Acta Agrophysica, 2001, 57, 119-126

ANALIZA N_2O i CO_2 WYDZIELANYCH Z GLEBY LESSOWEJ PO WPROWADZENIU ŚCIEKÓW MIEJSKICH

Z. Stępniewska[1,2], *A. Ostrowska*[1], *M. Pasztelan*[1], *U. Kotowska*[1]

[1] Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
[2] Katolicki Uniwersytet Lubelski, Al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin

S t r e s z c z e n i e: Badania prowadzono na materiale pochodzącym z gleby płowej wytworzonej z lessu. Powietrznie suchą glebę o masie 20 i 30 g zalano odpowiednio dawką 20 i 30 ml ścieków miejskich. W sposób identyczny przygotowano próby kontrolne zalane wodą. Glebę inkubowano w naczyniach wykonanych z ciemnego szkła w temperaturze 20 °C. Celem badań modelowych było określenie, emisji gazów z gleb inkubowanych, zalanych ściekami miejskimi po II stopniu oczyszczania. W ciągu 20 dni inkubacji pobierano próby gazowe znad roztworu do analiz chromatograficznych i dokonywano pomiarów Eh, pH w glebie oraz oznaczano zawartość form azotu ($N\text{-}NO_3^-$, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NH_4^+$) w roztworze glebowym. Wykazano, że najwyższa aktywność denitryfikacyjna wystąpiła w glebie zalanej porcją 30 ml ścieków, gdzie produkcja N_2O osiągnęła 91,65 mg $N\text{-}N_2O$ kg^{-1} d^{-1}, przy wartości Eh = -104 mV. Produkcja podtlenku azotu ustała przy spadku potencjału redoks poniżej 150 mV. Wykazano najbardziej intensywną produkcję CO_2 w ciągu pierwszych 20 dni inkubacji. Ilość wytworzonego dwutlenku węgla osiągnęła najwyższą wartość sięgającą 10,4 i 12,3% w ściekach oraz 8,0 i 7,9% w kontroli, odpowiednio z 30 i 20 ml ścieków i wody. Przejście azotu azotanowego(V) w azot azotanowy(III) stwierdzono w obu kombinacjach w ciągu pierwszych 3 dni inkubacji.

S ł o w a k l u c z o w e: denitryfikacja, podtlenek azotu, dwutlenek węgla, potencjał redoks, ścieki miejskie.

WSTĘP

W glebie, po wprowadzeniu aktywnych biologicznie osadów bądź ścieków, występuje zwiększone zapotrzebowanie na tlen. Okresowe niedotlenienie gleby wywołuje wzmożoną działalność mikroorganizmów beztlenowych, odpowiedzialnych za szereg procesów redukcyjnych. Procesy te zachodzą szczególnie intensywnie,

gdy stagnująca woda uniemożliwia wymianę gazową z powietrzem atmosferycznym. Następuje wówczas intensyfikacja procesów redoks, co przy braku tlenu cząsteczkowego, prowadzi do redukcji azotanów. W glebie zmniejsza się ilość substratów zawierających tlen, gromadzą się natomiast produkty gazowe, będące efektem działalności respiracyjnej mikroorganizmów glebowych i korzeni roślin [3,6].

Aktywność respiracyjna oraz fizyczne procesy wymiany gazów pomiędzy glebą i atmosferą warunkuje stan natlenienia gleby. W warunkach naturalnych intensywność oddychania waha się w przedziałach od 0,1 do 20 cm^3 O_2 kg^{-1} h^{-1}. Na aktywność respiracyjną największy wpływ mają takie czynniki fizykochemiczne gleby jak: temperatura, stężenie dwutlenku węgla, wilgotność, gęstość, odczyn, obecność metali ciężkich, pestycydów [3].

Wśród produktów gazowych powstających w warunkach zalania gleb, obok CO_2, największe znaczenie mają: podtlenek azotu i metan, które jako czynne radiacyjne gazy szklarniowe, pochłaniają w znacznej mierze promieniowanie podczerwone przyczyniając się do ocieplenia atmosfery i warstwy przy powierzchni Ziemi.

Gleby stanowią największe źródło N_2O generujące ponad 50% globalnej emisji [1,4]. Największe znaczenie ma tu emisja z agroekosystemów, w których proces denitryfikacji zmniejsza efektywność wykorzystania azotu przez rośliny, z drugiej zaś strony przyczynia się do wzrostu emisji N_2O. W atmosferze średni przyrost roczny podtlenku azotu wynosi 0,3% i przy zachowaniu takiego tempa wzrostu, za 40 lat jego stężenie będzie wynosiło ok. 330 do 350 ppbv [2,5]. Emisję gazów z gleby intensyfikuje nie tylko stan anaerobiozy wywołany np. zalaniem lecz również wprowadzenie łatwo dostępnego źródła węgla, co może spowodować np. nawadnianie ściekami miejskimi.

