

ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY NIEKTÓRYMI WŁAŚCIWOŚCIAMI
POWIERZCHNIOWYMI I FIZYKO-CHEMICZNYMI UTWORÓW
MURSZOWYCH A PROCESAMI ODDECHOWYMI DROBNOUSTROJÓW
GLEBOWYCH

*Zofia Sokołowska, Dorota Matyka-Sarzyńska, Małgorzata Dąbek-Szreniawska,
Andrzej Wyczółkowski*

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wzajemnych relacji pomiędzy wybranymi właściwościami fizyko-chemicznymi i powierzchniowymi murszy a ich czynnością biologiczną. Badaniami objęto dwie gleby o różnym stopniu zmurszenia. Wraz ze wzrostem stopnia zmurszenia rosła efektywność wykorzystania substancji węglowej z podłoża przez bakterie. W glebie będącej w stadium bardziej zaawansowanego zmurszenia ładunek glebowy jest lepiej rozwinięty, ponadto w danych warunkach glebowych miejsca aktywne są immobilizowane przez obdarzone ładunkiem bakterie. Stwierdzono, że proces murszenia zmieniając właściwości powierzchniowe i fizyko-chemiczne kształtował warunki siedliskowe dla drobnoustrojów i tym samym istotnie wpływał na całkowitą liczbę drobnoustrojów i decydował o odmiennej aktywności biologicznej badanych gleb.

Słowa kluczowe: bakterie, intensywność oddychania, powierzchnia właściwa, całkowity ładunek powierzchniowy, średnia stała dysocjacji

WSTĘP

Gleba stanowi doskonałe podłoże dla życia i rozwoju mikroorganizmów, ponieważ jest dobrze zaopatrzona w mineralne i organiczne składniki pokarmowe oraz posiada odpowiednie warunki fizyko-chemiczne (korzystne warunki tlenowe, odpowiednia wilgotność i odczyn). Jednym z podstawowych czynników decydujących o żyzności gleby są mikroorganizmy, które wraz z szatą roślinną określają kierunek i charakter procesów biochemicznych, jak również całość podstawowych przemian związanych z biogeochemią i właściwościami fizykochemicznymi gleb.

Aktywność biologiczna gleb torfowych jest efektem współdziałania wilgotności, stopnia zmurszenia oraz zasobności gleby w składniki pokarmowe. Oznaczenie ogólnej liczby bakterii, liczebności wybranych grup drobnoustrojów oraz zbadanie intensywności oddychania daje pogląd na czynność biologiczną tych gleb [1,4].

Jak wiadomo dobry rozwój szaty roślinnej zależy głównie od zawartości i przyswajalności składników pokarmowych oraz utrzymania aktywności fizjologicznej korzeni. Określoną rolę spełniają w tym zdolności kationowymienne i kompleksotwórcze gleby, szczególnie humusu [11]. Pojemność wymienna kationów glebowej substancji humusowej zależy przede wszystkim od liczby grup kwasowych i jest wyraźnie zależna od pH roztworu glebowego. O zasobności gleby w składniki pokarmowe decydują również procesy glebowe zachodzące na granicy faz. O charakterystyce powierzchniowej ciała stałego, w tym również i murszu, stanowią między innymi takie wielkości jak powierzchnia właściwa, całkowity ładunek powierzchniowy oraz średnia wartość stałych dysocjacji powierzchniowych grup funkcyjnych [8, 12-14].

W literaturze brakuje szczegółowych danych na temat zmian właściwości fizykochemicznych i powierzchniowych utworów murszowych wywołanych murszeniem w kontekście różnic ich aktywności mikrobiologicznej. Celem niniejszej pracy była więc próba określenia czy postępujący proces murszenia wpływa w sposób widoczny na wzajemne relacje pomiędzy aktywnością biologiczną badanych gleb a ich wybranymi właściwościami fizykochemicznymi i powierzchniowymi.

