

STANISŁAW UZIAK, ZBIGNIEW KLIMOWICZ

NATLENIE, POTENCJAŁ OKSYDOREDUKCYJNY I ZAWARTOŚĆ  
ŻELAZA W GLEBACH ŁĄKOWYCH ZALEWANYCH ŚCIEKAMI  
MIEJSKIMI

Zakład Gleboznawstwa UMCS w Lublinie

Zagadnienie potencjału redox, a także roli substancji organicznej, związków żelaza i manganu w procesach oksydoredukcyjnych zachodzących w glebach nie jest nowe w literaturze gleboznawczej. Poświęcono im wiele prac, zwłaszcza w okresie po drugiej wojnie światowej [na przykład 2, 3, 4, 5, 10, 11, 19, 20, 21, 23, 24, 29, 30, 31]. Wspomniane procesy odgrywają ważną rolę w wielu glebach, a w szczególności w hydrogenicznych, nawadnianych (np. przy uprawie ryżu) czy też biellicowych. Cenną pozycją jest przeglądowa praca P o n n a m p e r u m y [25] dotycząca chemizmu gleb zalewanych.

Po roku 1950 rozpoczęto badania dotyczące procesu mikrodyfuzji tlenu w glebach [1, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 17, 18, 27, 28]. Znajomość tego procesu jest ważna przy wykorzystywaniu głównie gleb hydrogenicznych oraz wszelkich gleb nawadnianych. Ustalono również, mimo pewnych rozbieżności w wynikach, wartości krytyczne, a także optymalne mikrodyfuzji tlenu dla wielu roślin.

Niniejsza praca zawiera wyniki badań prowadzonych w 1975 r. w dolinie Bystrzycy na glebach łąkowych zalewanych ściekami miasta Lublina. W poprzednich latach były tam prowadzone badania nad wpływem nawadniania ściekami na środowisko glebowe i produktyjność łąk.

Należy podkreślić, że w literaturze krajowej brak jest niemal zupełnie prac poświęconych powyższemu zagadnieniu w odniesieniu do gleb zalewanych ściekami [8].

## TEREN BADAŃ, MATERIAŁ I METODYKA

Badania wykonano na dwu kwaterach: zalewanej i nie zalewanej (kontrolnej). Kwatery założono w 1972 r. (w celu badania produktyjności łąk) po uprzednim wyrównaniu i zagospodarowaniu terenu. Na

każdej z kwater występowały mady lekkie oraz mady średnie próchniczne (czarne ziemie aluwialne). Różniły się one dość znacznie właściwościami. Pierwsze miały poziom  $A_1$  miąższości około 5–15 cm i 1–3% próchnicy, drugie zawierały 5–10% próchnicy w poziomie  $A_1$  o miąższości 30–50 cm, a nawet powyżej. Odczyn (pH w KCl) wykazywały na ogół obojętny. Dane dotyczące szczegółowej charakterystyki omawianych gleb znaleźć można w naszym opracowaniu na temat produktywności łąk [32].

Kwaterna nawadniana była zalewana 4-krotnie w 1975 r.: 15.IV dawką 180 mm, 3.VII dawką 150 mm, 25.IX dawką 150 mm i czwarty raz 27.X dawką 180 mm.

Ścieki odznaczają się dużą zawartością związków organicznych, azotu ogólnego (głównie organicznego) oraz potasu.

Na każdej kwaterze wybrano po dwa miejsca, reprezentujące oba rodzaje gleb, na których wykonywano (w polu) oznaczenia potencjału oksydoredukcyjnego i mikrodyfuzji tlenu. Na kwaterze nie zalewanej był to profil 1 (mady lekkie) i profil 3 (mady średnie próchniczne), na kwaterze zalewanej — profil 8 (mady lekkie) i profil 2 (mady średnie próchniczne).

Oznaczenia potencjału redox wykonano na głębokości 5, 20, 45, 70 i 100 cm. Z analogicznych głębokości pobrano również świdrem do metalowych szczelnych naczynek próbki gleb do oznaczeń zawartości żelaza i wilgotności. Pomiary ODR wykonano na głębokości 5 i 20 cm. Ponadto dokonano pomiarów głębokości lustra wody gruntowej (w 4 studzienkach).

Rozmieszczenie profiliów na kwaterach przedstawiono we wspomnianym poprzednio opracowaniu [32].

Wszystkie pomiary (wraz z pobraniem próbek) wykonano w okresie wegetacyjnym (IV–XI), w różnych odstępach czasu od dnia zalewu ściekami (pierwszy pomiar wykonano przed zalewem). Szczególną uwagę zwrócono na okres wiosenny, tj. rozwoju i wzrostu traw tzw. pierwszego pokosu (między I a II zalewem).

Przy pomiarze potencjału redox i ODR posługiwano się uniwersalnym miernikiem do badania elektrochemicznych właściwości gleb, skonstruowanym i wykonanym w 1973 r. w Oddziale Lubelskim Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego przy udziale Zakładu Agrofizyki PAN w Lublinie. Oznaczenia ODR wykonano przy użyciu 10 elektrod platynowych (wtopionych w szklane rurki). Elektroda porównawczą przy obu pomiarach (redox i ODR) była elektroda kalomelowa.

Zasada metody pomiaru potencjału oksydoredukcyjnego podana jest w różnych opracowaniach [np. 26], natomiast zasada pomiaru ODR oparta jest na pracy L e m o n a i E r i c k s o n a [17].

Oznaczenie form żelaza ( $Fe^{3+}$  i  $Fe^{2+}$ ) w wyciągu 0,1 N  $H_2SO_4$  wykonano w próbkach świeżych (wyniki przeliczano na suchą masę) według

metody Kazarinowej-Okninej w modyfikacji Koptiewej z  $\alpha\alpha'$ -dwupirydyłem [12]. Wyciąg w rozcieńczonym  $H_2SO_4$  jest używany dość powszechnie do oznaczeń różnych form żelaza [21, 22, 29], choć stosowane są nieraz wyciągi w mocniejszym  $H_2SO_4$  [16].

Do oznaczeń formy  $Fe^{2+}$  należy podchodzić z pewną rezerwą ze względu na możliwości jego przemian i przechodzenia w  $Fe^{3+}$  w wyniku utleniania w czasie transportu próbek, jak również w czasie oznaczeń. Wskazują na to niektóre prace typu metodycznego poświęcone oznaczeniom różnych form żelaza [9].

Tabela 1

Niektóre dane klimatyczne dla Lublina w okresie wegetacyjnym 1975 r. według pomiarów Obserwatorium Meteorologicznego Zakładu Meteorologii i Klimatologii UMCS w Lublinie  
 Some climatic data for Lublin according to measurements of the Meteorological Observatory and the Department of Meteorology and Climatology, M.Curie Skłodowska University in Lublin

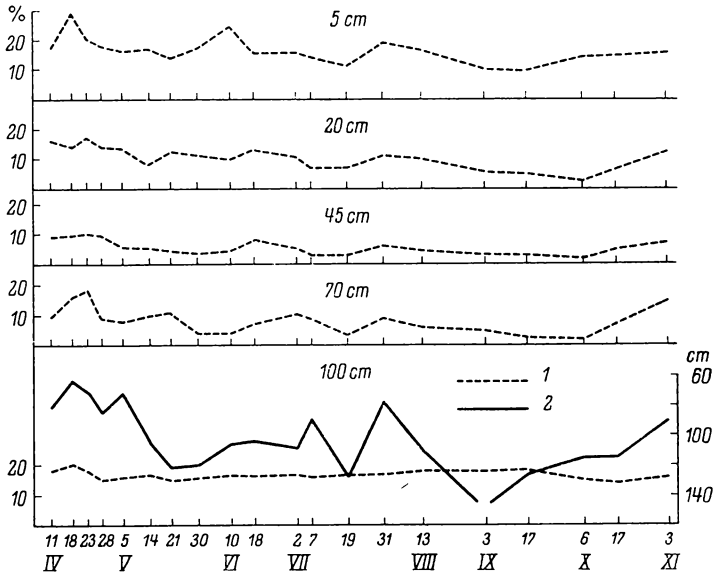
Dekada Ten-day period	Miesiące - Months									
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Dekadowe i miesięczne sumy opadów w mm - Ten-day and monthly rainfalls in mm										
1	0	6,6	32,0	20,8	0	7,7	11,0	25,7	0,5	
2	1,5	34,9	14,0	36,9	28,3	45,8	10,4	24,3	4,7	
3	10,3	5,1	15,7	30,2	96,0	2,1	5,2	3,1	1,7	
Suma - Sum	11,8	46,6	61,7	87,9	124,3	55,6	26,6	53,1	6,9	
Średnie temperatury dzienne powietrza dekadami i miesiącami w °C Mean daily air temperatures in particular ten-day and monthly periods in °C										
1	6,7	8,8	14,1	12,4	20,2	20,1	16,0	10,8	5,5	
2	5,6	5,2	19,4	18,3	21,2	17,5	16,3	6,7	0,9	
3	2,8	8,8	14,9	19,1	19,1	20,7	16,1	7,0	-2,5	
Miesiąc - Month	4,9	7,6	15,6	16,6	19,5	18,8	16,1	7,9	1,3	

