



sywną przemianę substancji organicznej, prowadzącą do jej mineralizacji. W miarę ubywania wody w przypowierzchniowych warstwach gleby jej miejsce zajmuje powietrze. Powoduje to szereg zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych zachodzących w glebie, co uzewnętrznia się w formie mniej lub bardziej wyraźnych zmian strukturalnych w profilu glebowym. Proces ten, zwany murszeniem, jest charakterystyczny dla gleb pobagiennych zasobnych w substancję organiczną. Początkowe stadia procesu murszenia obejmują zjawiska fizyczne, takie jak dehydratacja, wzrost zwięzłości oraz kruszenie się masy torfowej. Równoległe przy aktywnym współdziałaniu mikro- i mezofauny, jak też mikroorganizmów aerobowych przebiegają procesy chemiczne, polegające na rozkładzie węglowodanów i protein, zawartych w tkankach roślin torfotwórczych, oraz akumulacji składników pokarmowych roślin, takich jak azot, fosfor i potas [Systematyka gleb Polski. 1989. Rocz. Gleb. 40].

W odvodnionych glebach hydrogenicznych zachodzą równoległe procesy humifikacji i mineralizacji substancji organicznej. Intensywne napowietrzanie powierzchniowej warstwy gleby prowadzi do przeobrażeń fizykochemicznych i chemicznych. W procesie murszenia następuje biologiczna aktywizacja masy organicznej [Okruszko, Kozakiewicz 1973; Walczyna 1973]. Tempo przemian biologicznych w glebie murszowej zależy od jej stanu odwodnienia. Najintensywniej zachodzi w warunkach wilgotności optymalnej dla rozwoju mikroorganizmów, tj. 70–80% pojemności wodnej gleby. Przy wysokim poziomie wody gruntowej i dużej wilgotności gleby warunki właściwego napowietrzenia występują w warstwie powierzchniowej, która ulega przemianom związanym z murszeniem. Przy niższym poziomie wody gruntowej oraz obniżonej wilgotności rozkład i murszenie sięgają głębszych warstw profilu glebowego. W wierzchnich warstwach o wilgotności okresowo mniejszej niż optymalna procesy biologiczne są mniej intensywne niż w głębiej położonych, wilgotniejszych [Okruszko, Kozakiewicz 1973].

Celem pracy było określenie liczebności wybranych grup bakterii i zbadanie biochemicznej aktywności dwu gleb torfowo-murszowych o zróżnicowanym stopniu zmurszenia.

#### METODY

Materiałem do badań były dwie gleby torfowo-murszowe: 1. Gleba pochodząca z miejscowości Sosnowica na Polesiu Lubelskim, ze stanowiska użytkowanego jako łąka porośnięta roślinnością turzycowo-trawiastą z trzcinnikiem prostym. Był to według Okruszki [1967, 1974, 1976, 2000] mursz torfiasty Z<sub>1</sub> o niskim stopniu zmurszenia (Mt I). Próbę gleby pobrano z głębokości 5–10 cm.

Wilgotność materiału glebowego w chwili pobrania wynosiła 79,3%. 2. Gleba pochodząca z Polesia Lubelskiego, z miejscowości Szóstka ze stanowiska użytkowanego jako łąka porośnięta kostrzewą czerwoną i wiechliną łąkową. Był to według Okruszki mursz właściwy ( $Z_3$ ) o wysokim stopniu zmurszenia (Mt III) gleby torfowo-murszowej. Próba gleby została pobrana z warstwy 5–25 cm. Wilgotność z chwilą pobrania materiału glebowego wynosiła 67,3%. Miarą zmurszenia tych gleb była wartość współczynnika chłonności wodnej  $W_1$ , oznaczonego metodą Gawlika [1992, 1996, 2000]. Charakterystykę właściwości fizykochemicznych badanych gleb wg Szajdaka i in. [2000] przedstawia tabela 1. W próbach glebowych wykonano następujące badania: ilościowego występowania wybranych grup drobnoustrojów, wydzielania dwutlenku węgla oraz aktywności enzymów dehydrogenaz.

