

Wpłynęło 18.12.2015 r.  
Zrecenzowano 05.04.2016 r.  
Zaakceptowano 05.04.2016 r.

A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# WPŁYW RODZAJU NAWOŻENIA AZOTOWEGO NA ZAWARTOŚĆ BIOMASY ŻYWYCH MIKROORGANIZMÓW W GLEBIE I EMISJĘ DITLENKU WĘGLA

Piotr BURCZYK<sup>1)</sup> ABD, Małgorzata GAŁCZYŃSKA<sup>2)</sup> ABCD,  
Wiera MICHALCEWICZ<sup>3)</sup> D, Renata GAMRAT<sup>4)</sup> EF

<sup>1)</sup> Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie

<sup>2)</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie, Zakład Chemii Ogólnej i Ekologicznej

<sup>3)</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie, Zakład Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska

<sup>4)</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie, Katedra Ekologii, Ochrony i Kształtowania Środowiska

## Streszczenie

Celem badań było określenie zawartości biomasy żywych mikroorganizmów w glebie i emisji ditlenku węgla w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem mieszanki traw w uprawie wazonowej. W próbkach glebowych w dwóch terminach oznaczono biomasę żywych mikroorganizmów w glebie, wykorzystując opracowaną przez Andersena i Domscha fizjologiczną metodę polegającą na pomiarach wydzielania ditlenku węgla. Przeprowadzono również pomiary emisji ditlenku węgla za pomocą połowego miernika fotoakustycznego gazów INNOVA 1412. Uzyskane wyniki badań poddano dwuczynnikowej analizie wariancji. Określono także parametry korelacji liniowej pomiędzy biomasą mikroorganizmów a emisją ditlenku węgla. Zastosowana w badaniach dawka nawożenia azotem (saletra amonowa – 50 kg N·ha<sup>-1</sup> lub gnojówka 50 kg N·ha<sup>-1</sup>) nie ograniczyła rozwoju mikroorganizmów glebowych. Na biomasę mikroorganizmów glebowych w uprawie mieszanek traw miały wpływ zarówno rodzaj, jak i liczba dawek azotu. Biomasa mikroorganizmów glebowych dodatnio wpłynęła na emisję ditlenku węgla w warunkach nawożenia organicznego i mineralnego.

**Słowa kluczowe:** emisja ditlenku węgla, mikroorganizmy glebowe, nawożenie azotem

**Do cytowania For citation:** Burczyk P., Gałczyńska M., Michalcewicz W., Gamrat R. 2016. Wpływ rodzaju nawożenia azotowego na zawartość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie i emisję ditlenku węgla. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 16. Z. 2 (54) s. 5–15.

## WSTĘP

Intensyfikacja produkcji rolniczej na gruntach ornym spowodowała dyskusję na temat oceny stanu i jakości zasobów gleby oraz opracowania zasad zrównoważonego rolnictwa. Powszechnie głoszony jest pogląd, że „osiągnięcie zamierzonej efektywności i wydajności uprawy roślin nie może prowadzić do pogorszenia czy utraty właściwości biologicznych gleby”. Biorąc pod uwagę powyższe, należy pamiętać o wielkiej różnorodności biofizycznych i społeczno-ekonomicznych czynników, które muszą zostać uwzględnione. Degradacja gleb odbywa się na skutek wielu czynników, tj.: erozji, utraty materii organicznej, zanieczyszczenia, zasolenia, zagęszczenia, a przede wszystkim zmniejszenia zróżnicowania mikrobiologicznego gleb [KIBBLEWHITE i in. 2008; VAN-CAMP i in. 2004].

Mikroorganizmy glebowe biorą udział w rozkładzie materii organicznej i uwalnianiu składników biogenych potrzebnych roślinom do rozwoju. Są odpowiedzialne za funkcjonowanie ekosystemów, zdrowotność roślin oraz strukturę i produktywność gleby. Tworzą układy współzależności między częścią abiotyczną gleby a organizmami wyższymi i warunkują właściwości allelopatyczne oddziaływające na inne populacje [BADURA 2006; NANNIPIERI i in. 2003]. Mikroorganizmy te różnią się znacznie od siebie w zależności od stopnia nasilenia degradacji lub też rodzaju uprawy [GRAYSTON, PRESCOTT 2005; HUNGATE i in. 2000; MICHAŁOWSKA, RUSSEL 2014; NATYWA i in. 2010]. Dytlenek węgla jest głównym produktem mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej i węglanów w glebie. Zawartość tego gazu w powietrzu glebowym jest większa niż w powietrzu atmosferycznym, a gleba stanowi źródło jednej piątej emisji CO<sub>2</sub>. Wymiana gazowa między glebą i atmosferą od dawna znajdowała się w kręgu zainteresowań wielu badaczy [COLEMAN i in. 1992; PAPIŃSKA i in. 2010; SMITH i in. 2003]. Zwiększenie koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze i jego ewentualny wpływ na zmiany klimatyczne sprzyja rozważaniom na temat respiracji glebowej i jej udziału w cyklu obiegu węgla w atmosferze [BRUMMELL, SICILIANO 2011; COLLIER i in. 2014; JASSAL i in. 2004; OH i in. 2005; SAPEK 2000].