MATERIAŁ I METODY

Gleby

Badaniami objęto dwa różniące się mursze pochodzące ze stanowisk użytkowanych jako łąki. Próbkę glebową pobrano z terenu Polesia Lubelskiego z warstwy 5-25 cm. Badane mursze pochodzą z gleb wykształconych z torfowisk niskich. Były to, wg. Okruszki [9], mursz torfiasty (Z_1) i mursz właściwy (Z_3). Miarą stopnia zmurszenia gleb była wartość współczynnika chłonności wodnej W_1 , oznaczonego metodą Gawlika [3]. Próbka gleby oznaczona nr I należała do grupy utworów słabo wtórnie przeobrażonych. Druga, próbka nr II, reprezentowała gleby średnio wtórnie przeobrażone. Podstawowe właściwości fizyczne badanych gleb zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe właściwości fizyczne badanych gleb
Table 1. Physical properties of investigated soils

Nr murszu No. of moorsh	W_1	pH H_2O	pH KCl	Rodzaj murszu Kind of moorsh	Zaw. popiołu Ash content (% d.m.)	Gęstość obj. Bulk density ($g \cdot cm^{-3}$)	Całk. porow. Total porosity (vol. %)
I	0,44	5,1	4,5	Z_1	22,69	0,21	88,5
II	0,71	6,2	5,8	Z_3	22,77	0,30	83,6

Objaśnienia – Abbreviations: w tekście – see text.

Właściwości fizyko-chemiczne

Azot mineralny oznaczono po ekstrakcji 1% kwasem siarkowym z zastosowaniem wody dejonizowanej; N-NO₃ – metodą z użyciem kwasu fenylo-disulfonowego, a N-NH₄ – analizą kolorymetryczną Bremnera [2,15]. Całkowitą zawartość aminokwasów oznaczono na analizatorze aminokwasów typ T 339 (Mikrotechna-Praga, Czechy).

Stopień humifikacji badanych utworów określono na podstawie pomiaru właściwości optycznych (absorbancji) alkalicznego wyciągu otrzymanego przy użyciu 0,5 M NaOH. Iloraz absorbancji mierzonych przy długościach fali odpowiednio 465 i 665 nm jest miarą stopnia humifikacji (E_4/E_6) [5,10,11].

Do oceny badanych gleb pod kątem podatności substancji organicznej na chemiczne utlenianie wykorzystano uproszczoną metodę utleniania nadmanganianem potasu w środowisku obojętnym [6].

Do określenia powierzchni właściwej badanych utworów wykorzystano proces sorpcji pary wodnej. Pomiary adsorpcji i desorpcji pary wodnej przeprowadzono metodą standardową zgodnie z Polską Normą PN-2-19010-1, w temperaturze 298 K w trzech powtórzeniach. Na podstawie otrzymanych danych doświadczalnych i w oparciu o równanie BET obliczono wielkości powierzchni właściwej (S_{BET}) [12,13].

Metoda miareczkowania potencjometrycznego pozwoliła na ilościową ocenę ujemnego ładunku, jaki posiada substancja organiczna badanych murszy. Na podstawie krzywych miareczkowania obliczono wartości całkowitego zmiennego ładunku powierzchniowego (Q) oraz wartości średnie powierzchniowych stałych dysocjacji (pK) badanych gleb [8,14].

Aktywność mikrobiologiczna

Liczebność wybranych grup drobnoustrojów oznaczono metodą hodowlaną. Dla określenia ogólnej liczebności drobnoustrojów użyto pożywki NB, wg Freda i Waksmana, o składzie: bulion wzbogacony (WSS Warszawa) – 7 g, woda destylowana – 1000 cm³, agar – 16 g. Oznaczanie wydzielania CO₂ z próbek podłoża glebowego przeprowadzono według metody podanej przez Maciaka [7]. Aktualne wydzielanie dwutlenku węgla z próbek gleby oznaczono w naważce gleby umieszczonej w szczelnym szklanym naczyniu, na którą nakrapiano 5 cm³ wody destylowanej. Potencjalną aktywność w wydzielaniu dwutlenku węgla z gleby oznaczono w naważkach podłoża glebowego umieszczonych w szczelnym szklanym naczyniu, do których zakraplano 5 cm³ roztworu o stężeniu 0,4% węgla w następujących substratach: glukozie, moczniku i asparaginie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Obie badane gleby charakteryzowała mała, nie przekraczająca 23% popielność (tab. 1). Gęstość objętościowa badanych gleb była bardziej zróżnicowana, co pozostaje w ścisłym związku ze stopniem zmurszenia. Najmniejszą gęstość ($0,21 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) miał mursz torfiasty, charakteryzujący się też najmniejszą wartością wskaźnika W_1 (0,44). Całkowita porowatość gleby mniej zmurszałej była wyższa i wynosiła 88,5%. Jak widać zmiany fizyczne zachodzące na skutek murszenia skutkują we wzroście jego gęstości, co z kolei powoduje obniżenie porowatości murszu. Porowatość jest istotnym czynnikiem wpływającym na wielkość powierzchni właściwej. Charakterystyki fizyko-chemiczne badanych murszy zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Właściwości fizyko-chemiczne badanych murszy

