

PRZESTRZENNE ROZMIESZCZENIE I SEZONOWE ZMIANY LICZEBNOŚCI PROMIENIOWCÓW ORAZ GRZYBÓW DROŹDŻOIDALNYCH I NITKOWATYCH W WODZIE JEZIORA EUTROFICZNEGO I JEGO ZLEWNI

**Stanisław NIEWOLAK, Zofia FILIPKOWSKA,
Ewa KORZENIEWSKA**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Mikrobiologii Środowiskowej

Słowa kluczowe: ciekі powierzchniowe, grzyby drożdżoidalne, grzyby nitkowate, jezioro, promieniowce, wody gruntowe, zlewnia

Streszczenie

Badano przestrzenne rozmieszczenie i sezonowe zmiany liczebności promieniowców, grzybów nitkowatych i grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg (jezioro eutroficzne) ze studzienek odwierconych w zagłębieniach terenu (studzienki 2., 3., 6., 8., 13.) i na wzniesieniach (studzienki 5. i 10.), w wodzie pelagialu tego zbiornika, pobieranej z głębokości 0,3, 6,0 m i znad dna (na stanowiskach I i II północnym i południowym) oraz w wodzie cieków powierzchniowych drenujących jego zlewnię (dopływającego i odpływającego z jeziora). W większości próbek wody gruntowej pobieranej na terenie zlewni (woda gruntowa) jedynie grzyby drożdżoidalne występowały liczniej. Na ogół więcej ich występowało w próbkach ze studzienek odwierconych w zagłębieniach terenu. Natomiast w wodzie pelagialu jeziora Bartąg brak było większych różnic w liczebności tych drobnoustrojów na stanowiskach I i II. Z reguły mniej ich występowało w wodzie odpływającej z jeziora, więcej w wodzie dopływającej. W cyklu rocznym minimalna liczebność tych drobnoustrojów była notowana najczęściej wiosną (w kwietniu i maju), maksymalna zaś jesienią (w okresie od października do grudnia), niekiedy również latem po opadach burzowych.

WSTĘP

Promieniowce oraz grzyby drożdżoidalne i nitkowate występują powszechnie w glebie, na roślinach, w nektarze kwiatów, na obumarłych szczątkach organicznych [COOKE, 1987; FLETCHER, KERRY, WESTE, 1985; GARG, SHARMA, 1983], skąd wraz z kurzem, pyłkami roślin i innymi siłą wiatru przedostają się do wód powierzchniowych [HEDRICK, COOK, WOOLLETT, 1968] i/lub mogą być wymywane do rzek, jezior, mórz [SHERRY, 1986], gdzie biorą udział w obiegu C, N, P, S, Fe, Mn [STERFLINGER, 2000]. Niektóre z nich odgrywają rolę w biodegradacji ksenobiotyków i zanieczyszczeń ropopochodnych [KWAŚNIEWSKA, 1988; NOVOŽILOVA, 1979].

Typowe promieniowce glebowe (*Streptomyces*, *Actinosporangium*, *Actinomadura*, *Thermopolyspora*, *Microtetraspora*, *Promicromonospora*, *Nocardia*, *Rhodococcus*) były stwierdzane w wodzie jeziora Chenhgai (prowincja Yunnan, w Chinach) [XU, LI, JIANG, 1996], niektóre spośród nich również w jeziorach Pojezierza Mazurskiego [NIEWOLAK, 1975] i innych typach wód [CHEA, LECLERC, 1975; CROSS, 1982; JOHNSTON, CROSS, 1976]. Niewielkie liczebności promieniowców były wykrywane w wodzie jezior różnych typów troficznych na Pojezierzu Mazurskim [NIEWOLAK, 1973; 1975; NIEWOLAK, KACZOR, 1988]. Częściej i liczniej w wodzie jezior występują grzyby nitkowate pochodzenia glebowego: *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Paecilomyces* [EL-SHAARAWI, QURESHI, DUTKA, 1977; KWAŚNIEWSKA, 1988; RITCHEL-BEURLIN, 1979]. Ich obecność była stwierdzana także w wodzie kąpielisk nadmorskich [ARVANITIDOU i in., 2002], w wodzie ze studni [FRANKOVA, HORECKA, 1995; ROSENZWEIG, MINNINGH, PIPES, 1986] i w systemach dystrybucji wody pitnej [COOKE, 1987; NAGY, OLSON, 1982].

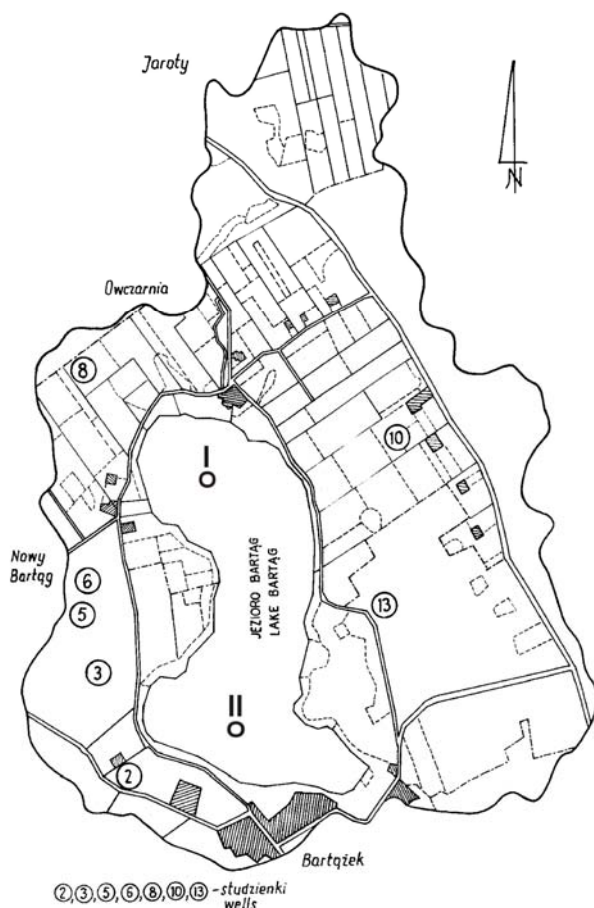
W wodach powierzchniowych dominują grzyby drożdżoidalne, będące jednym ze składników mikroflory ściekowej [COOKE, 1965; COOKE, MATSUURA, 1969]. W wodzie rzecznej ich liczba zwiększa się poniżej zrzutu ścieków [GOTKOWSKA-PLACHTA, 2002; SIMARD, BLACKWOOD, 1971; SPENCER, GORIN, GARDNER, 1974b], w jeziorach wraz ze stopniem eutrofizacji wód [GOTKOWSKA-PLACHTA, 2002; MIERZWICKA, NIEWOLAK, 2001; NIEWOLAK, 1976; 1989; NIEWOLAK, KACZOR, 1988]. Niewielka liczebność drożdży (do 10 komórek w dm^3) jest typowa dla akwenów oceanicznych [YAMASATO i in., 1974]. Wody pelagialu czystych jezior zawierają zwykle poniżej 100 komórek tych drobnoustrojów w dm^3 [HAGLER, MENDONCA-HAGLER, 1978; MEYERS, AHEARN, COOK, 1970; SIMARD, BLACKWOOD, 1971]. Wody zanieczyszczone, lecz jeszcze bezpieczne dla rekreacji, mogą zawierać od 500 do 1000 komórek w dm^3 [HAGLER, MENDONCA-HAGLER, 1981; SIMARD, BLACKWOOD, 1971; WOOLLETT, HEDRICK, 1970]. Większa ich liczebność, wskazująca na zanieczyszczenie ściekami, bywa skorelowana z bakteriologicznymi wskaźnikami typu coli [HEDRICK, SOYUGENC, 1967].