Tabela 1. Charakterystyka fizykochemiczna badanych gleb  
Table 1. Physico-chemical soil characteristics

Rodzaj murszu Kind of peat-muck	Wahania wody gruntowej Level of ground water cm	Popiół Ash %	Gęstość objętościowa Bulk density g cm <sup>-3</sup>	N <sub>ogólny</sub> Total N %	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	N-NH <sub>4</sub> mg dm <sup>-3</sup>	N-NO <sub>3</sub> mg dm <sup>-3</sup>	W <sub>1</sub>
Mt I	20-70	22,69	0,21	3,18	5,13	4,54	15,4	49,0	0,44
Mt III	30-110	22,77	0,3	3,62	6,15	5,75	8,6	60,0	0,71

Ogólną liczebność bakterii zymogennych określano na pożywce według Freda i Waksmana [1928]. Liczebność bakterii o małych wymaganiach pokarmowych – oligotrofów określano na pożywce według Wyczółkowskiego i in. [1999]. Liczebność tlenowych bakterii przetrwalnikujących określono na pożywce według Freda i Waksmana [1928]. Liczebność drobnoustrojów określano po inkubacji posiewu przez 7 dni w temperaturze około 18°C, i podano ją w jednostkach tworzących kolonie (jtk) w przeliczeniu na 1 kg suchej masy gleby (tab. 2).

Liczebność bakterii amonifikujących pepton badano na płynnej pożywce według Parkinsona i in. [1971]. Liczebność bakterii redukujących azotany określano na płynnej pożywce według Pochon i Tardieux [1962]. Po inkubacji posiewu w temperaturze około 18°C przez 3 i 5 dni oznaczono w pożywkach obecność jonów amonowych i azotynowych zgodnie z metodyką podaną przez Grabińską-Łaniewską [1996]. Uzyskane wyniki (tab. 3) przeliczono posługując się tablicami Mc Cradyego, a liczebność bakterii podano jako najbardziej prawdopodobną liczbę (NPL) na 1 kg suchej masy gleby.

Tabela 2. Liczebność wybranych grup drobnoustrojów w glebie torfowej Mt I i murszowej o wysokim stopniu zmurszenia Mt III, jtk  $10^8 \text{ kg}^{-1}$  suchej masy gleby

Table 2. Number of microorganisms of peat Mt I and peat-muck Mt III soil at high stage of transformation, cfu  $10^8 \text{ kg}^{-1}$  dry soil

Grupa drobnoustrojów Groups of microorganisms	Rodzaj gleby torfowo murszowej Kind of peat-muck	Liczebność bakterii (średnio) Number of microorganisms (mean)	Odchylenie standardowe Standard deviation	% ogólnej liczby % of total number
Bakterie (ogółem) zymogeniczne Copiotrophic total	Mt I	675,995	539	100
	Mt III	1682,45	1464	100
Tlenowe bakterie przetrwalnikujące Aerobes spore-forming bacteria	Mt I	152,582	37	22,57
	Mt III	123,87	21	7,36
Bakterie oligotroficzne Oligotrophics	Mt I	6,75	6	1
	Mt III	3,05	2	0,181

Tabela 3. Najbardziej prawdopodobna liczba (NPL) wybranych grup bakterii  $10^4 \text{ kg}^{-1}$  suchej gleby

Table 3. Most Probable Number (MPL) of microorganisms  $10^4 \text{ kg}^{-1}$  of dry soil

Bakterie Bacteria	Rodzaj gleby Torfowo-murszowej Kind of peat-muck	Liczebność Drobnoustrojów Number of microorganisms
Redukujące azotany Nitrate reducers	Mt I	2414,0
	Mt III	24,47
Amonifikatory Ammonifying	Mt I	12014,0
	Mt III	21,41