Wilgotność gleb określono metodą suszarkową. Wyniki podano w procentach w stosunku do suchej masy, z wyjątkiem profilu 2 — na głębokości 70 cm (silnie próchniczny), w którym wyniki przeliczono na próbkę wilgotną. Wyniki pomiarów w terenie oraz laboratoryjnych zilustrowano na wykresach (rys. 1-16).

Dla ułatwienia interpretacji oznaczeń wilgotności badanych gleb załączono tabelę, w której zawarte są dane dotyczące głównych elementów klimatycznych (opadów i temperatury), zaczerpnięte ze Stacji Meteorologicznej Zakładu Meteorologii i Klimatologii UMCS w Lublinie. Jest to najbliższa stacja meteorologiczna od miejsca badań (około 10 km). Pomiarów elementów klimatycznych na badanym obiekcie Zakład Meteorologii i Klimatologii UMCS prowadził tylko w latach 1972-1974.

## WYNIKI BADAŃ

Poziom wody gruntowej i wilgotność gleb. Na kwaterze nie zalewanej poziom wody gruntowej (rys. 1 i 2) był niższy niż na kwaterze zalewanej. Kształtował się on w granicach około 65–140 cm (w madach próchnicznych był minimalnie niższy niż w lekkich). Wahań poziomu wody gruntowej miały w madach nie zalewanych na ogół podobny przebieg, choć w madach lekkich były one w lecie nieco większe niż w próchnicznych.



Rys. 1. Wilgotność gleby i poziom wody gruntowej w madach lekkich nie zalewanych (profil 1)

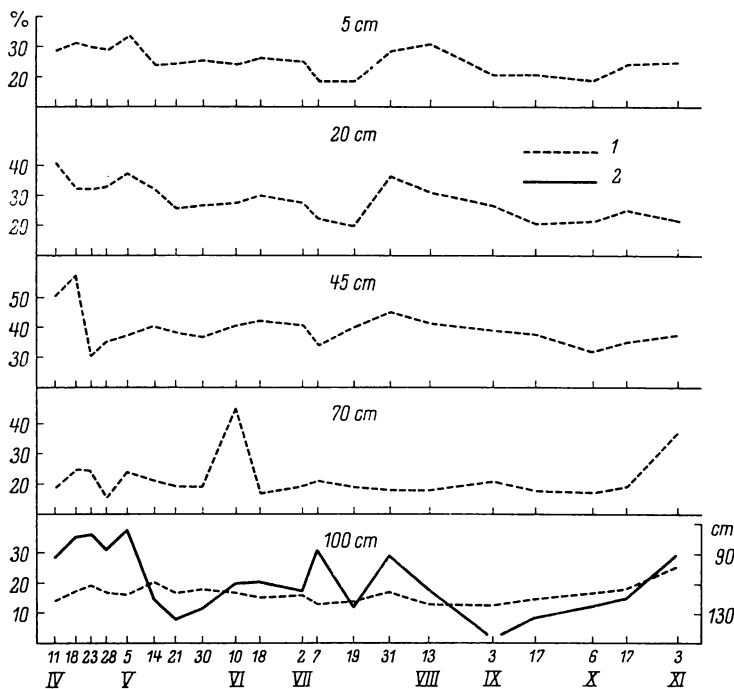
1 — wilgotność gleby w procentach, 2 — poziom wody gruntowej

Soil moisture and ground water level in non flooded light alluvial soils (profile 1)

1 — soil moisture, %, 2 — ground water level

W obu rodzajach mad zalewanych (rys. 3 i 4) przebieg wahań poziomu wody był także podobny, ale wahań były znacznie większe niż na kwaterze nie zalewanej. W madach próchnicznych poziom wody kształtował się w przedziałach około 10 cm (3 dni po zalewie) do 140 cm, w madach lekkich zaś w granicach 40–140 cm.

Wilgotność gleb kształtowała się różnie, w dużym stopniu zależnie od zawartości substancji organicznej i składu mechanicznego mad. W madach lekkich (nie zalewanych i zalewanych, rys. 1 i 3), zawartość wody była największa w poziomie 5 cm i 100 cm (do około 20% i więcej). W poziomach środkowych była ona dużo niższa (2–3% do około 15%). Na głębokości 5 cm wahań zawartości wody w ciągu okresu we-



Rys. 2. Wilgotność gleby i poziom wody gruntowej w madach próchnicznych nie zalewanych (profil 3) objaśnienia jak w rys. 1

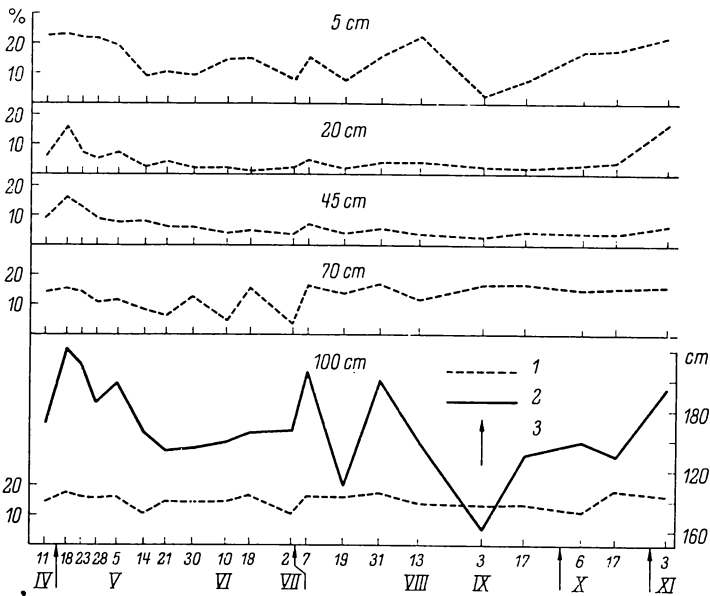
Soil moisture and ground water level in non-flooded humous alluvial soils (profile 3) denotations — as in Fig. 1

getacyjnego były na ogół nieduże, znacznie mniejsze były one w poziomach środkowych, a na głębokości 100 cm — zmian niemal brak.

W madach próchnicznych, zwłaszcza w profilu 2, zawartość wilgoci była znacznie wyższa niż w madach lekkich, wykazując przy tym spore różnice w poszczególnych poziomach. W madzie nie zalewanej (profil 3 — rys. 2) w poziomie próchnicznym (do 50 cm) wynosiła ona około 25–40%, a na głębokości 70 i 100 cm — od 15 do około 25% (sporadycznie nawet dużo więcej). W madzie zalewanej (profil 2 — rys. 4) wilgotność wynosiła w górnym i środkowych poziomach 30–50%, na głębokości 70 i 100 cm przekraczała znacznie powyższe wartości (w przeliczeniu na suchą masę; w przeliczeniu na objętość gleby wynosiła ona na głębokości 70 cm 15–50%, a nawet powyżej 80%). Wahania sezonowe w madach próchnicznych były we wszystkich poziomach dużo większe niż w madach lekkich, w szczególności na głębokości 70 cm (na obu kwartałach; na głębokości 100 cm w profilu 3 były one małe).

