

STANISŁAW LEWKOWICZ

Niektóre mikroelementy w glebach stawowych

Some trace elements in pond soils

Wpłynęło 3 sierpnia 1966 r.

Abstract — In the paper are given the amounts of some trace elements (Mo, Cu, Mn) in exchangeable form in the soils of carp ponds.

Obecnie zwraca się coraz większą uwagę na znaczenie niektórych pierwiastków występujących w małych ilościach, lecz niezbędnych dla normalnego rozwoju organizmów roślinnych i zwierzęcych. Jednymi z ważniejszych mikroelementów są: molibden, miedź i mangan. Molibden jest czynnym aktywatorem enzymatycznym w procesie redukcji azotanów do amoniaku, poprzedzającym syntezę aminokwasów i białek oraz wpływa na wiązanie wolnego azotu cząsteczkowego przez bakterie i sinice. Miedź bierze udział w syntezie chlorofilu oraz wchodzi w skład wielu enzymów roślinnych i zwierzęcych. Mangan odgrywa dużą rolę w procesach oksydacyjno-redukcyjnych, a jego brak lub nadmiar powoduje chlorozę u roślin.

Prace nad tym zagadnieniem są bardzo zaawansowane i obecnie wiele z tych pierwiastków stosuje się w praktyce rolniczej, w środowisku wodnym natomiast nie wyszło się w zasadzie poza doświadczenia laboratoryjne. W doświadczeniach laboratoryjnych wykazano niezbędność niektórych mikroelementów dla rozwoju glonów. W zbiornikach wodnych problem ten jest bardziej złożony, ponieważ ten sam pierwiastek dla pewnych gatunków glonów jest makroelementem, a dla innych gatunków mikroelementem (Goldman 1965). Ponadto dla pewnych glonów ta sama ilość danego pierwiastka może być stymulatorem, a dla innych gatunków inhibitorem. Dowodem tego są prace nad stosowaniem miedzi w celu zwalczania zakwitów sinic w zbiornikach zaporowych (Gerasimov 1937, Guseva 1940) i w jeziorach (Rodhe 1949), w których wykazano, że te same ilości miedzi były inhibitorem dla sinic, a stymulatorem dla zie-

lenic. Goldman (1965) stwierdził stymulujące działanie kilku mikroelementów, w tym molibdenu i manganu, na fotosyntezę glonów w kilku nowozelandzkich i kalifornijskich jeziorach. Guseva (1965) podaje, że duża zawartość manganu w wodzie zbiorników zaporowych może hamować rozwój *Aphanizomenon*.

W Polsce brak jest prac poświęconych tym zagadnieniom, a istnieją tylko pewne wzmianki o zawartości manganu w osadach dennych i w wodzie stawów. Pasternak (1965) badał ilość manganu ogólnego w glebach stawów rybnych i doszedł do wniosku, że zdegradowane przez proces glejowy niektóre gleby stawowe mogą zawierać za mało dostępnych dla roślinności form manganu. Stangenberg (1938) i Stangenberg-Oporowska (1961) badali ilość manganu rozpuszczonego w wodzie donośników i stawów zwracając uwagę na jego niekorzystny wpływ przede wszystkim na rozpuszczalność fosforanów.

Celem niniejszej pracy było określenie zasobności gleb stawów rybnych w formy wymienne molibdenu, miedzi i manganu oraz stwierdzenie czy istnieją różnice w zawartości tych pierwiastków w zależności od właściwości fizyko-chemicznych osadów dennych.

Metodyka

Próby osadów dennych pobrano z jedenastu stawów Zespołu Gospodarstw Doświadczalnych Zakładu Biologii Wód PAN w Ochabach (powiat Cieszyn). W ośmiu stawach pobrano próby osadów osobno z miejsc wypływających i osobno z partii głębszych stawu (głębokość stawów w miejscach płytszych wynosiła 30—60 cm, a w głębszych 100—150 cm). W pozostałych trzech stawach o małej powierzchni, w których partie wypływające i głębsze nie były wyraźnie zaznaczone, pobrano próby średnie z całego stawu. Wszystkie te próby były pobierane z warstwy osadu o głębokości 0—10 cm, ponadto w sześciu stawach pobrano próby z warstwy o grubości 0—1 cm. Wszystkie próby pobrano w jesieni 1964 r. po opuszczeniu wody ze stawów. Ogółem opracowano 29 prób.

