalnie najmniejsze zróżnicowanie pH stwierdzono w roztworach z pyłowych gleb w Hucie Józefów. Zarówno w próbkach z fermy, jak i porównawczych wartość wykładnika stężenia jonów wodorowych wykazywała w badanym przekroju tendencję spadkową wraz ze wzrostem głębokości gleby (tab. 1). Uzyskany rozkład pH w tych profilach był odmienny niż stwierdzony przez Smal i in. [2000] w roztworach z gleb uprawnej i leśnej o uziarnieniu podobnym do analizowanych w niniejszej pracy, gdzie wartość pH roztworów z podglebia była wyższa niż z warstw powierzchniowych. Zależność obserwowana w roztworach glebowych z Huty Józefów mogła być rezultatem stałego dopływu do gleby, a tym samym również do roztworów, znacznych ilości ornitogenicznych pierwiastków o charakterze zasadowym i ich akumulacji [Ligęza, Misztal 1999]. Ilość i charakter składników zawartych w roztworze glebowym to ważny czynnik kształtujący pH cieklej fazy gleby [Tyler, Olsson 2001].

W Knyszynie, zarówno na fermie, jak i w punkcie kontrolnym, najniższe pH wykazywały roztwory z poziomów próchnicznych. Skała macierzysta tych gleb, zasobna w węglany lub podścielona takim materiałem, zwiększała alkalizację roztworów w poziomach leżących w spągu, co jest procesem naturalnym [Simoncic 2001]. Zbliżony do obojętnego odczyn roztworów z fermy gęsi, w porównaniu z pH analogicznych kontrolnych, wskazuje na to, iż gleba na fermie ulegała wzbogacaniu w składniki alkaliczne (tab. 1). Niskie wartości pH roztworów z gleby kontrolnej na polu ornym w Knyszynie mogły być powodowane używaniem nawozów azotowych, które sprzyja zakwaszaniu gleb [Mahli i in. 1998; Carroll i in. 2003]. Na obu badanych fermach średnie pH roztworów obli-

Tabela 1. Wartości pH, przewodnictwo elektryczne właściwe (EC) i stężenie metali zasadowych w roztworach glebowych w poziomach genetycznych profili

Table 1. pH values, electrical conductivity (EC), and concentration of alkaline metals in soil solution within genetic horizons of profiles

Poziom Horizon	pH	EC	Na	K	Ca	Mg
		dS m ⁻¹	mmol dm ⁻³			
Knyszyn I*						
A	6,6	13,51	1,78	5,74	10,81	2,73
Bbr	7,0	1,69	0,73	2,81	0,90	0,23
IIC2ca	8,3	1,00	0,54	2,41	0,64	0,16
Knyszyn II*						
Ap	5,2	0,48	0,25	0,31	0,27	0,07
Bbr	5,9	0,27	0,23	0,36	0,12	0,05
C	7,9	0,42	0,47	0,04	0,36	0,16
Huta Józefów I						
A	7,7	6,70	2,43	6,26	1,09	0,77
Eet	7,5	1,74	1,19	3,90	0,47	0,30
Bt	7,1	2,24	1,07	3,73	0,69	0,29
IIC2	6,4	3,40	2,19	4,31	2,61	0,54
Huta Józefów II						
Ap	7,9	1,19	0,52	0,08	1,64	0,40
Eet	7,8	0,82	0,36	0,04	1,45	0,30
Bt	7,7	0,51	0,52	0,03	0,66	0,13
IIC2	7,6	0,52	0,89	0,06	0,87	0,11

*I – gleba z fermi, II – gleba kontrolna

*I – soil from the farm, II – control soil

czony dla całego profilu było takie samo, natomiast w glebach kontrolnych różniło się wyraźnie (tab. 2).

