ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH 2001 z. 478: 275–286

BAKTERIE MINERALIZUJĄCE ORGANICZNE ZWIĄZKI AZOTU W WODZIE GLEBOWO-GRUNTOWEJ ZLEWNI JEZIORA EUTROFICZNEGO [1]

Stanisław Niewolak [1], *Stefan Tucholski* [2]

[1] Katedra Mikrobiologii Środowiskowej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
[2] Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

W glebach uprawnych najliczniej reprezentowaną grupą fizjologiczną drobnoustrojów czynnych w obiegu azotu są bakterie mineralizujące organiczne jego związki [PATNI i in. 1984; NIEWOLAK, KOC 1995; NIEWOLAK, TUCHOLSKI 2001]. Ich liczba wzrasta po nawożeniu obornikiem, gnojowicą, ściekami [HIRTE 1975; ACEA, CARBALLAS 1988, 1990, 1996]. Podczas roztopów wiosennych i opadów deszczu bakterie latem są wymywane do rowów, strumieni, rzek, jezior; część z nich przenika do wód glebowo-gruntowych i głębszych wód podziemnych [EVANS, OWENS 1973; DORAN, LINN 1979; CULLEY, PHILLIP 1982; MALARD i in. 1994; COYNE i in. 1997]. W wodach glebowo-gruntowych ich liczba jest wypadkową intensywności opadów, szybkości przepływu wody przez glebę, liczebności w glebie i na roślinach [EVANS, OWENS 1973]. Liczebność bakterii mineralizujących azot organiczny podlega też wahaniom sezonowym modyfikowanym temperaturą, zjawiskami antagonizmu, wyżerowywania przez pierwotniaki i mezofaunę. Z uwagi na zdolność tworzenia widzialnych gołym okiem kolonii na sztucznych podłożach wybiórczych w ciągu 24–72 godzin w temperaturze 20°C są one dogodnym „narzędziem" pomiaru intensywności procesów mikrobiologicznych w glebie. Wyniki badań liczebności tych drobnoustrojów są reprezentatywne również dla innych grup fizjologicznych bakterii cyklu azotowego [PATNI i in. 1984]. W dostępnej literaturze brak jest danych na temat występowania tych bakterii w wodach glebowo-gruntowych i ich związku z liczbą tych drobnoustrojów w wodzie jezior. Celem pracy było oznaczenie liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotowe w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg i jej związku z liczbą odpowiednich bakterii w wodzie tego zbiornika. Badania przeprowadzono w latach 1974–1980.

---

[1] Praca wykonana w ramach zlecenia Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach.