Wydatek dyfuzji tlenu (ODR). Na podstawie rys. 5–8 można stwierdzić, że w ciągu całego badanego okresu wartość ODR ulegała we

wszystkich glebach i w obu poziomach dużym wahaniem. Szczególnie duże wahania panowały na głębokości 5 cm. Na głębokości 20 cm wahania były mniejsze, znacznie też niższe były wartości ODR; nie przekraczały one  $30 \text{ g} \cdot 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$  (z wyjątkiem okresu letniego w madzie próchnicznej zalewanej). Na ogół wahania wartości ODR były w madach zalewanych większe niż w nie zalewanych. Nie zawsze wysokiemu poziomowi wody gruntowej odpowiadały najniższe wartości ODR.



Rys. 3. Wilgotność gleby i poziom wody gruntowej w madach lekkich zalewanych (profil 8)

1 i 2 — jak w rys. 1, 3 — terminy zalewów kwatery ściekami

Soil moisture and ground water level in flooded light alluvial soils (profile 8)  
1 and 2 — as in Fig. 1, 3 — flooding dates of the area with waste waters

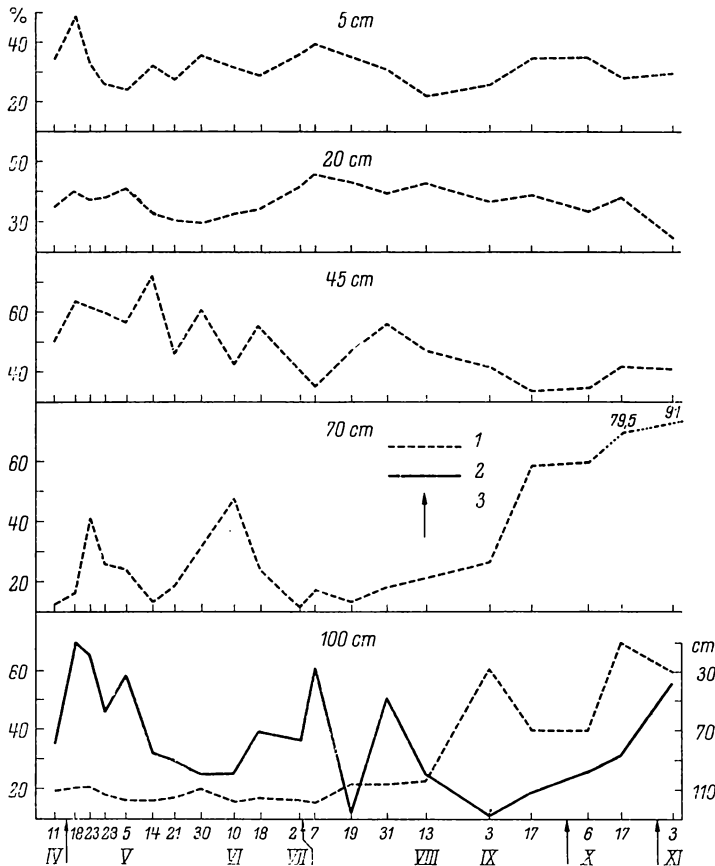
Wiosną na głębokości 5 i 20 cm wartości ODR w madach zalewanych były podobne, przy czym w madach próchnicznych dosyć niskie. Niskie wartości ODR, głównie w poziomie 20 cm, w lecie (np. 19.VII i 3.IX) w madach nie zalewanych oraz w madach lekkich zalewanych były związane z opadami atmosferycznymi.

Potencjał oksydo-redukcyjny (Eh). Wahania wartości Eh były w glebach zalewanych większe niż w nie zalewanych (rys. 9–12). Wynosiły one w madach lekkich zalewanych 150–550 mV, w lekkich nie zalewanych przeważnie 350–550 mV i w próchnicznych nie zalewanych na ogół 400–550 mV. W glebach zalewanych (na wszystkich głębokościach) duże wahania wartości Eh miały miejsce wiosną i po zalewach. W okresach między zalewami wahania są znacznie mniejsze, z wyjątkiem

mad próchnicznych zalewanych (na głębokości 100 cm) między I i II zalewem.

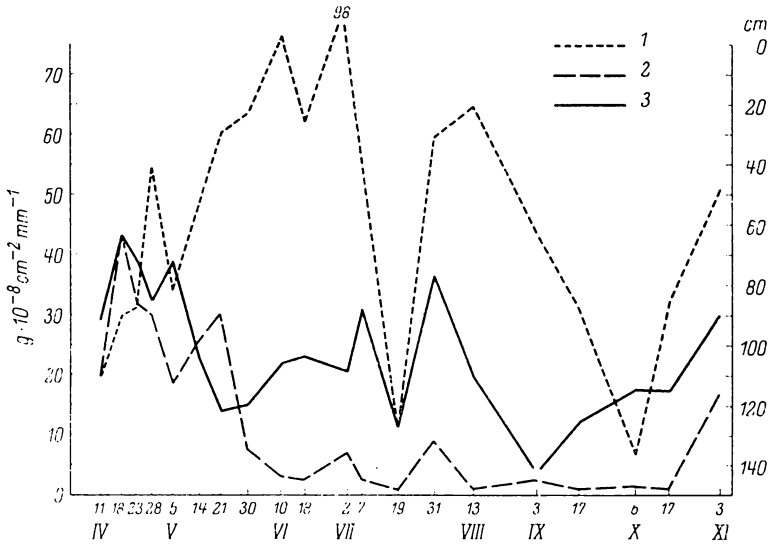
W madach próchnicznych zalewanych najniższe wartości Eh wykazywały wiosną poziomy 5, 70 i 100 cm, a na początku lata — poziom 100 cm. W końcu lata i w jesieni najwyższe wartości miał poziom 20 cm. W madach lekkich zalewanych najniższe wartości Eh wykazywały, podobnie jak w próchnicznych, poziomy 5, 70 i 100 cm. W okresie między zalewami najwyższe wartości miały poziomy 70 i 100 cm, najniższe zaś — dość często poziom 20 cm.

W glebach lekkich nie zalewanych wahania wartości Eh były większe niż w próchnicznych, przy czym najwyższe wartości wykazywały poziomy 100 i 70 cm, najniższe — poziom 5 cm. W madach próchnicznych nie zalewanych prawidłowość powyższa jest mniej zaznaczona.



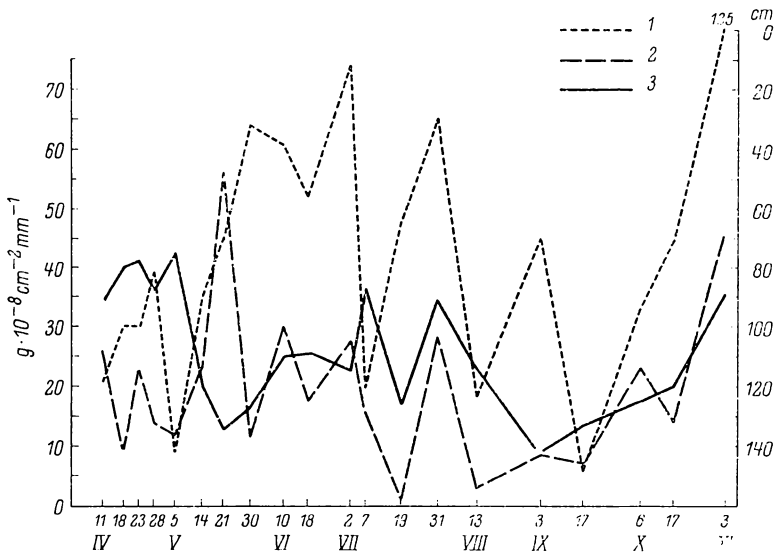
Rys. 4. Wilgotność gleby i poziom wody gruntowej w madach próchnicznych zalewanych (profil 2) objaśnienia jak w rys. 3