Rośliny/mikroorganizmy doskonale się rozwijają, kiedy stężenie ditlenku węgla w atmosferze się zwiększa. Jego większe stężenie zmniejsza zużycie wody przez rośliny, dzięki czemu gleba jest wilgotniejsza, a to z kolei ogranicza dostępność tlenu w glebie, co sprzyja tym mikroorganizmom. Celem badań było określenie zawartości biomasy żywych mikroorganizmów w glebie i emisji ditlenku węgla w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego w uprawie wazonowej mieszanki traw (kupkówka pospolita *Dactylis glomerata*, kostrzewa łąkowa *Festuca pratensis*, kostrzewa czerwona *Festuca rubra*, życica trwała *Lolium perenne*).

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w 2014 r. w hali wegetacyjnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Uprawiano mieszankę traw w warunkach nawożenia mineralnego i organicznego. W doświadczeniu wykorzystano materiał glebowy odpowiadający składem granulometrycznym glinie piaszczystej o składzie piasku (60,9%), pyłu (35,1%) i łu koloidalnego (4,0%).

Materiał glebowy przeznaczony do badań charakteryzował się wg kryterium IUNG [OBOJSKI, STRĄCZYŃSKI 1995] lekko kwaśnym odczynem ( $\text{pH} = 5,9$ ), zawartością węgla organicznego  $9,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , próchnicy  $16,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , substancji organicznej  $37,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , azotu ogólnego  $0,75 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  i małą zawartością przyswajalnych form fosforu ( $28 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), potasu ( $83 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i magnezu ( $24 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Wazony z materiałem glebowym (11 kg) zasilono w połowie maja nawozem mineralnym (saletra amonowa) lub organicznym (gnojówka) w dawce  $0,355 \text{ g N}$  na wazon, co odpowiada  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Po kilku dniach wysiano mieszankę traw do wazonów. Drugą taką samą dawkę azotu zastosowano po pierwszym ścięciu trawy. Próbę kontrolną stanowiły wazon z mieszanką traw bez nawożenia. Pomiary biomasy mikroorganizmów glebowych i emisji ditlenku węgla w wazonach z nawożeniem przeprowadzono na początku czerwca (I termin) i w połowie lipca (II termin) w następnym dniu po ścięciu trawy. Pomiary w wazonach kontrolnych również wykonywano dwukrotnie, tj. odpowiednio do terminów wprowadzania dawek nawożenia azotowego, tak aby rozwój fenologiczny traw w kontroli odpowiadał rozwojowi traw w wazonach, w których stosowano nawożenie.

W próbkach glebowych pobranych z wazonów w trzech powtórzeniach oznaczono wielkość biomasy żywych mikroorganizmów w glebie. Oznaczenia przeprowadzono metodą fizjologiczną, opracowaną przez ANDERSONA i DOMSCHA [1978], nazywaną w literaturze metodą SIR (ang. substrate induced respiration), opartą na wyznaczeniu biomasy żywych mikroorganizmów w glebie. Metodę tę często stosuje się w połączeniu z pomiarami emisji  $\text{CO}_2$  [AIRA, DOMÍNGUEZ 2010; LIU i in. 2014]. W tym celu analizowano próbki gleby o masie 10 g, które wzbogacono w dodatkowe źródło węgla w postaci mieszaniny glukozy i talku (w stosunku wagowym 1:5). Ilość glukozy określono z uwzględnieniem wartości odchylenia początkowego dla użytego podłoża. Tak przygotowane próbki przenoszono następnie do kolumn pomiarowych analizatora Ultragas U4S i mierzono ilość wydzielonego  $\text{CO}_2$  po upływie trzech godzin. Biomasa drobnoustrojów obliczono, korzystając z równania autorów metody:

$$x = 40,4y + 0,37$$

gdzie:

$x$  = ilość C zawartego w biomase żywych mikroorganizmów w przeliczeniu na 100 g s.m. gleby, mg;

$y$  = maksymalna początkowa produkcja CO<sub>2</sub>, cm<sup>3</sup>·(100 g gleby·h)<sup>-1</sup>.

