

ROZMIESZCZENIE PROFILOWE GRZYBÓW *MICROMYCETES* W WYBRANEJ MURSZEJĄCEJ GLEBIE ORGANICZNEJ POWSTAŁEJ Z MUŁÓW

Zofia Tyszkiewicz¹

¹ Wydział Budownictwa i Inżynierii środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45a, 15-351 Białystok, e-mail: z.tyszkiewicz@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

Analizą mikologiczną objęto dwa punkty badawcze reprezentujące typ gleb organicznych murszowych, podtyp organicznych limno-murszowych. Znajdowały się one w dolinie Supraśli na zmeliorowanych, nieużytkowanych łąkach położonych przy północnej granicy Białegostoku na obszarze gminy Wasilków. Gleby na obu stanowiskach cechowały się podobną budową profilową. Celem prowadzonych badań było poznanie zbiorowisk grzybów *micromycetes* zasiedlających różne głębokości profilu glebowego murszejącej gleby organicznej wytworzonej z utworów mułowych. Określono również podobieństwo między zbiorowiskami grzybów zasiedlającymi różne głębokości analizowanych gleb. Próby do badań pobrano w lipcu 2012 roku a pochodziły z poziomów tworzonych przez mursz (poziomu darniowego i poddarniowego) oraz z warstwy organicznej tworzonej przez utwór mułowy. Uzyskano 6 zbiorowisk grzybów glebowych, których całkowita frekwencja wynosiła 171 sztuk. Były one reprezentowane przez 30 różnych gatunków. Najliczniejsze zbiorowiska otrzymano z murszu tworzącego poziomy darniowe. W miarę zwiększania się głębokości w profilu glebowym liczebność kolonii grzybów a także ich gatunków malała. Najmniej liczne ilościowo i jakościowo okazały się zbiorowiska zasiedlające warstwy niezmienionego procesem murszenia mułu. Wskazuje to, że rozwój i nasilenie procesu murszenia przyczynia się do rozwoju grzybów *micromycetes*. Gatunkiem, który miał największe znaczenie w przeobrażeniach substratu organicznego okazał się *Helicosporium vegetum* Nees oraz gatunek nie zidentyfikowany, ponieważ nie tworzył zarodników.

Słowa kluczowe: grzyby glebowe, gleby organiczne murszowe.

PROFILE LOCATION OF FUNGI *MICROMYCETES* IN SELECTED ORGANIC-MUCK SOIL FORMED FROM MUD

ABSTRACT

Mycological analysis included two research stations, which represented the type of organic muck soils, sub-type Limnic Sapric Histosol. These soils were characterized by a similar structure of the profile. They were located in the valley of Supraśl on reclaimed meadows, which were located near Białystok. The aim of the study was to investigate the fungal communities colonizing *micromycetes* different depths of organic profile soil. The author also determined the similarity between the communities of fungi inhabiting different depths of soil analyzed. The samples were collected in July 2012. The samples were collected from the levels created by the muck and the organic layer formed by a mule track. In total, 6 soil fungal communities with a total attendance was 171 units were obtained. They were represented by 30 different species. The largest communities were obtained from level turf. With increasing depth in the soil profile and the number of fungal colonies decreased their species variability. Quantitatively and qualitatively smallest were communities that inhabited the layer of mud. This indicates that the development and intensity of soil transformation effect on the growth of fungi *micromycetes*. The species, which was the most important transformations in organic substrate was *Helicosporium vegetum* Nees.

Keywords: soil fungi, organic-muck soils

WPROWADZENIE

Mułowiska (a także gleby wytworzone z mułów), w porównaniu z innymi siedliskami gleb organicznych, należą do słabo rozpoznanych. Wynika to z faktu, że niewiele jest w naszym kraju tego typu obiektów. Ponadto geneza utworów mułowych jest efektem złożonych procesów, co powoduje brak jednorodności ich utworów macierzystych [21, 17]. W konsekwencji powstają trudności w klasyfikacji gleb powstających z utworów mułowych [17]. Aktualnie obowiązująca Systematyka gleb Polski [22] gleby tworzone z mułów zalicza do typu gleb organicznych limnowych. Obejmuje on gleby, które zostały wytworzone z osadów podwodnych, powstających na dnie zbiorników wodnych (gytie) lub w zastoiskach dolin rzecznych (muły). Po obniżeniu poziomu wody osady te, nazywane limnic, wyłaniają się spod wody i powstaje powierzchnia specyficznych gleb organicznych. Miejscem akumulacji mułu najczęściej są tarasy zalewowe dolin rzecznych i starorzecza cechujące się zmiennym zasilaniem siedliska przez dopływ podziemny i powierzchniowy, z wyraźną dominacją powierzchniowego. Obserwuje się również znaczne wahania poziomu wody [13, 14]. Powstający w takich warunkach muł jest utworem przyjmującym postać humusu, amorficznej, najczęściej plastycznej masy organicznej o czarnym zabarwieniu [21].