Soil moisture and ground water level in flooded humus alluvial soils (profile 2) denotations — as in Fig. 3



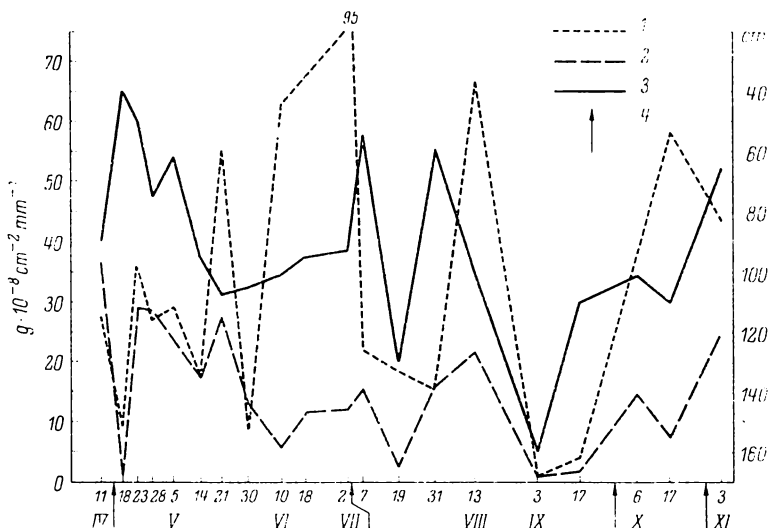
Rys. 5. Wydatek dyfuzji tlenu w madach lekkich nie zalewanych (profil 1)  
1 — głębokość 5 cm, 2 — głębokość 20 cm, 3 — poziom wody gruntowej

Oxygen diffusion rate in non-flooded light alluvial soils (profile 1)  
1 — depth of 5 cm, 2 — depth of 20 cm, 3 — ground water level



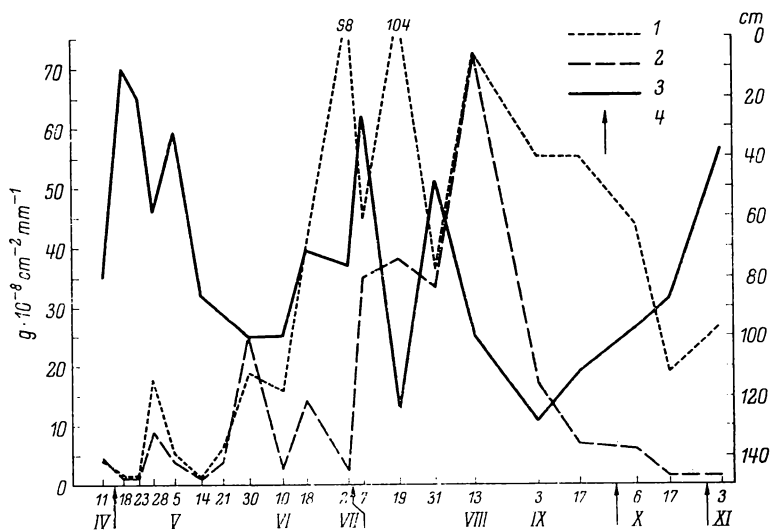
Rys. 6. Wydatek dyfuzji tlenu w madach próchnicznych nie zalewanych (profil 3)  
objaśnienia jak w rys. 5

Oxygen diffusion rate in non-flooded humous alluvial soils (profile 3)  
denotations — as in Fig. 5



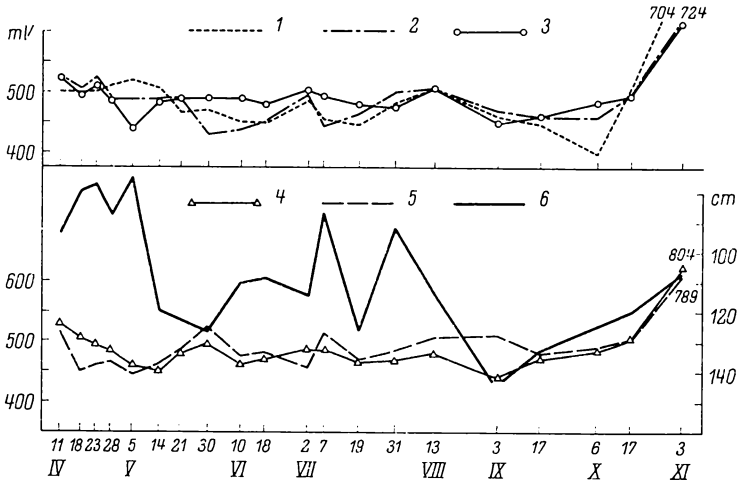
Rys. 7. Wydatek dyfuzji tlenu w madach lekkich zalewanych (profil 8)  
 1, 2, 3 — jak w rys. 5, 4 — terminy zalewów kwatery ściekami

Oxygen diffusion rate in flooded light alluvial soils (profile 8)  
 1, 2, 3 — as in Fig. 5, 4 — flooding dates of the area with waste waters



Rys. 8. Wydatek dyfuzji tlenu w madach próchnicznych zalewanych (profil 2)  
 objaśnienia jak w rys. 7

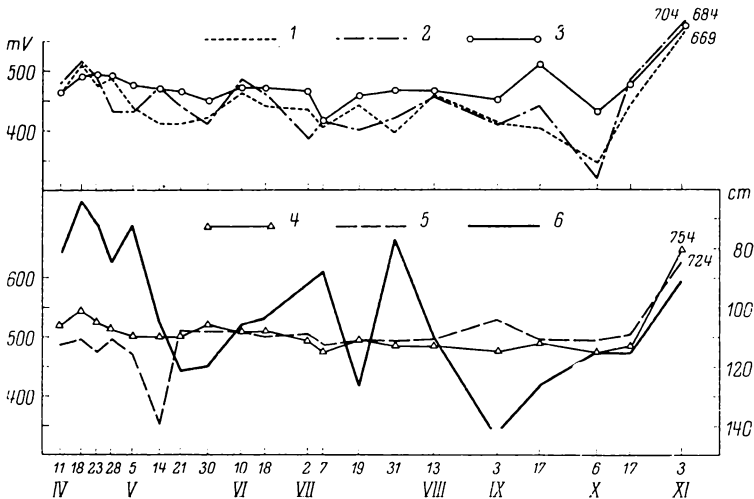
Oxygen diffusion rate in flooded humous alluvial soils (profile 2)  
 denotations — as in Fig. 7



**Rys. 9.** Potencjał oksydoredukcyjny w madach lekkich nie zalewanych (profil 1)  
 1 — głębokość 5 cm, 2 — głębokość 20 cm, 3 — głębokość 45 cm, 4 — głębokość 70 cm, 5 — głębokość 100 cm, 6 — poziom wody gruntowej

Redox potential in non-flooded light alluvial soils (profile 1)

1 — depth of 5 cm, 2 — depth of 20 cm, 3 — depth of 45 cm, 4 — depth of 70 cm, 5 — depth of 100 cm, 6 — ground water level