Pomiary emisji ditlenku węgla przeprowadzono, stosując system komór zamkniętych statycznych, a stężenie gazów w komorach mierzono za pomocą polowego analizatora gazów śladowych INNOVA 1412. Stężenie CO<sub>2</sub> w komorze rejestrowano co minutę, a pomiar emisji prowadzono przez 15 min. Zmiany stężenia CO<sub>2</sub> wyrażonego w ppm przeliczano na jednostki masy (mg·ha<sup>-1</sup>·24 h<sup>-1</sup>). Metodę pomiaru szczegółowo opisano w pracach BURCZYKA [2008] oraz BURCZYKA i in. [2008].

Uzyskane wyniki badań biomasy mikroorganizmów poddano dwuczynnikowej analizie wariancji (I czynnik – liczba dawek nawozu, II czynnik – rodzaj nawożenia). Określono także parametry korelacji liniowej między biomasa mikroorganizmów a emisją ditlenku węgla. Istotność różnic pomiędzy średnimi (test Tukeya) i wartość współczynnika korelacji liniowej Pearsona na poziomie ufności  $p = 0,05$  obliczono z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 10.

## WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Emisja CO<sub>2</sub> z powierzchni gleby jest efektem wszystkich procesów związanych z wytwarzaniem tego gazu w profilu glebowym, oddychaniem ryzosfery oraz mikroorganizmów glebowych. Na emisję ditlenku węgla z gleby wpływa wiele czynników. Są to: temperatura i wilgotność gleby, rodzaj uprawy, dostępność i rodzaj substratów, biomasa i aktywność mikroorganizmów glebowych, rodzaj i użytkowanie gleby [BOWDEN i in. 2004; FISK, FAHEY 2001]. KUZYAKOV [2006] wyróżnia następujące źródła emisji ditlenku węgla w glebie:

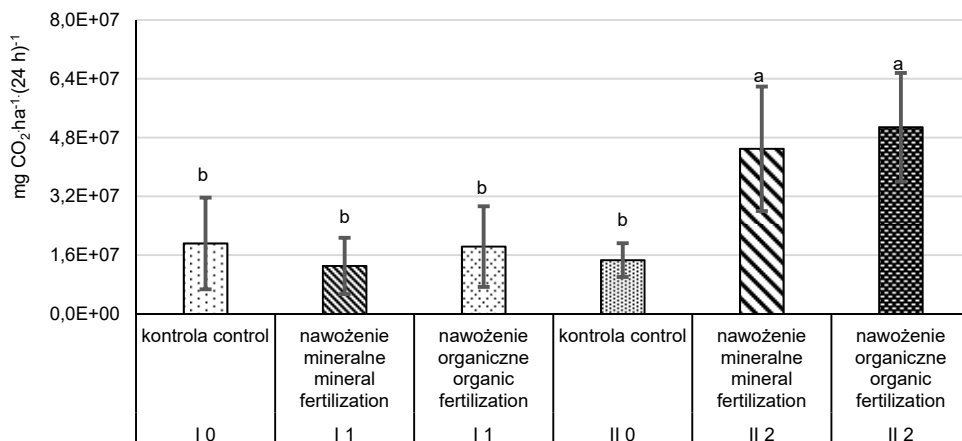
- emisja z gleby wraz z emisją z korzeni roślin,
- emisja przez rośliny,
- z rozkładu materii organicznej gleby,
- oddychanie ryzosfery,
- respiracja mikrobiologiczna przez organizmy hetero- i autotroficzne.

Ze względu na rolę, jaką w procesach glebowych odgrywają mikroorganizmy, ich obecność i biomasa mają istotny wpływ na wielkość emisji CO<sub>2</sub> z gleby [BADURA 2006; NANNIPIERI i in. 2003]. Już w 1975 r. GOTKIEWICZ i in. [1975] zauważyli, że emisja ditlenku węgla z gleb użytkowanych rolniczo może być również ograniczona poprzez stosowanie nawożenia azotowego, potasowego i fosforowego.

Badania przeprowadzone przez autorów niniejszego opracowania wykazały, że w wyniku dwukrotnego nawożenia azotem emisja ditlenku węgla była istotnie większa niż warunkach kontrolnych oraz jednokrotnego nawożenia. Zależność ta występowała niezależnie od formy zastosowanego nawożenia (rys. 1).