Drożdże stanowią dużą część mikroflory ścieków [COOKE, 1965; FILIPKOWSKA, GOTKOWSKA-PLACHTA, KORZENIEWSKA, 2008; FILIPKOWSKA i in., 2007], w związku z czym większa ich liczebność w wodzie może być wskaźnikiem ściekowego zanieczyszczenia [SPENCER, GORIN, GARDNER, 1974a]. Typowo ściekowe gatunki drożdży (z rodzaju *Candida*) w czystych wodach występują rzadko. Częstość ich wykrywania zwiększa się wraz ze stopniem zanieczyszczenia takich wód ściekami [DYNOWSKA, 1997; HAGLER, MENDONCA-HAGLER, 1981; HINZELIN, BLOCK, 1985; MENDES i in., 1998]. Sugeruje to możliwość wykorzystania tych drobnoustrojów jako wskaźnika czystości i bezpieczeństwa sanitarnego w przypadku rekreacyjnego wykorzystania wód [MEYERS, AHEARN, COOK, 1970; SIMARD, 1971].

Celem niniejszej pracy było zbadanie przestrzennego rozmieszczenia i sezonowych zmian liczebności promieniowców i grzybów drożdżoidalnych i nitkowatych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg (jezioro eutroficzne) w okolicy Olsztyna oraz ich związku z liczebnością odpowiednich drobnoustrojów w wodzie pelagialu tego zbiornika i w wodzie cieków powierzchniowych (dopływającego i odpływającego z jeziora), drenujących zlewnię jeziora Bartąg.

OBIEKT BADAŃ

Zlewnia jeziora Bartąg (rys. 1) obejmuje obszar o powierzchni 400,3 ha; ma kształt nieregularnej miski (2,4 km długości i 1,9 km szerokości) ze stromymi zboczami i sporą ilością zagłębień bezodpływowych. Maksymalne różnice wysokości względnej wynoszą 25–50 m. W budowie geologicznej tego obszaru decydujące były procesy zachodzące w ostatnim (plejstocenijskim) stadium zlodowacenia bałtyckiego i w holocenie. Osady plejstocenijskie reprezentują piaski zwałowe, piaski wodnolodowcowe, ropy i twory ropy pochodzenia wodnego. Pyły i niektóre ropy mają charakter osadów zastoiskowych. Osady holocenijskie są reprezentowane przez torfy i marsze, kredę jeziorną i gytję oraz twory deluwialne [KALIŃSKA, 1984]. Dominują gleby brunatne (80% powierzchni), poza tym występują gleby pólne (ok. 15% powierzchni); te ostatnie głównie na utworach lżejszych, zwłaszcza na wzniesieniach. W obniżeniach terenu zalegają czarne ziemie, gleby glejowe, deluwialne i marszowe (ok. 1,3% powierzchni). Pod względem bonitacyjnym w zlewni przeważają gleby klasy IIIa–IVa w części południowej i zachodniej, w części północno-wschodniej znajdują się gleby słabsze. Grunty w zlewni są użytkowane przez rolników indywidualnych, Zakład Doświadczalny Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bartązku oraz Państwowo Gospodarstwo Leśne w Ramukach. Głównymi uprawami są: rzepak, zboża, rośliny okopowe i pastewne. Grunty rolników indywidualnych w większości są nawożone obornikiem, grunty Zakładu Doświadczalnego – nawozami mineralnymi. Przeciętna suma opadów w ciągu roku wynosi 578,4 mm. Najmniej opadów przypada na marzec (22,9 mm), a najwięcej



Rys. 1. Szkic sytuacyjny zlewni jeziora Bartąg; 2–13 – stanowiska poboru próbek w zlewni (studzienki), I, II – stanowiska na jeziorze

Fig. 1. Situational sketch of the Lake Bartąg catchment basin; 2–13 – sites of water sampling in catchment basin (wells), I, II – sites in lake

na lipiec (92,9 mm). Opady sezonu wegetacyjnego stanowią 71% sumy opadów rocznych. Pokrywa śnieżna utrzymuje się przeciętnie 87 dni w ciągu roku [KALIŃSKA, 1984]. Wody zlewni są odprowadzane do jeziora Bartąg siecią drenarską od strony wschodniej, bezpośrednimi spływami z pól i przesączającymi się wodami gruntowymi od strony zachodniej. Nadmiar wody z jeziora Bartąg jest odprowadzany do Jeziora Klebarskiego, a następnie do Łyny. Jezioro Bartąg zajmuje centralną część zlewni. Jest niewielkim zbiornikiem w dorzeczu Łyny i Pregoty na skraju granic Olsztyna. Zwierciadło wody w jeziorze znajduje się na wysokości 110,5 m powyżej poziomu morza. Powierzchnia jeziora wynosi 72,3 ha, maksymalna długość – 1150 m, maksymalna szerokość – 725 m, maksymalna głębokość

– 15,2 m w części północnej i 13,2 m w części południowej (średnia 6,5 m). Objętość mas wodnych wynosi $4,69 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Cechą charakterystyczną jest typowa dla jezior eutroficznych (o podobnych głębokościach) cyrkulacja mas wodnych wiosną i jesienią oraz stratyfikacja termiczna i tlenowa latem, z 2–4-metrowym epilimnionem i termokliną, sięgającą do dna. Od połowy czerwca do połowy września występuje wyraźne odtlenienie mas wodnych na głębokości 6 m i całkowicie przy dnie. Sytuację tlenową poprawia wyraźna cyrkulacja w październiku. Ponowne ubytki tlenu pojawiają się w połowie marca, przy dnie. Według Więclawskiego [dane niepubl.], w okresie badawczym pH wody pelagialu jeziora Bartąg wynosiło 7,3–8,7; stężenie CO_2 0,0–14,0 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; BZT_5 0,2–8,8 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ O_2 ; utlenialność 3,4–18,9 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ O_2 ; N-NO_3 0,000–1,120 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; N-NH_4 0,00–2,35 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; N_{og} 0,64–2,94 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; P-PO_4 0,000–2,600 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; P_{og} 0,050–4,900 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; Ca 42,8–64,3 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; Fe 0,000–0,500 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; Mn 0,000–4,600 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$; SO_4 12,0–36,7 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

METODY BADAŃ

Spośród 15 studzienek (z rur PCW \varnothing 10,6 cm) odwierconych jeszcze wiosną 1974 r. (głębokość wierceń wynosiła 2,3–4,6 m i sięgała ok. 1,5 m poniżej zwierciadła wody gruntowej) do badań mikrobiologicznych wytypowano 7 najbardziej reprezentatywnych [KALIŃSKA, 1984; KORYBUT-DASZKIEWICZ, 1974] o numerach 5 i 10 na wzniesieniach terenu oraz 2, 3, 6, 8 i 13 w zagłębieniach terenowych (rys. 1). Studzienki 8. i 10. znajdowały się na gruntach rolników indywidualnych, a studzienki 2., 3., 5., 6. i 13. na gruntach Zakładu Doświadczalnego. Profile geologiczne tych studzienek przedstawiono w pracy NIEWOLAKA i TUCHOLSKIEGO [2001b]. Średni poziom wód gruntowych w tych studzienkach zmieniał się od 68 cm (zimą) do 162 cm (od sierpnia do października). Był najniższy w studzienkach 2. i 13. (odpowiednio 0–88 i 8–78 cm), a najwyższy w studzienkach 5., 6. i 10. (odpowiednio 71–252, 83–184 i 140–197 cm). W studzienkach 3. i 8. wynosił on 26–93 i 10–92 cm. Średnia temperatura wód gruntowych wynosiła od 1,7 do 16,5°C; pH od 5,4–5,9 w studziencie 10. do 7,3–7,9 w studziencie 5. oraz 6,4–7,7 w pozostałych studzienkach [KALIŃSKA, 1984].

Na 1–2 dni przed pobraniem próbek wodę ze studzienek całkowicie usuwano, aby uniknąć przypadkowych zanieczyszczeń, które mogły się tam dostać w okresach między kolejnymi pobraniami. próbki wody do badań mikrobiologicznych z jeziora Bartąg pobierano z pelagialu na stanowisku I (usytuowanym w północnej części jeziora, na głębokości 15,2 m) i na stanowisku II (usytuowanym w południowej części jeziora, na głębokości 13,2 m). próbki wody z jeziora pobierano z głębokości 0,3 m i 6,0 m oraz 0,2 m od dna, przyrządem Rutnera, jednocześnie z próbkami wody do badań fizykochemicznych. próbki wody z cieków powierzch-

niowych (dopływ, odpływ) pobierano z głębokości 0,2–0,3 m w odległości ok. 5 m od jeziora.