Stawy Zespołu Gospodarstw Doświadczalnych leżą po lewej (Ochaby) i po prawej stronie Wisły (Gołysz, Landek). Skład mechaniczny gleb stawowych tych gospodarstw jest mało zróżnicowany, przeważają utwory pyłowo-ilaste. Gleby stawów w Ochabach i w Gołyszu są mało zasobne w wapń i dość silnie zakwaszone, natomiast gleby stawów gospodarstwa Landek są słabo kwaśne lub obojętne, a woda jest zasobniejsza w wapń. Dokładną charakterystykę tych gleb podaje Pasternak (1959). Skład chemiczny wody doprowadzalników i stawów tych gospodarstw podaje Stangenberg (1938) i Wróbel (1965). Zdaniem tych autorów wo-

da doprowadzalników i stawów jest mało zasobna w substancje organiczne, wapń, fosforany, mangan i żelazo. Jedynie stawy landeckie i rzeka Iłownica, skąd stawy te pobierają wodę, są bardziej zasobne w wapń i fosforany.

Analizy do charakterystyki fizyko-chemicznej osadów dennych przeprowadzono według metod podanych przez Lityńskiego, Jurkowską i Gorlacha (1962). Ponieważ ogólne ilości mikroelementów mało mówią o stopniu ich dostępności, dlatego przeprowadzono analizy na zawartość form łatwo rozpuszczalnych i wymiennych. Molibden oznaczono metodą Grigga w modyfikacji Gorlacha (1964), miedź metodą Scharrera i Schlaumioffela oraz mangan metodą Schachtschabela podaną przez Boratyńskiego, Roszykową i Ziętecką (1965).

Fizyko-chemiczne właściwości gleb stawowych

Gleby badanych stawów dość zasadniczo różniły się między sobą właściwościami fizyko-chemicznymi. Najbardziej kwaśny odczyn dna miały stawy gospodarstw w Ochabach i w Golyszu, a odczyn obojętny lub słabo kwaśny miały stawy gospodarstwa Landek (tabela I). Ponadto stawy landeckie miały najwyższy stopień nasycenia zasadami. Zawartość węgla organicznego wahała się od 1,307 do 6,878% i azotu od 0,134 do 0,582%. Największą ilość materii organicznej zawierał staw Gorol przy szerokim stosunku węgla do azotu.

Różnice wystąpiły nie tylko między stawami czy kompleksami stawów, ale również w obrębie jednego stawu. W stawie Wencel osady denne na stanowisku wypłyconym były bardziej zakwaszone, o dwukrotnie wyższej kwasowości hydrolitycznej niż na stanowisku głębokim. W stawie Wyzni II za wartość węgla organicznego w warstwie 0—1 cm, na stanowisku wypłyconym była dwukrotnie większa niż na stanowisku głębokim. Ogólnie można przyjąć, że wypłycone partie stawu są bardziej kwaśne i znajduje się w nich większa ilość materii organicznej, o szerszym stosunku C : N, niż na stanowiskach głębokich. Znaczne są również różnice w warstwach pobranych z głębokości 0—1 cm i 0—10 cm: w pięciu stawach na sześć badanych gleba warstwy głębszej miała odczyn bardziej kwaśny niż warstwa powierzchniowa. W stawie Pod Badurką stosunek ten układał się odwrotnie, przypuszczalnie przyczyną tego była duża ilość stosowanego w 1964 r. siarczanu amonu (1350 kg/ha), który jest nawozem fizjologicznie kwaśnym i dlatego wytrącane węglany w czasie zalania stawu nie zrównoważyły stopnia zakwaszenia. Zawartość węgla organicznego w warstwie 0—1 cm była większa i o węższym stosunku C : N niż w warstwie 0—10 cm.

