

## WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE GLEBY Z OBSZARU KOLONII LĘGOWEJ KORMORANÓW<sup>1</sup>

*Sławomir Ligęza, Modest Misztal*

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego  
Akademia Rolnicza w Lublinie

### Wstęp

Gleby znajdujące się na terenach kolonii lęgowych kormoranów (*Phalacrocorax carbo*) wykazują bardzo często cechy silnej degradacji. W wyniku wzbogacenia podłoża deponowanymi odchodami zanikają gatunki roślin mało odporne na wysokie stężenia makroelementów, a w skrajnych przypadkach obumiera większość z nich [MACKOWICZ, SOKOŁOWSKI 1953; WÓJCIK 1995; SOCHA 1997]. Organy nadziemne roślin rosnących pod gniazdami pokryte są białym nalotem. Jest to wykryszalowany kwas moczowy wydalany z odchodami. Związek ten jest jednym z końcowych produktów przemiany materii u ptaków i podstawową formą w jakiej azot heterogeniczny dostaje się do gleb kolonii kormoranów [FERENS, WOJTUSIAK 1960].

Kolonia na jez. Dobskie zajmuje prawie całą wyspę. Wolne od gniazd są tylko drzewa rosnące bezpośrednio przy brzegu lub w niedalekiej jego odległości oraz porastające niżej położoną część wyspy. Duże fragmenty ostrowu pozbawione są całkowicie żywej roślinności. W niektórych miejscach stoją tylko uschnięte drzewa i brak jest jakiegokolwiek podszytu, a tylko miejscami porasta azotolubny bez czarny (*Sambucus nigra*). Lęgowisko to funkcjonuje od 1948 roku [TOMIAŁOJC 1990] i jest obecnie chronionym prawnie rezerwatem (Rezerwat „Wysoki Ostrów” – tzw. „Wyspa Kormoranów”) [RADZIEJOWSKI 1996].

Celem niniejszej pracy było zbadanie podstawowych właściwości gleby znajdującej się na obszarze kolonii oraz określenie przyczyn i skali jej degradacji.

### Metody badań

Próbki do badań pobrano na terenie lęgowiska bezpośrednio pod gniazda-

---

<sup>1</sup> Praca wykonana w ramach projektu badawczego 6 P04F 053 11

mi. Analizą objęto tylko mineralną część gleby, gdyż poziom odpowiadający próchnicy nadkładowej stanowiły różnej grubości patyki pochodzące ze spadłych gniazd. Analizę poszczególnych właściwości przeprowadzono w następujący sposób: skład granulometryczny metodą Casagrande'a-Prószyńskiego (frakcję piasku oznaczono wagowo po oddzieleniu na sicie), ciężar właściwy piknometrycznie,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  elektrometrycznie, kwasowość hydrolityczną i sumę kationów zasadowych według Kappena, węgiel organiczny metodą Tiurina, zawartość wymiennych form Na, K, Ca ekstrahowanych metodą Pallmana spektrofotometrią płomieniową, a Mg metodą AAS, fosfor i potas przyswajalny według Egnera-Rhicha, azot ogólny metodą Kjeldahla, azot azotanowy kolorymetrycznie z kwasem fenolodwusulfonowym, azot amonowy metodą Nesslera, azotyny kolorymetrycznie z  $\alpha$ -naftyloaminą, kwas moczowy zestawem analitycznym firmy Cormay, metale ciężkie rozpuszczalne w 1 mol  $\text{HCl} \cdot \text{dm}^{-3}$  metodą AAS.

### Wyniki i dyskusja

Gleba pobrana na terenie kolonii wykazywała następującą budowę profilu: O-A-Bbr-C-Cca i została zaklasyfikowana do gleb brunatnoziemnych (brunatna wylugowana). Próbkę pochodzące z poszczególnych poziomów genetycznych wykazywały skład granulometryczny pyłów i glin ze znaczną domieszką pyłu (tab. 1). Dopiero na głębokości skały macierzystej, wykazano obecność różnej wielkości kamieni pochodzenia polodowcowego (w tym fragmentów wapieni).