Liczbę promieniowców oznaczano na pożywce skrobiowo-kazeinowej o pH 7,2, zawierającej w 1 dm³ wody destylowanej: 10 g skrobi rozpuszczonej, 2 g KNO₃, 0,3 g kazeiny rozpuszczalnej, 2 g K₂HPO₄, 0,05 g MgSO₄·7H₂O, 2 g NaCl, ślady FeSO₄ i CaCl₂ oraz 20 g agaru Difco [KÜSTER, WILLIAMS, 1964].

Liczbę grzybów nitkowatych oznaczano na pożywce peptonowo-dekstrozowej o pH 6,6, zawierającej w 1 dm³ wody destylowanej: 10 g Bacto Neopeptone, 10 g dekstrozy, 0,035 g rózu bengalskiego, 0,035 g aureomycyny oraz 20 g agaru Difco [COOKE, 1963].

Liczbę grzybów drożdżoidalnych oznaczano na pożywce Sabourauda o pH 6,8, zawierającej w 1 dm³ wody destylowanej: 10 g Bacto Neopeptone, 20 g dekstrozy i 20 g agaru Difco [Difco..., 1985].

Inkubację prowadzono w temperaturze 25°C. Liczbę promieniowców oznaczano po 7, 14 i 21 dniach inkubacji próbek, a liczbę grzybów nitkowatych i drożdżoidalnych – po 5 dniach inkubacji. Wyniki podano w jednostkach tworzących kolonie (jtk) w cm³ wody. Wszystkie oznaczenia mikrobiologiczne wykonano w 3 równoległych powtórzeniach z tej samej próbki wody.

Ogółem przebadano 121 próbek wody gruntowej zlewni jeziora Bartąg, 140 próbek wody jeziorowej i po 18 próbek wody cieków powierzchniowych (dopływ, odpływ), drenujących zlewnię jeziora.

W okresie badawczym prowadzone były również obserwacje meteorologiczne, dotyczące między innymi temperatury powietrza w dniu pobierania próbek, siły wiatru na jeden i dwa dni przed pobieraniem próbek oraz sumy opadów atmosferycznych z 2 i 7 dni przed pobieraniem próbek wody. Przedstawiono je w oddzielnej pracy [NIEWOLAK, TUCHOLSKI, 2001a].

Wyniki badań poddano ocenie statystycznej, określając wartości współczynników korelacji między sumą opadów atmosferycznych a liczbą grzybów drożdżoidalnych oraz między liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej a ich zawartością w wodzie jeziora Bartąg i w wodzie cieków powierzchniowych (dopływ, odpływ), drenujących jego zlewnię. W obliczeniach tych nie ujęto promieniowców i grzybów nitkowatych z powodu znikomej liczebności tych drobnoustrojów w badanych objętościach wody. Badano również statystycznie istotne różnice w liczebności poszczególnych grup drobnoustrojów w zależności od czasu i miejsca pobierania próbek z wykorzystaniem jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA [STANISZ, 2006].

WYNIKI BADAŃ

Liczba (jtk w cm³) promieniowców w wodzie gruntowej zlewni i w wodzie cieków powierzchniowych dopływającego do jeziora Bartąg nie przekraczała odpo-

wiednio 81 i 27, natomiast w wodzie pelagialu jeziora Bartąg i w wodzie ciekłu powierzchniowego odpływającego z tego zbiornika odpowiednio 7 i 10. W wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg nieco więcej ich występowało w próbkach pobieranych ze studzienek 3. i 13. (odwierconych w zagłębieniach) oraz 10. (odwierconej na wzniesieniu) (tab. 1, 2, rys. 2). W wodzie pelagialu jeziora Bartąg oraz w wodzie cieków powierzchniowych (dopływ, odpływ), drenujących jego zlewnię, brak było większych różnic w liczebności tych drobnoustrojów w cyklu rocznym z wyjątkiem okresu wiosennego (rys. 3).

Maksymalne liczebności (jtk w cm^3) grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg stwierdzano w próbkach ze studzienek 5., 6. i 8., wynosiły odpowiednio 920, 915 i 1710, w wodzie pelagialu jeziora Bartąg, na obu stanowiskach przy dnie nie przekraczały 102, w wodzie cieków powierzchniowych, dopływającego i odpływającego z jeziora odpowiednio 105 i 145 (tab. 1, 2, rys. 2). W wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg więcej tych drobnoustrojów występowało z reguły jesienią, w wodzie jeziora natomiast w sezonie jesienno-zimowym (rys. 3).

Liczba (jtk w cm^3) grzybów nitkowatych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg nie przekraczała 97, w wodzie jeziora Bartąg 30, w wodzie ciekłu powierzchniowego dopływającego do jeziora 13, a w wodzie ciekłu powierzchniowego odpływającego z jeziora 50. Więcej ich stwierdzano w wodzie cieków powierzchniowych (dopływającego i odpływającego z jeziora) w porównaniu z występującymi w wodzie pelagialu zbiornika. Maksymalną ich liczebność stwierdzano zazwyczaj w czerwcu. W wodzie gruntowej na terenie zlewni jeziora Bartąg więcej grzybów nitkowatych występowało w próbkach ze studzienek 2., 6., 8. i 13., odwierconych w zagłębieniach terenu, zwłaszcza w sierpniu (tab. 1, 2, rys. 2, 3).

Wykazano wysoce istotną statystycznie ($p = 0,01$; $n = 19$) dodatnią współzależność między: 1) liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg pobieranej ze studzienek 5., 6. i 8. a ich liczbą w wodzie pelagialu jeziora Bartąg pobieraną z głębokości 0,3 m na stanowisku I i z głębokości 0,3 m i 6,0 m na stanowisku II, 2) między liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie pobieranej ze studzienek 2. ($n = 17$) i 13. ($n = 18$) a liczbą tych drobnoustrojów w wodzie ciekłu powierzchniowego odpływającego z jeziora Bartąg oraz 3) między liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie pobieranej ze studzienki 13. ($n = 18$) a sumą opadów atmosferycznych z 7 dni przed pobieraniem próbek wody (tab. 3). W innych przypadkach współzależność między liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej a ich liczbą w wodzie pelagialu jeziora Bartąg i w wodzie cieków powierzchniowych (dopływającego i odpływającego) była mało istotna ($p = 0,05$) lub nieistotna. To samo dotyczy współzależności między liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie z innych studzienek oraz z pelagialu jeziora Bartąg, w związku z czym nie podaje się wyników obliczeń odpowiednich współczynników korelacji.

Tabela 1. Liczebność (jtk·cm⁻³) promieniowców oraz grzybów nitkowatych i drożdżoidalnych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg w latach 1978–1980

| Studzienka Well | Promieniowce Actinomycetes | | | Grzyby drożdżoidalne Yeast-like fungi | | | Grzyby nitkowate Filamentous fungi | | |
|--------------------|-------------------------------|----------------|--------------------|--|-------|--------------------|---------------------------------------|------------|--------------------|
| | 1978 | 1979 | 1980 ¹⁾ | 1978 | 1979 | 1980 ¹⁾ | 1978 | 1979 | 1980 ¹⁾ |
| 2 | 1 0-3 | 1979 1 0-10 | - 81 | 45 | - | - | 1 0-2 | 4 0-45 | - 20 |
| 3 | 4 0-22 | 2 0-6 | - - | 65 5-105 | 8 | - | 2 0-3 | 4 0-15 | - 2 |
| 5 | 1 0-2 | 2 0-10 | - 10 | 158 | 25 | - | - | 5 0-22 | - 7 |
| 6 | 1 0-10 | 1 0-5 | - - | 143 0-920 | 18 | 2 | 4 0-6 | 11 0-39 | - 2 |
| 8 | 2 0-7 | 1 0-1 | - 20 | 280 0-1710 | 11 | - | - | 12 0-58 | - 7 |
| 10 | 3 0-20 | 2 0-14 | - - | 24 1-62 | 26 | 2 | 6 0-16 | 6 0-20 | - 40 |
| 13 | 3 0-20 | 7 0-36 | - 14 | 65 | 30 | - | - | 24 0-97 | - 5 |
| | | | | | 1-175 | 4 | 0 | | |

Objaśnienia: nad kreską podano wartości średnie, pod – zakres.