Celem pracy było określenie w badaniach modelowych, emisji gazów podczas inkubacji materiału gleby wytworzonej z lessu, poddanego nawodnieniom ściekami miejskimi po II stopniu oczyszczania.

MATERIAŁY I METODY

Do doświadczeń użyto materiał z poziomu Ap (0-20 cm) gleby płowej wytworzonej z lessu, pochodzący z pola uprawnego Zakładu Doświadczalnego AR Lublin - Czesławice, zawierający w składzie granulometrycznym: 65% frakcji piasku (2,0-0,05 mm), 29% frakcji pyłu (0,05-0,02 mm), 6% frakcji iłu (<0,02 mm), 1,5% substancji organicznej o pH_{H_2O} 6,8. Powietrznie suchą glebę, przesiano

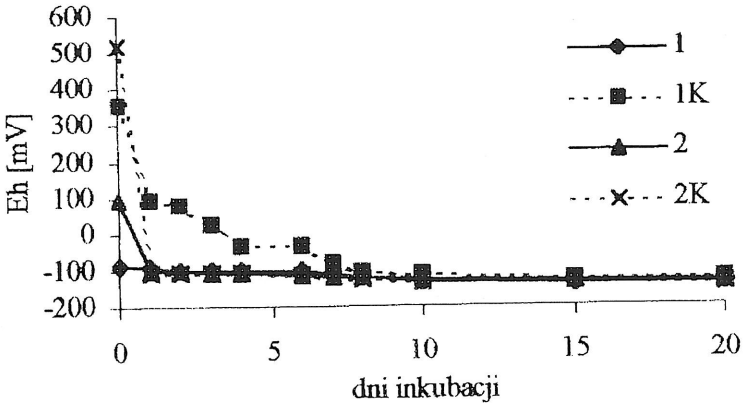
przez sito (1 mm) i doprowadzono do stanu uwilgotnienia odpowiadającemu ciśnieniu ssącemu gleby 159 hPa.

Z tak przygotowanego materiału, odważano porcje o masie 20 i 30g, które umieszczano w naczyniach inkubacyjnych o objętości 59,8 cm^3 wykonanych z ciemnego szkła. Próbki o masie 20 g zalano następnie porcją 20 ml ścieków (objętość fazy gazowej w naczyniu inkubacyjnym wynosiła wówczas 30 cm^3, wariant 1), a próbki o masie 30 g zalano 30 ml ścieków (objętość fazy gazowej w naczyniu inkubacyjnym wynosiła 15 cm^3, wariant 2). W sposób identyczny przygotowano próby kontrolne, zalane wodą destylowaną. Wszystkie naczynia szczelnie zamk-nięto gumowymi korkami i aluminiowymi kapslami, a następnie inkubowano w temperaturze 20 ^oC. W kolejnych dniach inkubacji pobie-rano próby gazowe znad roztworu, do oznaczeń N_2O, CO_2 i O_2, a naczynia inkubacyjne otwierano i wykonywano pomiary Eh, pH w glebie oraz oznaczano zawartość form azotu ($N\text{-}NO_3^-$, $N\text{-}NO_2^-$, $N\text{-}NH_4^+$) w roztworze glebowym. Stężenia poszczególnych gazów: N_2O, CO_2, O_2 oznaczano z wykorzystaniem chromatografów gazowych GC-14A i GC-14B firmy Shimadzu.