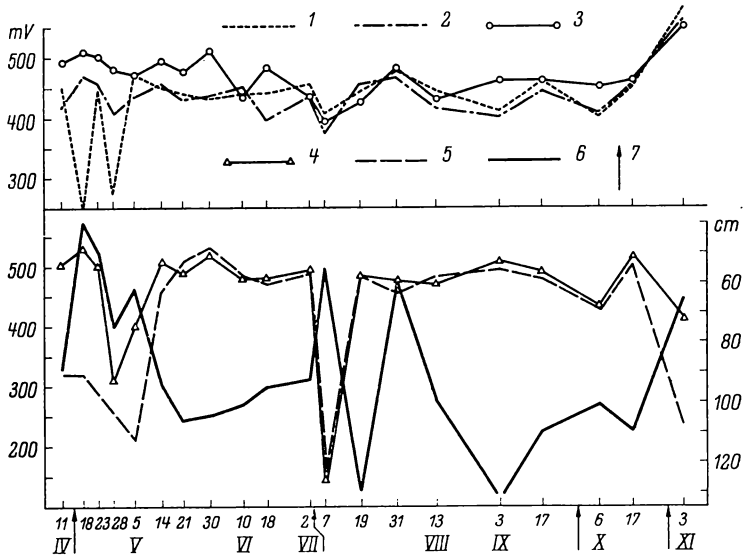


**Rys. 10.** Potencjał oksydoredukcyjny w madach próchnicznych nie zalewanych (profil 3)

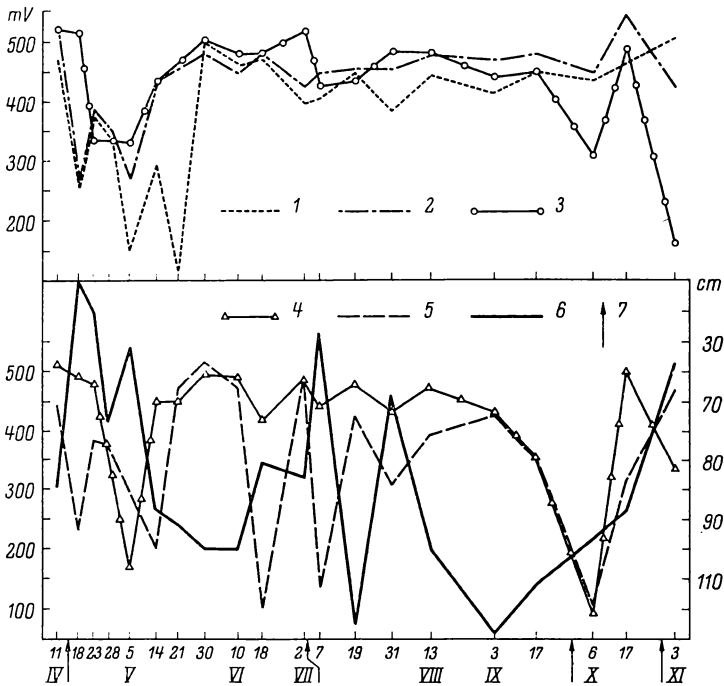
objaśnienia jak w rys. 9

Redox potential in non-flooded light alluvial soils (profile 3)

denotations — as in Fig. 9



Rys. 11. Potencjał oxydoredukcyjny w madach lekkich zalewanych (profil 8)  
 1-6 — jak w rys. 9, 7 — terminy zalewów kwatery ściekami  
 Redox potential in flooded light alluvial soils (profile 8)  
 1-6 — as in Fig. 9, 7 — flooding dates of the area with waste waters

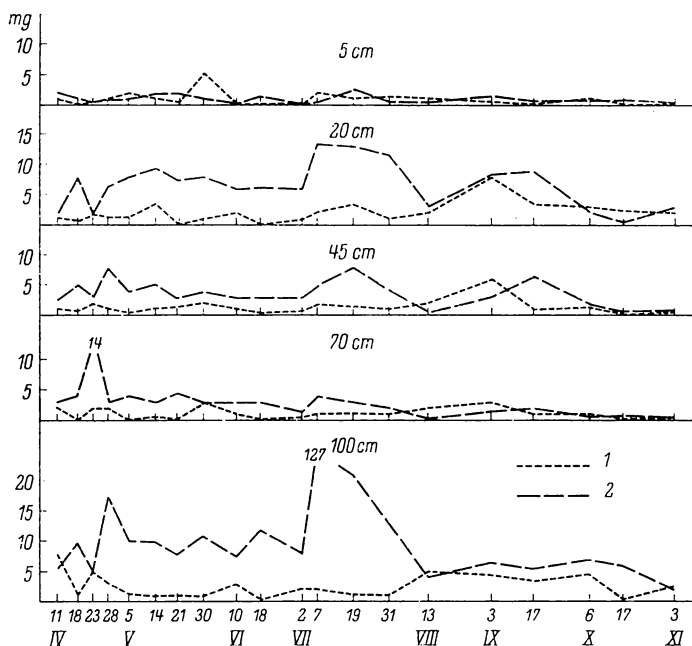


Rys. 12. Potencjał oxydoredukcyjny w madach próchnicznych zalewanych (profil 2)  
 objaśnienia jak w rys. 11  
 Redox potential in flooded humous alluvial soils (profile 2)  
 denotations — as in Fig. 11

Należy podkreślić, że w madach zalewanych niższemu poziomowi wody gruntowej odpowiadały na ogół wyższe wartości Eh. W glebach nie zalewanych była również podobna tendencja, chociaż mniej wyraźna, zwłaszcza w madach próchnicznych.

Związki żelaza ( $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$ ). Występują one w glebach w różnych ilościach, głównie w zależności od rodzaju i poziomu gleby, w małym natomiast stopniu zależnie od zalewów.

W madach lekkich nie zalewanych (profil 1) związki żelaza występują w małych ilościach;  $\text{Fe}^{2+}$  waha się od 0 do 5 mg/100 g gleby,  $\text{Fe}^{3+}$  jest więcej — do około 10 mg/100 g gleby (niekiedy nawet więcej).

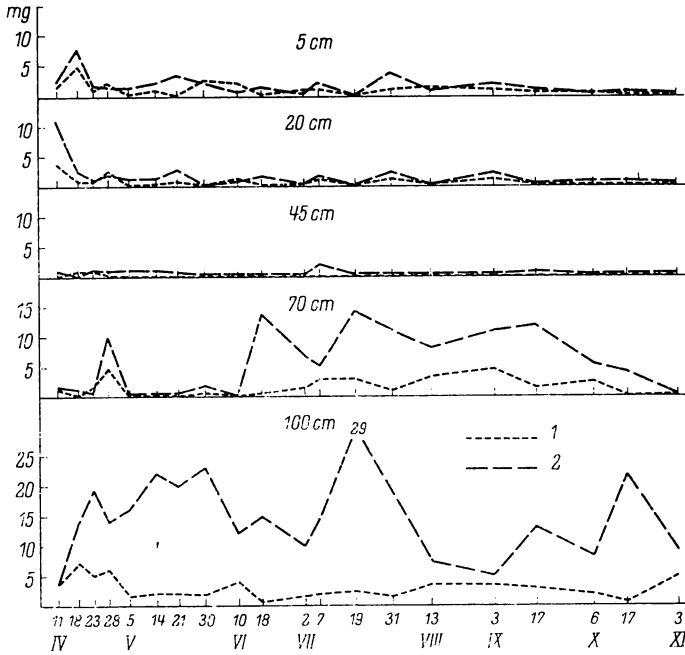


Rys. 13. Zawartość żelaza w madach lekkich nie zalewanych (profil 1)  
1 —  $\text{Fe}^{2+}$ , 2 —  $\text{Fe}^{3+}$

Iron content in non-flooded light alluvial soils (profile 1)  
1 —  $\text{Fe}^{2+}$ , 2 —  $\text{Fe}^{3+}$

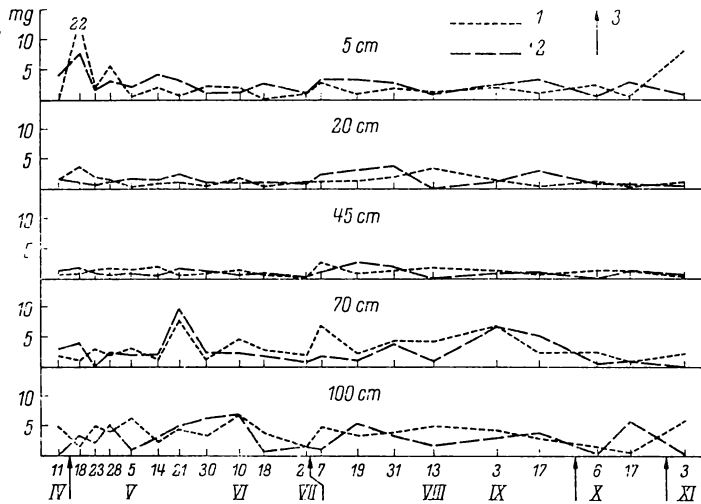
Szczególnie małe ilości obu form żelaza stwierdzono na głębokości 5 cm, głębiej ilości są nieco większe. Prawie brak jest zróżnicowania ilości  $\text{Fe}^{2+}$  w poszczególnych terminach badań. Wahania w zawartości  $\text{Fe}^{3+}$  były na ogół małe, choć większe niż  $\text{Fe}^{2+}$ , przy czym w ich wahaniami trudno dopatrzeć się określonych prawidłowości.