¹⁾ Wartości tylko ze stycznia 1980 r.

Explanations: over line – mean values, under line – range.

¹⁾ Data only for January 1980.

Tabela 2. Liczebność (jtk·cm⁻³) promieniowców oraz grzybów nitkowatych i drożdżoidalnych w wodzie jeziora Bartag, dopływie i odpływie tego zbiornika w latach 1978–1980**Table 2.** The number (cfu·cm⁻³) of actinomycetes, filamentous and yeast-like fungi in water of Lake Bartag and in the inflow and outflow in 1978–1980

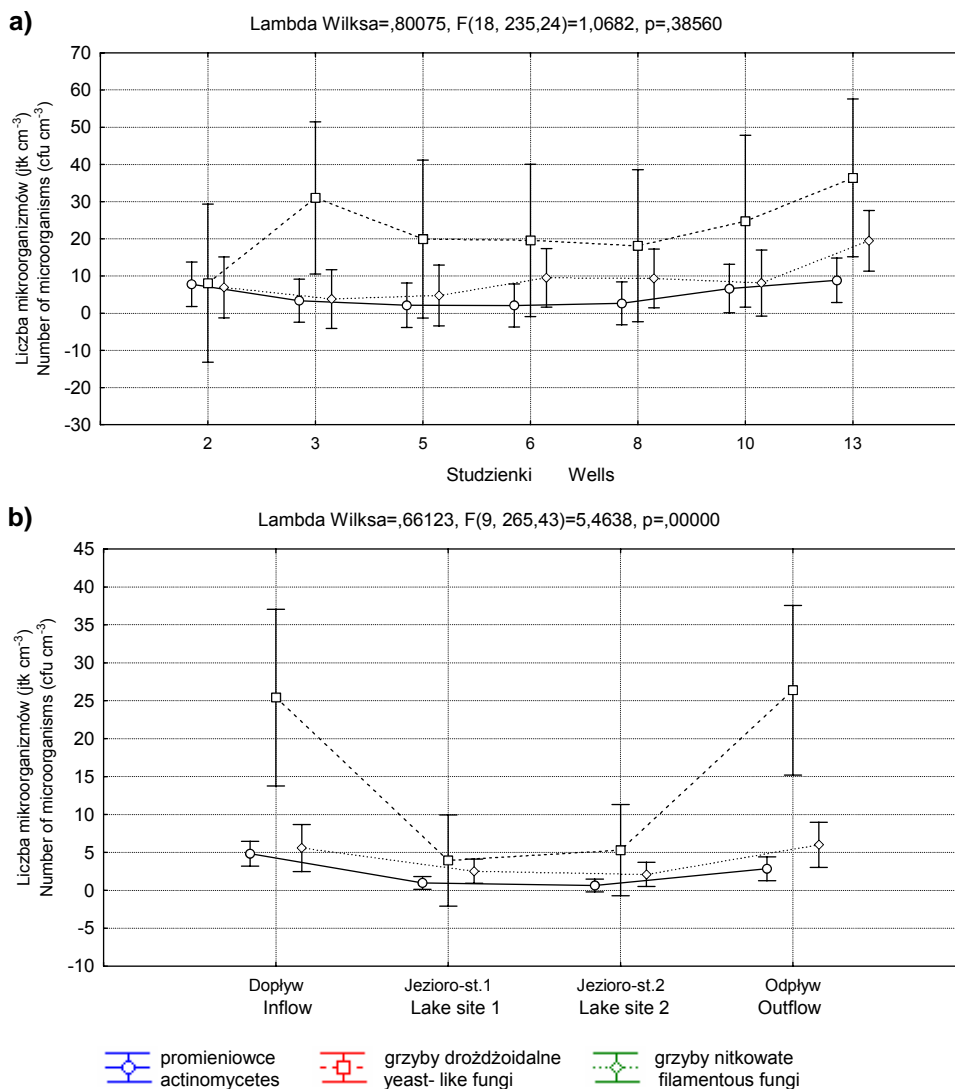
| Woda Water | Stano- wisko Site | Głębokość Depth m | Promieniowce Actinomycetes | | | Grzyby drożdżoidalne Yeast-like fungi | | | Grzyby nitkowate Filamentous fungi | | | |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|------|--------------------|--|------|--------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|---|
| | | | 1978 | 1979 | 1980 ¹⁾ | 1978 | 1979 | 1980 ¹⁾ | 1978 | 1979 | 1980 ¹⁾ | |
| Jezioro Lake | I | 0,3 | 1 | 1 | 1 | — | 10 | — | — | 1 | — | 2 |
| | | | 0-1 | 0-6 | 1/1 | — | 0-28 | 0 | 0-6 | 0-9 | 0-4 | |
| | | | 1 | 1 | — | 11 | — | — | — | 4 | 2 | |
| | | | 0-2 | 0-2 | 0 | 1-54 | 0-28 | 0 | 0-1 | 0-30 | 1-3 | |
| | | | 1 | 1 | 1 | 5-13 18 | 3 | — | 1 | 2 | 1 | |
| | II | 0,3 | 0-3 | 0-7 | 0/2 | 1-13 18 | 0-96 | 0 | 0-3 | 0-6 | 0-2 | |
| | | | 1 | 1 | 1 | 18 | 1 | — | 2 | 2 | 1 | |
| | | | 0-1 | 0-5 | 1/1 | 0-7 | 0-24 | 2 | 0-6 | 0-12 | 0-2 | |
| | | | 1 | 1 | 1 | 1-87 12 | 4 | — | 1 | 1 | 5 | |
| | | | 0-2 | 0-2 | 0-1 | 1-30 | 3 | 0 | 0-2 | 0-4 | 2-8 | |
| Ciek Stream | 0,3 | 1 | 1 | 1 | 1-30 | 10 | — | — | 2 | — | 4 | |
| | | 0-2 | 0-6 | 1-2 | 15 | 0-102 | 0 | 0 | 0-5 | 0-7 | | |
| | | 2 | 5 | — | 2-45 | 15 | — | 2 | 7 | — | | |
| | | 0-5 | 0-27 | 1 | 8-105 | 1-75 | 10 | 0-3 | 0-13 | 9 ²⁾ | | |
| | | 5 | 1 | — | 76 | 10 | — | 20 | 7 | — | | |
| odpływ outflow | 0,3 | 0-10 | 0-3 | 1 | 8-145 | 0-35 | 0 | 0-50 | 0-45 | 9 ²⁾ | | |
| | | — | — | — | 20 | — | — | — | — | — | | |

Objaśnienia: nad kreską podano wartości średnie, pod – zakres, I – stanowisko północne, II – stanowisko południowe.

¹⁾ Wartości tylko ze stycznia i lutego 1980 r. ²⁾ Wartości tylko ze stycznia 1980 r.

Explanations: over line – mean values, under line – range I – northern site; II – southern site.