WYNIKI

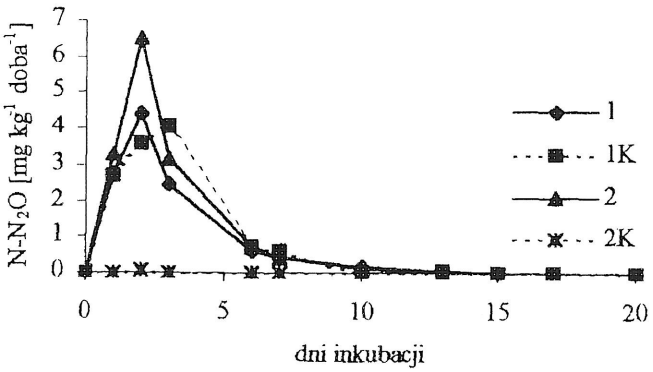
Podczas analizy składu gazów pobranych z zamkniętych naczyń inkubacyjnych wykazano, że najwyższą aktywność denitryfikacyjna wystąpiła drugiego dnia inkubacji. Potencjał redoks (Eh) gleby w tym samym czasie kształtował się na poziomie: 78 mV w kontroli i 98 mV w ściekach (wariant 1) oraz 107 mV w kontroli i 104 mV w ściekach (wariant 2) (Rys. 1). Produkcja N_2O (Rys. 2.) osiągnęła 91,65 mg $N\text{-}N_2O$ $kg^{-1}d^{-1}$ w glebie zalanej 30 ml ścieków, czyli prawie dwa razy więcej niż w tym samym czasie stwierdzono w glebie zalanej 20 ml ścieków (52,63 mg $N\text{-}N_2O$ $kg^{-1}d^{-1}$). Wydzielanie N_2O w tych samych warunkach w próbach kontrolnych kształtowało się na poziomie: 84,02 mg $N\text{-}N_2O$ $kg^{-1}d^{-1}$ dla wariantu 2 oraz 0,35 mg $N\text{-}N_2O$ $kg^{-1}d^{-1}$ dla wariantu 1. Podczas kolejnych dni inkubacji stężenie podtlenku azotu w powietrzu stopniowo malało. Najszybszy zanik uwalnianego N_2O odnotowano w próbkach kontrolnych wariantu 2, kiedy to już po 10 dniu trwania eksperymentu w analizowanym powietrzu nie stwierdzono obecności podtlenku azotu.

Analiza dwutlenku węgla (Rys. 3) wykazała najbardziej intensywną produkcję CO_2 w ciągu pierwszych 20 dni inkubacji. Stężenie wyprodukowanego dwutlenku węgla osiągnęło najwyższą wartość 12,8 i 10,4% odpowiednio



Rys. 1. Potencjał redoks w glebie wytworzonej z lessu, zalanej ściekami po II stopniu oczyszczania podczas inkubacji w temp. 20 °C (1-20g gleby zalanej 20 ml ścieków, 1K - 20 g gleby zalanej 20 ml wody, 2-30 g gleby zalanej 30 ml ścieków, 2 K - 30 g gleby zalanej 30 ml wody).

Fig. 1. The redox potential from a loess soil treated with wastewater after II step purification during incubation in 20 °C (1-20 g soil treated 20 ml wastewater, 1 K - 20 g soil treated 20 ml water, 2-30 g soil treated 30 ml wastewater, 2 K - 30 g soil treated 30 ml water).

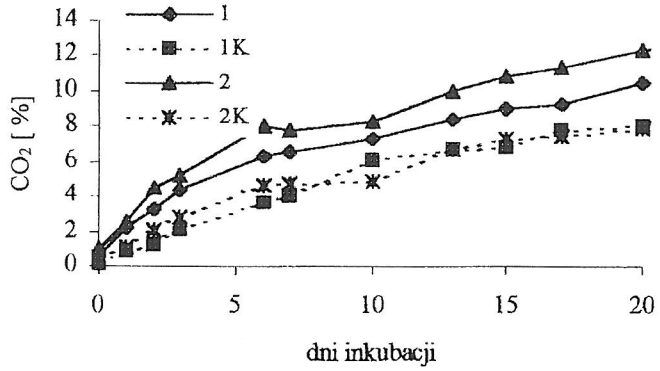


Rys. 2. Emisja N_2O z gleby wytworzonej z lessu, zalanej ściekami miejskimi po II stopniu oczyszczania podczas inkubacji w temp 20 °C. Objaśnienia jak na Rys. 1.

Fig. 2. The N_2O emission from a loess soil treated with wastewater after II step purification during incubation in 20 °C. Explanations as in Fig. 1.

w glebie zalanej 30 i 20 ml ścieków. W przypadku kontroli stężenie CO_2 wynosiło 8,0 % w wariancie 2 i 7,41% w wariancie 1. Podczas kolejnych dni obserwowano dalszy, ale już nie tak dynamiczny wzrost stężenia CO_2.