Tabela I. Niektóre fizyko-chemiczne właściwości gleb stawowych.
 a - partie wypłycone stawu, b - partie głębsze stawu
 Table I. Some physico-chemical properties of pond soils
 a - shallower parts of ponds, b - deeper parts of ponds

Länder	Staw Pond	Głębokość cm Depth	pH/H ₂ O		pH/KCl		Kwasowość Hydroliczna Hydrolitic acidity me/100 g		Suma zasad Sum of bases me/100 g		Pojemność sorcyjna Absorbing capacity me/100 g		Stopień zasadnienia Degree of base saturation		Węgiel organiczny Organic carbon %		Azot ogólny Total nitrogen %		C:N	
			a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Ochaby	Fasieczny	0-10	5.9	5.9	5.0	5.0	4.05	4.57	12.05	14.40	16.08	18.77	74.9	76.7	2.338	2.746	0.207	0.242	11.38	11.34
	Wenceł	0-10	5.7	7.1	4.6	6.6	5.11	2.74	9.60	19.96	14.71	22.10	65.5	90.3	2.413	1.562	0.224	0.154	10.78	10.14
Gołysz	Nożka	0-1	6.2		5.3				8.00			11.46	69.8		2.105		0.209		10.09	
	Pod Sadurką	0-10	5.1	5.4	4.6	4.7	6.01		10.77	16.78			64.2		4.178		0.418		10.05	
Gołysz	Chyliński Maj I	0-10	6.0	6.3	5.3	5.6			5.93	14.96	10.63	18.35	55.8	81.6	1.433	1.734	0.132	0.164	10.88	10.58
	Wyszni VI	0-10	6.1	6.3	5.2	5.4	4.78	3.79	8.28	8.28	13.06	12.07	63.4	68.6	4.688	2.962	0.369	0.255	12.68	11.62
Gołysz	Wyszni II	0-10	6.0	6.2	5.2	5.6	5.36	3.30	11.30	11.30	15.66	14.60	67.8	77.4	3.747	2.479	0.261	0.192	14.35	12.92
	Beginiec II	0-10	6.3	6.6	5.7	5.9			10.99	9.98	16.27	13.52	67.6	73.8	4.468	2.901	0.364	0.218	12.33	13.28
Länder	Gołysz	0-10	6.1	6.3	5.1	5.5	7.17	6.10	8.85	12.62	16.02	18.72	55.3	67.4	4.628	4.747	0.307	0.316	15.09	15.00
	Kieżok Środkowy	0-10	6.9	6.9	6.1	6.2	2.22	2.14	20.71	23.54	22.93	25.68	90.3	91.6	2.521	2.183	0.225	0.204	11.18	10.68
Länder	Kielceń Maj III	0-10	7.5		7.0		1.07		26.27	27.34			96.1		1.857		0.196		9.42	

Mikroelementy w glebach badanych stawów

Zawartość molibdenu w glebie stawów wszystkich gospodarstw wahała się od 0,03 do 0,16 mg/kg gleby, w stawach gospodarstwa Gołysz od 0,03 do 0,10 mg/kg (tabela II).

Największą ilość molibdenu wymiennego zawierały stawy o najcieńszej warstwie mułu, z małą ilością materii organicznej takie jak Nózka,

Tabela II. Zawartość mikroelementów w mg/kg w osadach dennych stawów
a - partie wypływcne stawu; b - partie głębsze stawu

Table II. The content of microelements in mg/kg in bottom deposits of carp ponds
a - shallower parts of ponds; b - deeper parts of ponds