W madach lekkich zalewanych (profil 8) w poziomie 5 cm ilości obu form żelaza są nieco wyższe, zwłaszcza po pierwszym zalewie, niż w poziomie 5 cm profilu 1. Można sądzić, że na ilość żelaza wpłynęło nawodnienie. Na głębokości 20 i 45 cm zawartość żelaza jest niższa niż na



Rys. 14. Zawartość żelaza w madach próchnicznych nie zalewanych (profil 3) objaśnienia jak w rys. 13

Iron content in non-flooded humous alluvial soils (profile 3)  
denotations — as in Fig. 13

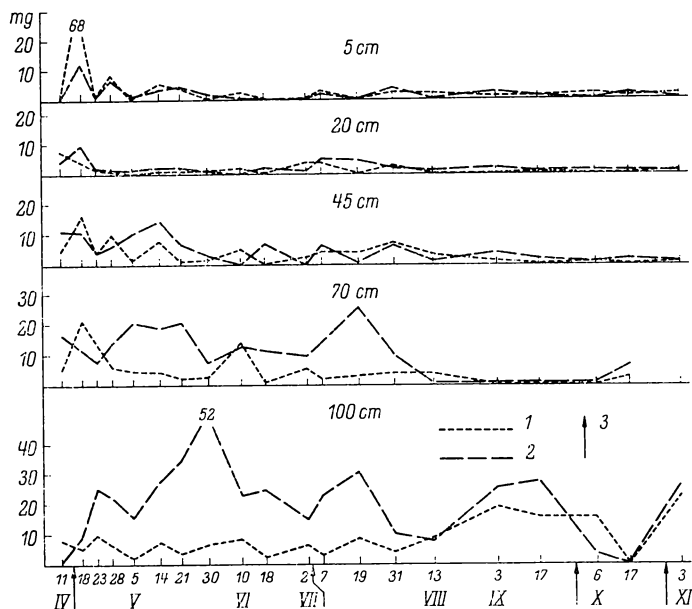


Rys. 15. Zawartość żelaza w madach lekkich zalewanych (profil 8)  
1, 2 — jak w rys. 13, 3 — terminy zalewów kwatery ściekami

Iron content in flooded light alluvial soils (profile 8)  
1 and 2 — as in Fig. 13, 3 — flooding dates of the area with waste waters

głębokości 5 cm czy też w analogicznych poziomach profilu 1. W warstwach dolnych (70 i 100 cm) ilość żelaza wzrasta w stosunku do wyższych warstw, ale na ogół nie odbiega zbyt od zawartości żelaza w podobnych poziomach profilu 1. Wahania w ilości żelaza raczej nie mają określonych prawidłowości.

Mady próchniczne nie zalewane (profil 3) odznaczały się niemal śladowymi ilościami obu form żelaza w poziomie próchnicznym (do 50 cm). W dolnych warstwach ilości  $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$  zbliżały się do ilości odpowiadających poziomów profilu 1, choć wahania w ilości nie pokrywały się w terminach. Większym ilościom  $\text{Fe}^{3+}$  w poziomie 100 cm odpowiadały często niskie stany wody gruntowej; podobnie było w madzie próchnicznej zalewanej (profil 2).



Rys. 16. Zawartość żelaza w madach próchnicznych zalewanych (profil 2)  
objaśnienia jak w rys. 15

Iron content in flooded humous alluvial soils (profile 2)  
denotations — as in Fig 15

W madach próchnicznych zalewanych (profil 2) w poziomie 5 cm ilość żelaza była trochę większa niż w próchnicznych nie nawadnianych, w szczególności po pierwszym zalewie i ogólnie na wiosnę. W poziomach 70 i 100 cm ilości obu form żelaza są znacznie wyższe niż w pozostałych trzech profilach.  $\text{Fe}^{2+}$  dochodzi od 2–3 mg do 20 mg/100 g gleby,  $\text{Fe}^{3+}$  — od około 10 do 30 mg/100 g gleby. Najmniejsze ilości żelaza obu form obserwowano na głębokości 20 cm.

## DYSKUSJA

Uzyskane wyniki trudno porównywać z wynikami badań innych autorów. Wiele badań było bowiem prowadzonych, w przeciwieństwie do naszych, w warunkach laboratoryjnych [10, 23, 24, 31]. Niektóre z prac oparte są na oznaczeniach ODR czy Eh wykonanych w jednym terminie [13, 15, 28]. Ponadto w grę wchodzi również różnice we właściwościach fizykochemicznych badanych gleb oraz różnice w metodyce badań.

Interesujące są wyniki badań Gawlika i in. [8], gdyż dotyczą podobnego zagadnienia. Autorzy stwierdzili, że ścieki z cukrowni nie wywierają ujemnego wpływu na właściwości badanych gleb. Stosunki wodno-powietrzne były zakłócone jedynie okresowo (późną jesienią w czasie kampanii cukrowniczej), co nie miało wpływu na vegetację roślin w roku następnym. Wykazali oni także, że wartości ODR były dodatnio skorelowane z objętością porów zajętych przez powietrze, ujemnie natomiast z wilgotnością gleby. Eh zależało od poziomu wody gruntowej.

Nasze badania są w wielu miejscach zbieżne z przytoczonymi wyżej. Zalewanie ściekami wpływało na obniżenie wartości ODR na bardzo krótko. W powierzchniowej warstwie gleby (około 5 cm) panują, ze względu na ODR, korzystne warunki rozwoju korzeni traw (z wyjątkiem mąd próchnicznych zalewanych w okresie wiosny). Poziom głębszy (20 cm), biorąc pod uwagę ustalone normy ODR, nie zawsze wykazuje optymalne warunki rozwoju korzeni. Nie jest to jednak większym problemem, gdyż główna masa korzeni traw znajduje się w badanych glebach w warstwie do 5 cm [32].

Warto przypomnieć, że optymalne wartości ODR wynoszą dla niektórych traw około  $40 \text{ g} \cdot 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ , przy wartościach niższych od  $30\text{--}40 \text{ g} \cdot 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$  zmniejsza się przyswajanie składników pokarmowych przez rośliny, poniżej  $20 \text{ g} \cdot 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$  korzenie roślin nie rosną [6, 18, 27].

Nawadnianie wpływało na warunki oksydacyjno-redukcyjne tylko w sposób krótkotrwały. Wartości Eh poniżej 200 mV pojawiały się po niektórych zalewach, a także wiosną w poziomie 5 cm oraz w dolnych warstwach. Wielkość potencjału poniżej 200 mV uważana jest za wskaźnik silnej anaerobiozy i procesów redukcyjnych [26], a w przedziałach 200–400 mV wskazuje na istnienie warunków redukcyjnych [25]. Należy przy tym dodać, że według Ponnamperuma i Castro niski potencjał nie jest szkodliwy dla korzeni ryżu, niebezpieczne jest natomiast nałożenie się niskiego potencjału na słaby drenaż gleby [24].

Ponnamperuma na podstawie badań własnych i obszernej literatury, dotyczącej głównie zalewów długotrwałych (przy uprawie ryżu), podaje,

że zalew gleby powoduje w niej, obok zmian stosunków powietrznych, duże zmiany elektrochemiczne, jak spadek potencjału redox, wzrost pH w glebach kwaśnych i spadek w glebach alkalicznych, zmiany w sorpcji jonów i wiele innych [25]. Z licznych badań prowadzonych w warunkach laboratoryjnych, między innymi przez Mandala [19], Motomurę [21], Olomu i in. [23], Ponnampereumę i Castro [24], Ponnampereumę [25], Takai i in. [30] oraz Turnera i Patricia [31] wynika, że procesy redukcyjne wskutek zalania gleby wodą rozpoczynają się bardzo szybko (azotany ulegają redukcji po około jednym dniu), ale nasilenie ich występuje zwykle po kilku dniach. Można zatem sądzić, że krótkotrwałe (1–2 dni) zalewy ściekami badanych gleb nie wywołują tak dużych zmian w ich właściwościach fizykochemicznych, zwłaszcza w madach lekkich. Przemawiają za tym wielkość Eh, a także zawartość obu form żelaza.