Tabela 1; Table 1

Skład granulometryczny  
Granulometric composition

Poziom Horizon	Zawartość frakcji w (%); Fraction in (%)			Utwór granulometryczny Granulometric group
	1-0,1 piasek; sand	0,1-0,02 pył; silt	<0,02 cząstki ilowe; clay	
A (0-20 cm)	26	41	33	płg
A (20-40 cm)	31	35	34	glp
Bbr (40-80 cm)	21	34	45	gsp

Symbole użyte w tabeli; Symbols used in the table:

płg – pył gliniasty; loamy silt

glp – glina lekka pylasta; silty light loam

gsp – glina średnia pylasta; silty medium loam

Gęstość objętościowa gleby i gęstość właściwa wzrastały wraz z głębokością, natomiast porowatość ogólna malała (tab. 2) Taki układ cech jest naturalnym, spotykanym w większości gleb. Odczyn był bardzo kwaśny, aż do głębokości skały macierzystej (80 cm), gdzie stwierdzono występowanie węglanów. pH próbek zawierało się w przedziale 2,9÷3,7.

Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi było niskie (16,7÷45,2%) i rosło wraz z głębokością w profilu (tab. 2). Rozkład wartości pH

w profilu badanej gleby sugeruje, że odchody kormoranów mogą alkalizować podłoże lub w sposób pośredni przyczyniają się do tego. Wierzchnia część poziomu próchnicznego mająca bezpośredni kontakt z odchodami ptaków, odznaczała się wyższą wartością pH niż poziomy leżące poniżej (tab. 2). Przyczyną tego zjawiska mógł być mikrobiologiczny rozkład do amoniaku, wydalanego przez ptaki kwasu moczowego [SPEIR, COWLING 1984]. Amoniak po rozpuszczeniu w wodzie dostarczał jonów amonowych oraz wodorotlenowych. Zjawisko wzrostu wartości pH zaobserwowali także DAHM i in. [1986] oraz POKOJSKA [1981] po zastosowaniu nawożenia gleby leśnej mocznikiem. Mocznik jest jednym z produktów przejściowych rozkładu kwasu moczowego. Ponadto odchody ptasie są zasobne w pierwiastki zasadowe [MAZUR, WOJTAS 1983], które także mogły wpływać na wzrost wartości pH.

Tabela 2; Table 2

Właściwości fizyczne i fizyko-chemiczne gleby  
Physical and physicochemical properties of the soil

Poziom Horizon	$\gamma_0$	$\gamma$	P og. (%)	Hh	S	T	V (%)	pH <sub>KCl</sub>
	g·cm <sup>-3</sup>			cmol(+)·kg <sup>-1</sup>				
A (0–20 cm)	0,73	2,48	70,6	19,9	4,0	23,9	16,7	3,7
A (20–40 cm)	1,22	2,57	52,5	13,7	4,0	17,7	22,6	2,9
Bbr (40–80 cm)	1,36	2,61	47,9	10,9	9,0	19,9	45,2	3,3

$\gamma_0$  – gęstość objętościowa; bulk density

$\gamma$  – gęstość właściwa; specific gravity

P og. – porowatość ogólna; total porosity

Hh – kwasowość hydrolit.; hydrolytic acidity

S – suma wymiennych kationów zasadowych; base cation capacity

T – całkowita pojemność sorpcyjna; total cation exchangeable capacity

V – wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi; base cation saturation

Rozkład w profilu stężeń wymiennego potasu, sodu i wapnia wskazuje, że odchody kormoranów wzbogaciły glebę w te pierwiastki (tab. 3). Górna część poziomu próchnicznego wykazywała 7-krotnie wyższą koncentrację potasu oraz 2-krotnie wyższą zawartość sodu niż leżący poniżej poziom Bbr. Także stężenie wapnia wymiennego w górnej części poziomu próchnicznego było około 2 razy wyższe niż w dolnej jego części. Poziomy leżące niżej charakteryzowały się co prawda wyższą zawartością Ca, ale wynikało to z występowania węglanów w skale macierzystej. Uzyskane wyniki nie wskazują natomiast, aby kormorany przyczyniały się do wzrostu zasobności gleby na terenie łęgowskiego w wymienny magnez.

Zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu malała znacząco wraz z głębokością w profilu, co świadczy o silnym wzbogacaniu środowiska glebowego przez odchody kormoranów w te pierwiastki. Ich koncentracja w przeliczeniu na P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O była bardzo wysoka (tab. 3). Zasobność w fosfor przyswajalny w górnej części poziomu próchnicznego była ponad 62 razy wyższa niż w poziomie brunatnienia, a potasu ponad 6,5 razy. Odchody ptaków zawierają znaczne ilości obydwu wymienionych pierwiastków [MAZUR, WOJTAS 1983; MAZUR, KWIATKOWSKA

1986; TATUR 1989]. Słaba rozpuszczalność fosforanów, sorpcja przez koloidalne wodorotlenki żelaza i glinu oraz niektóre minerały ilaste (tzw. zjawisko retrogradacji), sprzyja kumulowaniu się fosforu w wierzchnich poziomach gleb kolonii.

Tabela 3; Table 3

Kationy wymienne oraz fosfor i potas przyswajalne  
Exchangeable cations and available phosphorus and potassium

Poziom Horizon	Ca	Mg	K	Na	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	mg·100 g <sup>-1</sup>					
A (0–20 cm)	63,74	1,36	99,66	17,38	193,72	63,60
A (20–40 cm)	32,98	1,60	50,58	8,10	34,51	27,15
Bbr (40–80 cm)	94,74	1,92	14,20	8,72	3,08	9,41

Także związki azotowe osiągały bardzo wysokie stężenie, aż do głębokości skały macierzystej. Dotyczyło to szczególnie azotu azotanowego oraz postaci amonowej tego pierwiastka (tab. 4). Oznaczone zawartości wymienionych form azotu były znacznie wyższe niż spotykane w glebach intensywnie nawożonych obornikiem czy gnojowicą [HUS, KUTERA 1995; MAZUR 1995]. MACKOWICZ i SOKOŁOWSKI [1953] wykazali, że podwyższone stężenie azotu amonowego w glebie na obszarze badanej przez nich kolonii kormoranów można było stwierdzić, aż do głębokości 80 cm. Zawartość N-NH<sub>4</sub> w badanych przez nich próbkach, osiągała na głębokości 60 cm – 110 mg·kg<sup>-1</sup> (0,011%). Natomiast N-NO<sub>3</sub> osiągał wysoką koncentrację jeszcze na głębokości 30 cm. Jego ilość dochodziła do 90 mg·kg<sup>-1</sup> (0,009%). Poniżej zawartość azotanów w glebie była nieznaczna.

Tabela 4; Table 4

Zawartość form azotu, węgla organicznego oraz stosunek C/N  
Concentration of nitrogen forms, organic carbon and C/N ratio

Poziom Horizon	N-NH <sub>4</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )	N-NO <sub>3</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> )	N og. Tot. N (%)	C og. Tot. C (%)	C/N
A (0–20 cm)	152,78	347,77	0,486	3,11	6,4
A (20–40 cm)	63,74	214,98	0,214	1,39	6,5
Bbr (40–80 cm)	68,44	90,11	0,091	0,36	4,0

Pomimo bardzo wysokiej zawartości w glebie związków azotowych nie stwierdzono obecności azotynów. Powstający w procesie nityfikacji-denityfikacji N-NO<sub>2</sub> był prawdopodobnie przekształcany w inne formy azotu [MAZUR 1991]. Nie wykazano także bezpośrednio w glebie kwasu moczowego, który dostaje się do niej z ekskrementami ptaków. Związek ten jest bardzo szybko rozkładany przez mikroorganizmy glebowe do substancji prostszych [SALAS, ELLAR 1985; KARASAWA 1989].

Zawartość węgla ogółem kształtowała się na poziomie 3,1÷1,4% w

poziomie A oraz około 0,4% w poziomie Bbr. Znaczącym źródłem węgla organicznego w glebie kolonii kormoranów był opadły materiał używany do budowy gniazd. Drugie ważne źródło węgla to kwas moczowy. W wyniku jego rozkładu powstają jednak głównie proste związki organiczne o charakterze niepróchnicznym, takie jak kwas szczawiowy [HUTCHINSON 1950].