Gospodarstwo Farm	Staw Pond	Głębokość Depth cm	Mo		Cu		Mn	
			a	b	a	b	a	b
Ochaby	Pasieczny	0-10	0.09	0.09	6.1	8.0	67	67
	Wencel	0-10	0.07	0.06	4.5	4.6	42	26
Gołysz	Nózka	0-1	0.10		5.8		36	
		0-10	0.10		4.2		40	
	Pod Badurką	0-1	0.09		8.1		36	
		0-10	0.07		7.4		39	
	Chyliński Mały II	0-1	0.08	0.08	4.0	4.8	58	31
		0-10	0.10	0.08	3.3	4.4	58	41
	Wyszni VI	0-1	0.03	0.04	4.5	3.9	25	27
		0-10	0.03	0.03	2.2	3.2	26	38
	Wyszni II	0-1	0.06	0.05	10.5	7.0	41	32
		0-10	0.06	0.06	4.0	4.6	36	23
Baginiec III	0-1	0.08	0.06	5.6	4.0	46	31	
	0-10	0.05	0.06	3.5	4.0	36	33	
Gorol	0-1	0.04	0.06	3.3	4.4	33	44	
	0-10	0.04	0.06	3.3	4.4	33	44	
Lanck	Księżok Środkowy	0-10	0.16	0.13	7.6	7.4	57	45
	Księżok Mały III	0-10	0.08		7.1		31	

Chyliński Mały II, natomiast najmniejsze ilości molibdenu stwierdzono w stawach wypłyconych, bogatych w materię organiczną, np. Wyszni VI i Wyszni II oraz w stawie Gorol silnie zarośniętym.

Największych ilości molibdenu należało się spodziewać w stawach landeckich, w których osady denne mają odczyn obojętny lub słabo kwaśny. Z dwu badanych tam stawów jednak tylko Księżok Środkowy zawierał znacznie większą ilość molibdenu niż stawy w Gołyszu czy Ochabach. Obydwa badane stawy landeckie położone są w bliskiej odległości od siebie, jedyną cechą różniącą je jest ich stan zagospodarowania. Staw Księżok Środkowy jest słabo zarośnięty i intensywnie nawożony, natomiast staw Księżok Mały III jest nie nawożony, w dużym stopniu zarośnięty przez roślinność podwodną i wynurzoną.

Prawdopodobnie głównym czynnikiem wpływającym na zawartość molibdenu w osadach dennych, oprócz ich naturalnej zasobności w ten składnik i odczynu dna stawowego, jest kultura stawu. W stawach bogatych w materię organiczną, zaszlamionych, z grubą warstwą mułu należy się spodziewać małych ilości molibdenu. Molibden może być wymywany do warstw głębszych albo silnie sorbowany przez materię organiczną. Innym czynnikiem wpływającym na zawartość molibdenu w osadach może być konkurencja roślin wyższych, molibden pobrany przez rośliny po ich obumarciu i przy powolnej mineralizacji może być trudno dostępny.

Biorąc pod uwagę stanowiska i głębokości, z których pobierano próby dna, nie zauważono zasadniczych różnic w występowaniu molibdenu w obrębie jednego stawu. Dla pełniejszego poznania rozmieszczenia tego pierwiastka należałoby oznaczyć jego zawartość w profilu pionowym dna stawu.

Warto nadmienić, że gleby rolne gospodarstw w Gołyszach i Ochabach w doświadczeniach z rzepakiem i lucerną dodatkowo reagowały na nawożenie molibdenem. Rośliny nawożone molibdenem zawierały mniejszą ilość azotanów przy zwiększonej ilości azotu związanego organicznie (E. G o r l a c h, K. G o r l a c h, K a r k a n i s 1965).

Miedź była jedynym mikroelementem stosowanym w tych stawach do zwalczania zakwitów fitoplanktonu. Siarczan miedzi stosowano w 1963 r. na trzech badanych stawach: Wyszni II w dwu dawkach po 3 i 2,5 kg CuSO_4/ha oraz na stawach Baginiec III i Książek Środkowy po 3 kg CuSO_4/ha . Te ilości stosowanej miedzi okazały się za małe dla zwalczania zakwitów zielenic i nie wpłynęły na obniżenie produkcji pierwotnej fitoplanktonu (W r ó b e l 1965).