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Poziom wody gruntowej był w badanych madach zmienny, szczególnie w glebach nawadnianych. Przebieg wahań poziomu wody miał w glebach obu kwater podobny charakter, choć w nawadnianych wahania były znacznie większe.

2. Zawartość wilgoci w poszczególnych poziomach i rodzajach gleby była bardzo zróżnicowana pod względem ilościowym, a także, choć w mniejszym stopniu, zmienna w czasie. Duży wpływ na jej zawartość wywierała ilość substancji organicznej oraz skład mechaniczny.

3. Wartości ODR ulegały w badanych glebach w poszczególnych terminach bardzo dużym wahaniom, szczególnie w poziomie 5 cm. Potwierdziły one, że powierzchniowa warstewka gleby jest ogromnie zmienna pod względem warunków natlenienia. Na głębokości 20 cm wartości ODR były często niskie w glebach obu kwater, przy równocześnie wysokich w poziomie 5 cm. Zalewy gleb ściekami obniżały wartości ODR tylko na krótki okres (do kilku dni).

4. Na ogół nie było w badanych glebach (we wszystkich poziomach) bardzo niskich wskazań wartości Eh, z wyjątkiem wczesnej wiosny oraz dolnych poziomów mad zalewanych, zwłaszcza próchnicznych, w lecie i jesienią. Zwykle wyższemu poziomowi wody gruntowej odpowiadały niższe wartości Eh, w szczególności w madach zalewanych.

5.  $\text{Fe}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$  występują w glebach w różnych ilościach (pierwsze w mniejszych od drugiego), głównie w zależności od rodzaju i poziomu gleby, w niewielkim natomiast stopniu — od zalewów; na ogół nie zależą też od wilgotności gleby. Wahania zawartości obu form żelaza we wszystkich poziomach nie wykazują określonych tendencji czy prawidłowości. Jedynie w madach próchnicznych (obu kwater) na głębokości 100 cm niskim stanom wody gruntowej odpowiadały większe ilości  $\text{Fe}^{3+}$

## LITERATURA

- [1] Armstrong W.: The relationship between oxidation-reduction potentials and oxygen diffusion levels in some waterlogged organic soils. *J. Soil Sci.* 18, 1967, 27-34.
- [2] Bloomfield C.: The distribution of iron and aluminium oxides in gley soils. *J. Soil Sci.* 3, 1952, 167-171.
- [3] Boćko J.: Przemieszczanie żelaza w glebie nawadnianej ściekami. *Zesz. nauk. WSR we Wrocławiu, Melioracja V*, 1965, 209-217.
- [4] Brümmer G.: Redoxpotentiale und Redoxprozesse von Mangan, Eisen und Schwefelverbindungen in hydromorphen Böden und Sedimenten. *Geoderma* 12, 1974, 207-222.
- [5] Collins J. F., Buol S. W.: Effects of fluctuations in the Eh, pH environment on iron and/or manganese equilibria. *Soil Sci.* 110, 1970, 111-118.
- [6] Erickson A. E., Van Doren D. M.: The relation of plant growth and yield to soil oxygen availability. *Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci., Madison, III*, 1960, 428-434.
- [7] Gawlik J.: Wpływ uwilgotnienia i napowietrzenia gleb na przebieg procesu mikrodyfuzji tlenu (ODR) w niektórych glebach hydrogenicznym i bieliczoziemnym (wyniki wstępne). *Roczn. Nauk rol.* 79-F-1, 1975. 95-116.
- [8] Gawlik J., Gliński J., Stępniewski W.: Wydatek dyfuzji tlenu, potencjał oksydoredukcyjny i skład powietrza w glebach łąkowych zalewanych ściekami z cukrowni. *Rocz. glebozn.* 27, 1976, 27-40.
- [9] Ignatieff V.: Determination and behavior of ferrous iron in soils. *Soil Sci.* 51, 1941, 249-263.
- [10] Jeffery J. W. O.: Iron and the Eh of water-logged soils with particular reference to paddy. *J. Soil Sci.* 11, 1960, 140-148.
- [11] Jeżow J. I.: Znaczenie wosstanowitielnych processow w poczwach pri kulture risa. *Poczwowied.* 2, 1962, 51-57.
- [12] Koptiewa Z. F.: Ob izuczenii sezonnoj dynamiki połtornych okisłow diernowo-podzolistych poczw. *Izwestija TSCChA, wyp.* 1, 1958, 217-220.
- [13] Kowalik P.: Wstępne wyniki pomiarów natlenienia gleb. *Rocz. glebozn.* 20, 1969, 2, 425-434.
- [14] Kowalik P.: Analiza wpływu melioracji wodnych na natlenienie gleb. *Zesz. nauk. Pol. Gdańsk., Budownictwo Wodne*, 15, 1971, 1-92.
- [15] Kowalik P.: Investigations on the relationship between soil moisture content and soil oxidation. *Polish J. Soil. Sci.* 5, 1972, 109-116.
- [16] Kumada K., Asami T.: A new method for determining ferrous iron in paddy soils. *Soil and Plant Food* 3, 1958, 187-193.
- [17] Lemon E. R., Erickson A. E.: The measurement of oxygen diffusion in the soil with platinum microelectrode. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 16, 1952, 160-163.
- [18] Letey J., Stolzy L. H., Valoras N., Szuszkiewicz T. E.: Influence of oxygen diffusion rate on sunflower growth at various soil and air temperatures. *Agron. J.* 54, 1962, 316-319.
- [19] Mandal L. N.: Transformation of iron and manganese in water-logged rice soils. *Soil Sci.* 91, 1961, 121-126.
- [20] McKenzie L. J., Erickson A. E.: The use of redox potentials in studies of soil genesis. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18, 1954, 481-485.
- [21] Motomura S.: Effect of organic matters on the formation of ferrous iron in soils. *Soil Sci. Plant Nutr.* 8, 1962, 20-29.
- [22] Nozdrunowa E. M., Rytikowa M. N., Szemiakina A. F.: K woprosu o dynamikie podwiznyh form połtornych okisłow i okislitielno-wosta-

- nowitielnowo potiencała w diernowo-podzolistych poczwach. Dokłady TSChA, wyp. 26, 1, 1956, 122-130.
- [23] Olomu M. O., Racz G. J., Cho C. M.: Effect of flooding on the Eh, pH and concentrations of Fe and Mn in several Manitoba soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37, 1973, 220-224.
- [24] Ponnampereuma F. N., Castro R. U.: Redox system in submerged soils. Trans. 8th Int. Congr. Soil Sci., Bucharest, III, 1964, 379-386.
- [25] Ponnampereuma F. N.: The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy 24, 1972, 29-96.
- [26] Serdobolskij I. P.: Metody opriedielenija pH i okislitel'nowostanowitiel'nowo potiencała pri agrochimiczeskich issledowanijach. W „Agrochimiczeskije metody issledowanija poczw” (s. 176-227). AN SSSR, Moskwa 1954.
- [27] Stolzy L. H., Letey J., Szuszkiewicz T. E., Lunt O. R.: Root growth and diffusion rates as functions of oxygen concentration. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25, 1961, 463-467.
- [28] Święcicki C., Kęпка M., Borek S.: Stosunki tlenowe w ważniejszych glebach Polski. Prob. Agrofiz., Ossolineum, 10, 1973, 101-106.
- [29] Takai Y.: On dynamic behavior of iron compounds in paddy soils. Part 1. Determination of acid soluble Fe<sup>++</sup> and Fe<sup>+++</sup>. J. Sci. Soil Tokyo 26, 1956, 467-470.
- [30] Takai Y., Koyama T., Kamura T.: Microbial metabolism in reduction process of paddy soils. Part 2. Effect of iron and organic matter on the reduction process. Soil Sci. Plant Nutr. 9, 1963, 176-180.
- [31] Turner F. T., Patrick W. H.: Chemical changes in waterlogged soils as result of oxygen depletion. Trans. 9th Int. Congr. Soil Sci, Adelaide, IV, 1968, 53-65.
- [32] Uziak S., Baszyński T., Izdebski K., Kimsa T., Michna E., Paczos S., Szember A., Słupczyński W.: Wpływ ścieków miejskich Lublina na siedlisko i produktyjność zbiorowiska łąkowego w dolinie Bystrzycy. Roczn. Nauk rol. D-168, 1978.