Teren i metody badań

Charakterystyka zlewni jeziora Bartąg

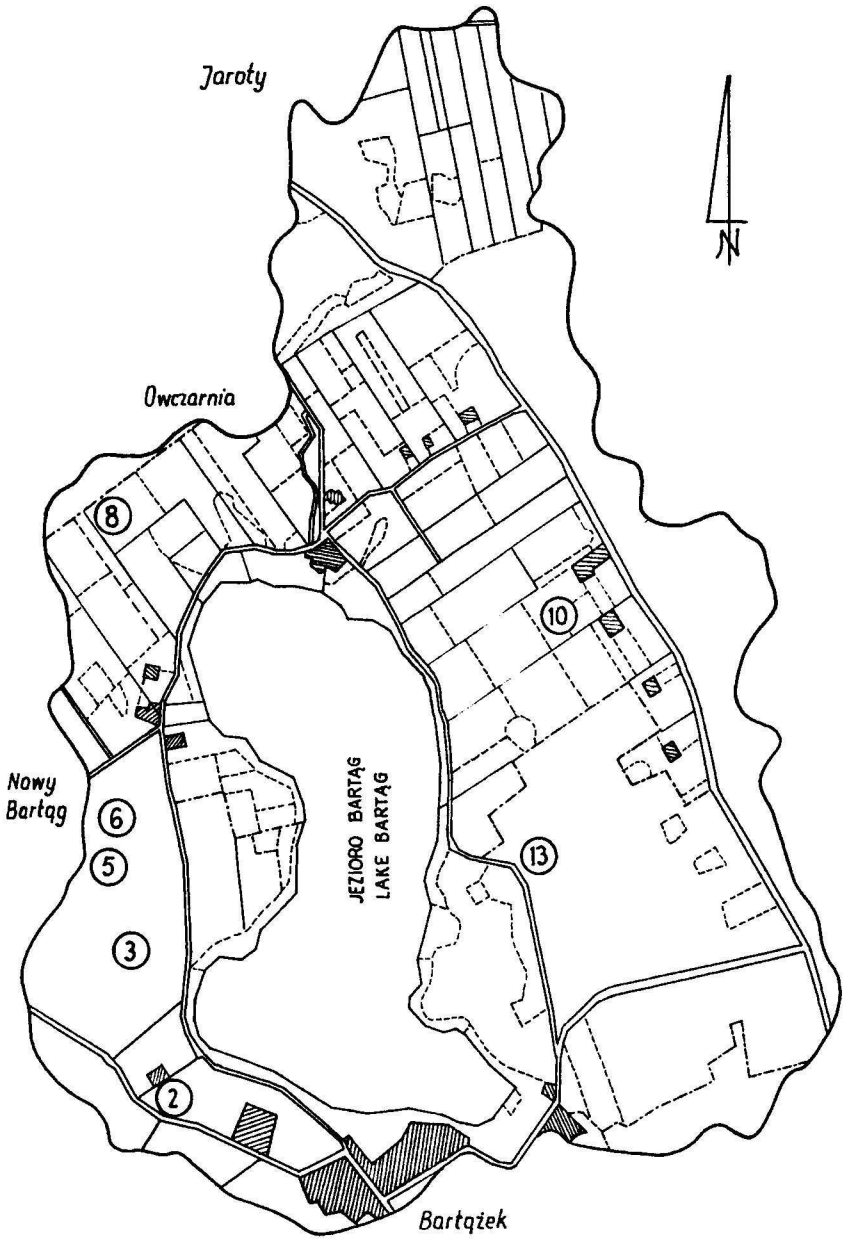
Zlewnia jeziora Bartąg (rys. 1) o powierzchni 400,3 ha, kształtu nieregularnej misy (2,4 km długości, 1,9 km szerokości) o stromych zboczach i sporej ilości zagłębień powierzchniowo-bezodpływowych jest zagospodarowana rolniczo. Głównymi użytkownikami terenu zlewni są rolnicy indywidualni, Zakład Doświadczalny Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bartążku oraz Państwowe Gospodarstwo Leśne w Ramukach. Głównymi uprawami zaś rzepak, zboża, rośliny okopowe i pastewne. 80% powierzchni zlewni stanowią gleby brunatne, około 15% gleby płowe (na wierzchowinach), około 1% gleby czarne ziemie (w zagłębieniach), około 0,3% gleby deluwialne i murszowe. Pod względem składu granulometrycznego przeważają gleby zwięzłe wykształcone z iłów oraz glin ciężkich. We wschodniej i południowo-wschodniej części zlewni większe kontury gleb lżejszych zalegają na zwięzłym podłożu. Gleby ukształtowane z piasków luźnych i gleb gliniastych w obrębie użytków rolnych zajmują niewielką powierzchnię. Gleby lekkie znajdują się pod lasem w części wschodniej zlewni. Pod względem bonitacyjnym w zlewni przeważają gleby klasy IIIa–IVa w części południowej i zachodniej, gleby słabsze zlokalizowane są w części północno-wschodniej. Grunty rolników indywidualnych były w większości nawożone obornikiem, grunty zakładu doświadczalnego – mineralnie NPK. Wody zlewni są odprowadzane do jeziora Bartąg siecią drenarską od strony wschodniej oraz bezpośrednimi spływami z pól i przesączającymi się wodami gruntowymi od strony zachodniej.

Wiosną 1974 r. na terenie zlewni wykonano wiercenia i założono 15 studzienek z rur PCV o średnicy 10,6 cm (Mirowski, informacja ustna). Głębokość wierceń wahała się od 2,3 do 4,6 m i sięgała około 1,5 m poniżej zwierciadła wody glebowo-gruntowej.

Badania mikrobiologiczne

Do badań mikrobiologicznych wytypowano studzienki o numerach 5 i 10 na wierzchowinach oraz 2, 3, 6, 8 i 13 w zagłębieniach terenowych (rys. 1). Profile geologiczne tych studzienek przedstawiono na rys. 2. Średni poziom zalegania wód glebowo-gruntowych w tych studzienkach wahał się od 61–75 cm zimą do 157–168 cm od sierpnia do października. Był najmniejszy w wodzie studzienek 2 i 13 (odpowiednio 0–88 cm i 8–78 cm), największy w wodzie studzienek 5, 6 i 10 (odpowiednio 71–252 cm, 83–184 cm i 140–197 cm). W wodzie studzienek 3 i 8 wynosił 26–93 cm i 10–92 cm. Średnia temperatura wód gruntowych wahała się od 1,7 do 16,5°C; pH od 5,4 do 7,9 [Kalińska 1984]. Studzienki 8 i 10 reprezentowały grunty rolników indywidualnych, natomiast studzienki 2, 3, 5, 6 i 13 grunty zakładu doświadczalnego.