Parametry statystyczne obrazujące efekty dwuczynnikowej analizy wariancji zamieszczono w tabeli 1., a biomasę mikroorganizmów i emisję ditlenku węgla zobrazowano na rysunkach 1. i 2.

Ustalono, że ok. 1,5 razy większa była biomasa mikroorganizmów (rys. 2) w warunkach nawożenia ( $10731 \text{ mg C} \cdot (100 \text{ g})^{-1}$ ) niż w warunkach kontrolnych



Rys. 1. Emisja ditlenku węgla w zależności od rodzaju nawożenia i liczby dawek; I, II = terminy pomiaru, 0, 1, 2 = liczba dawek; słupki błędów to wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe; a, b, ab to grupy jednorodne; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Carbon dioxide emissions depending on the type of fertilization and number doses; I, II = measurement terms, 0, 1, 2 = doses number; error bars are mean  $\pm$  standard deviation; a, b, ab are homogeneous groups; source: own study

**Tabela 1.** Parametry statystyczne dwuczynnikowej analizy wariancji biomasy mikroorganizmów (A) i ditlenku węgla (B)

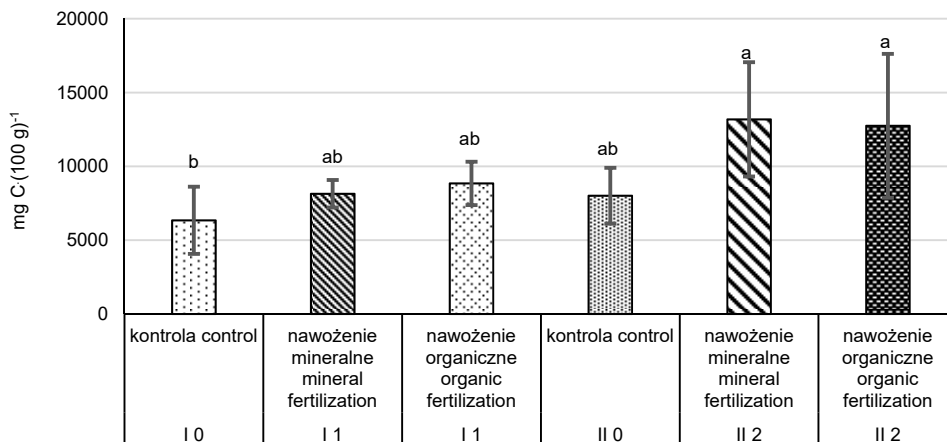
**Table 1.** Statistical parameters of two-way variance analysis for microorganism biomass (A) and carbon dioxide emissions (B)

Parametr Parameter	Czynnik Factor	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>NIR</i> <sub>0,05</sub> <i>LSD</i> <sub>0,05</sub>
Liczba dawek nawozu (I) No of fertilization dose (I)	A B	10,80 20,10	0,002 0,00003	2 950 8,87·10 <sup>7</sup>
Rodzaj nawożenia (II) Fertilization type (II)	A B	4,85 5,50	0,011 0,006	2 148 1,32·10 <sup>7</sup>
Interakcja I×II Interaction I×II	A B	0,85 7,58	0,043 0,001	5 540 2,29·10 <sup>7</sup>

Objaśnienia: *F* = obliczana wartość testu Fishera–Snedecora, *p* = poziom prawdopodobieństwa testowego, *NIR*<sub>0,05</sub> = wartość testu najmniejszych istotnych różnic na poziomie istotności 0,05

Explanations: *F* = calculated value of Fisher–Snedecor test, *p* = level of probability test, *LSD*<sub>0,05</sub> = value of least significant differences test at significance level.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.