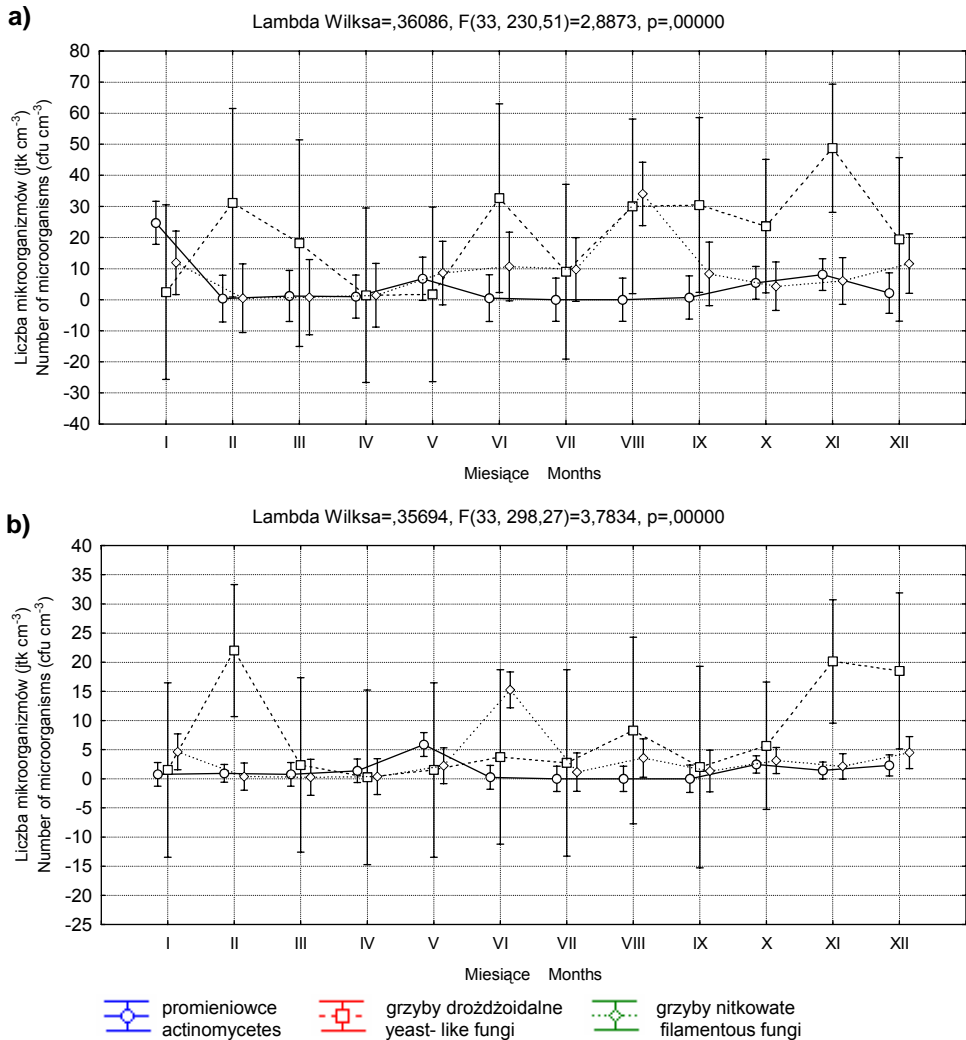
¹⁾ Data only for January and February 1980. ²⁾ Data only for January 1980.



Rys. 2. Oczekiwane średnie brzegowe liczby (jtk·cm⁻³) promieniowców, grzybów drożdżoidalnych i grzybów nitkowatych, izolowanych z a) próbek wody pobieranej ze studzienek, b) próbek wody pobieranej z odpływu, jeziora Bartąg i jego odpływu w całym okresie badawczym
 Zmienna niezależna: miejsce poboru próbek. Dekompozycja efektywnych hipotez.
 Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności

Fig. 2. Expected marginal means (some are not estimated) (cfu·cm⁻³) of actinomycetes, yeast-like and filamentous fungi isolated from a) ground water, b) water inflow to and outflow from Lake Bartąg during the whole study period

Independent variable: sampling site. Decomposition of effective hypotheses. Vertical columns mean 0.95 confidence intervals



Rys. 3. Oczekiwane średnie brzegowe liczby (jtk cm⁻³) promieniowców, grzybów drożdżoidalnych i grzybów nitkowatych, izolowanych z a) próbek wody pobieranej ze studzienek, b) próbek wody pobieranej z odpływu, jeziora Bartąg i jego odpływu w różnych sezonach badawczych
Zmienna niezależna: czas poboru próbek. Dekompozycja efektywnych hipotez.
Pionowe słupki oznaczają 0,95 przedziały ufności

Fig. 3. Expected marginal means (some are not estimated) (cfu cm⁻³) of actinomycetes, yeast-like and filamentous fungi isolated from a) ground water, b) water inflow to and outflow from Lake Bartąg during various seasons.

Independent factor: time of water sampling. Decomposition of effective hypotheses.

Vertical columns mean 0.95 confidence intervals

Tabela 3. Wartości współczynników korelacji R między liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg a ich liczebnością w wodzie tego zbiornika i w wodzie ciekłu dopływającego i ciekłu odpływającego z jeziora ($n = 18$)

Table 3. Correlation coefficients R between the number of yeasts-like fungi in drainage waters of the Lake Bartąg catchment basin and their number in the water of the Lake Bartąg and stream inflowing and outflowing from the lake ($n = 8$)

| Woda Water | Stano- wisko Site | Głębokość Depth m | Studzienka Well | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|----|----------------------------------|
| | | | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 13 |
| Jezioro Lake | I | 0,3 | | | 0,7012 | 0,7429 | 0,7144 | | |
| | | 6,0 | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns |
| | | 15,0 | | | 0,9714 | 0,9826 | 0,9874 | | |
| | II | 0,3 | | | 0,9324 | 0,9589 | 0,9543 | | |
| | | 6,0 | Ns | Ns | 0,6718 | 0,7040 | 0,7032 | Ns | Ns |
| | | 13,0 | | | Ns | Ns | Ns | | |
| Ciek Stream | dopływ inflow | 0,3 | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns |
| | odpływ outflow | 0,3 | 0,6030 | 0,8551 | Ns | Ns | Ns | Ns | 0,6338 (0,5784) ¹⁾ |

Objaśnienia: I – stanowisko północne II – stanowisko południowe; Ns – nieistotne ($p = 0,01$); n – liczba próbek;

¹⁾ Wartość współczynnika korelacji pomiędzy sumą opadów deszczu z 7 dni przed pobieraniem próbek a liczbą grzybów drożdżoidalnych w wodzie studzienki 13.

Explanation: I – northern site; II – southern site; Ns – no significant ($p = 0.01$); n – number of samples.

¹⁾ Coefficient R of the correlation between sum of the rainfall for 7 days before water sampling and the number of yeasts in the water of well 13.

Nie stwierdzano statystycznie istotnych różnic między liczebnością badanych grup drobnoustrojów (promieniowce, grzyby drożdżoidalne, grzyby nitkowate) izolowanych z próbek wody pobieranych ze studzienek na terenie zlewni. Różnice te były statystycznie istotne dla analizowanych mikroorganizmów występujących w wodzie pelagialu jeziora Bartąg oraz w wodzie cieków powierzchniowych (dopływ, odpływ). Zarówno w przypadku próbek wody pobieranych na terenie zlewni, jak i pelagialu jeziora Bartąg oraz cieków powierzchniowych, liczebność badanych grup drobnoustrojów różniła się statystycznie istotnie w poszczególnych miesiącach (rys. 2, 3).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Liczba promieniowców w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg oraz w wodzie pelagialu tego zbiornika była równie mała, jak w wodzie innych jezior na Pojezierzu Mazurskim [GOTKOWSKA-PŁACHTA, 2002; MIERZWICKA, NIEWOLAK,

2001; NIEWOLAK, 1974; 1975; 1989; NIEWOLAK, KACZOR, 1988]. Przyczyną mogły być: w przypadku jeziora – zbyt duża głębokość, w przypadku wód gruntowych zlewni – duża zdolność absorpcyjna tych drobnoustrojów w stosunku do substratów w glebie [WOHL, MC ARTHUR, 1998]. Z danych JIANG i XU (1985/1986; 1986), dotyczących występowania tych drobnoustrojów w wodzie jezior okręgu Yunnan w Chinach, wiadomo, że preferują one raczej siedliska płytkie, bogate w substancję organiczną i roślinność, którą kolonizują, rzadziej zaś występują w wodach czystych o dnie piaszczystym. Niewiele większa liczebność promieniowców, stwierdzana sporadycznie w płytkich ciekach powierzchniowych drenujących zlewnię jeziora Bartąg (dopływ, odpływ), mogła być związana z ich reemisją z dna. Obecność promieniowców w wodach gruntowych jest związana z ich przenikaniem przez warstwy gruntu (najprawdopodobniej w formie zarodników). Optymalne pH dla tych drobnoustrojów wynosi 7,2, w związku z czym można było spodziewać się większej ich liczebności w wodzie ze studzienek 2. i 5., mającej odczyn obojętny lub słabo zasadowy (pH wody w tych studzienkach wynosiło odpowiednio 7,1–7,7 i 7,3–7,9), odwierconych na glebach zwięzłych o bogatym składzie mineralnym, niż w wodzie gruntowej ze studzienki 10. o odczynie 5,5–5,9 [KALIŃSKA, 1984]. W rzeczywistości brak było większych różnic w liczebności tych drobnoustrojów w wodzie gruntowej z tych studzienek. Również opady deszczu nie miały większego wpływu na liczebność promieniowców w wodach gruntowych zlewni jeziora Bartąg. Wskazuje na to brak różnic liczebności promieniowców przed i po większych opadach deszczu.