Na 1–2 dni przed poborem prób wody do badań mikrobiologicznych (i chemicznych) ze studzienek usuwano wodę, aby uniknąć przypadkowych zanieczyszczeń dostających się w okresie pomiędzy kolejnymi poborami. Próby wody do badań pobierano 1–2 razy w miesiącu w okresie od maja 1974 r. do stycznia 1980 r. Jednorazowo pobierano po 0,3 dm^3 wody do jałowych butelek szklanych z doszlifowanym korkiem w godzinach rannych, i w podręcznych lodówkach przewożono do laboratorium. Próby rozcieńczano w jałowym roztworze soli fizjolo-

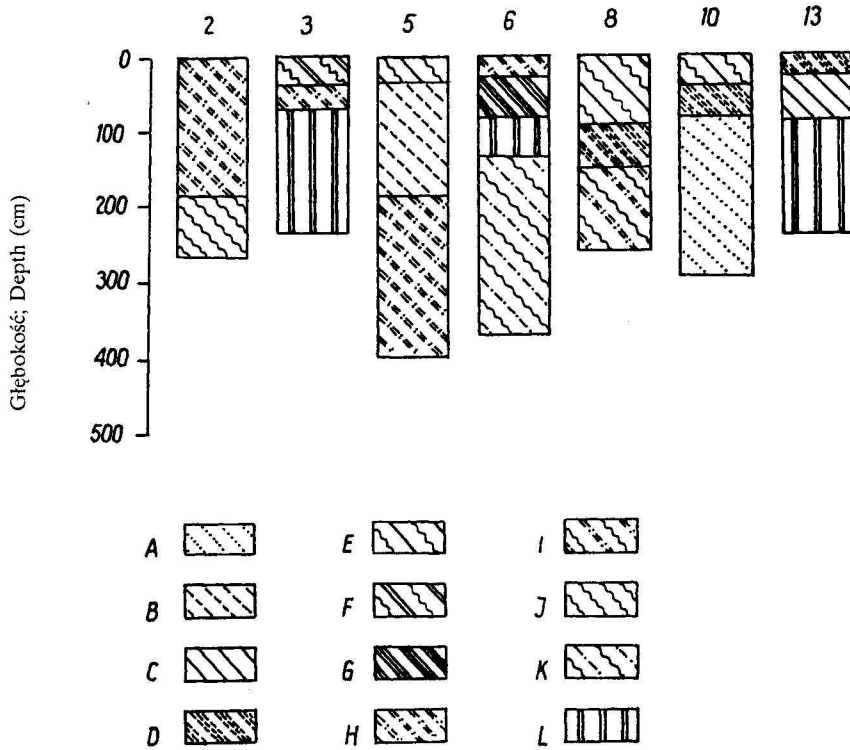


②,③,⑤,⑥,⑧,⑩,⑬ – studzienki; boreholes

Rys. 1. Szkic sytuacyjny zlewni jeziora eutroficznego (jezioro Bartąg). 2, 3, 5, 6, 8, 10, 13 – stanowiska poboru prób (studzienki)

Fig. 1. Situational sketch of eutrophic lake (Bartąg Lake) watershed. 2, 3, 5, 6, 8, 10, 13 – sites of water sampling (boreholes)

gicznej (0,9% NaCl) w stosunku 1 : 10 – 1 : 100.000 i przenoszono po 0,001 dm³ z każdego rozcieńczenia na płytki Petriego, które zalewano rozpuszczonym i schłodzonym podłożem agarowym (bulion-agar z dodatkiem 3% peptonu proteoseose firmy Difco). Płytki inkubowano w temperaturze 22°C przez 72 godziny i obliczano wyrosłe kolonie. Oznaczenia te wykonywano w trzech równoległych powtórzeniach tej samej próby wody. Wyniki tych oznaczeń podano w przeliczeniu na 1 dm³ wody. Ogółem przebadano w ten sposób 348 prób wody glebowo-gruntowej.



A – piasek luźny; loose sand, B – piasek słabogliniasty; weakly loamy sand, C – glina lekka; sandy loam, D – piasek gliniasty mocny; heavy loamy sand, E – glina lekka pylasta; silty sandy loam, F – glina średnia pylasta; silty medium heavy loam, G – glina ciężka; heavy loam, H – ił; clay, I – ił pylasty; silty clay, J – pył zwykły; common silt, K – pył ilasty; clay silt, L – torf; peat

Rys. 2. Profile geologiczne otworów wiertniczych badanych studzienek według KORYBUT-DASZKIEWICZA [1974]

Fig. 2. Borehole geological profiles of investigated boreholes after KORYBUT-DASZKIEWICZ [1974]