Oznaczenie wydzielania  $\text{CO}_2$  z próbek podłoża glebowego przeprowadzono według metodyki podanej przez Maciaka [1988]. Aktualne wydzielanie dwutlenku węgla z próbek gleby oznaczono w naważce gleby umieszczonej w słoiku, na którą nakraplano  $5 \text{ cm}^3$  wody destylowanej. Potencjalną zdolność wydzielania  $\text{CO}_2$  z gleby oznaczono w naważkach podłoża glebowego umieszczonych w słoikach, do których nakraplano  $5 \text{ cm}^3$  roztworu zawierającego 0,4% węgla w następujących substratach: glukozie, moczniku lub asparaginie. Do słoików z glebą wprowadzano naczynka z roztworem NaOH. Po inkubacji w temp.  $30^\circ\text{C}$  do naczynek z roztworem NaOH wprowadzano roztwór wodny  $\text{BaCl}_2$ . Niezwiązany NaOH miareczkowano roztworem HCl.  $1 \text{ cm}^3$  0,1 molarowego roztworu HCl odpowiada 2,2 mg  $\text{CO}_2$  wydzielonego z badanej gleby.

Tabela 4. Intensywność oddychania i aktywność dehydrogenaz gleby torfowej Mt I i murszowej Mt III

Table 4. Respiration and dehydrogenase activity of peat Mt I and peat-muck Mt III soils

Dodany substrat Addition of substrate	Rodzaj gleby Torfowo-murszowej Kind of peat-muck soil	mg CO <sub>2</sub> /24h <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> suchej gleby mg of CO <sub>2</sub> /24h <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> dry soil	mg TPF /24h <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> suchej gleby mg TPF /24h <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> dry soil
Gleba+ woda soil + water	Mt I	70,8 (SD 32)	2399,7 (SD 1543)
	Mt III	12,1 (SD 7)	1734,0 (SD 96)
Gleba+ roztwór glukozy soil + glucose	Mt I	317,1 (SD 112)	2273,3 (SD 555)
	Mt III	145,8 (SD 21)	2362,3 (SD 241)
Gleba+ Roztwór mocznika soil + urea	Mt I	3119,5 (SD 217)	446,3 (SD 243)
	Mt III	1465,2 (SD 103)	826,3(SD 134)
Gleba+ Roztwór asparaginy soil + asparagine	Mt I	1901,4 (SD 66)	3048,7(SD 297)
	Mt III	464,5 (SD 72)	1713,3 (SD 250)

SD – Odchylenie standardowe Standard deviation

W próbkach podłoży glebowych, równoległe z oznaczeniami natężenia wydzielania CO<sub>2</sub>, oznaczono aktywność dehydrogenaz. Oznaczenie aktywności tych enzymów wykonano metodą Thalmanna [Shinner i in. 1995] przy użyciu roztworu chlorku trójfenylotetrazolu (TTC) jako akceptora jonów wodorowych. W tabeli 4 podano ilość mg TPF w ciągu doby po przeliczeniu na 1 kg suchej masy gleby.

## WYNIKI

W tabelach 2 i 3 umieszczono wyniki oznaczeń liczebności wybranych grup drobnoustrojów w dwu glebach torfowo-murszowych. W glebach tych przy optymalnej wilgotności, określonej według Gotkiewicza i Kowalczyk [1977], liczebność bakterii zymogenicznych była wysoka, co wskazuje wyraźnie na warunki optymalne ich rozwoju w obydwu badanych glebach. Jak przedstawiono w tabeli 2, liczebność tych bakterii w glebie o wyższym stopniu zmurszenia Mt III była 10-krotnie wyższa. Liczebność drobnoustrojów o niskich wymaganiach pokarmowych – oligotrofów w stosunku do ogólnej liczby bakterii zymogenicznych była mała (tab. 2). Wyczółkowski i in. [1999] w podobnych środowiskach uzyskali znacznie więcej bakterii oligotroficznych aniżeli zymogenicznych. Z badań Chmielewskiego i Makulca [1993] wynika, iż gleby łąkowe o średnim stopniu zmurszenia zawierają kilkakrotnie więcej bakterii niż słabo i silnie zmurszałe.