Table 2. Physico-chemical properties of studied soils

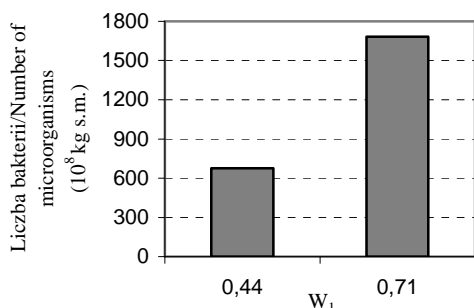
Nr murszu No. of moorsh	E_4/E_6	C_{utl} (% C_{tot})	S_{BET} ($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)	Q ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)	pK
I	7	9,7	248	118	6,13
II	5,9	23,3	340	179	5,78

Objaśnienia – Abbreviations: w tekście – see text.

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że powierzchnia właściwa, S_{BET} , była większa dla gleby bardziej zmurszałej (o większej wartości współczynnika W_1) i wynosiła $340 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Ponieważ wkład bakterii w wielkość powierzchni właściwej jest praktycznie do zaniedbania, to większa całkowita liczba bakterii w glebie o $W_1 = 0,71$ może być wyrazem zwiększania się w procesie murszenia wielkości siedliska dla drobnoustrojów glebowych. W przypadku tego murszu ogólna liczba bakterii przypadająca na 1 m^2 gleby wynosiła $4,95\cdot 10^5$, dla utworu o niższym stopniu zmurszenia wartość ta była prawie dwukrotnie mniejsza i wynosiła około $2,73 \cdot 10^5$. Na rysunku 1 przedstawiono porównanie ogólnej ilości bakterii w próbkach słabo ($W_1 = 0,44$) i średnio ($W_1 = 0,71$) wtórnie przeobrażonych.

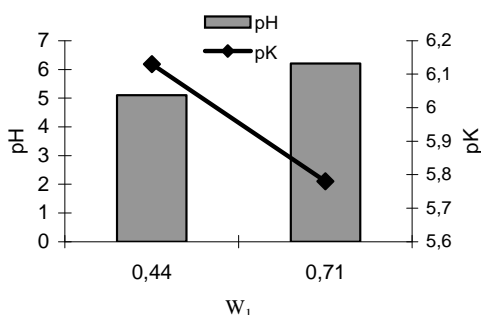
W wyniku zmian właściwości powierzchniowych utworów murszowych wywołanych procesami wtórnych przeobrażeń zmieniła się również wielkość zmiennego ładunku powierzchniowego, Q. Całkowity zmienny ładunek powierzchniowy Q, jest większy dla gleby o współczynniku chłonności wodnej, $W_1 = 0,71$ i wynosił $179 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$. Jak wynika z teorii, zmienny ładunek powierzchniowy gleb generowany jest przez powierzchniowe grupy funkcyjne o różnej kwasowości występujące na jej powierzchni. Dla gleby mocniej zmurszałej, posiadającej większy całkowity zmienny ładunek powierzchniowy, uzyskano mniejszą wartość średniej stałych dysocjacji, pK.

ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY WŁAŚCIWOŚCIAMI POWIERZCHNIOWYMI



Rys. 1. Ogólna liczba bakterii w murszach o różnym stopniu zmurszenia (W₁)
Fig. 1. Total number of microorganisms in mucks at different stage of secondary transformation (W₁)