Muły powstają w specyficznych warunkach, które cechują się okresowym wysokim poziomem wód gruntowych oraz długotrwałym (4-9 miesięcy) lub stałym zalewem rzeczny. Głębokość zalewu może przekraczać 2 m [1]. Natomiast poziom wód gruntowych może opadać do około 0,5 m – w najcieplejszych miesiącach roku, a w pobliżu koryta rzeczno nawet poniżej 1,5 m poniżej powierzchni terenu. W związku z tym stan uwodnienia mułowiska jest bardzo zmienny i zależy od charakteru rzeki oraz stanu wody w jej korycie [14].

Na mułowiskach telmatycznych – powstających w zalewanych okresowo obniżeniach terenowych – warunki niedoboru tlenu panują jedynie w okresie zalewu powierzchniowego. Po ustąpieniu tego zalewu następuje znaczne obniżenie poziomu wód gruntowych. Zjawisko to przyczynia się do bardzo intensywnej humifikacji i mineralizacji masy organicznej. Powoduje też wysoki trofizm siedliska. Muły powstające w takich warunkach różnią się miąższością, która jest uzależniona od mikrorzeźby tarasu zalewowego

doliny [12, 18]. Z kolei mułowiska limnetyczne zajmują płytkie zbiorniki wodne, przeważnie starorzecza, stąd też muły tworzą się pod powierzchnią wody (przy stałym zalewie). Rozkład roślinności w takich warunkach jest nieco wolniejszy niż na mułowiskach telmatycznych, w związku z tym tempo akumulacji mułu jest nieco większe. Odkładające się muły są mniej zwarte i posiadają ciemniejszą barwę w porównaniu z mułami mułowisk telmatycznych [17].

Na obszarze mułowiska obok utworów jednorodnych (mułów właściwych) często spotyka się utwory niejednorodne mające charakter przejściowy między utworami mułowymi a aluwialnymi lub torfowymi. Powodem takiej sytuacji jest nakładanie się na proces mułotwórczy innych procesów glebowych i geologicznych. Skutkuje to powstawaniem utworów warstwowanych. Jeśli natomiast cała masa utworu glebowego jest niejednorodna to powstają utwory mieszane. Najczęściej są one efektem silnego zamulenia, czyli rozciągniętego w czasie procesu odkładania się w zasadniczym utworze organicznym obcego materiału. Proces ten może przebiegać z różnym natężeniem a jego intensywność w istotny sposób wpływa na właściwości fizyczno-chemiczne tworzącego się mułu [17].

W naszym kraju typowe mułowiska w stanie akumulacji większe powierzchnie zajmują jedynie w dolinie Biebrzy wykształconej w Kotlinie Biebrzy Dolnej [1, 16]. W innych dolinach rzecznych mułowiska najczęściej są silnie odwodnione i zmurszałe [2, 5, 8, 20]. Niewielkie powierzchnie mułowisk można spotkać w dolinie rzeki Supraśl, która jest prawym dopływem Narwi, a swój naturalny charakter zachowała jedynie na niewielkim odcinku. Większa część rzeki, w ciągu ostatnich 30 lat, została uregulowana i obwałowana a obszar jej doliny zmeliorowany – szczególnie w dolnym biegu. Sytuacja ta przyczyniła się do zwiększenia powierzchni gleb objętych murszeniem [8]. Największy przyrost gleb zmurszałych nastąpił w okolicach miejscowości Jurówce oraz na odcinku między rzekami Supraśl i Białą [8, 19].

Zasiedlenie przez grzyby mikroskopowe murszejących utworów mułowych w dolinie Supraśli jest interesującym zagadnieniem poznawczym. Dlatego też podjęto pracę, której celem było określenie zbiorowisk grzybów *micromycetes* występujących na różnych głębokości profilu glebowego murszejącej gleby organicznej wytworzonej z utworów mułowych. Określono również podobieństwo między otrzymanymi zbiorowiskami grzybów.