Stosunek węgla do azotu wahał się w wąskim zakresie (4,0÷6,5), co może świadczyć o wzbogaceniu badanej gleby w azot (tab. 4).

Ptaki uważane są za dobre bioindykatory czystości środowiska, w którym zdobywają pokarm [DMOWSKI 1993; KOZULIN, PAVLUSCHICK 1993]. Część substancji skażających (np. metale ciężkie) pobieranych wraz z pokarmem pozostaje w ciele ptaków, część natomiast wydalana jest wraz z odchodami. Podwyższona zawartość pierwiastków śladowych w glebach znajdujących się na obszarach lęgowych może wskazywać pośrednio na skażenie nimi środowisk, gdzie zwierzęta te żerują.

Stężenia metali ciężkich rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> nie osiągały zbyt wysokich wartości, które wskazywałyby na ich akumulację w glebie kolonii (tab. 5). Tylko zawartość cynku i ołowiu była dość wysoka, co sugeruje, że mogą one stanowić jako zanieczyszczenia, zagrożenie dla ekosystemów wodnych Polski północnej. W celu wykazania jaka jest skala wzbogacenia gleby kolonii kormoranów w metale ciężkie, pobrano poza jej obrębem próbki kontrolne. Stwierdzono, że stężenie Cu, Zn, Pb było 2–4 razy wyższe w materiale badawczym pobranym pod gniazdami niż w porównawczym. W przypadku Cd oraz Ni nie zaobserwowano takiej zależności. Wskazuje to na migrację tylko niektórych metali ciężkich w łańcuchach pokarmowych.

Tabela 5; Table 5

Zawartość metali ciężkich rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>  
Concentration of heavy metals soluble in 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>

Poziom; Horizon	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
	mg·kg <sup>-1</sup>				
A (0–20 cm)	2,73	59,98	0,74	13,52	2,01
A (20–40 cm)	2,34	24,99	0,46	9,92	2,52
Bbr (40–80 cm)	1,95	23,33	0,46	6,76	1,26

## Wnioski

1. Odchody kormoranów mogą powodować wzrost pH wierzchniej warstwy gleby co jest wynikiem mikrobiologicznego rozkładu kwasu moczowego do amoniaku (po rozpuszczeniu w wodzie jest to źródło jonów amonowych i wodorotlenowych) oraz wzbogaceniem podłoża w potas, sól i wapń.
2. Gleba na obszarze kolonii lęgowej kormoranów wykazywała bardzo silną degradację chemiczną. Jej skutkiem był prawie całkowity zanik roślinności na terenie gnieźdzenia się tych ptaków.
3. Głównym czynnikiem degradującym były związki azotowe oraz potasu i fosforu. Mogły one zakłócać równowagę jonową gleby, a po przejściu do

roztworu glebowego powodować zjawisko suszy fizjologicznej.

4. W glebie pobranej pod gniazdami ptaków, stwierdzono podwyższoną koncentrację Cu, Zn oraz Pb, w stosunku do gleby spoza obszaru łęgowskiego. Potwierdza to migrację niektórych zanieczyszczeń w łańcuchach pokarmowych. Badane metale ciężkie nie osiągały stężeń, które mogły powodować degradację gleby.
5. Brak kwasu moczowego, głównego źródła heterogenicznego azotu w badanej glebie oraz azotu azotynowego świadczy o jej wysokiej aktywności mikrobiologicznej i bardzo szybkich przemianach wymienionych związków.