Liczba grzybów nitkowatych (pleśni) w wodzie pelagialu jeziora Bartąg była równie mała, jak w wodzie innych jezior eutroficznych (Czarna Kuta, Dgał Mały) na Pojezierzu Mazurskim [NIEWOLAK, 1975; 1976] oraz w wodzie pelagialu jeziora Hańcza (jezioro mezotroficzne) na Pojezierzu Suwalsko-Augustowskim [GOTKOWSKA-PLACHTA, 2002; MIERZWICKA, NIEWOLAK, 2001]. Niewielka liczba grzybów nitkowatych przedostaje się do jeziora Bartąg ciekami powierzchniowymi drenującymi jego zlewnię. W wodzie pelagialu jeziora Bartąg ograniczający wpływ na liczebność tych drobnoustrojów miał zapewne zasadowy odczyn (pH dochodzące do 8,6). Bardziej sprzyjające warunki bytowania mogły one znaleźć w wodzie gruntowej zlewni, pobieranej ze studzienki 10. (o pH 5,5–6,9). W wodzie tej studzienki liczba grzybów nitkowatych osiągała sporadycznie (w maju 1978 i 1979 r.) wartości rzędu kilkudziesięciu jtk·cm⁻³. Kolonizacja płytkich wód podziemnych (w tym również źródeł wody pitnej) przez grzyby nitkowate jest znana m.in. z prac FRANKOVEJ i HORECKIEJ [1995], NAGY'EGO i OLSONA [1982] oraz STERFLINGERA [2000]. Wskutek niskiej temperatury takich wód liczba grzybów nitkowatych jest jednak znacznie mniejsza niż bakterii heterotroficznych [FREDERIKSON, ONSTOTT, 1996; MADSEN, GHORSE, 1993]. Czynniki termiczny mógł mieć ograniczający wpływ na liczebność grzybów nitkowatych również w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg. Temperatura wody gruntowej w poszczególnych studzienkach

w okresie badawczym wynosiła od 1,7 do 16,5°C (średnia temperatura nie przekraczała 7,9–10,6°C) i była nieodpowiednia do wymagań tych drobnoustrojów.

Liczba grzybów drożdżoidalnych w wodzie pelagialu jeziora Bartąg była zbliżona do podawanej dla wody jezior eutroficznych [NIEWOLAK, 1973; 1976; 1989], niekiedy również jezior oligotroficznych na Pojezierzu Mazurskim [NIEWOLAK, KACZOR, 1988] oraz mezotroficznego jeziora Hańcza na Pojezierzu Suwalsko-Augustowskim [GOTKOWSKA-PLACHTA, 2002; MIERZWICKA, NIEWOLAK, 2001]. Mniejszą liczebność tych drobnoustrojów podają HEDRICK [1976], HEDRICK, COOK i WOOLLETT [1968] oraz HEDRICK i SOYUGENC, [1967] dla Wielkich Jezior Kanadyjskich (Erie, Michigan, Ontario, Superior) i jeziora Champlain, zbliżoną głębokością do jeziora Hańcza [MEYERS, AHEARN, COOK, 1970], oraz dla wód w północno-wschodniej części USA w zlewni rzeki św. Wawrzyńca. Maksymalna liczebność grzybów drożdżoidalnych w wodzie cieków powierzchniowych drenujących zlewnię jeziora Bartąg (dopływ, odpływ) nie odbiegała istotnie od ich liczebności w wodzie pelagialu tego zbiornika. Większe liczebności grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg mogły być wynikiem ich wymywania w głąb profilu glebowego z powierzchniowej warstwy gleby. Z badań przeprowadzonych na glebach łąkowych, nawadnianych odpływami z oczyszczalni biologicznej ścieków retencionowanych w stawach rybnych wiadomo, że liczba grzybów drożdżoidalnych może wynosić nawet kilkaset milionów komórek w 1 g s.m. gleby [NIEWOLAK, TUCHOLSKI, 2001a].

Wpływ opadów burzowych na wzrost liczebności grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg nie był tak jednoznaczny, jak w przypadku bakterii wskaźnikowych stopnia zanieczyszczenia i stanu sanitarnego [NIEWOLAK, FILIPKOWSKA, KORZENIEWSKA, 2005]. Podczas maksymalnych opadów (sumowanych z 7 dni przed pobraniem próbek wody do badań), wynoszących 34,3 mm we wrześniu 1978 r., liczba grzybów drożdżoidalnych tylko w wodzie cieków powierzchniowych i w wodzie gruntowej zlewni pobieranej ze studzienki 8. przekraczała 100 jtk·cm⁻³. W czerwcu 1979 r., kiedy suma opadów deszczu z 7 dni przed pobieraniem próbek wynosiła 43,6 mm (maksymalna w okresie badawczym), tylko w wodzie gruntowej pobieranej ze studzienki 13. (odwiercanej w zagłębieniu terenu) liczba tych grzybów osiągała większe wartości. Skądinąd w maju 1978 r. maksymalna liczebność grzybów drożdżoidalnych w wodzie gruntowej pobieranej ze studzienek 5., 6., 8. i 13. oraz w wodzie pelagialu jeziora Bartąg i w wodzie cieków powierzchniowych drenujących jego zlewnię występowała, kiedy suma opadów deszczu z 7 dni przed pobieraniem próbek wynosiła 13,2 mm. Więcej tych drobnoustrojów występowało także w listopadzie 1978 r. w wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg pobieranej ze studzienek 3., 8. i 13. oraz w wodzie cieków powierzchniowych drenujących tę zlewnię, kiedy suma opadów deszczu z 7 dni przed pobieraniem próbek do badań wynosiła 16,9 mm. Wpływ opadów deszczu na liczebność grzybów drożdżoidalnych został potwierdzony statystycznie tylko w przypadku próbek wody gruntowej pobieranej ze studzienki 13. (odwiercanej

w zagłębieniu terenu). Wpływ opadów burzowych na liczebność promieniowców oraz grzybów nitkowatych i drożdżoidalnych mógł być modyfikowany wahaniami temperatury wody, okresami rozwoju i obumierania fitoplanktonu oraz organizmów zwierzęcych wykorzystujących je w swojej diecie [NOVOŽILOVA, 1979]. W wodzie pelagialu jeziora Bartąg i w wodzie cieków powierzchniowych drenujących jego zlewnię mieć mogło znaczenie również natężenie promieni UV światła słonecznego. Wyniki niniejszych badań potwierdzają wcześniejsze obserwacje poczynione przez SHERRY'EGO [1986] na wodach przybrzeżnych jeziora Ontario. Autor ten stwierdził maksymalną liczebność grzybów drożdżoidalnych w wodzie przybrzeżnej tego jeziora tylko w sierpniu po intensywnych opadach deszczu; we wrześniu, kiedy suma opadów deszczu z 3 dni przed pobieraniem próbek do badań była równie wysoka (32 mm), grzybów drożdżoidalnych („geofungi”) było mniej. Według tego autora obserwacje te pomniejszają znaczenie korelacji między mezofilnymi grzybami (geoaquatic fungi) a opadami burzowymi. Wiosenne i letnie fluktuacje liczebności tych drobnoustrojów w wodzie mogą być wynikiem przedostawania się ich zarodników z wiatrem i/lub uwalniania z osadów dennych.