Według Gotkiewicza i Kowalczyk [1977] wilgotność, jaka panuje w glebie, jest czynnikiem hamującym większość procesów mineralizacji, czyli przemian węglowej i azotowej materii organicznej. Badane gleby torfowo-murszowe wykazują się dobrym napowietrzeniem oraz optymalną wilgotnością, są środowiskiem o stosunkowo małej zawartości drobnoustrojów rosnących na ubogim podłożu z wyciągiem glebowym. Gleba murszowa Mt III stanowi potencjalnie bogate środowisko dla drobnoustrojów heterotroficznych, co zauważono przy wysiewie ilościowym z zastosowaniem bogatej pożywki odżywczej. Natomiast gleba torfowa Mt I jest bogata w drobnoustroje potencjalnie amonifikujące oraz redukujące azot azotanowy. Warunki tlenowe w glebie murszowej sprzyjają aktywności fizjologicznej, co powoduje wśród drobnoustrojów małą ilość form przetrwalnych. W przedstawionych badaniach w glebie murszowej Mt III liczebność drobnoustrojów przetrwalnikowych stanowiła tylko 7,36% (tab. 2) ogólnej liczebności bakterii zymogennych, co potwierdza rezultaty badań Kulińskiej i Jaśkowskiej [1993].

Jak przedstawiono w tabeli 3, liczebność bakterii potencjalnie amonifikujących jest stosunkowo duża w glebie o niskim stopniu zmurszenia Mt I. Mogłoby to wskazywać na intensywny proces amonifikacji w warunkach, jakie panowały w tym podłożu (optymalna ilość wody oraz duża ilość powietrza). Natomiast w murszu właściwym Mt III liczebność tych drobnoustrojów była niższa, co świadczy o tym, że procesy amonifikacji w tej glebie przebiegają z małą intensywnością.

Wielokrotnie wyższa liczebność bakterii redukujących azotany (tabela 3) w glebie torfowej Mt I (o niskim stopniu zmurszenia) wskazuje na obecność azotu azotanowego, a więc i na sprzyjające warunki do procesu denitryfikacji w tym podłożu w porównaniu z glebą o wysokim stopniu zmurszenia Mt III. Aktywność enzymatyczna oraz wydzielanie CO<sub>2</sub> z gleb to, według licznych autorów, lepsze wskaźniki biologicznej aktywności danej gleby niż ogólna liczebność drobnoustrojów lub wybranych grup mikroorganizmów zawartych w tym podłożu [Zimenko, Gawriłkina 1983; Kajak i in. 1991].

Jak obrazuje tabela 4, wydzielanie CO<sub>2</sub> z gleby torfowej Mt I jak i murszowej Mt III było wyraźnie zależne od dodanego substratu. Każdy substrat węglowy stymulował, choć w różnym stopniu, wydzielanie CO<sub>2</sub> z podłoża w warunkach laboratoryjnych. Stymulacja była największa po dodaniu do podłoża roztworu mocznika oraz w kolejności roztworu asparaginy i roztworu glukozy. Dodatek roztworu mocznika zarówno do gleby torfowej o niższym stopniu zmurszenia Mt I, jak i do murszu właściwego o wysokim stopniu zmurszenia Mt III powodował największe wydzielanie CO<sub>2</sub>, wskazujące na zużycie azotu wchodzącego w skład mocznika przez mikroorganizmy do budowy biomasy (tab. 4). Łatwość