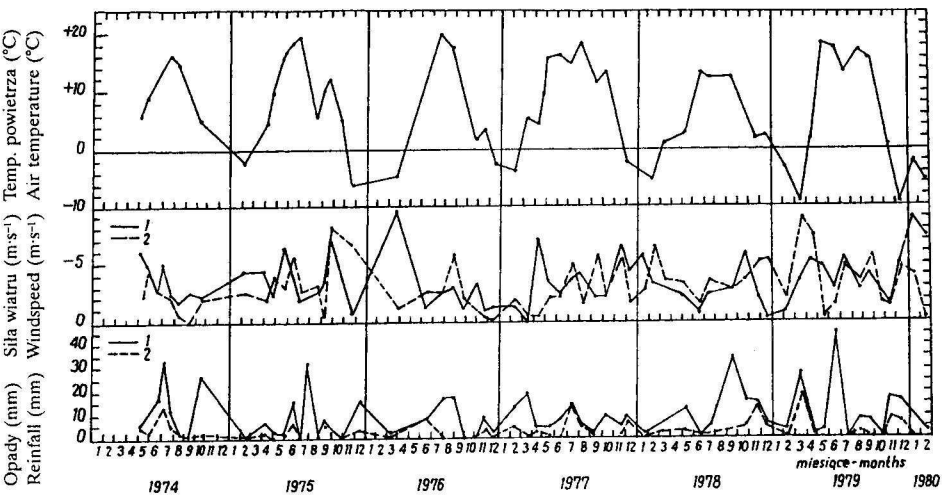
Równolegle z badaniem wód glebowo-gruntowych prowadzono odpowiednie badania wody jeziora Bartąg na dwóch stanowiskach usytuowanych w najgłębszych miejscach pelagialu części północnej i południowej oraz w wodzie cieku dopływającego do tego zbiornika (wyniki badań mikrobiologicznych tego zbiornika i cieku są przedmiotem oddzielnego opracowania przygotowywanego do druku).

Obserwacje meteorologiczne dotyczące między innymi temperatury powietrza, siły wiatru i sumy opadów atmosferycznych prowadzono za okres 2 i 7 dni przed poborem prób.

Wyniki badań poddano ocenie statystycznej, określając wartości współczynników korelacji pomiędzy 1) sumą opadów atmosferycznych a liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu oraz 2) pomiędzy liczbą tych bakterii w wodzie glebowo-gruntowej a ich zawartością w wodzie jeziora Bartąg oraz w wodzie cieku dopływającego do tego zbiornika.

Wyniki

Obserwacje meteorologiczne

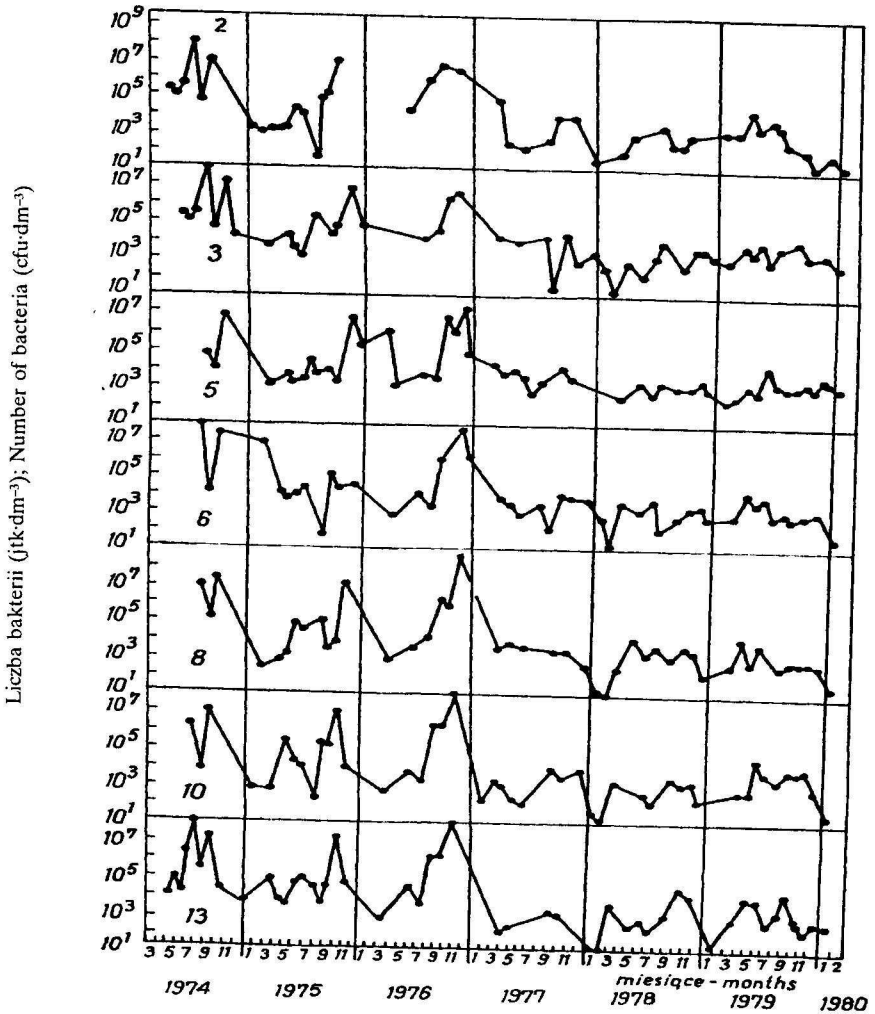


A – temperatura powietrza; air temperature, B – siła wiatru (1 – 1 dzień przed poborem prób; 2 – 2 dni przed poborem prób); wind speed (1 – recorded 1 day before sampling; 2 – recorded 2 days before sampling), C – suma opadów (1 – w ciągu 7 dni przed poborem prób; 2 – w ciągu 2 dni przed poborem prób); rainfall (1 – recorded during 7 days before sampling; 2 – recorded during 2 days before sampling)