TEREN I OBIEKT BADAŃ

Badania prowadzono na dwóch, położonych blisko siebie, stanowiskach. Zlokalizowano je w części doliny rzeki Supraśl znajdującej się tuż przy północnej granicy Białegostoku, na obszarze gminy Wasilków – około 850 m od granic tej miejscowości. Stanowiska badawcze położone były w odległości 100 i 150 m na południe od koryta rzeki i znajdowały się na zmeliorowanych, obecnie nieużytkowanych łąkach.

Analiza cech morfologicznych, obserwowanych w profilach glebowych, pozwoliła zakwalifikować gleby do rzędu gleb organicznych. Gleby należące do tego rzędu tworzą się w warunkach wysokiej wilgotności środowiska. Jednak po obniżeniu zwierciadła wody gruntowej wierzchnie poziomy tych gleb zostają natlenione, co z kolei przyczynia się do intensywnego rozwoju mikroorganizmów. Organizmy te rozkładają resztki roślinne i przetwarzają część masy organicznej w humus. W ten sposób rozpoczyna się proces murszenia, który inicjuje tworzenie murszu i powstanie poziomu murszowego oraz ewolucję gleb i powstanie gleb zaliczanych do typu nazwanego – gleby organiczne murszowe [22, 11].

Analizie mikologicznej poddano gleby należące do typu gleb organicznych murszowych, podtypu gleb organicznych limno-murszowych. Budowa profilowa gleb przedstawiała się następująco:

1) Profil 1 (oddalony około 100 m na południe od koryta rzeki Supraśl):

- 0–16 cm – poziom darniowy tworzony przez gruboziarnisty mursz poprzerastany korzeniami roślin, barwy czarnej, mazisty, zamulony;
- 16–33 cm – poziom poddarniowy budowany przez mursz drobnoagregatowy, czarny, mazisty, zamulony;
- 33–70 cm – muł z domieszką torfu, wśród dominującej shumifikowanej substancji organicznej widoczne fragmenty roślin torfotwórczych, utwór plastyczny, amorficzny, pod naciskiem rozpadający się na kawałki, ze śladami murszenia, barwa brunatnoczarna;
- 70–85 cm – muł z dodatkiem piasku barwy ciemnoszarej;
- 85–92 cm – piasek zamulony, szary;
- 92–130 cm – piasek luźny, jasnożółty ze śladami oglejenia.

2) Profil 2 (oddalony około 150 m na południe od koryta rzeki Supraśl):

- 0–16 cm – poziom darniowy tworzony przez mursz ziarnisty, poprzerastany korzeniami roślin, mazisty, barwy czarnej, zamulony;
- 16–32 cm – poziom poddarniowy, mursz drobnoagregatowy, mazisty, czarny, zamulony;
- 32–46 cm – muł z domieszką torfu, wśród dominującej silnie shumifikowanej masy organicznej widoczne fragmenty roślin torfotwórczych, utwór plastyczny, mazisty, amorficzny, od głębokości 40 cm kawałkujący się, widoczne cechy murszenia;
- 46–60 cm – piasek zamulony, barwy szarej;
- 60–130 cm – piasek luźny, jasnożółty ze śladami oglejenia.

Stan uwilgotnienia utworów w obu analizowanych glebach – do poziomu wody gruntowej, która występowała na głębokości 52 cm – określono jako świeży. Poniżej tej głębokości utwory były mokre.

Próby do badań mikologicznych pobrano w lipcu 2012 roku. Pochodziły one z utworów organicznych znajdujących się na różnych głębokościach każdego profilu glebowego – tym samym reprezentowały różne poziomy genetyczne. Pobrano je z głębokości 10–15 cm (mursz tworzący poziom darniowy – M1), 20–30 cm (mursz tworzący poziom poddarniowy – M2) i 35–45 cm (warstwa mułu – Lc).

METODY BADAŃ

Do izolacji grzybów *micromycetes* wybrano metodę płytek glebowych Warcupa [23] w modyfikacji Mańki [6, 9, 10]. Podobieństwo między zbiorowiskami grzybów określono przy pomocy współczynnika Jaccarda:

$$J = \frac{j}{a + b - j}$$

gdzie: j – liczba gatunków wspólnych dla obu zbiorowisk;

a – liczba gatunków występujących wyłącznie w jednym z analizowanych zbiorowisk,

b – liczba gatunków występujących wyłącznie w drugim z porównywanych zbiorowisk [24].