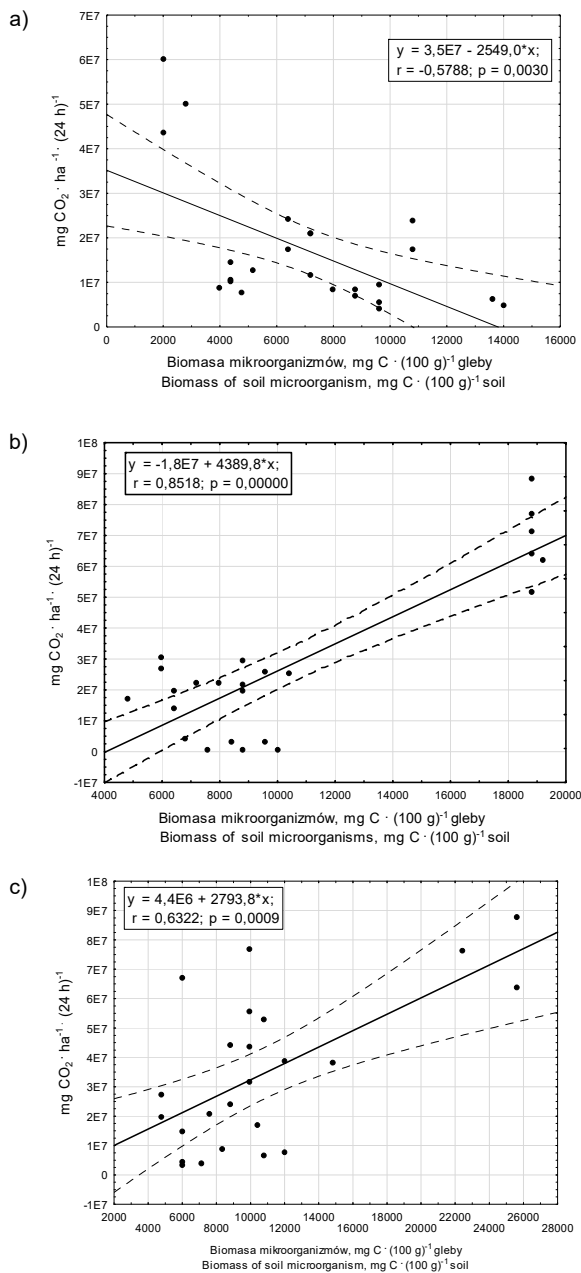
Rys. 2. Biomasa mikroorganizmów glebowych w zależności od rodzaju nawożenia i liczby dawek; I, II = terminy pomiaru, 0, 1, 2 = liczba dawek; słupki błędów to wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe; a, b, ab to grupy jednorodne; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Biomass soil microorganisms depending on the type of fertilization and number doses; I, II = measurement terms, 0, 1, 2 = doses number; error bars are mean  $\pm$  standard deviation; a, b, ab are homogeneous groups; source: own study

(7 178 mg C·(100 g)<sup>-1</sup>). Taka sama relacja wystąpiła, gdy porównywano wpływ liczby dawek nawożenia azotowego, odpowiednio dla średnich wartości 12 967 mg C·(100 g)<sup>-1</sup> i 8 496 mg C·(100 g)<sup>-1</sup>. Według VETANOVETZA i PETERSONA [1992] nawożenie azotem mineralnym zwiększa biomasa mikroorganizmów, jednak zbyt duże dawki mogą doprowadzić m.in. do nagromadzenia toksycznych substancji, np. amoniaku zatruwającego roślinę i ograniczającego rozwój pewnych grup drobnoustrojów [SMYK i in. 1989]. Problem ten zauważa również KOPÁČEK [2013] – zbyt duża ilość azotu w glebie może prowadzić do przesylenia gleby azotem, które może powodować degradację ekosystemu glebowego i wymywanie azotanów (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) do wód gruntowych i powierzchniowych. Dynamika nasycenia gleby azotem jest ściśle związana z cyklem obiegu węgla czy też siarki, czyli pośrednio dotyczy to zmian mikroorganizmów glebowych – następnie uregulowania ilości azotu organicznego, po ograniczenie ilości węgla.

W przeprowadzonym przez autorów niniejszej pracy doświadczeniu nie stwierdzono, by zastosowanie drugiej dawki zarówno nawozu mineralnego, jak i organicznego (jedna dawka odpowiada 50 kg·ha<sup>-1</sup>) spowodowało ograniczenie biomasy organizmów glebowych.

Obliczono korelacje między emisją CO<sub>2</sub> a biomasa mikroorganizmów w warunkach kontrolnych oraz w warunkach nawożenia mineralnego i organicznego. Ustalono, że w warunkach kontrolnych (bez nawożenia azotowego) wraz ze zwiększeniem biomasy mikroorganizmów w glebie emisja ditlenku węgla się zmniejszała (rys. 3a). Siła korelacji między zmiennymi była umiarkowana ( $r \in 0,4-0,7$ ).