Rys. 3. Warunki meteorologiczne w rejonie zlewni jeziora eutroficznego (jezioro Bartąg) w okresie badawczym

Fig. 3. Some meteorological parameters in the region of eutrophic lake (Bartąg Lake) watershed during investigations

Temperatura powietrza w okresie badawczym wahała się od –9,6°C w marcu 1979 r. do 19,9°C w lipcu 1976 r. Siła wiatru jeden dzień przed poborem prób wynosiła od 0 do 7,7 $m \cdot s^{-1}$, dwa dni przed poborem prób zaś 0–9,0 $m \cdot s^{-1}$. Suma opadów za okres 2 dni przed poborem prób wynosiła od 0 do 14,3 mm, za okres 7 dni przed poborem prób zaś od 0 do 43,6 mm (rys. 3). Średnia miesięczna opadów wahała się od 26 mm w marcu do 93 mm w czerwcu. Przeciętna roczna wynosiła 578 mm. Opad sezonu wegetacyjnego stanowił średnio 71% sumy opadu rocznego. Pokrywa śnieżna utrzymywała się przeciętnie 87 dni w roku.



Rys. 4. Sezonowe zmiany liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora eutroficznego (jezioro Bartąg) w latach 1974–1980. 2, 3, ..., 13 – stanowiska poboru prób (studzienki)

Fig. 4. Seasonal changes of organic nitrogen compounds-mineralizing bacteria in tile drainage water of eutrophic lake (Bartąg Lake) watershed in 1974–1980. 2, 3, ..., 13 – sampling sites (boreholes)

Badania mikrobiologiczne

Liczba bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg wahała się od 0 (w wodzie studzienek 8, 10 i 13 w lutym 1978 r.) do $749 \cdot 10^9$ jtk·dm^{-3} (w wodzie studzienki 8 w październiku 1976 r.).

Tabela 1; Table 1

Średnia liczba (A) i zakres liczebności (B) bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg (jtk·10^3·dm^{-3}) w latach 1974–1980

Mean (A) and range (B) for the numbers of organic nitrogen-mineralizing bacteria in tile drainage water of the Bartąg Lake watershed (cfu·10^3·dm^{-3}) in 1974–1980

Studzienka Borehole		Rok: Year							
		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980*	1974–1980
2	A	39885	1270	2615	13	0,935	5,9	–	–
	B	160–115000	0,035–12405	15–5400	0,250–60	0,030–2,35	0,150–30	0,020	0,020–115000
3	A	23545	900	1820	11,2	2,7	4,7	–	–
	B	45–160000	7,6–9850	18–39400	0,030–30	0,015–13,5	0,865–13,1	0,680	0,015–160000
5	A	26335	855	7210	7,1	1,34	4,2	–	–
	B	9,5–65000	1–9054	1,2–39400	0,495–18,8	0,320–2,4	0,245–27,6	0,900	0,245–65000
6	A	40040	548	10580	4,6	1,50	2,9	–	–
	B	11,5–95000	0,060–5800	0,630–61135	0,035–13,2	0,005–4,5	0,450–12,5	60	0,005–61135
8	A	12550	1275	125455	3,3	2,8	3,2	–	–
	B	150–30000	0,120–13830	0,700–748900	2–7,2	0–11,6	0,220–19,3	40	0–748900
10	A	4670	1055	23600	2,6	0,70	5,4	–	–
	B	6,5–11500	0,155–11000	0,430–156190	0,750–8,6	0–2,2	0,290–32,6	30	0–156900
13	A	14110	1050	13700	0,465	3,3	2,7	–	–
	B	7,5–95000	1,5–12305	0,350–77925	0,065–0,900	0–21,8	0,015–12,4	0,240	0–12305