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W wyniku prowadzonych badań otrzymano ogółem 171 kolonii grzybów glebowych. Pochodziły one z 6 zbiorowisk, po trzy z każdego profilu glebowego – z poziomów darniowego i poddarniowego budowanych przez mursz oraz z warstwy mułu. Zbiorowiska były tworzone przez 30 różnych gatunków grzybów *micromycetes* (tab. 1).

Najliczniejsze zbiorowisko otrzymano z poziomu darniowego (M1) gleby opisanej jako profil 2. Było ono tworzone przez 65 kolonii grzybów i 21 gatunków. W profilu 1 przypowierzchniowa część gleby (mursz poziomu darniowego) również był licznie zasiedlany przez grzyby *micromycetes*. Odnotowano w nim 56 kolonii i 13 różnych gatunków. Wyniki te wskazują, że liczebność grzybów – zarówno kolonii, jak i gatunków – jest większa w przypadku gleby o mniejszej miąższości utworów organicznych (profil 2; tab.1). Jest to jednocześnie gleba, w której proces murszenia przebiega szybciej w porównaniu z glebą opisywaną jako profil 1. Wskazuje na to zarówno miąższość utworów organicznych oraz struktura murszu tworzącego poziom darniowy. Wynika stąd, że proces murszenia – będący efektem odwodnienia siedliska i wzmożonej mineralizacji substancji organicznej – wiąże się ze wzmożonym rozwojem mikroorganizmów. Spadkowi wilgotności towarzyszy wzrost liczebności grzybów. Inni autorzy również stwierdzają, że każda zmiana podłoża ma wpływ na stosunki biotyczne panujące między mikroorganizmami i kształtowanie się struktur ich zbiorowisk [3, 4]. Mikroorganizmy glebowe to składnik biocenozy najszybciej reagujący na zmiany parametrów jej środowiska [7]. W obu analizowanych glebach

wraz z głębokością w profilu glebowym zróżnicowanie jakościowo-ilościowe zbiorowisk grzybów ulegało zmniejszeniu (tab. 2). Jest to niewątpliwie efekt wzrostu uwilgotnienia substratu organicznego i zmniejszania się ilości powietrza. Rozwój i wzrost liczebności grzybów jest stymulowany natlenieniem, które ma miejsce w wierzchnich częściach profili gleb znajdujących się na odwodnionych siedliskach gleb organicznych [15].

Podobieństwo między otrzymanymi zbiorowiskami grzybów analizowanych gleb układało się na zróżnicowanych poziomach. Najwyższe podobieństwo, wynoszące 67%, wykazały zbiorowiska grzybów zasiedlające poziom poddarniowy profilu 2 i poziom darniowy profilu 1. Wiele wspólnych cech posiadały również zbiorowiska grzybów zasiedlające mursz poziomów darniowych obu gleb (podobieństwo wynoszące 58%). Zdecydowanie niższe podobieństwo odnotowano między zbiorowiskami grzybów otrzymanymi z warstwy niezmienionego glebotwórczym procesem murszowym mułu a poziomami murszowymi. Kształtowało się ono od 5 do 37%. Wskazuje to, że odwodnienie gleb organicznych limnowo-murszowych i towarzysząca temu mineralizacja utworów organicznych zmienia struktury zasiedlających je zespołów grzybów *micromycetes*. Natomiast niskie podobieństwo między zbiorowiskami grzybów zasiedlającymi mursz poziomu poddarniowego w profilu 2 a mursz budujący poziom darniowy (4%) i poddarniowy (17%) w glebie opisywanej jako profil 1 może wskazywać na fakt, że charakter struktur zbiorowisk grzybów analizowanych gleb jest dynamiczny i mało stabilny. Stwierdzenia te potwierdza również analiza składu ilościowego zbiorowisk. Zdecydowana większość gatunków grzybów cechuje się bardzo

Tabela 1. Liczba gatunków i izolatów (frekwencja) grzybów w analizowanych glebach

Table 1. The number of fungi species and isolates (frequency) in the soils studied

Profil glebowy	Poziom genetyczny	Frekwencja	
		liczba gatunków	liczba izolatów
Profil 1	poziom darniowy – M1	13	56
	poziom poddarniowy – M2	4	15
	warstwa mułu – Lc	3	14
	razem	15	85
Profil 2	poziom darniowy – M1	21	65
	poziom poddarniowy – M2	5	16
	warstwa mułu – Lc	4	5
	razem	25	86
Razem		30	171