Rys. 3. Korelacja liniowa między emisją ditlenku węgla a biomasą mikroorganizmów: a) w warunkach kontrolnych, b) w warunkach nawożenia mineralnego, c) w warunkach nawożenia organicznego; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Linear correlations between carbon dioxide emissions and the microorganism biomass: a) in control condition, b) in mineral condition, c) in organic condition; source: own study

Z kolei w warunkach nawożenia gleby związkami azotu stwierdzono dodatnią korelację liniową pomiędzy analizowanymi zmiennymi (rys. 3b, c). Na podstawie analizy wyników można stwierdzić, że nawożeniu organicznemu towarzyszyła większa zawartość biomasy mikroorganizmów (umiarkowana zależność), ale zależność ta była mniej czuła na zmiany niż w przypadku korelacji z nawożeniem mineralnym (dość silna zależność). Wieloletnie badania i efekty praktyki agrotechnicznej wyraźnie wskazują, że nawożenie mineralne ma duży wpływ na liczebność drobnoustrojów oraz selekcję jakościową całych zespołów mikroorganizmów glebowych [BARABASZ, VOŘIŠEK 2002]. MIATKOWSKI i TURBIAK [2006] podkreślają, że głównym źródłem emisji CO<sub>2</sub> z gleb organicznych pozbawionych okrywy roślinnej jest rozkład organicznej materii glebowej.

AMOS i in. [2005] ustalili, że zwiększenie dawek azotu nie powodowało natychmiastowego wpływu na emisję CO<sub>2</sub> z powierzchni gleby, czyli uzyskane przez nich wyniki są odmienne od prezentowanych w niniejszej pracy. Z kolei KOZANECKA i in. [1996] doszli do wniosku, że mała dawka azotu w formie saletry amonowej (40 kg N·ha<sup>-1</sup>) stymulowała rozwój bakterii, natomiast dawka 240 kg N·ha<sup>-1</sup> działała hamująco na ich ogólną liczebność w glebie.

## WNIOSKI

1. Zastosowane w badaniach dawki nawożenia azotowego (saletra amonowa – 50 kg N·ha<sup>-1</sup> lub gnojówka – 50 kg N·ha<sup>-1</sup> w jednej lub dwóch dawkach) nie ograniczały rozwoju mikroorganizmów glebowych.

2. Na biomasę mikroorganizmów glebowych w uprawie mieszanek traw miały wpływ zarówno rodzaj nawożenia azotowego (mineralne lub organiczne), jak i liczba dawek.

3. Biomasa mikroorganizmów glebowych dodatkowo wpłynęła na wielkość emisji CO<sub>2</sub> w warunkach stosowania obu rodzajów nawożenia (mineralne i organiczne).

## BIBLIOGRAFIA

- AIRA M., DOMÍNGUEZ J. 2010. Substrate-induced respiration as a measure of microbial biomass in vermicomposting studies. *Bioresource Technology*. Vol. 101. Iss. 18 s. 7184–7187. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.03.137. Epub 2010 Apr 18.
- AMOS B., ARKEBAUER T.J., DORAN J.W. 2005. Soil surface fluxes of greenhouse gases in an irrigated maize-based agroecosystem. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 69. No. 2 s. 387–395.
- ANDERSON J.P.E., DOMSCH K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 10. Iss. 3 s. 215–221.
- BADURA L. 2006. Rozważania nad rolą mikroorganizmów w glebie [Consideration of role of microorganisms in soil]. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu*. Nr 546. Rolnictwo. Nr 89 s. 13–23.