* wartości dla stycznia 1980 r.; only for January 1980

W okresie badawczym częstokroć mniej tych drobnoustrojów stwierdzano w wodzie studzienek usytuowanych na wierzchowinach (studzienki 5 i 10), więcej w wodzie studzienek usytuowanych w zagłębieniach terenu (studzienki 2, 3, 6, 8 i 13). Różnice w ich liczebności w wodzie poszczególnych studzienek pobieranej w tych samych dniach z reguły jednak nie przekraczały jednego rzędu wielkości. Najwięcej tych bakterii stwierdzano w latach 1974–1976, znacznie mniej (10–100 krotnie) w latach 1977–1980 (tab. 1). W poszczególnych latach maksymalne ich liczebności stwierdzano w różnych miesiącach wiosną i/lub latem i na ogół stale jesienią. Wiosenno-letnie maksimum liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu stwierdzano w czerwcu 1975 r. i 1979 r. oraz w lipcu 1974 r. i 1977 r., kiedy suma opadów deszczu za okres 7 dni przed poborem prób wody w zlewni wynosiła odpowiednio 16,7 mm, 43,6 mm, 34,0 mm i 16,7 mm. Jesienne maksimum ich liczebności stwierdzano najczęściej z końcem września lub z początkiem października, niekoniecznie w okresie maksymalnych opadów deszczu. Na przykład w październiku 1975 r. szczyty liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu stwierdzano przy całkowitym braku opadów deszczu za okres 7 dni przed poborem prób. Zimą (w marcu) 1977 i 1979 r., kiedy suma opadów atmosferycznych za okres 7 dni przed poborem prób wynosiła odpowiednio 19,2 mm i 28,3 mm, liczba tych bakterii była względnie niska. Poza tym krzywe liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie wszystkich studzienek zarówno usytuowanych na wierzchowinach, jak i w zagłębieniach terenu były zbliżone (rys. 4).

Opracowanie statystyczne wyników

Nie stwierdzono statystycznie istotnych współzależności pomiędzy sumą opadów atmosferycznych za okres 2 i 7 dni przed poborem prób a liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg. Z tych względów nie podaje się wyników odpowiednich obliczeń współczynników korelacji. Wysoce istotną dodatnią współzależność (p=0,01, n=55) stwierdzono pomiędzy liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej studzienek usytuowanych w zagłębieniach terenu (studzienki 2, 3, 6, 8, 13) a liczbą odpowiednich bakterii w wodzie pelagialu jeziora.

Tabela 2; Table 2

Wartości współczynników korelacji (R) pomiędzy liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu (jtk·dm^{-3}) w wodzie glebowo-gruntowej zlewni i w wodzie jeziora Bartąg oraz cieku dopływającego do tego zbiornika

Correlation coefficients (R) between the number of organic-nitrogen-mineralizing bacteria (cfu·dm^{-3}) in tile drainage water of the Bartąg Lake watershed, in the water of Bartąg Lake and in the water of stream inflowing to the lake

Woda Water		Studzienka; Borehole						
		2	3	5	6	8	10	13
Jezioro Bartąg Bartąg Lake	a	+0,7232	+0,7290	+0,6994	+0,6795	Ns	Ns	+0,6253
	b	+0,8708	+0,9130	+0,8410	+0,8317	Ns	Ns	+0,7580
Dopływ; Inflow		+0,7038	+0,7120	+0,6515	+0,6498	Ns	Ns	+0,5885

a – północna część jeziora; northern part of lake
b – południowa część jeziora; southern part of lake
Ns – współzależność nieistotna na poziomie p= 0,01 (n=55); correlation insignicant at p=0.01 (n=55)

Wysoce istotną współzależność stwierdzono również pomiędzy liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie ww. studzienek a liczbą odpowiednich bakterii w wodzie cieku dopływającego do jeziora Bartąg. Współzależność pomiędzy liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie studzienek usytuowanych na wierzchowinach (studzienki 5 i 10) a liczbą odpowiednich bakterii w wodzie pelagialu jeziora Bartąg i w wodzie cieku dopływającego do tego zbiornika była statystycznie nieistotna (tab. 2).

Dyskusja

Różnice w liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg pobierane w tym samym dniu z różnych studzienek najczęściej nie przekraczały jednego rzędu wielkości. Mogły być wynikiem różnic gradientu hydraulicznego podpowierzchniowego przepływu (studzienki na wierzchowinach, studzienki w zagłębieniach terenu), poziomu zalegania wód glebowo-gruntowych, nawożenia obornikiem, sposobu użytkowania