#### С. УЗЯК, З. КЛИМОВИЧ

### НАСЫЩЕННОСТЬ КИСЛОРОДОМ, ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВАХ ЛУГОВ ОРОШАЕМЫХ ГОРОДСКИМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Отделение почвоведения, Университет М. Кюри-Склодовской в Люблине

#### Резюме

Исследования были проведены в 1975 г. в долине реки Быстрица на луговых почвах подвергаемых поливу затоплением коммунальными сточными водами города Люблин. Испытания велись на двух участках: орошаемом и не орошаемом (контрольном). На каждом участке залегали речные аллювиальные (пойменные) почвы легкие и средние перегнойные, заметно различающиеся по своим свойствам. Поливной участок заполняли 4-кратно в течение года (15.IV., 3.VII., 25.IX. и 27.X.) при толщине слоя затопления равном 150-180 мм.

На каждом из участков выбирали по 2 пункта представительные для названных почвенных разновидностей, где проводились (в полевых условиях) определения редокс-потенциала и микродиффузии кислорода. На не орошаемом участке это был разрез (профиль) 1-й (легкая аллювиальная почва) и разрез 3-й (средняя перегнойная аллювиальная почва); на поливном участке — разрез

8-й (легкая аллювиальная почва) и разрез 2-й (средняя перегнойная аллювиальная почва). Определения редокс-потенциала были проведены для глубин: 5, 20, 45, 70 и 100 см. На этой-же глубине отбирали почвенные образцы для определений железа и влажности. Обозначение диффузии кислорода ODR (Oxygen Diffusion Rate) проводили для глубин 5 и 20 см. Измеряли тоже в колодцах глубину (уровень) зеркала грунтовых вод. Все измерения (совместно с отбором образцов) проводили в различных промежутках времени от дня затопления сточными водами.

В измерениях редокс-потенциала и ODR пользовались универсальным измерительным прибором сконструированным в Люблинском филиале Польского общества почвоведов. В вытяжке 0,1 н  $H_2SO_4$  определяли две формы железа ( $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ ) по методу Казариновой-Окниной в модификации Коптевой. Влажность определяли по сушильному методу.

Результаты полевых и лабораторных определений, показанные на 16 графиках, могут быть обобщены следующим образом:

1. Горизонт грунтовой воды в испытанных речных аллювиальных почвах был очень изменчив, особенно на орошаемых почвах. Ход колебаний горизонта воды в почвах обеих участков оказывал общее сходство, с тем что на поливном участке колебания были заметно сильнее.

2. Содержание влаги в отдельных горизонтах и разновидностях почв подлежало сильной дифференциации в количественном отношении, а также изменчивости во времени, хотя в меньшей степени. Большое влияние на ее содержание оказывало количество органического вещества и механический состав.

3. Значения ODR подвергались в исследованных почвах очень сильным колебаниям в отдельных сроках, особенно на 5 см глубине. Подтвердили они, что поверхностный слой почвы чрезвычайно изменчив в отношении условий насыщенности кислородом. На глубине 20 см значения ODR были неоднократно низки в почвах обеих участков при одновременно высоких значениях на глубине 5 см. Затопление почв сточными водами снижало значения ODR лишь на короткий период (до нескольких дней).

4. В общем не обнаружено в исследованных почвах (во всех горизонтах) очень низких значений Eh, за исключением ранней весны, а также нижних горизонтов затопляемых аллювиальных почв, особенно перегнойных, в летнем и осеннем сезоне. Обычно высшему горизонту грунтовой воды соответствовали меньшие значения Eh, особенно в затопляемых аллювиальных почвах.

5.  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  находятся в почвах в неодинаковых количествах (первая форма в меньшем количестве чем вторая) в зависимости преимущественно от вида и горизонта почвы, но в невысокой степени от затопления; в общем не зависит тоже от влажности почвы. Колебания в содержании обеих форм во всех горизонтах не проявляют ясно выраженных тенденций либо закономерностей. Единственно в перегнойных пойменных почвах (обеих участков) на 100 см глубине низким уровням воды свойственные были высшие количества  $Fe^{2+}$ .

S. UZIAK, Z. KLIMOWICZ

## OXIDATION, REDOX POTENTIAL AND IRON CONTENT IN MEADOW SOILS IRRIGATED WITH MUNICIPAL WASTE WATERS

M. Curie-Skłodowska University in Lublin, Department of Soil Science

### Summary

The respective investigations were carried out in 1975 in the Bystrzyca river valley on meadows irrigated by flooding with municipal waste waters of the Lublin

city. The investigations were carried out on two areas: flooded and non-flooded (control) one. Each of them was occupied by light alluvial soils and medium humous alluvial soil. On the flooded area floodings were performed four times a year (15th April, 3rd July, 25th September and 27th October) at the waste water rate amounting each time to 150–180 mm.

On each area by 2 points representable for both soil kinds were chosen, at which redox potential and oxygen microdiffusion were measured under field conditions. On the non-flooded area they were the profile I (light alluvial soil) and profile III (medium humous alluvial soils), whereas on the flooded area — profile VIII (light alluvial soils) and profile II (medium humous alluvial soils). The redox potential determinations were performed at the depths of 5, 20, 45, 70 and 100 cm. From analogic depths samples were taken for the iron and moisture content determination. The ODR measurements were made at the depths of 5 and 20 cm. Also the ground water level was measured in wells. All measurements (sampling included) were carried out at different time intervals from the day of flooding with waste waters.

The redox potential and ODR measurements were made using an universal measuring apparatus constructed by the Lublin Branch Division of the Polish Society of Soil Science. In the 0.1 N  $H_2SO_4$  extract two iron forms ( $Fe^{2+}$  and  $Fe^{3+}$ ) were determined by the method of Kazarinova-Oknina, modified by Kopteva. The moisture content was determined by the drier's method.

The measurement results in the area and the laboratory determinations are illustrated in 16 graphs. The can be summarized as follows:

1. The ground water level was variable in the alluvial soils investigated, particularly in irrigated soils. The course of water fluctuations was of a similar character in soils of both areas under study, although on irrigated areas much higher fluctuations were observed.

2. The moisture content in particular horizons and soil kinds was very differentiated in quantitative respect and were also variable in time, although to a less degree. A considerable influence on soil moisture exerted the organic matter content in and the mechanical composition of soil.

3. The ODR values varied in both soil kinds to a very wide extent at particular dates, especially in the 5 cm horizon. They confirmed that the thin superficial layer of soil is very variable with regard to oxidation conditions. At the depth of 20 cm the ODR values were often low in soils of both areas under study, at simultaneous high values at the depth of 5 cm. The floodings of soils with waste waters led to only a short-duration drop of the ODR values (several days).

4. On the whole, no particularly low Eh values were found in the soils investigated (in all horizons), except for the early spring period and lower horizons of flooded alluvial soils, particularly humous ones, in the summer and autumn period. Higher ground water levels corresponded usually with lower Eh values, particularly in flooded alluvial soils.

5.  $Fe^{2+}$  and  $Fe^{3+}$  occur in different amounts in soils (the former in less amounts than the latter), depending mainly on the soil kind and horizon and to a little degree on floods; it does not depend, as a rule, on soil moisture. The fluctuations in the content of both iron forms in all soil profile horizons do not show any definite trends or regularities. Only in humous alluvial soil (of either area) at the depth of 100 cm higher  $Fe^{3+}$  amounts corresponded with low ground water levels.