Przewodnictwo elektrolityczne właściwe roztworu jest miarą zawartości jonów, które są nośnikami ładunku elektrycznego. We wszystkich badanych przypadkach wartości EC roztworów glebowych uzyskanych z poziomów genetycznych gleb na fermach były wyższe niż odpowiadających im roztworów gleb kontrolnych. Największe różnice stwierdzono między roztworami z poziomów próchnicznych (tab. 1). Znalazło to odzwierciedlenie w bardzo wysokich wartościach odchylenia standardowego (SD) oraz współczynników zmienności (V) przewodnictwa w profilach (tab. 2). Poziomy próchniczne gleb z ferm miały bezpośredni kontakt z tworzącą się na wybiegach ornitogeniczną warstwą nadkładu, która jest źródłem związków wodnorozpuszczalnych. Wzrost przewodnictwa roztworów tych poziomów był wielokrotny w porównaniu z roztworami kontrolnymi. Jego wartości były zdecydowanie wyższe niż podawane dla różnych gleb Polski [Smal, Misztal 1995; Smal 1999], a często porównywalne z roztworami gleb o podwyższonym stopniu zasolenia lub zasolonymi [Kotuby-Amacher i in. 2000].

Tabela 2. Wartości średnie, odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności (V) dla badanych właściwości roztworów w profilach

Table 2. Mean values, standard deviation (SD), and variability coefficient (V) of soil solution properties within profiles

	pH ^{a)}	EC	Na	K	Ca	Mg
Knyszyn I*						
Średnio Mean	6,9	5,40	1,02	3,65	4,12	1,04
SD	-	7,03	0,67	1,82	5,80	1,46
V	-	130%	66%	50%	141%	141%
Knyszyn II*						
Średnio Mean	5,6	0,39	0,32	0,24	0,25	0,09
SD	-	0,11	0,13	0,17	0,12	0,06
V	-	28%	42%	73%	48%	63%
Huta Józefów I						
Średnio Mean	6,9	3,52	1,72	4,55	1,22	0,48
SD	-	2,23	0,69	1,17	0,96	0,23
V	-	63%	40%	26%	79%	48%
Huta Józefów II						
Średnio Mean	7,7	0,76	0,57	0,05	1,16	0,24
SD	-	0,32	0,22	0,02	0,46	0,14
V	-	42%	39%	42%	40%	59%

*Oznaczenia jak w tabeli 1, ^{a)}pH obliczone ze średniego molowego stężenia jonów H⁺

*Description see table 1, ^{a)}pH calculated from the average molar concentration of H⁺

Tabela 3. Istotnie statystycznie współczynniki korelacji (dla p=0,05) między przewodnictwem elektrolitycznym roztworu (EC) a stężeniem badanych pierwiastków zasadowych

Table 3. Statistically significant correlation coefficients (at p=0.05) between electrical conductivity (EC) and concentration of basic elements

	Na	K	Ca	Mg
Fermy Farms	-	0,81	0,92	0,98
Kontrola Control	0,93	0,95	0,90	0,89

Sód, potas, wapń i magnez to główne pierwiastki zasadowe biorące udział w kształtowaniu odczynu roztworów glebowych. Ich stężenie w roztworach glebowych z ferm było na ogół wyższe niż w kontrolnych, na co wskazują ich średnie wartości obliczone dla profili (tab. 2). W badanych roztworach glebowych nie stwierdzono jednoznacznych prawidłowości dotyczących uszeregowania kationów pod względem wartości ich stężenia. Może to wynikać z tego, iż skład chemiczny roztworów z ferm znacznie odbiega od naturalnego, a gleby na terenach, gdzie bytują ptaki, charakteryzuje zachwianie równowagi chemicznej [Ligęza, Smal 2003]. Szeregi stężeń metali w roztworach z poziomów próch-

nicznych, które w największym stopniu podlegały działaniu gęsi, przyjmują następującą postać: a) $Ca > K > Mg > Na$ – ferma w Knyszynie, b) $K > Ca > Na > Mg$ – gleba kontrolna z Knyszyna, c) $K > Na > Ca > Mg$ – ferma w Hucie Józefów, d) $Ca > Na > Mg > K$ – gleba kontrolna z Huty Józefów. Przyjmując, iż wartość odchylenia standardowego (SD) oraz współczynnika zmienności (V) określają podobieństwo lub różnorodność badanych próbek, należy stwierdzić, że największe różnice stężeń metali wystąpiły w odniesieniu do wapnia i magnezu, w roztworach z gleby na fermie w Knyszynie. Dużą zmienność wykazywała także koncentracja magnezu w roztworach z fermy w Hucie Józefów (tab. 2).

W większości przypadków stężenie badanych pierwiastków zasadowych w roztworach korelowało istotnie z wartością EC (tab. 3). Tylko stężenie sodu w roztworach z ferm nie wpływało istotnie na przewodnictwo elektrolityczne właściwe roztworu glebowego. Sód łatwo migruje w glebach [Filipek, Badora 1992] i z tego powodu uchwycenie jego oddziaływania bywa trudne.