gruntów (orne, łąki), rodzaju upraw i terminu ich zbioru. Znaczenie mieć mogły różnice w charakterze gleby, stopniu agregacji jej cząstek, wielkości makropor i zdolności do adsorpcji bakterii oraz ich desorpcji podczas opadów deszczu, kiedy obniża się przewodnictwo glebowe. Zmienność powierzchniowa i pionowa utworów geologicznych danej zlewni sprawia, że w bezpośrednim sąsiedztwie mogą występować różnoziarniste gliny i przesortowane piaski, iły i utwory pyłowe [KALIŃSKA 1984], mogące mieć wpływ na przenikanie bakterii do wód glebowo-gruntowych. Stwierdzane często mniejsze liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg, pobieranej w studzienkach 8 i 10 na glebach lżejszych, mogły mieć związek z niższym odczynem (pH 5,6–6,9) aniżeli w wodzie studzienek 2, 5, 6 na glebach zwięźlejszych o odczynie optymalnym dla tej grupy drobnoustrojów (pH 7,0–7,6) [KALIŃSKA 1984]. Spadek liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w kolejnych latach badań mógł być związany z „załamaniem" się hodowli zwierząt i zmniejszającą się ilością obornika wywożoną na gleby. Lata te charakteryzowały się również trudnościami w zakupie nawozów mineralnych i wzrostem ich ceny. W przypadku obszarów zlewni użytkowanych przez rolników indywidualnych musiało się to odbić na zmniejszeniu ich zużycia, uzyskiwanych plonach i ilości substancji organicznych dostających się do gleby. Sezonowe zmiany liczebności bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg związane były z opadami deszczu i obecnością substancji organicznej. Wiosenno-letnie maksimum ich liczebności stwierdzane w czerwcu lub w lipcu tłumaczy się intensywnym ich wymywaniem z gleby podczas opadów burzowych. Jesienne maksimum ich liczebności stwierdzane najczęściej z końcem września lub w październiku może być związane z większą ilością dostępnej substancji organicznej obumarłych roślin i organizmów zwierzęcych w glebie. Jesienią następuje również osłabienie funkcji fizjologicznych organizmów antagonistycznych (pierwotniaki, mezofauna) w glebie i w wodzie glebowo-gruntowej. Bakterie mineralizujące organiczne związki azotu w większości są typowymi psychrofilami lub psychotrofami i niskie temperatury jesienne nie odgrywają większej roli w ich rozwoju pod warunkiem obecności substancji organicznej. Sezonowe zmiany liczebności tych drobnoustrojów w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg, pobieranej ze studzienek 2, 3, 5, 6 i 13, odpowiadały takim samym zmianom ich liczebności w wodzie tego zbiornika i w wodzie cieku dopływającego do jeziora. To ostatnie, jak również wysoce istotna dodatnia współzależność pomiędzy liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg a liczbą odpowiednich bakterii w toni wodnej tego zbiornika i w wodzie cieku powierzchniowego dopływającego ze zlewni sugeruje duży jej wpływ na odbiornik.

Wnioski

1. Różnice w liczebności badanych bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg, pobieranej z poszczególnych studzienek w tym samym czasie, z reguły nie przekraczały jednego rzędu wielkości. Mniejsze ilości tych drobnoustrojów stwierdzano na ogół w wodzie studzienek 8 i 10 na glebach lżejszych, większe w wodzie studzienek 2, 5 i 6 na glebach zwięźlejszych.

2. Wiosenno-letnie maksimum liczebności badanych bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni jeziora Bartąg w czerwcu lub w lipcu skojarzone bywało z większą sumą opadów za okres 2 i/lub 7 dni przed poborem prób. Jesienne maksimum ich liczebności z końcem września lub w październiku stwierdzano zarówno po opadach deszczu, jak również przy braku opadów w okresie 2 i/lub 7 dni przed poborem prób.

3. Ocena statystyczna wyników badań wskazuje na wysoce istotną dodatnią współzależność pomiędzy liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej pobieranej ze studzienek 2, 3, 5, 6, 13 a ich liczebnością w wodzie cieku powierzchniowego dopływającego do jeziora Bartąg i w wodzie tego zbiornika. Sugeruje to duży wpływ zlewni na eutrofizację jeziora Bartąg.

Literatura

ACEA M.J., CARBALLAS T. 1988. *The influence of cattle slurry on soil microbial population and nitrogen cycle microorganisms*. Biological Wastes 23: 229–241.

ACEA M.J., CARBALLAS T. 1990. *Principal components analysis of the soil microbial population of humic zone of Galicia (Spain)*. Soil Biol. Biochem. 22: 749–759.

ACEA M.J., CARBALLAS T. 1996. *Microbial response to organic amendments in a forest soil*. Bioresource Technology 57: 193–199.

COYNE M.S., HOWELL J.M., PHILLIPS R.E. 1997. *How do bacteria move through soil ? Soil Science News and Views. Cooperative Extension Service*. US Department of Agriculture. University of Kentucky. College of Agriculture. Lexington. Kentucky: 6 ss.

CULLEY J.L.B., PHILLIP P.A. 1982. *Bacteriological quality of surface and subsurface runoff from manure sandy clay loam soil*. J. Environ. Qual. 11: 155–158.

DORAN J.W., LINN D.M. 1979. *Bacteriological quality of runoff water from pasture land*. Appl. Environ. Microbiol. 37: 985–991.

EVANS M.R., OWENS J.D. 1973. *Soil bacteria in land-drainage water*. Water Res. 7: 1295–1300.

HIRTE W.F. 1975. *Die qualitative Veränderung der Bakterienflora im Ackerboden nach Düngung mit bestimmten organischen Stoffen*. Cz. 1. Mitteilung. Zbl. Bakt. II, Bd. 130: 612–632.

KALIŃSKA M. 1984. *Dynamika zawartości form azotu w wodach glebowo-gruntowych zlewni jeziora Bartąg*. Maszynopis. Olsztyn – Kortowo, Bibl. UWM: 36 ss.