Wobec powyższego można stwierdzić, że większa wartość ładunku w przypadku gleby bardziej zmurszałej była następstwem zwiększonej, względnej ilości silnie kwaśnych grup powierzchniowych, pochodzących między innymi od kwasów humusowych tworzących się w procesie wtórnej humifikacji. Jednakże analizując dane zawarte w tabeli 1 można by sądzić, że zmiany ilościowe i jakościowe w składzie materii organicznej, zachodzące na skutek murszenia powodować mogą spadek kwasowości. Faktycznie dla badanych gleb odczyn mierzony w wodzie wynosił odpowiednio 5,1 dla gleby słabiej zmurszałej i 6,2 dla gleby średnio przeobrażonej. Z uwagi na fakt, iż kwasowość murszy nie jest istotnie związana z wymiennymi jonami Al⁺³ badane mursze można zaliczyć raczej do gleb słabo kwaśnych. Interesujące natomiast wydaje się to, że mursz o wyższym pH charakteryzuje się niższą wartością średniej stałych dysocjacji powierzchniowych grup funkcyjnych (rys. 2). Oznacza to, że w glebie będącej w stadium bardziej zaawansowanego zmurszenia udział silnie kwaśnych powierzchniowych grup funkcyjnych jest większy, czyli ładunek glebowy jest lepiej rozwinięty. Natomiast niższa wartość pH i większa ogólna liczba bakterii skłaniają do przypuszczenia, że w danych warunkach glebowych miejsca aktywne są immobilizowane przez obdarzone ładunkiem bakterie.

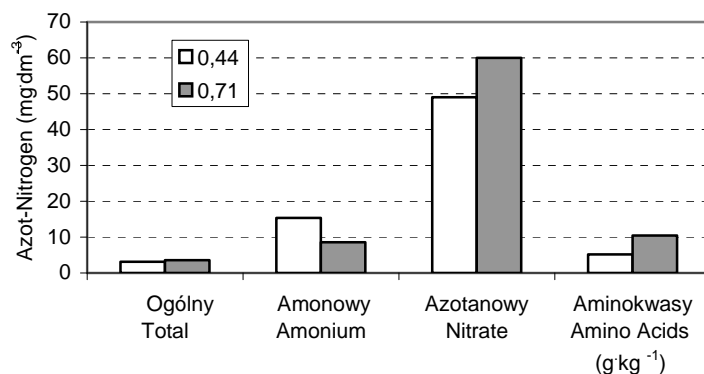


Rys. 2. Wartości pH stałej dysocjacji (pK) dla murszy o różnym stopniu zmurszenia (W₁)

Fig. 2. Values of pH and dissociation constant (pK) for muck soils at different stage of secondary transformation (W₁)

Generalnie, w procesie murszenia następuje przekształcenie części substancji organicznej w kwasy humusowe, najpierw w kwasy fulwowe, a następnie w kwasy huminowe. Wszystkie powyższe zmiany mogą zachodzić równolegle, bądź też niektóre są motorem innych przemian np. ubytek ogólnej ilości materii organicznej może powodować jednocześnie wzrost zawartość kwasów humusowych. W przypadku badanych utworów wartość ilorazu E_4/E_6 (tab. 2) wynosi około 6. Świadczy to według Kononowej [5] o wyrównanej zawartości kwasów fulwowych do huminowych. Dla gleby bardziej zmurzałej stosunek ten jest nieco mniejszy czyli zwiększył się udział związków silnie zabarwionych (E_6). Wskazuje to, że wraz z postępem procesu murszenia zwiększa się udział kwasów huminowych będących w dojralszym stadium humifikacji [10].

Na rysunku 3 przedstawiono zawartość różnych form azotu w badanych glebach. Badane utwory murszowe zawierały odpowiednio 3,18 i 3,62% azotu ogólnego oraz charakteryzowały się dużą zasobnością w azot mineralny, powyżej $40 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.



Rys. 3. Zawartość form azotu w badanych glebach murszowych

Fig. 3. The content of different forms of nitrogen in studied muck soils

Różnica w całkowitej zawartości azotu dla obu próbek wynosiła tylko około 18%. Natomiast w zawartości azotu amonowego i ogólnej zawartości aminokwasów różnice były znacznie wyższe i wynosiły ok. 50%. Należy podkreślić, że w glebie bardziej zmurzałej azotu amonowego było dwa razy mniej niż w glebie o niższym stopniu zmurzenia. Odwrotna tendencja wystąpiła w zawartości aminokwasów. Zwiększająca się w glebach torfowo-murszowych zawartość aminokwasów ogólnych i hydrofobowych jest odzwierciedleniem zmian w zdolności wiązania wody przez przeobrażające się wtórnie utwory torfowe [14,15].

ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY WŁAŚCIWOŚCIAMI POWIERZCHNIOWYMI

Jak przedstawiono w tabeli 4 wydzielanie CO₂ z obu gleb było wyraźnie zależne od dodanego substratu. W przeprowadzonych badaniach laboratoryjnych każdy dodany substrat stymulował, choć w niejednakowym stopniu, wydzielanie CO₂ z podłoża glebowego. Po dodaniu mocznika i asparaginy intensywność oddychania wyraźnie wzrosła w stosunku do samej glukozy. Przy czym wzrost intensywności oddychania był większy dla gleby bardziej zmurszałej. Związane jest to prawdopodobnie z tym, że azot zawarty w obu związkach przy niedoborze azotu aminowego w podłożu glebowym uintensywnia procesy życiowe bakterii – co ma odzwierciedlenie w większej całkowitej ilości bakterii (rys. 1).

Tabela 4. Intensywność oddychania badanych murszy
Table 4. Respiration activity of examined mucks

Układ glebowy Soil system	mg CO ₂ kg ⁻¹ s.m gleby d ⁻¹	
	mg CO ₂ kg ⁻¹ d.m soil d ⁻¹	
	I (W ₁ = 0,44)	II (W ₁ = 0,71)
Gleba + woda Soil + water	70,8	12,1
Gleba + roztwór glukozy Soil + glucose solution	317,1	145,8
Gleba + roztwór mocznika Soil + urea solution	3119,5	1465,2
Gleba + roztwór asparaginy Soil + asparagine solution	1901,4	464,5

Procesy oddechowe po dodaniu glukozy a następnie mocznika jako substratów w stosunku do gleby wyjściowej były w obu przypadkach około trzykrotnie bardziej intensywne w glebie bardziej zmurszałej (mursz o W₁ większym) niż w glebie będącej w mniej zaawansowanym stadium zmurszenia. Najprawdopodobniej mogło to być spowodowane dużo większą ilością w tej glebie bakterii ogółem (rys. 1) oraz mniejszą ilością bakterii w formie przetrwalnikowej. Natomiast wraz ze wzrostem stopnia zmurszenia bezwzględna ilość wydzielonego dwutlenku węgla po zastosowaniu glukozy była prawie dwukrotnie mniejsza. Istnienie tej zależności jest w pewnym stopniu konsekwencją mniejszej zawartości frakcji węgla organicznego podatnego na utlenianie (nadmanganianem potasu) w glebie mniej zmurszałej (tab. 2). Wobec powyższego każdy dodatek glukozy, będącej źródłem łatwo przyswajalnego węgla, intensyfikuje w niej oddychanie bardziej niż w glebie o większym W₁. Po zastosowaniu mocznika jako substratu stwierdzono, tak samo jak w przypadku glukozy, dwukrotnie mniejszą bezwzględną ilość wydzielonego dwutlenku węgla z gleby bardziej zmurszałej. W przypadku zastosowania asparaginy ilość wydzielonego dwutlenku

węgla jest cztery razy mniejsza dla gleby bardziej zmurszałej w stosunku do gleby o $W_1=0,44$. Stwierdzając jednocześnie przeciwne zależności co do ilości bakterii można wnioskować, że wraz ze wzrostem stopnia zmurszenia rośnie efektywność wykorzystania substancji węglowej z podłoża przez bakterie. Węgiel i azot z podłoża są wbudowywane w masę drobnoustrojów powiększając tym samym ogólną ilość bakterii. Ponadto w glebie słabiej zmurszałej o $W_1 = 0,44$ w większym stopniu niż w murszu o $W_1 = 0,71$ mógł zwiększyć się również udział uaktywnionych form drobnoustrojów przetrwalnikujących.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że badane mursze różnią się istotnie pod względem szeroko rozumianych właściwości fizyko-chemicznych. Zmiany zachodzące na skutek murszenia skutkowały we wzroście: powierzchni właściwej, zawartości substancji organicznej podatnej na utlenianie, zawartości azotu mineralnego i aminokwasów oraz zwiększył się udział dojrzałych kwasów huminowych. Ponadto badane mursze posiadały odmienne charakterystyki jakościowe i ilościowe zmiennego ładunku powierzchniowego.

2. Proces murszenia zmieniając właściwości powierzchniowe i fizyko-chemiczne kształtuje warunki siedliskowe dla drobnoustrojów i tym samym istotnie wpływa na całkowitą liczbę drobnoustrojów i decyduje o odmiennej aktywności biologicznej badanych gleb.

3. Wraz z postępującym procesem murszenia na skutek mineralizacji glebowej substancji organicznej może wystąpić brak węgla dla aktualnych procesów mikrobiologicznych. Dodatek substratów niezbędnych dla metabolizmu drobnoustrojów (np. glukozy, mocznika czy asparaginy) prowadził do aktywizacji przemian biochemicznych. Stwierdzono ponadto, że procesy biologiczne zachodzące w glebie bardziej zmurszałej stymulowane odpowiednimi warunkami, zachodzą szybciej i intensywniej skutkując zapewne wytworzeniem nowych związków organicznych i mineralnych dostępnych także dla roślin.