Porównując wyniki badań liczebności grzybów drożdżoidalnych w wodzie zlewni jeziora Bartąg z odpowiednimi danymi dla różnych klas czystości wód powierzchniowych przyjętymi przez HAGLERA i MENDONCA-HAGLER [1981] (autorzy wyróżniają wody niezanieczyszczone, zawierające nie więcej niż 10 komórek drożdży w 100 cm^3 ; wody umiarkowanie wysoko zanieczyszczone, zawierające 100–1000 drożdży w 100 cm^3 ; wody silnie zanieczyszczone, zawierające ponad 1000 komórek drożdży w 100 cm^3), wodę pelagialu jeziora Bartąg można zaliczyć do nieznacznie zanieczyszczonej (klasa II), wodę cieków powierzchniowych drenujących zlewnię tego zbiornika – do umiarkowanie wysoko zanieczyszczonej (klasa III), wodę gruntową zlewni – do umiarkowanie wysoko i/lub silnie zanieczyszczonej (klasa IV). Ocena ta pokrywa się z oceną stopnia zanieczyszczenia tych wód, opracowaną na podstawie liczebności wskaźników bakteriologicznych [NIEWOLAK, FILIPKOWSKA, KORZENIEWSKA, 2005].

WNIOSKI

1. Promieniowce i grzyby nitkowane stanowiły nieliczną grupę drobnoustrojów w wodzie pelagialu jeziora Bartąg, w wodzie cieków powierzchniowych drenujących jego zlewnię i w wodzie gruntowej tej zlewni. Częściej i w większej liczebności występowały grzyby drożdżoidalne.

2. W wodzie pelagialu jeziora Bartąg pobieranej na stanowiskach I (północnym) i II (południowym) różnice w liczebności odpowiednich drobnoustrojów były nieznaczne, większa ich liczebność (dotyczy to zwłaszcza grzybów drożdżoidalnych) występowała w wodzie przydennej.

3. W wodzie gruntowej zlewni jeziora Bartąg promieniowce i grzyby nitkowate występowały niekiedy nieco liczniej w próbkach pobieranych ze studzienki 13., wyjątkowo w próbkach z innych studzienek, a grzyby drożdżoidalne – w próbkach pobieranych ze studzienek 5., 6. i 8.

4. W cyklu rocznym większa liczebność grzybów drożdżoidalnych nierzadko była skorelowana z większą sumą opadów deszczu z 7 dni przed poborami próbek wody. Dotyczyło to częściej próbek wody pobieranych w ciekach powierzchniowych drenujących zlewnię jeziora Bartąg, rzadziej próbek z pelagialu tego zbiornika oraz ze studzienek.

5. Liczba grzybów drożdżoidalnych w wodzie pelagialu jeziora Bartąg odpowiadała najczęściej wartościom podawanym dla nieznacznie zanieczyszczonych wód jeziornych, w wodzie cieków powierzchniowych – do umiarkowanie wysoko zanieczyszczonych, a w wodzie gruntowej – do umiarkowanie wysoko i/lub silnie zanieczyszczonych.

Praca wykonana w ramach zlecenia Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach.

LITERATURA

- ARVANITIDOU M., KANELLOU K., KATSOUYANNOPOULOS V., TSAKRIS A., 2002. Occurrence and densities of fungi from northern Greek coastal bathing water and their relation with faecal pollution indicator. *Water Res.* 36 s. 5127–5131.
- CHEA E.H., LECLERC H., 1975. Identification d'actinomycetes aerobies isoles d'eau douce. *Can. J. Microbiol.* 21 s. 1895–1900.
- COOKE W.B., 1963. A laboratory guide to the fungi in polluted waters, sewage and sewage treatment systems. Their identification and culture. Cincinnati U.S. Public Health Services. Publ. No. 999-WP-1.
- COOKE W.B., 1965. The enumeration of yeast populations in a sewage treatment plant. *Mycol.* 57 s. 696–707.
- COOKE W.B., 1987. On the isolation of fungi from environmental samples. *Env. Technol.* 8 s. 133–140.
- COOKE W.B., MATSUURA G.S., 1969. Distribution of fungi in a wastewater-stabilization pond system. *Ecol.* 50 s. 689–694.
- CROSS T.V., 1982. Aquatic Actinomycetes: a critical survey of the occurrence, growth and role of actinomycetes in aquatic habitats. *J. Appl. Bacteriol.* 50 s. 397–423.
- Difco manual dehydrated culture media and reagents for microbiology, 1985. Difco 10th ed. Detroit, Michigan, USA: Difco Laborat. ss. 1155.
- DYNOWSKA M., 1997. Yeast-like fungi processing bio-indicator properties isolated from the Łyna. *Acta Mycol.* 32 s. 27–286.
- EL-SHAARAWI A., QUERSHI A.A., DUTKA B.J., 1977. Study of microbiological and physical parameters in Lake Ontario adjacent to the Niagara River. *J. Great Lakes Res.* 3 s. 196–203.
- FILIPKOWSKA Z., KORZENIEWSKA E., GOTKOWSKA-PLACHTA A., PAWLUKIEWICZ A., 2007. Grzyby drożdżoidalne i pleśniowe w powietrzu atmosferycznym na terenie i w otoczeniu miejskiej oczyszczalni ścieków. *Ochr. Środ. Zas. Natur.* 32 s. 234–239.

- FILIPKOWSKA Z., GOTKOWSKA-PLACHTA A., KORZENIEWSKA E., 2008. Grzyby pleśniowe oraz drożdże i grzyby drożdżoidalne w powietrzu atmosferycznym na terenie i w otoczeniu oczyszczalni ścieków z systemem stawów napowietrzanych i stabilizacyjnych. *Woda. Środ. Obsz. Wiej.* t. 8 z. 1 (22) s. 68–82.
- FLETCHER L.D., KERRY E.J., WESTE G.M., 1985. Microfungi of Mac Robertson and Enderby Lands, Antarctica. *Polar Biol.* 4 s. 81–88.
- FRANKOVA E., HORECKA M., 1995. Filamentous soil fungi and unidentified bacteria in drinking water from wells and water mains near Bratislava. *Microbiol. Res.* 150 s. 311–313.
- FREDERICKSON J.K., ONSTOTT T.C., 1996. Microbes deep inside the earth. *Sci. Am.* 8 s. 42–47.
- GARG A.P., SHARMA P.D., 1983. Studies of phylloplane fungi of triticale and guar. *Indian Phytopathobiol.* 36 s. 667–671.
- GOTKOWSKA-PLACHTA A., 2002. Studium mikrobiologiczne wód jeziora Hańcza. Olsztyn: UWM pr. dokt. maszyn. 127.
- HAGLER A.N., MENDONCA-HAGLER L.C., 1981. Yeasts from marine and estuarine waters with different levels of pollution in the state of Rio de Janeiro, Brasil. *Appl. Env. Microbiol.* 41 s. 173–178.
- HEDRICK L.R., 1976. *Candida fluvitilis* sp. nov. and other yeasts from aquatic environments. Ed. Antonie van Leeuwenhoek 42 s. 329–332.
- HEDRICK L.R., COOK W., WOOLLETT L., 1968. Yeasts and molds in Lake Superior water and some of its tributaries. *Proc. 11th Conf. Great Lakes Res., Intern. Assoc. Great Lakes Res.* s. 538–543.
- HEDRICK L.R., SOYUGENC M., 1967. Yeasts and molds in water and sediments of Lake Ontario. *Proc. 10th Conf. Great Lakes Res. Intern. Assoc. Great Lakes Res.* s. 20–30.
- HINZELIN F., BLOCK J.C., 1985. Yeasts and filamentous fungi in drinking water. *Env. Tech. Letters* 6 s. 101–106.
- JIANG CH., XU L., 1985/1986. A study of Actinomycetes in Chenghai Lake in Yunnan. *Actinomycetes* 19 s. 107–115.
- JIANG CH., XU L., 1986. The variation of Actinomycetes populations with the season in Chenghai Lake. *Acta Hydrobiol. Sinica* 9 s. 389–391.
- JOHNSTON D.W., CROSS T., 1976. The occurrence and distribution of actinomycetes in lakes of the English Lake District. *Freshwater Biol.* 6 s. 457–467.
- KALIŃSKA M., 1984. Dynamika zawartości form azotu w wodach glebowo-gruntowych zlewni jeziora Bartąg. Olsztyn: UWM maszyn. ss. 36.
- KORYBUT-DASZKIEWICZ S., 1974. Wahania stanu zwierciadła i dynamika form azotu i fosforu w wodach gruntowych zlewni jeziora Bartąg. Olsztyn: UWM maszyn. ss. 29.
- KÜSTER E., WILLIAMS T., 1964. Selection of media for isolation of streptomycetes. *Nature Lond.* 202 s. 928–929.
- KWAŚNIEWSKA K., 1988. Horizontal distribution and density of yeasts and filamentous fungi in Lake St. Clair water. *J. Great Lakes Res.* 14 s. 438–443.
- MADSEN E.L., GHIORSE W.C., 1993. *Grundwater microbiology: subsurface ecosystem process.* W: *Aquatic microbiology – an ecological approach.* Pr. zbior. Red. T.E. Ford. Oxford: Blackwell Sci. Publ. s. 167–213.
- MENDES B., URBANO P., ALVES C., MORAIS J., LAPA N., OLIVEIRA J.S., 1998. Fungi as environmental microbiological indicator. *Wat. Sci. Tech.* 38 s. 155–162.
- MEYERS S.P., AHEARN D.G., COOK W.L., 1970. Mycological studies of Lake Champlain. *Mycol.* 62 s. 504–515.
- MIERZWICKA J.S., NIEWOLAK S., 2001. Sezonowe zmiany liczebności promieniowców oraz grzybów drożdżoidalnych i nitkowatych w wodzie jeziora mezotroficznego. *Słupskie Pr. Przyr.* 1 s. 85–94.
- NAGY L.A., OLSON B.H., 1982. The occurrence of filamentous fungi in drinking water distribution system. *Can. J. Microbiol.* 28 s. 667–671.