Tabela 2. Podobieństwo wyrażone w procentach między zbiorowiskami grzybów zasiedlającymi analizowane gleby

Table 2. Similarity percentages between communities of soil fungi in the soils studied

		Profil 1		
		M1	M2	Lc
Profil 2	M1	58	4	5
	M2	67	17	20
	Lc	37	20	25

Oznaczenia: M1 – poziom darniowy tworzony przez mursz; M2 – poziomu poddarniowy tworzony przez mursz; Lc – poziom limniczny tworzony przez muł (warstwa mułu).

niską frekwencją, która wynosi od 1 do 4 izolatów. Na uwagę zasługuje *Helicosporium vegetum* Nees, którego frekwencja była najwyższa w poziomie darniowym profilu 1. Stosunkowo wysoką liczebność w zbiorowiskach zasiedlających murszące utwory mułowe w profilu 1 oraz murszu poziomu darniowego profilu 2 miał grzyb nie wykazujący zarodnikowania (nie zarodnikujący 1). Natomiast w zbiorowiskach grzybów zasiedlających poziomy M2 i Lc gleby opisanej jako profil 2 na pewną uwagę zasługuje *Aspergillus niger* van Tieghem (tab. 3).

Wyniki dotyczące składu jakościowego analizowanych zbiorowisk oraz podobieństwa między zbiorowiska potwierdzają wcześniej sformułowany wniosek, że zespoły grzybów *micromycetes* w analizowanych utworach organicznych cechuje brak stabilności. Jest to najprawdopodobniej powiązane z dynamizmem przemian środowiskowych (właściwości fizyczny i chemicznych odwodnionych utworów organicznych) występujących w dolinach rzecznych, a dokładniej – w dolinie Supraśli.

Stwierdzono, że gatunki wskazane w tabeli 3, szczególnie *Helicosporium vegetum*, miały stosunkowo duże znaczenie w przemianach substratu organicznego odwodnionych gleb organicznych budowanych przez murszejący muł.

Tabela 3. Gatunki grzybów najliczniej występujące w analizowanych glebach

Table 3. Fungi species with the highest occurrence in the soils studied

Gatunek grzyba	Profil 1			Profil 2		
	M1	M2	Lc	M1	M2	Lc
<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	–	–	–	–	7	9
<i>Helicosporium vegetum</i> Nees	36	4	1	–	5	–
Nie zarodnikujący 1	15	8	–	19	–	1

Objaśnienia jak w tabeli 2.

WNIOSKI

1. Proces murszenia gleb organicznych wytworzonych z utworów mułowych przyczynia się do wzrostu liczebności zbiorowisk zasiedlających je grzybów. Poziomy murszowe cechują się bogatszymi strukturami ilościowymi i jakościowymi zbiorowisk grzybów w porównaniu z niżej leżącymi warstwami mułu.
2. Zbiorowiska grzybów *micromycetes* zasiedlające analizowane gleby są niestabilne w swej strukturze jakościowej. Nawet niewielkie zmiany siedliskowe przyczyniają się do powstawania odmiennych zbiorowisk.
3. Gatunkiem, który miał wyraźne znaczenie w przemianach substratu organicznego jednej z odwodnionych glebach organicznych budowanych przez murszejący muł był *Helicosporium vegetum* Nees.

LITERATURA

1. Banaszuk H.: Rozmieszczenie i budowa profilowa mad i gleb mułowych w dolinie Narwi i Biebrzy wykształconych na obszarze Kotliny Biebrzańskiej na tle geomorfologii terenu. Biuletyn Naukowy. 9. Wyd. UWM w Olsztynie, Olsztyn 2000, 181–193.
2. Banaszuk P.: Gleby i siedliska glebotwórcze Narwiańskiego Parku Narodowego. [W:] H. Banaszuk (red.). Przyroda Podlasia. Narwiański Park Narodowy. Monografia przyrodnicza. Wyd. Ekonomia i Środowisko, 2004, 141–158.
3. Barabasz W., Voříšek K.: Bioróżnorodność mikroorganizmów w środowisku glebowym. [W:] W. Barabasz (red.), Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach. Wyd. Katedra Mikrobiologii AR, Kraków 2002, 23–34.
4. Bogacz A., Szulc A., Bober A., Płaskowska E., Matkowski K.: Wpływ stopnia zmurszenia torfu na skład i liczebność grzybów glebowych obiektu Przedmoście. Roczn. Glebozn., 55 (3), 2004, 39–51.
5. Dembek W., Danielewska A.: Zróżnicowanie siedlisk Doliny Górnej Narwi od zbiornika Siemia-