wykorzystania węgla i azotu z roztworu asparaginy powodowała, że związek ten stymulował również wydzielanie CO<sub>2</sub>, choć w znacznie mniejszym stopniu niż roztwór mocznika. W badanej w pracy glebie torfowej (Mt I) wydzielanie CO<sub>2</sub> wynosiło 7,08 mg na 100 g podłoża (tabela 4), natomiast w murszu (Mt III) wydzielanie CO<sub>2</sub> było niewielkie, gdyż 1,2 mg na 100 g podłoża. Mogłoby to wskazywać na wyczerpanie łatwo utleniającego źródła węgla w tym podłożu. Toteż dodatek wybranych związków węgla i azotu do takiego podłoża wyraźnie stymulował aktywność wydzielania CO<sub>2</sub>. Gotkiewicz i Kowalczyk [1977] stwierdzili, że dodatek nawozów mineralnych i organicznych, przy optymalnym nawilżeniu gleby murszowej, do gleb pochodzenia torfowego powoduje uintensywnienie wydzielania CO<sub>2</sub> z takich podłoży. Można zatem wnioskować, że uzyskane w pracy wyniki są zgodne z wynikami tych autorów. Z badań Maciaka [1993] wynika, iż mineralizacja węgla organicznego przebiegała w murszach z intensywnością 40–70% większą niż w torfach, przy czym najwyższa była w murszach słabo i średnio przeobrażonych.

W tabeli 4 przedstawiono także wyniki aktualnej i potencjalnej (po dodaniu substratów) aktywności dehydrogenaz w obydwu badanych glebach torfowo-murszowych. Potencjalna aktywność dehydrogenaz była dość wysoka. Nawilżenie wodą podłoża stwarzało optymalne warunki aktywności dehydrogenaz. Dodatek związków węglowych łatwo przyswajalnych (roztworu glukozy lub asparaginy) działał dodatnio na aktywność tych enzymów, choć w różnym stopniu – bardziej wyraźnie po dodaniu glukozy, a w niewielkim stopniu po wprowadzeniu roztworu asparaginy. Natomiast dodatek roztworu mocznika powodował wyraźne obniżenie aktywności dehydrogenaz w obydwu glebach. Tendencje w aktywności dehydrogenaz w podłożu torfowym (Mt I) były zbliżone do tendencji zaobserwowanych w podłożu murszowym (Mt III). Chmielewski w swoich badaniach [1991] zaobserwował wysoką aktywność dehydrogenaz w torfie mechowiskowym.

Furczak i in. [1991] wykazali, że gleby torfowe charakteryzuje wyższa aktywność dehydrogenazowa w porównaniu z glebami mineralnymi. Było to zapewne związane z dużą żyznością środowiska torfowego, które posiada wysoką zawartość węgla organicznego, wywierając tym samym zarówno pośredni, jak i bezpośredni wpływ na aktywność enzymatyczną gleb.

Nawożenie mineralne według Hadas i Kautsky [1994] powodowało zwiększenie aktywności dehydrogenaz prawie dwukrotnie w glebach organicznych. Autorzy ci stwierdzili, że nawożenie gleby organicznej obornikiem lub obornikiem przefermentowanym zwiększało wyraźnie aktywność dehydrogenaz w porównaniu z nawożeniem mineralnym.

Badania Chmielewskiego [1991] wskazywały na to, że działalność mikroorganizmów w glebach torfowych jest bardzo ściśle uzależniona od stosunków powietrzno-wodnych oraz od stopnia zmurszenia torfu. Obniżenie poziomu wody w torfie powoduje szybszy rozwój bakterii amonifikujących, grzybów, mikroorganizmów wykorzystujących mineralne formy azotu. Torf olesowy o wysokim stopniu zmurszenia zawierał wysoką ilość promieniowców.

W badaniach Wyczółkowskiego i in. [1999] zauważono znaczne różnice w liczebnościach drobnoustrojów zależnie od stopnia zmurszenia gleby torfowej. Autorzy wnioskowali, że podstawowym procesem realizowanym przez drobnoustroje glebowe w trakcie murszenia jest wykorzystanie do rozkładu substancji organicznej tlenu oraz prawdopodobnie azotanów jako utleniaczy. Równocześnie zachodziło wykorzystanie jonu amonowego w warunkach tlenowych, na co wskazywały znaczące ilości amonifikatorów i przetrwalnikujących tlenowców. O procesie amonifikacji świadczyć mogły dość duże liczebności amonifikatorów.