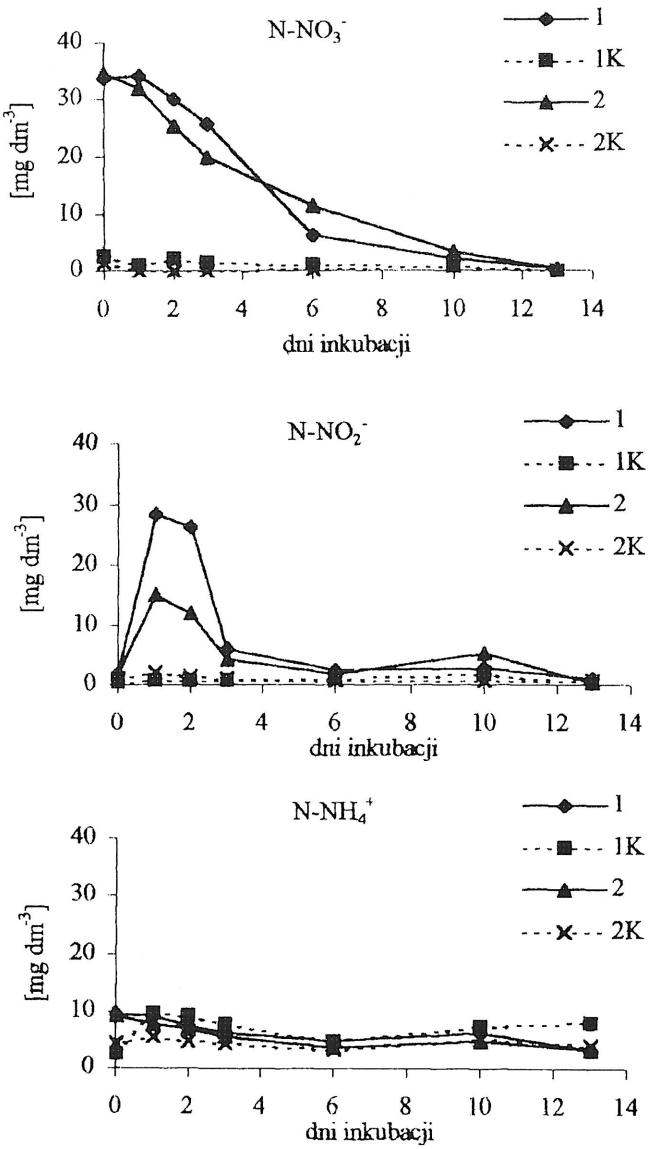
W glebie zalanej ściekami przez kolejne dni trwania doświadczenia obserwowano zmniejszenie ilości azotu azotanowego(V) pomiędzy 1 a 6 dniem



Rys. 3. Wydzielanie CO_2 z gleby wytworzonej z lessu, zalanej ściekami miejskimi po II stopniu oczyszczania podczas inkubacji w temp. 20 °C. Objaśnienia jak na Rys. 1.
Fig. 3. The CO_2 emission from a loess soil treated with wastewater after II step purification during incubation in 20 °C. Explanations as in Fig. 1.

inkubacji (Rys. 4.). Stężenie $N\text{-}NO_3^-$ w roztworze glebowym zmalało z początkowej wartości 33,9 mg dm^{-3} do 6,25 mg dm^{-3} w wariancie 1 i z 32 mg dm^{-3} do 11,55 mg dm^{-3}, w wariancie 2. Równocześnie zaobserwowano wzrost stężenia azotu azotanowego(III) w roztworze glebowym 26,11 mg dm^{-3} i 11,75 mg dm^{-3} odpowiednio po zadaniu 20 ml oraz 30 ml ścieków, na drugi dzień inkubacji. W kolejnych dniach trwania doświadczenia obserwowano spadek stężenie azotu azotanowego(III). Możemy więc stwierdzić, ze przejście $N\text{-}NO_3^-$ w $N\text{-}NO_2^-$ zachodziło w obu kombinacjach w ciągu pierwszych 3 dni inkubacji. Obecność azotu amonowego w ilości ok. 9 i 7 mg $N\text{-}NH_4^+$ dm^{-3} obserwowano odpowiednio w wariantach z dodatkiem ścieków 20 i 30 ml, od pierwszego dnia trwania doświadczenia i przez kolejne dni inkubacji stężenie $N\text{-}NH_4^+$ utrzymywało się na zbliżonym poziomie.

W wyniku przeprowadzonych badań nad wydzielaniem gazów z materiału glebowego gleby lessowej zalanej ściekami przy stosunku gleba : roztwór 1:1 stwierdzono, że w wariancie 1, gdy objętość fazy gazowej w naczyniu inkubacyjnym wynosiła 30 cm^3, ilość azotu uwolnionego w postaci $N\text{-}N_2O$ stanowiła ok.70 % wprowadzonych azotanów. Natomiast w wariancie 2 przy objętości fazy gazowej dwukrotnie mniejszej, ilość azotu uwolnionego w postaci $N\text{-}N_2O$ stanowiła ok.60 % azotu wniesionego jako azotany. W tym wariancie nastąpiło najszybsze wyczerpywanie tlenu i równocześnie najszybszy wzrost stężenia CO_2.