### Literatura

- DAHM H., STRZELCZYK E., PRUSINKIEWICZ Z. 1986. *Wpływ nawożenia lasu mocznikiem i chlorkiem potasu na rozwój bakterii o określonych właściwościach fizjologicznych w glebie i strefie korzeniowej sosny Pinus sylvestris L.* Roczn. Gleb. 37(1): 139–152.
- DMOWSKI K. 1993. *Lead and cadmium contamination of passerine birds (Starlings) during their migration through a zinc smelter area.* Acta Orn. 28(1): 1–9.
- FERENS B., WOJTUSIAK R.J. 1960. *Ornitologia ogólna. Ptak, jego budowa i życie.* PWN, Warszawa.
- HUS S., KUTERA J. 1995. *Oddziaływanie gnojowicy na środowisko glebowe.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 559–564.
- HUTCHINSON G.E. 1950. *Survey of existing knowledge of biogeochemistry. The biogeochemistry of vertebrate excretion.* Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 96: 71–94.
- KARASAWA Y. 1989. *Ammonia production from uric acid, urea, and amino acids and its absorption from the ceca of the cockerel.* J. Exp. Zool. suppl. 3: 75–80.
- KOZULIN A., PAVLUSCHICK T. 1993. *Content of heavy metals in tissues of Mallards Anas platyrhynchos wintering in polluted and unpolluted habitats.* Acta Orn. 28(1): 55–61.
- MACKOWICZ R., SOKOŁOWSKI J. 1953. *Rezerwat kormoranów nad Brdą w powiecie człuchowskim.* Ochrona Przyrody 21: 115–159.
- MAZUR T. 1991. (red.). *Azot w glebach uprawnych.* PWN Warszawa.
- MAZUR T. 1995. *Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 25–36.
- MAZUR T., KWIATKOWSKA E. 1986. *Formy związków fosforanowych i potasowych w pomoci kurzym.* Roczn. Gleb. 34(1): 113–120.
- MAZUR T., WOJTAS A. 1983. *Zawartość suchej masy i makroskładników w pomoci drobiowym.* Roczn. Gleb. 34(3): 113–120.
- POKOJSKA U. 1981. *The effect of urea and potassium chloride fertilization on the cation-exchange properties of the xeromor humus in lichen pine forest (Cladonia-Pinetum).* Roczn. Gleb. 32(3): 131–142.
- RADZIEJOWSKI J. 1996. (red.). *Obszary chronione w Polsce.* IOŚ, Warszawa.
- SALAS J.A., ELLAR D.J. 1985. *Uric acid and allantoin uptake by Bacillus fastidiosus spores.* Febs. Lett. 183(2): 256–259.
- SOGHA R. 1997. *Z życia podglądaczy.* Polityka 17: 100–104.
- SPEIR T.W., COWLING J.C. 1984. *Ornithogenic soils of the Cape Bird Adelie penguin rookeries. Antarctica. I. Chemical properties.* Polar Biol. 2: 199–205.

TATUR A. 1989. *Ornithogenic soils of the maritime Antarctica*. Pol. Pol. Res. 10: 481–532.

TOMIAŁOJĆ L. 1990. *Ptaki Polski rozmieszczenie i liczebność*. PWN, Warszawa.

WÓJCIK R. 1995. Zagospodarowanie lasu w miejscu kolonii lęgowej kormoranów. *Las Polski* 3: 18–19.

**Słowa kluczowe:** gleba, kormoran, właściwości chemiczne, degradacja

### Streszczenie

Badano właściwości gleby pobranej z obszaru kolonii kormoranów (*Phalacrocorax carbo*). Stwierdzono, że odchody tych ptaków mogą powodować wzrost wartości pH gleby, wzrost stężenia wymiennego Ca, Na, K, form azotu oraz przyswajalnego fosforu i potasu. Związki azotowe i fosforowe były głównym powodem chemicznej degradacji badanej gleby. Wyższy poziom metali ciężkich w glebie pobranej na terenie lęgowiska, w porównaniu do kontrolnej, wskazuje na ich przemieszczanie się w łańcuchach troficznych.

### CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL ON THE AREA OF BLACK CORMORANT COLONY

*Sławomir Ligęza, Modest Misztal*

Institute of Soil Science and Environment Management,  
Agricultural University, Lublin

**Key words:** soil, black cormorants, chemical properties, degradation

### Summary

Properties of the soil sampled on the area of black cormorant colony were investigated. It was stated that the excrements of cormorants could increase pH, the content of exchangeable cations (Ca, Na, K), concentration of nitrogen forms (N tot., N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>), available forms of phosphorus and potassium. Mentioned above chemical compounds were the main reason of the chemical soil degradation. Higher amount of heavy metals in the soil taken from the colony area, in comparison to control one, showed on the circulation of different pollutants in the food chains.

Dr Sławomir Ligęza

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego

Akademia Rolnicza

ul. Leszczyńskiego 7

20-069 LUBLIN

e-mail: slawekl@consus.ar.lublin.pl