Dąbek-Szreniawska [2002], przeprowadzając charakterystykę gleb torfowo-murszowych stwierdziła, że zarówno zabieg przesuszania tych gleb, jak i przesuszenie z ponownym nawilżaniem spowodował, statystycznie istotne obniżenie liczebności większości badanych grup drobnoustrojów. W wyniku odwodnienia gwałtownie wzrosła aktywność bakterii prowadzących mineralizację substancji organicznej [Kowalczyk 1970, 1971]. Według Kajak i in. [1991] spadek wilgotności podłoża torfowego dobrze rozłożonego powoduje łatwiejszą mineralizację materii organicznej, zwiększenie się liczebności bakterii amonifikujących oraz mikroorganizmów biorących udział w przemianach azotu mineralnego.

Niewielka ilość wydzielonego dwutlenku węgla z badanej gleby murszowej wskazywała na brak w tym podłożu łatwo utleniających źródeł węgla organicznego. Porównanie gleby torfowej (Mt I) z glebą murszową (Mt III) wykazało, iż w murszu prawdopodobnie proces mineralizacji uległ zakończeniu pomimo optymalnych warunków nawilżenia i zawartości powietrza w tej glebie.

Podsumowując, należy stwierdzić, że gleba torfowa o niskim stopniu zmurszenia (Mt I) cechowała się wyższą aktywnością respiracyjną i dehydrogenazową a także była bogatsza w mikroorganizmy oligotroficzne, redukujące azotany i amonifikujące w porównaniu z glebą silnie zmurszałą (Mt III), co potwierdza badania innych autorów. Przeprowadzone badania wykazały ponadto, że w glebach pochodzenia organicznego w określaniu ich jakości trzeba analizować wiele grup drobnoustrojów i używać do tego pożywek ściśle wybiórczych, zawierających węgiel i azot w stężeniach bliskich stężeniom tych pierwiastków w roztworze glebowym.



## WNIOSKI

1. Gleba torfowa o niskim stopniu zmurszenia cechowała się wyższą aktywnością respiracyjną i dehydrogenazową i była bogatsza w mikroorganizmy w porównaniu z glebą silnie zmurszałą.
2. Aktywność respiracyjna i dehydrogenaz w badanych glebach okazała się dobrym wskaźnikiem aktywności gleb torfowo-murszowych.
3. Dodatek substratów węglowych modyfikował aktywność respiracyjną i enzymów dehydrogenaz.

## PIŚMIENNICTWO

- Chmielewski K. 1991. The effect of habitat conditions on microbiological activity of peat soils. *Pol. Ecol. Stud.* 17, 143–153.
- Chmielewski K., Makulec G. 1993. Microflora and enzymatic activity of earthworm (*Lumbricidae*) casts in hydrogenous soils. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 406, 135–138.
- Dąbek-Szreniawska M. 2002. Charakterystyka mikrobiologiczna gleb torfowo-murszowych podanych osuszaniu i nawilżaniu. *Acta Agrophysica* 68, 21–28.
- Fred E.B, Waksman S.A. 1928. *Laboratory manual of general microbiology*. Mc Graw-Hill Book Company, inc. New York–London.
- Furczak J., Szember A., Bielińska J. 1991. Aktywność enzymatyczna strefy przybrzeżnej jezior Piaseczno i Głębokie różniących się troficznością (Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie). *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, 19, 307–324.
- Gawlik J. 1992. Water holding capacity of peat formations as an index of the state of their secondary transformation. *Polish J. Soil Sci.* 2, 121–126.
- Gawlik J. 1996. Przydatność wskaźnika chłonności wodnej do oceny stanu wtórnego przeobrażenia gleb torfowych. *Wiad. IMUZ* 18, 197–216.
- Gawlik J. 2000. Division of differently silted peat formations into classes according to their state of secondary transformations. *Acta Agrophysica* 26, 17–24.
- Gotkiewicz J., Kowalczyk Z. 1977. Zróżnicowanie procesów biologicznych w glebach podstawowych rodzajów siedlisk pobagiennych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 186, 97–117.
- Grabińska-Łaniewska (red.) 1996. *Ćwiczenia laboratoryjne z mikrobiologii ogólnej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Hadas A., Kautsky L. 1994. Feather meal, a semi-slow-release nitrogen fertilizer for organic farming. *Fertilizer Research* 38, 165–170.
- Ilnicki P. 2002. *Torfowiska i torf*. Wyd. Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Kajak A., Andrzejewska L., Ciesielska Z., Chmielewski K., Kaczmarek M., Makulec G., Pętał J., Ryszkowska J., Stopnicki J., Szanser M., Wasilewska L. 1991. Ekologiczna analiza przemian zachodzących na torfowiskach pod wpływem gospodarki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 372, 435–454.
- Kulińska D., Jaśkowska H. 1993. Microbiological activity in hydrogenic soils of various degrees of transformation. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 405, 105–110.