- NIEWOLAK S., 1973. Seasonal changes in numbers of some physiological groups of microorganisms in Iława Lakes. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20 s. 349–369.
- NIEWOLAK S., 1974. Distribution of microorganisms in the waters of the Kortowskie lake. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 21 s. 315–333.
- NIEWOLAK S., 1975. The occurrence of microorganisms in the water of some lakes in the district of Węgorzewo. *Acta Hydrobiol. (Kraków)* 17 s. 371–390.
- NIEWOLAK S., 1976. The occurrence of yeasts in some lakes of the Masurian Lakeland. *Acta Mycol.* 12 s. 241–256.
- NIEWOLAK S., 1989. Badania mikrobiologiczne jeziora Niegocin. *Rocz. Nauk Rol. Ser. H t. 102 s. 109–130.*
- NIEWOLAK S., FILIPKOWSKA Z., KORZENIEWSKA E., 2005. Bacteriological assay of the soil and ground waters from the catchments of a eutrophic lake. *AUNC Limnol. Papers* 113 s. 123–136.
- NIEWOLAK S., KACZOR E., 1988. Badania mikrobiologiczne oligotroficznego jeziora Wukśniki. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Protectio Aquarum Piscat.* 16 s. 191–199.
- NIEWOLAK S., TUCHOLSKI S., 2001a. Badania mikrobiologiczne gleb łąkowych nawadnianych biologicznie oczyszczonymi ściekami. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. z. 477 s. 431–442.*
- NIEWOLAK S., TUCHOLSKI S., 2001b. Bakterie mineralizujące organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora eutroficznego. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. z. 487 s. 275–286.*
- NOVOŽILOVA M.I., 1979. *Asporogennye drozżi i ich rol' v vodoemach.* Alma-Ata: Izd. Nauka Kazachskoj SSR ss. 201.
- RITCHEL-BEURLIN G., 1979. Microbiological survey of the Ohio River and Licking River in the vicinity of Cincinnati. *J. Env. Sci. Health* 14 s. 201–210.
- ROSENZWEIG V.D., MINNINGH H., PIPES W.O., 1986. Presence of fungi in potable water distribution systems. *J. Am. Water Works* 78 s. 53–55.
- SHERRY J.P., 1986. Temporal distribution of geoaquatic fungi in a nearshore station in Lake Ontario. *J. Great Lakes Res.* 12 s. 221–224.
- SIMARD R.E., 1971. Yeasts as an indicator of pollution. *Marine Pollut. Bull.* 2 s. 123–125.
- SIMARD R.E., BLACKWOOD A.C., 1971. Ecological studies on yeasts in the St. Lawrence River. *Can. J. Microbiol.* 17 s. 353–357.
- SPENCER J.F.T., GORIN P.A.J., GARDNER N.R., 1974a. Yeasts occurring in the effluent disposal basins of a pulp mill in Saskatchewan. *Can. J. Microbiol.* 20 s. 993–998.
- SPENCER J.F.T., GORIN P.A.J., GARDNER N.R., 1974b. Yeasts isolated from some lakes and rivers of Saskatchewan. *Can. J. Microbiol.* 29 s. 949–954.
- STANISZ A., 2006. *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. T. 1. Statystyki podstawowe.* Kraków: StatSoft Polska ss. 532.
- STERFLINGER K., 2000. Fungi as geological agents. *Geomicrobiol. J.* 17 s. 97–124.
- WOHL D.L., MC ARTHUR J.V., 1998. Actinomycete-flora associated with submersed freshwater macrophytes. *FEMS Microbiol. Ecol.* 26 s. 135–140.
- WOOLLET L., HEDRICK L.R., 1970. Ecology of yeasts in polluted water. *Ed. Antonie van Leeuwenhoek* 36 s. 427–435.
- XU L.H., LI Q.R., JIANG C.L., 1996. Diversity of soil Actinomycetes in Yunnan, China. *Appl. Env. Microbiol.* 62 s. 244–248.
- YAMASATO K., GOTO S., OHWADA K., OKUNO D., ARAKI H., IIZUKA H., 1974. Yeasts from the Pacific Ocean. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 20 s. 289–307.

Stanisław NIEWOLAK, Zofia FILIPKOWSKA, Ewa KORZENIEWSKA

**SPATIAL DISTRIBUTION AND SEASONAL CHANGES
IN THE NUMBER OF ACTINOMYCETES, FILAMENTOUS FUNGI AND YEASTS
IN WATER OF AN EUTROPIC LAKE AND ITS CATCHMENT BASIN**

Key words: actinomycetes, agricultural catchment, filamentous fungi, tile drainage waters, yeasts

S u m m a r y

Spatial distribution and seasonal changes in the number of actinomycetes, filamentous fungi and yeasts were studied in ground water of the Lake Bartąg catchment, in pelagial zone of the lake and in streams flowing to and from Lake Bartąg. The study was carried out in two annual cycles (in 1978 and 1980). Water samples were collected from 2 wells situated on hilltop (wells 5 and 10), from 5 wells drilled in land depressions (wells 2, 3, 6, 8 and 13), from 2 sites (site I and II) of pelagial zone of Lake Bartąg (from a depth of 0.3 m, 6.0 m, and above the bottom) and from inflowing and outflowing streams. Low densities of actinomycetes and filamentous fungi, not exceeding 36 and 97 cfu·cm⁻³ respectively, were found in water. From among all studied groups of microorganisms, yeasts were the most numerous in water samples collected from different sites and reached a maximum of 1 710 cfu·cm⁻³. In ground water of Lake Bartąg catchment basin they were more numerous in water samples from wells drilled in land depressions. There were no differences between the number of yeasts in water samples collected from pelagial of northern and southern part of Lake Bartąg. Higher numbers of these microorganisms, as a rule, were found in water flowing to the lake than in water of the outflowing stream. In annual cycle, lower number of yeasts was found in spring (April and May), while they were most numerous in autumn month (November and December) and sometimes in summer after storm rainfalls.

Recenzenci:

prof. dr hab. Wiesław Barabasz

prof. dr hab. Stefan Russel

Praca wpłynęła do Redakcji 16.02.2009 r.