- nówka do Suraża. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 428, 1996, 25–38.
6. Johnson L. F., Mańka K.: A modification of Warcup's soil-plate method for isolating soil fungi. *Soil Sci.*, 92, 1961, 79–84.
 7. Frączek K.: Skład mikrobiocenotyczny drobno-ustrojów biorących udział w procesach przemian azotu w glebie w otoczeniu składowiska odpadów komunalnych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 10, 2 (30), 2010, 61–71.
 8. Kiryłuk A.: Zmiany siedlisk pobagiennych i fitocenozy w dolinie Supraśli. *Rozp. Nauk. i Monografie*, 20, Wyd. IMUZ, Falenty 2007.
 9. Mańka K.: Próby dalszego udoskonalenia zmodyfikowanej metody Warcupa izolowania grzybów z gleby. *Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn., PTPN*, 17, 1964, 29–45.
 10. Mańka K., Salmanowicz B.: Udoskonalenie niektórych technik zmodyfikowanej metody płytek glebowych do izolowania grzybów z gleby z punktu widzenia mikologii fitopatologicznej. *Rocz. Nauk Roln., E* (17), 1987, 35–46.
 11. Marcinek J., Komisarek J.: Systematyka gleb Polski. [W:] Mocek A. (red.). *Gleboznawstwo*. PWN, Warszawa 2015: 281–364.
 12. Okruszko H.: Powstawanie mułów i gleb mułowych. *Rocz. Glebozn.*, 20, 1969, 25–49.
 13. Okruszko H.: Zasady podziału gleb hydrogenicznych na rodzaje oraz łączenia rodzajów w kompleksy. *Rocz. Glebozn.* 39 (1), 1988, 127–152.
 14. Okruszko H.: Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i zróżnicowanie. *Wiad. Bibl. IMUZ*, 79, 1992, 5–14.
 15. Piaścik H., Gotkiewicz J.: Przeobrażenia odwodnionych gleb torfowych jako przyczyna ich degradacji. *Rocz. Glebozn.*, 55(2), 2004, 331–338.
 16. Roj-Rojewski S.: Budowa profilowa i właściwości chemiczno-fizyczne gleb mułowych w Kotlinie Biebrzy Dolnej w aspekcie ochrony mułowisk. *Zesz. Nauk. Politechniki Białostockiej. Inż. Środ.*, 17, Białystok 2006, 25–40.
 17. Roj-Rojewski S.: Mud habitats as interesting fluvio-genic wetlands. [W:] A. Łachacz (red.). *Wetlands – their functions and protection. Contemporary problem of management and environmental protection*. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Olsztyn 2009, 29–46.
 18. Roj-Rojewski S., Banaszuk H.: Typologia i sekwencja gleb mułowych i mad na tle mikrorzeźby tarasów zalewowych Narwi i Biebrzy. *Rocz. Glebozn.*, 55 (4), 2004, 115–127.
 19. Roj-Rojewski S., Korol A., Zienkiewicz A.: Wpływ warunków wodnych na właściwości fizyczne i pokrywą roślinną gleb murszowych położonych na odwodnionych siedliskach mułowych. *Inż. Ekol.* 29, 2012, 141–152.
 20. Smółczyński S., Orzechowski M., Piaścik H.: Właściwości fizyczno-wodne oraz prognostyczne kompleksy wilgotnościowo-glebowe gleb hydrogenicznych w krajobrazie Deltę Wiślanej. *Biul. Nauk UWM. Olsztyn*, 62, (3/4), 2000, 1–194.
 21. Systematyka gleb Polski, *Rocz. Glebozn.* 40 (3), 1989.
 22. Systematyka gleb Polski, *Rocz. Glebozn.*, 62(3), 2011.
 23. Warcup J. H.: The soil plate method for isolation of fungi from soil. *Nature*, 166, 1950, 117–118.
 24. Zak J.C., Willig M.R.: Fungal biodiversity patterns. [W:] *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods*, G.M. Mueller, G.F. Bills, M.S. Foster (red.), Elsevier Academic Press, Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Oxford-Paris-San Diego-San Francisco-Singapore-Sydney-Tokyo 2004, 59–75.