PIŚMIENNICTWO

1. **Dąbek-Szreniawska M.:** Charakterystyka mikrobiologiczna gleb torfowo-murszowych poddanych osuszeniu i nawilżaniu. *Acta Agrophysica*, 68 (3), 21-28, 2002.
2. **Frąckowiak H.:** Dynamika i wielkość mineralizacji związków azotowych w dawno odwodnionych glebach torfowo-murszowych na tle warunków siedliskowych i nawożenia. Falenty IMUZ, rozprawa habilitacyjna, 1980.
3. **Gawlik J.:** Water holding capacity of peat formations as an index of the state of their secondary transformation. *Polish J. of Soil Sci.*, 2, 121-126, 1992.
4. **Ilnicki P.:** Torfowiska i torf. Wyd. Akademii Roln., Poznań, 2002.

5. **Kononowa M.M.:** Soil organic matter. Pergamon, Elmsford, N.Y., 1966.
6. **Łoginow W., Wiśniewski W., Gonet S.S., Cieścińska B.:** Testowa metoda oceny podatności na utlenianie materii organicznej gleb. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 411, 207-212, 1993.
7. **Maciak F.:** Ocena aktywności biologicznej murszów i torfów na podstawie mineralizacji związków węgla i azotu. Roczn. Glebozn., 3(4), 19-28, 1995.
8. **Matyka-Sarzyńska D.:** Badanie elektrochemicznych właściwości murszy metodą miareczkowania potencjometrycznego. Acta Agrophysica, 97, 2(3), 611-618, 2003.
9. **Okruszko H.:** Zasady podziału gleb organicznych. Wiadomości IMUZ, 12(1), 19-37, 1974.
10. **Sapek B., Sapek A.:** Wykorzystanie wyciągu 0,5 M wodorotlenku sodowego do charakterystyki substancji humusowych utworów organicznych. Roczn. Glebozn., 2-3, 139-148, 1986.
11. **Schnitzer M., Khan S.U.:** Humic substances in the environment. Marcel Dekker, N.Y., 1972.
12. **Sokołowska Z., Hajnos M., Matyka-Sarzyńska D., Gawlik J.:** Effect of secondary transformation state of peat-moorsh soils on adsorption isotherm of water vapour. Acta Agrophysica, 26, 41-50, 2000.
13. **Sokołowska Z., Matyka-Sarzyńska D.,** Metodyczne aspekty wyznaczania powierzchni właściwej. Acta Agrophysica, 68 (3), 205- 214, 2002.
14. **Sokołowska Z., Szajdak L., Matyka-Sarzyńska D.:** Impact of the degree of secondary transformation on acid-base properties of organic compounds in mucks. Geoderma, (in press), 2004.
15. **Szajdak L., Matuszewska T., Gawlik J.:** Effect of secondary transformation state of peat-muck soils on their amino acid content. Int. Peat J., 8, 76-80, 1998.

RELATIONSHIPS BETWEEN SOME SURFACE
AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND RESPIRATION ACTIVITY
OF MICROORGANISMS OF PEATY-MUCK SOILS

*Zofia Sokołowska, Dorota Matyka-Sarzyńska, Małgorzata Dąbek-Szreniawska,
Andrzej Wyczółkowski*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Abstract. The study was carried out on two peaty-moorsh (muck) soils at different state of secondary transformation. The main purpose of the research was to examine the relations between some physicochemical and surface properties and their biological activity. Total number of microorganisms and its respiration activity were determined. The effectiveness of utilizing the carbon substances from the soil by the bacteria increased simultaneously with the transformation state of the peat-muck soils. Quantity of organic carbon decreased distinctly in the soil at the higher stage of secondary transformation and it influenced quantity and activity of soil microorganisms. In the same time surface charge was more developed in the soil at higher stage of transformation. The active places in soil are immobilized by bacteria. Process of secondary transformation influenced the soil environment for the microbes by changing the physicochemical properties. This way it influenced the number of microorganisms and caused changes of biological activity in the soils.

Keywords: bacteria, quantity and respiration activity of microorganisms, surface area, surface charge, average dissociation constant