- BARABASZ W., VOŘIŠEK K. 2002. Bioróżnorodność mikroorganizmów w środowiskach glebowych. W: Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach [Biodiversity of microorganisms in soil environments. In: Microbial activity in different environments]. Red. W. Barabasz. Kraków. Wydaw. AR s. 22–30.
- BOWDEN R.D., DAVIDSON E., SAVAGE K., ARABIA C., STEUDLER P. 2004. Chronic nitrogen additions reduce total soil respiration and microbial respiration in temperate forest soils at the Harvard Forest. *Forest Ecology and Management*. Vol. 196 s. 43–56.
- BRUMMELL M.E., SICILIANO S.D. 2011. Measurement of carbon dioxide, methane, nitrous oxide, and water potential in soil ecosystems. W: *Methods in enzymology, research on nitrification and related processes*. Red. M.G. Klotz, L.Y. Stein. Part B. Burlington. Academic Press s. 115–137.
- BURCZYK P. 2008. Procedura pomiaru emisji podtlenku azotu z powierzchni gleby [The procedure for measuring emissions of nitrous oxide from the soil surface]. *Materiały Instruktażowe. Procedury*. Nr 131/15. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 978-83-88763-97-7 ss. 12.
- BURCZYK P., GAMRAT R., GAŁCZYŃSKA M. 2008. The use of the photoacoustic field gas monitor for measurement of the concentration of gases in measurements of dinitrogen oxide emission from grassland's soils. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 17. No. 3A s. 105–108.
- COLEMAN D.C., ODUM E. P., CROSSLEY D.A. 1992. Soil biology, soil ecology, and global change. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 14 s. 104–111.
- COLLIER S.M., RUARK M.D., OATES L.G., JOKELA W.E., DELL C.J. 2014. Measurement of greenhouse gas flux from agricultural soils using static chambers. *Journal of Visualized Experiments*. Vol. 90 e52110 Veriments. DOI: 10.3791/52110.
- FISK M.C., FAHEY T.J. 2001. Microbial biomass and nitrogen cycling responses to fertilization and litter removal in young northern hardwood forests. *Biogeochemistry*. Vol. 53 s. 201–223.
- GOTKIEWICZ J., KOWALCZYK Z., OKRUSZKO H. 1975. Przebieg mineralizacji związków azotu i węgla w podstawowych rodzajach murszów torfowych o zróżnicowanych stosunkach powietrzno-wodnych [The course of mineralization of nitrogen and carbon in the main types of peat muck with various air-water relations]. *Roczniki Nauk Rolniczych. Ser. F. T. 1* s. 131–150.
- GRAYSTON S.J., PRESCOTT C.E. 2005. Microbial communities in forest floors under four tree species in coastal British Columbia. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 37 s. 1157–1167.
- HUNGATE B.A., JAEGER C.H., GAMARA G., CHAPIN S.F., FIELD C.B. 2000. Soil microbiota in two annual grasslands: responses to elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Oecologia*. Vol. 124 s. 589–598.
- JASSAL R.S., BLACK T.A., DREWITT G.B., NOVAK M.D., GAUMONT-GUAY D., NESIC Z. 2004. A model of the production and transport of CO<sub>2</sub> in soil: predicting soil CO<sub>2</sub> concentrations and CO<sub>2</sub> efflux from a forest floor. *Agricultural and Forest Meteorology*. Vol. 124 s. 219–236.
- KIBBLEWHITE M.G., RITZ K., SWIFT M.J. 2008. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions. Biological Sciences*. Vol. 363 (1492) s. 685–701. DOI: 10.1098/RSTB.2007.2178.
- KOPÁČEK J., COSBY B.J., EVANS CH.D., HRUŠKA J., MOLDAN F., OULEHLE F., ŠANTRŮČKOVÁ H., TAHOVSKÁ K., WRIGHT R.F. 2013. Nitrogen, organic carbon and sulphur cycling in terrestrial ecosystems: linking nitrogen saturation to carbon limitation of soil microbial processes synthesis and emerging ideas [online]. *Biogeochemistry*. Vol. 115 s. 33–51. [Dostęp 18.12.2015]. Dostępny w Internecie: <http://link.springer.com/journal/10533/115/1/page/1>
- KOZANECKA T., ROKOSZ-BURLAGA H., RUSSEL S. 1996. Aktywność mikrobiologiczna gleby w sadzie jabłoniowym w zależności od sposobu jej utrzymania, nawożenia azotem i wapnowania [Microbial activity of the soil in an apple orchard depending on its maintenance, nitrogen fertilization and liming]. *Roczniki Gleboznawcze*. Nr 47 Supl. s. 75–84.
- KUZYAKOV Y. 2006. Sources of CO<sub>2</sub> efflux from soil and review of partitioning methods. *Soil Biology and Biochemistry*. No 38 s. 425–448.
- LIU Q., LIU X., BIAN C., MA C., LANG K., HAN H., LI Q. 2014. Response of soil CO<sub>2</sub> emission and summer maize yield to plant density and straw mulching in the North China Plain [online]. The