KORYBUT-DASZKIEWICZ S. 1974. *Wahania stanu zwierciadła i dynamika form azotu i fosforu w wodach gruntowych zlewni jeziora Bartąg*. Maszynopis, Olsztyn: 29 ss.

MALARD F., REYGROBELLET J.L., SOULIE M. 1994. *Transport and retention of fecal bacteria at sewage-polluted fractured rock sites*. J. Environ. Qual. 23: 1352–1363.

NIEWOLAK S., KOC J. 1995. *Microbiological studies on soils fertilized with pig slurry*. Pol. J. Env. St. 4: 41–47.

NIEWOLAK S., TUCHOLSKI S. 2001. *Badania mikrobiologiczne gleb łąkowych nawadnianych biologicznie oczyszczonymi ściekami*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 477: 431–442.

PATNI N.K., TOXOPEUS R., TENNANT A.D., HORE F.R. 1984. *Bacterial quality of tile drainage water from manured and fertilized cropland*. Water Res. 18: 127–132.

Słowa kluczowe: zlewnia rolnicza, wody glebowo-gruntowe, bakterie mineralizujące organiczne związki azotu.

Streszczenie

Badano liczebność bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie glebowo-gruntowej zlewni eutroficznego jeziora Bartąg na Pojezierzu Mazurskim. Badania przeprowadzono w 6 kolejnych cyklach rocznych, w latach 1974–1980. Do badań wytypowano 7 studzienek odwierconych na wierzchowinach (studzienki 5 i 10) oraz w zagłębieniach terenu (studzienki nr 2, 3, 6, 8, 13). Z reguły mniej tych bakterii stwierdzano w wodzie studzienek odwierconych na wierzchowinach, więcej w wodzie studzienek odwierconych w zagłębieniach terenu. W wodzie wszystkich studzienek mniej tych bakterii stwierdzano w latach 1977–1980, więcej w latach 1974–1976. W wodzie wszystkich studzienek maksymalne liczebności ww. grupy fizjologicznej bakterii stwierdzano w czerwcu 1975 i 1979 r. oraz w lipcu 1974 i 1977 r., kiedy suma opadów deszczu za okres 2 i/lub 7 dni przed poborem prób osiągała wartości maksymalne. Jesienne maksimum liczebności tych drobnoustrojów stwierdzano z końcem września i/lub w październiku, niezależnie od sumy opadów deszczu za okres 2 i/lub 7 dni przed poborem prób. Brak było statystycznie istotnej współzależności pomiędzy tymi dwoma parametrami. Wysoce istotną dodatnią współzależność ($p = 0{,}01$) stwierdzono jedynie pomiędzy liczbą bakterii mineralizujących organiczne związki azotu w wodzie studzienek usytuowanych w zagłębieniach terenu a liczbą tych bakterii w wodzie jeziora Bartąg i cieku dopływającego do tego zbiornika.

ORGANIC NITROGEN-MINERALIZING BACTERIA IN TILE DRAINAGE WATER OF THE EUTROPHIC LAKE CATCHMENT AREA

Stanisław Niewolak [1], *Stefan Tucholski* [2]
[1] Department of Environmental Microbiology,
University of Warmia and Mazury, Olsztyn
[2] Department of Land Reclamation and Environmental Management,
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: agricultural watershed, tile drainage water, organic nitrogen-mineralizing bacteria

Summary

The studies conducted dealt with the number of organic-nitrogen-mineralizing bacteria in tile drainage water of an eutrophic Bartąg Lake catchment area, in 1974–1980. On the basis of geological data, 7 piezometric boreholes were selected for studies: 2 located on hills (boreholes 5 and 10) and 5 located on low-

lands (boreholes 2, 3, 6, 8, 13). Generally, smaller numbers of these bacteria were observed in water from boreholes located on the hills, greater in water from boreholes located on the lowlands. In the water from all boreholes, smaller numbers of these bacteria were found in 1977–1980, greater in 1974–1976. The maximum numbers of these bacteria were observed in water of all investigated boreholes in June 1975 and 1979 as borehole as in July 1974 and 1977 during rainstorms, and also in September and/or October 1974–1979, irrespective on the sum of precipitation during 2 and/or 7 days before sampling. No significant correlation was found between the number of organic nitrogen-mineralizing bacteria in tile drainage water taken from all boreholes and the sum of precipitation during 2 and/or 7 days before sampling. Highly significant correlation ($p = 0.01$) was stated between the number of organic nitrogen-mineralizing bacteria in tile drainage waters from boreholes located on lowlands and in the water of Bartąg Lake and stream inflowing to the lake.

Prof. dr hab. Stanisław **Niewolak**
Katedra Mikrobiologii Środowiskowej
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Prawocheńskiego 1
10–957 OLSZTYN-KORTOWO