Rys. 4. Formy azotowe w roztworze glebowym w trakcie inkubacji gleby wytworzonej z lessu, zalanej ściekami miejskimi po II stopniu oczyszczania podczas inkubacji w temp. 20 °C. Objaśnienia jak na Rys. 1.

Fig. 4. Nitrogen forms in soil solution during incubation a loess soil treated with waste water after II step purification during incubation in 20 °C. Explanations as in Fig. 1.

WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań modelowych nad emisją gazów z gleby wytworzonej z lessu, poddanej nawodnieniom ściekami miejskimi po II stopniu oczyszczania można sformułować następujące wnioski:

1.Najwyższa aktywność denitryfikacyjna wystąpiła w glebie zalanej 30 ml ścieków, gdzie produkcja N_2O wyniosła 91,65 mg $N\text{-}N_2O$ $kg^{-1}d^{-1}$.

2. Potencjał oksydoredukcyjny sprzyjający denitryfikacji osiągnął wartość -104 mV po dwóch dniach, a obniżenie potencjału do 150 mV spowodowało ustanie produkcji podtlenku azotu.

3. Wydzielanie CO_2 przebiegało najbardziej intensywnie w ciągu pierwszych 20 dni doświadczenia, kiedy to jego stężenie w badanym powietrzu osiągnęło wartość 10,4 i 12,3% w ściekach oraz 8,0 i 7,9% w kontroli, (odpowiednio w wariancie 1 i 2).

4. Przejście azotu azotanowego(V) w azot azotanowy(III) stwierdzano w obu kombinacjach w ciągu pierwszych 3 dni inkubacji.

5. Spadek stężenia azotu azotanowego(V) z 33,9 mg dm^{-3} do 6,25 mg dm^{-3} w wariancie 1 i z 32 mg dm^{-3} do 11,55 mg dm^{-3} w wariancie 2 obserwowano przez pierwszych sześć dni inkubacji.

6. Wzrost stężenia azotu azotanowego(III) do wartości 26,11 mg dm^{-3} dla wariantu 1 i 11,75 mg dm^{-3} dla wariantu 2, po zadaniu ścieków, nastąpił drugiego dnia inkubacji.

7. Okres najbardziej intensywnego wydzielania N_2O i CO_2 z gleby to pierwsze trzy dni od wprowadzenia ścieków.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bouwman A.T.:** Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystem and the atmosphere. Soil and the greenhouse effect. Chichester, 61-127, 1990.
2. **Eichner M.J.:** Nitrous oxide emission from fertilized soils. Summary of available data. J. Environ. Quality. 19, 272-280, 1990.
3. **Gliński J., Stepniewski W., Stępniewska Z., Ostrowski J., Wodarczyk T., Brzezińska M.:** Agroekologiczne aspekty warunków tlenowych gleb ornych. Acta Agrophysica 32, 2000.
4. **Khan H.R., Pfisterer U., Blume H.P.:** Nitrous oxide, nitrate and amonium dynamics as influenced by selected environmental factors. Advances in GeoEcology, 31, 239-245, 1998.
5. **Mosier A.R., Parton W.J., Hitchinson G.:** Modelling nitrous oxide evolution from cropped and native soils. Biogeochem. ECOL. Bull., 35, 229-241, 1983.
6. **Włodarczyk T.:** Emisja i absorpcja N_2O na tle emisji CO_2 w glebach brunatnych w zróżnicowanych warunkach oksydoredukcyjnych. Acta Agrophysica, 28, 2000.

ANALYSE OF N_2O AND CO_2 PRODUCED FROM A LOESS SOIL TREATED WITH MUNICIPAL WASTEWATER

Z. Stępniewska[1,2], *A. Ostrowska*[1], *M. Pasztelan*[1], *U. Kotowska*[1]

[1]Institute of Agrophysics PAS, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland
[2]Catholic University of Lublin, Al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin

S u m m a r y. The aim of the study was to determine gases production from a loess soil, treated with municipal wastewater after two step purification under laboratory conditions. Soil samples 20 and 30 g were mixed with 20 and 30 ml of wastewater, respectively. Soil control samples, contained pure water instead of wastewater. All vessels were incubated in the dark at 20 °C. The production of N_2O reached maximum values of 91,65 mg N-N_2O kg^{-1} d^{-1} in the samples with 30 ml wastewater, and 52,63 mg N-N_2O kg^{-1} d^{-1} in the samples with 20 ml wastewater. The CO_2 concentration was increasing gradually during 20 days of incubation and reached the highest level 12,8 and 10,4 from soils flooded with 30 and 20 ml wastewater, respectively.

K e y w o r d s: denitrification, N_2O, CO, redox potential, wastewater.