- Kowalczyk Z. 1970. Określenie intensywności rozkładu błonnika w glebie murszowo-torfowej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. F*, 77, 455–468.
- Kowalczyk Z. 1971. Porównanie wyników intensywności wydzielania się CO<sub>2</sub> i rozkładu błonnika jako testów oceny aktywności biologicznej gleby torfowej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. F*, 78, 181–194.
- Maciak F. 1988. Rozkład gleby torfowej użytkowanej pod łąką i lasem. *Rocz. Gleb.* 39, 171–185.
- Maciak F. 1993. Diagnosis of the transformation of drained peat soils as related to nitrogen mineralization. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 406, 75–82.
- Okruszko H. 1967. Kształtowanie się warunków glebowych na zmeliorowanych torfowiskach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 74, 13–27.
- Okruszko H. 1974. Zasady podziału gleb organicznych. *Wiad. IMUZ* 12, 19–37.
- Okruszko H. 1976. Zasady rozpoznawania i podziału gleb hydrogenicznych z punktu widzenia potrzeb melioracji. *Bibl. Wiad. IMUZ* 52, 7–54.
- Okruszko H. 2000. Phenomenon of peat soil degradation in the light of experiments. *Acta Agrophysica* 26, 7–15.
- Okruszko H., Kozakiewicz A. 1973. Humifikacja i mineralizacja jako elementy składowe procesu murszenia gleb torfowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 146, 63–76.
- Parkinson D., Gray T.R.G., Williams S.T. 1971. *Methods for Studying the Ecology of Soil Microorganisms*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, Edinburgh, 116.
- Pochon J., Tradieux P. 1962. *Techniques d'analyse en microbiologie du sol*. Edition de la Tourelle, St. Mondé. 111.
- Schinner F., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. 1995. *Methods in Soil Biology*. Springer Verlag-Berlin Heidelberg.
- Szajdak L., Matuszewska T., Gawlik J. 2000. Zależność zawartości aminokwasów ogólnych i hydrofobowych w utworach torfowo- murszowych od stanu zaawansowania ich przeobrażeń. *Wiad. Inst. Melior. Użytków Ziel.* 20, 3, 75–90.
- Walczyzna J. 1973. przeobrażenia substancji organicznej w dawno odwodnionych murszach i czar-nych ziemiach użytkowanych jako pola orne i łąki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 146, 160–180.
- Wyciółkowski A.I., Bieganowski A., Malicki J., Dąbek-Szreniawska M. 1999. Liczebność i współwystępowanie mikroorganizmów w murszejącej glebie. [W:] *Fizyczna degradacja gleb: prognozowanie, metody ochrony i rekultywacji*. (red.) J. Lipiec, J. Rejman, 137–140.
- Zimienko T.G., Gawrilkina N.V. 1983. *Obszczaja charakteristika mikrobnych cenzow torfianych poczw*. [W:] *Miszustin E.N., (red.) Mikrobnije cenozy i ich funkcjonirwanije*. Nauka i Technika. Minsk.