Zawartość miedzi w badanych stawach wahała się od 2,2 do 10,5 mg/kg gleby. Najwyższą zawartość miedzi stwierdzono w stawie Wyszni II w warstwie 0—1 cm, a więc w stawie, gdzie zastosowano największą ilość siarczanu miedzi do zwalczania zakwitów. We wszystkich stawach, gdzie analizowano osady denne w warstwach 0—1 cm i 0—10 cm, większe ilości miedzi stwierdzono w warstwie 0—1 cm zarówno tam gdzie miedź uprzednio stosowano, jak i tam gdzie jej nie stosowano.

W warstwach 0—10 cm najwięcej miedzi stwierdzono na stanowiskach głębszych, jedynie w stawie Książek Środkowy na stanowisku wypłyconym miedzi było więcej, lecz różnica była nieznaczna.

Nagromadzenie się miedzi w najbardziej biologicznie czynnej warstwie dna 0—1 cm spowodowane jest niewątpliwie sorpcją miedzi z wody oraz jej wypadaniem razem z materią organiczną i w postaci węglanów. To nagromadzenie się miedzi uzależnione jest prawdopodobnie od dwu czynników, a mianowicie od wielkości produkcji pierwotnej w danym stawie oraz od zasobności w miedź wody dopływającej do stawu. W stawach charakteryzujących się małą produkcją materii organicznej takich jak Nózka, Chyliński Mały II, Wyszni VI (stawy nienawożone) i Gorol stwier-

dzono najmniejszą zawartość miedzi mimo, że otrzymują one wodę wprost z donośników. Biorąc pod uwagę dwa stawy w Ochabach, utrzymane w dobrej kulturze i intensywnie nawożone, należy stwierdzić, że dość znacznie się różnią zawartością miedzi. Staw Pasieczny otrzymuje wodę wprost z doprowadzalnika, natomiast staw Wencel jest nawadniany nie z doprowadzalnika, lecz z sąsiedniego stawu. Dlatego wydaje się, że woda do stawu Wencel przychodziła uboga w miedź, ponieważ pierwiastek ten mógł być już wytrącony w stawie poprzednim.

Mangan w badanych stawach występował w granicach 25—67 mg/kg gleby. Największe ilości manganu stwierdzono w stawie Pasieczny (Ochaby), a najmniejsze w stawie Wyszni II, Wyszni VI (Gołysz). W obrębie każdego kompleksu stawów, a nawet w obrębie jednego stawu ilości manganu w osadach są bardzo zróżnicowane. Zawartość manganu zależy przede wszystkim od odczynu gleby stawowej oraz od ilości materii organicznej i stopnia jej zmineralizowania. W stawach, w których zawartość materii organicznej i stosunek C : N różni się nieznacznie, zawartość manganu jest większa w partiach stawu bardziej zakwaszonych (Wencel, Chyliński Mały II, Wyszni II), natomiast w stawach, gdzie nie ma dużych różnic odczynu gleby na stanowiskach wypłyconym i głębokim, zawartość manganu może zależeć od stosunku C : N (Wyszni VI). Te czynniki powodują, że zawartość manganu może być większa w jednym stawie na stanowisku wypłyconym, a w innym na stanowisku głębszym. Te same czynniki mogą powodować różnice w zawartości manganu w warstwie 0—1 cm i w warstwie 0—10 cm.

W zakończeniu bardzo dziękuję Panu Prof. Dr K. Starmachowi i Panu Doc. Dr S. Wróblowi za umożliwienie wykonania tej pracy oraz Panu Dr E. Gorlachowi i Panu Dr R. Wojtasowi za wskazówki metodyczne udzielane w czasie wykonywania pracy.

SUMMARY

Samples of bottom deposits were taken from eleven ponds of the Experimental Fishery Farms belonging to the Laboratory of Water Biology of the Polish Academy of Sciences. Analysis showed the highest degree of acidity in the ponds belonging to the farms Gołysz and Ochaby, while the ponds at Landek showed a slightly acid or neutral reaction (Table I). In a single pond there were marked differences as to the physico-chemical properties of the bottom deposits: in shallow areas of the ponds acidity was stronger, and the quantities of organic matter with a larger ratio C : N were lower than in layers 0—1 cm.