WNIOSKI

1. Nie wykazano jednoznacznego wpływu pomiotu gęsi pokrywającego gleby w obszarze ich wybiegów na pH roztworów glebowych. Jednak obserwowany spadek pH roztworu wraz z głębokością w glebie z Huty Józefów, wyższe pH roztworów z gleby na fermie w Knyszynie w porównaniu do próbek kontrolnych, wskazują na alkalizację fazy ciekłej gleby przez zalegający pomiot.

2. Roztwory glebowe z poziomów próchnicznych gleb na fermach, charakteryzowały się wielokrotnie wyższymi wartościami przewodnictwa elektrycznego właściwego niż pozostałe. Wartość EC wszystkich roztworów korelowała dodatnio ze stężeniem potasu, wapnia i magnezu, a w roztworach gleb kontrolnych także sodu.

3. We wszystkich badanych roztworach dominowały jony wapnia i potasu. Roztwory poziomów próchnicznych gleb na wybiegach wykazywały wyraźnie wyższe zawartości wszystkich analizowanych metali w porównaniu do roztworów materiału kontrolnego.

4. Duża zmienność szeregów stężeń metali w roztworach ułożonych dla poszczególnych punktów badawczych wskazuje, że gęsi w znacznym stopniu przyczyniają się do modyfikacji naturalnych relacji między składnikami chemicznymi roztworów glebowych.

PIŚMIENICTWO

- Caroll J.A., Caporn S.J.M., Johnson D., Morecroft M.D., Lee J.A. 2003. The interactions between plant growth, vegetation structure and soil processes in semi-natural acidic and calcareous grasslands receiving long-term inputs of simulated pollutant nitrogen deposition. *Environmental Pollution* 121, 3, 363–376.
- Filipek T., Badora A. 1992. Jony rozpuszczalne w wodzie w glebach zanieczyszczonych środkami do zwalczania śliskości pośniegowej. *Rocz. Gleb.* 43, 3/4, 37–43.
- Kotuby-Amacher J., Koenig R., Kitchen B. 2000. Salinity and plant tolerance. Utah State University Extension. Electronic Publishing, AG-SO-03, ss. 8.
- Licznar S.E., Drozd J., Licznar M. 1995. Oddziaływanie składowiska pomiotu kurzego na właściwości gleb terenów przyległych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418, 541–550.
- Ligeża S., Misztal M. 1999. Zmiany właściwości gleb pod wpływem zalegających pomiotów gęsi. *Fol. Univ. Agric. Stetin. 200 Agricultura* 77, 207–219.
- Ligeża S., Smal H. 2003. Stosunki molowe wybranych form azotu, fosforu i potasu w glebach o zakłóconej równowadze chemicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 493, 3, 651–658.
- Mahli S.S., Nyborg M., Harapiak J.T. 1998. Effects of long-term N fertilizer-induced acidification and liming on micronutrients in soil and in bromegrass hay. *Soil Till. Res.* 48, 1/2, 81–101.
- Mazur T., Kwiatkowska E. 1986. Formy związków azotowych, fosforowych i potasowych w pomociu kurzym. *Rocz. Gleb.* 37, 1, 121–128.
- Simoncic P. 2001. Soil solution quality and soil characteristics with regard to clear cutting. *Glaśnik za Sumske Pokuse* 38, 159–166.
- Smal H. 1999. Właściwości chemiczne roztworów glebowych gleb lekkich i ich zmiany pod wpływem zakwaszenia. *Rozprawy naukowe* 230. Wyd. AR w Lublinie, ss. 108.
- Smal H., Misztal M. 1995. Skład chemiczny roztworów glebowych w profilach gleb lekkich Lubelszczyzny. W: Kołodziej J., Turski R. (red.). *Gleby i klimat Lubelszczyzny*, LTN Lublin, 65–68.
- Smal H., Misztal M., Brill J. 2000. Soil solution chemistry in the profiles of forest and arable soils developed from loess. *Polish J. Soil Sci.* 33, 1, 47–56.
- Tyler G., Olsson T. 2001. Concentrations of 60 elements in the soil solution as related to the soil acidity. *Eur. J. Soil Sci.* 52, 1, 151–165.