- Scientific World Journal. Vol. 2014. Article ID 180219 ss. 8. [Dostęp 18.12.2015]. Dostępny w Internecie: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/180219>
- MIATKOWSKI Z., TURBIAK J. 2006. Zmiany emisji CO<sub>2</sub> z gleby torfowo-murszowej pod wpływem nagłego i głębokiego obniżenia poziomu wody gruntowej [Changes in CO<sub>2</sub> emission from peat-muck soil under the influence of sudden and deep subsidence of ground water level]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 6. Z. 1(16) s. 267–276.
- MICHAŁOWSKA M., RUSSEL S. 2014. Ocena liczebności mykobakterii w wybranych typach gleb łąkowych gminy Raszyn [Evaluation of the number of mycobacteria in selected types of soils]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 14. Z. 4 s. 45–52.
- NANNIPIERI P., ASCHER J., CECCHERINI M.T., LANDI L., PIERTAMELLARA G., RENELLA G. 2003. Microbial diversity and soil function. *European Journal of Soil Science*. Vol. 54 s. 655–670.
- NATYWA M., SAWICKA A., WOLNA-MARUWKA A. 2010. Aktywność mikrobiologiczna i enzymatyczna gleby pod uprawą kukurydzy w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem [Microbial and enzymatic activity in the soil under maize crop in relation to differentiated nitrogen fertilization]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 10. Z. 2 s. 111–120.
- OBOJSKI J., STRĄCZYŃSKI S. 1995. Odczyn i zasobność gleb Polski w makro- i mikroelementy [The pH of the soil and the abundance of Polish macro- and microelements]. Puławy. Wydaw. IUNG. ISSN 2081-2787 ss. 48.
- OH N.H., KIM H.S., RICHTER D.D. 2005. What regulates soil CO<sub>2</sub> concentrations? A modeling approach to CO<sub>2</sub> diffusion in deep soil profiles. *Environmental Engineering Science*. Vol. 22 s. 38–45.
- PAPIŃSKA E., MICHALSKA-HEJDUK D., NIEWIADOMSKI A., TOŁOCZ W. 2010. Wydzielanie CO<sub>2</sub> z gleb leśnych i łąkowych w Bolimowskim Parku Krajobrazowym [CO<sub>2</sub> emission from forest and meadow soils of Bolimowski Landscape Park]. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*. Nr 42 s. 136–143.
- SAPEK A. 2000. Emisja gazów cieplarnianych z rolnictwa do atmosfery [Greenhouse gases emissions from agriculture into atmosphere]. *Zeszyty Edukacyjne*. Z. 6 s. 9–21.
- SMITH K.A., BALL T., CONEN F., DOBBIE K.E., MASSHEDER J., REY A. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: Interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science*. Vol. 54 s. 779–791.
- SMYK B., CZACHOR M., AWIZ N.H. 1989. Występowanie grzybów toksynotwórczych w glebach i ich wpływ na produktywność biologiczną agrosystemów [The occurrence of fungal toxin in soil and their impact on the biological productivity of agrosystems]. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 380 s. 143–150.
- VAN-CAMP L., BUJARRABAL B., GENTILE A.R., JONES R.J.A., MONTANARELLA L., OLAZABAL C., SELVARADJOU S.K. (red.) 2004. Reports of the Technical Working Groups established under the thematic strategy for soil protection. Monitoring EUR 21319 EN/5. Vol. 5. Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities s. 653–718.
- VETANOVETZ R., PETERSON J. 1992. Effect of carbon source and nitrogen on urease activity in a sphagnum peat medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Vol. 23 s. 379–388.

*Piotr BURCZYK, Małgorzata GAŁCZYŃSKA, Wiera MICHALCEWICZ, Renata GAMRAT*

**EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION TYPES  
ON THE SOIL MICROORGANISMS BIOMASS  
AND EMISSIONS OF CARBON DIOXIDE**

**Key words:** *carbon dioxide emission, nitrogen fertilization, soil microorganism*

**S u m m a r y**

The aim of the study was to determine the biomass content of microorganisms in soil and carbon dioxide emissions in conditions of nitrogen fertilization in the cultivation of pot grass mixtures. In soil samples in two terms size of the biomass of living microorganisms was measured using developed by Andersen and Domsch physiological method based on measurements of generating carbon dioxide. Measurements of carbon dioxide emissions using field gas monitor INNOVA 1412 were also carried out. The results of the study were treated by two-factor analysis of variance. The linear correlation between microbial biomass and carbon dioxide emissions was performed. Used in the studies, doses of nitrogen fertilization (ammonium nitrate – 50 kg N·ha<sup>-1</sup>, liquid manure – 50 kg N·ha<sup>-1</sup>) do not influenced the development of soil microorganisms. The volume of soil microbial biomass in the cultivation of grass mixtures was affected by the type and number of doses of nitrogen fertilization. Both mineral and organic fertilization affected positively on soil microbial biomass and the volume of carbon dioxide emission.

**Adres do korespondencji:** dr inż. Piotr Burczyk, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie, ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin; tel. + 48 91 422-27-15, e-mail: P.Burczyk@itp.edu.pl