The highest quantities of exchangeable molybdenum were found in ponds with a thin layer of slime, the lowest in shallow ponds rich in organic matter (Table II). Vascular plants might also cause a decrease in molybdenum quantity in the tested pond soils. In ponds strongly overgrown the contents of molybdenum were lower than in those without overgrowing vegetation.

The highest content of copper was found in the pond Wyszni II, treated with copper sulphate in 1963 to prevent water blooms. In all the investigated ponds the contents of copper were higher in the layer of 0—1 cm than in that of 0—10 cm.

The lowest content of copper was found in those ponds where the production of organic matter was also low (unfertilized ones).

Marked differences in manganese contents were found not only between different ponds but also within the area of single ponds. The reaction of pond soil and the degree of mineralization of organic matter exerted an important influence on the content of manganese.

LITERATURA

- Boratyński K., Roszykowska S., Ziętecka M., 1965. O metodach chemicznych (kolorymetrycznych) oznaczania zasobności gleb w mangan przyswajalny dla roślin. Roczn. Glebozn., 15, 1, 167—190.
- Gerasimov P. A., 1937. O vlijani sernokisloj medi na vodorosli grupy *Proto-coccales*. Microbiologija, 6, 1, 37—46.
- Goldman C. R., 1965. Micronutrient limiting factors and their detection in natural phytoplankton populations. Mem. Inst. Ital. Idrobiol., 18, Suppl., 121—135.
- Gorlach E., 1964. O pewnym uproszczeniu metody Grigga oznaczania przyswajalnego molibdenu w glebie. Roczn. Glebozn., 14, 2, 1, 15—26.
- Gorlach E., Gorlach K., Karkanis M., 1965. Reakcja lucerny i rzepaku na nawożenie molibdenem na glebach o różnej zawartości przyswajalnego molibdenu. Roczn. Glebozn., 15, 2, 607—625.
- Guseva K. A., 1940. Dejstvje medi na vodorosli. Microbiologija, 9, 5, 480—490.
- Guseva K. A., 1965. Rol' sinezelenych vodoroslej v vodoeme i faktory ich masovogo razvitja. Ekologija i fizjologija sinezelenych vodoroslej. Moskva-Leningrad, Nauka, 12—33.
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E., 1962. Analiza chemiczno-rolnicza. Gleba i nawozy. Warszawa-Kraków, PWN.
- Pasternak K., 1959. Gleby gospodarstw stawowych dorzecza górnej Wisły. Acta Hydrobiol., 1, 3—4, 221—283.
- Pasternak K., 1964. Gleby stawowe utworzone z utworów pyłowych. Acta Hydrobiol., 7, 1, 1—26.
- Rodhe W., 1949. Die Bekämpfung einer Wasserblüte von *Microcystis* und die gleichzeitige Förderung einer neuen Hochproduktion von *Pediastrum* im See Norrviken bei Stockholm. Verhandl. Intern. Ver. theoret. and angew. Limnol., 10, 372—376.
- Stangenberg M., 1938. Warunki produkcji w stawach. I. Skład chemiczny wody stawów. Rozpr. i Sprawozd. IBLP, ser. A, 34.
- Stangenberg-Oporowska K., 1961. Studia nad chemizmem wód stawów karpowych w Miliczu. Polskie Arch. Hydrobiol., 9 (22), 37—157.
- Wróbel S., 1965 a. Przyczyny i następstwa eutrofizacji stawów. Acta Hydrobiol., 7, 1, 27—52.
- Wróbel S., 1965 b. Skład chemiczny wody stawów południowej Polski. Acta Hydrobiol., 7, 4, 303—316.

Adres autora — Author's address

mgr Stanisław Lewkowicz

Gospodarstwa Doświadczalne Zakładu Biologii Wód w Golyszu, poczta Chybie, pow. Cieszyn.