

# EMISJA CO<sub>2</sub> Z GLEB POBAGIENNYCH W ZALEŻNOŚCI OD WARUNKÓW WODNYCH SIEDLISK

**Janusz TURBIAK, Zygmunt MIATKOWSKI**

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy

*Słowa kluczowe: emisja CO<sub>2</sub>, gleby pobagiennie, siedlisko, warunki wodne*

## Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki trzyletnich badań emisji CO<sub>2</sub> z gleb torfowo-murszowych o różnym stopniu zmurszenia oraz z gleby murszowatej właściwej. Największą emisję CO<sub>2</sub> stwierdzono z gleby MtlIbb kompleksu wilgotnego (B). W warunkach występowania nadmiernego uwilgotnienia (gleba torfowo-murszowa MtlIaa), a także okresowego przesuszenia (gleba MtlIIc1) stwierdzono ograniczenie wielkości emisji CO<sub>2</sub>. Wielkość emisji CO<sub>2</sub> z gleb pobagiennych była także zależna od stopnia ich zmurszenia. Znacznie większa emisja CO<sub>2</sub> z gleby torfowo-murszowej MtlIbb niż z gleby torfowo-murszowej MtlIIc1 i murszowatej właściwej Me11 była związana z mineralizacją zakumulowanej w tej glebie łatwo rozkładającej się masy organicznej.

## WSTĘP

Jednym z rolniczych źródeł emisji CO<sub>2</sub> są gleby pobagiennie. W warunkach utrzymywania wysokiego poziomu wody gruntowej proces mineralizacji masy organicznej i emisji CO<sub>2</sub> jest ograniczony. Obniżenie poziomu wody gruntowej, związane najczęściej z rolniczym zagospodarowaniem gleb bagiennych, powoduje natlenienie powierzchniowej warstwy profilu glebowego i inicjuje proces murszenia i mineralizacji masy organicznej [OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990]. Emitowany z powierzchni tych gleb CO<sub>2</sub> jest końcowym produktem mineralizacji znajdujących

się w glebie związków organicznych [CHAPMAN, THURLOW, 1996, KUZYAKOV, CHENG, 2001].

Ogólna powierzchnia torfowisk w Polsce wynosi 1 211 000 ha, z czego 191 600 ha stanowią siedliska bagienne, w których zachodzi proces akumulacji masy organicznej, natomiast 1 019 400 ha – torfowiska o różnym stopniu zaawansowania procesu murszenia. Na podstawie danych dotyczących ubytków masy organicznej w glebach torfowo-murszowych, określonych na podstawie zmiany miąższości warstwy organicznej i jej gęstości objętościowej, obliczono, że w Polsce z powierzchni torfowisk nieleśnych emitowane jest rocznie 14,5 mln Mg CO<sub>2</sub>, co stanowi około 4% ogólnej emisji CO<sub>2</sub> w skali kraju [CZAPLAK, DEMBEK, 2000].

Celem prowadzonych badań było określenie emisji CO<sub>2</sub> z użytkowanych łąkowo gleb pobagiennych, zlokalizowanych w siedliskach o zróżnicowanych warunkach wodnych.

## OBIEKTY I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2005–2007 w dolinie Noteci na glebach pobagiennych zaliczonych do czterech prognostycznych kompleksów wilgotnościowo-glebowych: mokrego (A), wilgotnego (B), posusznego (C) i okresowo suchego (CD). Na kompleksach A, B i C występowały gleby torfowo-murszowe o różnym stopniu zmurszenia. Na kompleksie A występowała gleba Mtl<sub>aa</sub>, miąższości warstwy murszowej 14 cm, zalegającej na słabo rozłożonym torfie mechowiskowym, na kompleksie B – gleba Mtl<sub>Ibb</sub>, miąższości warstwy murszowej 30 cm, zalegającej na średnio rozłożonym torfie szuwarowym, a na kompleksie C – gleba Mtl<sub>Ic1</sub> miąższości warstwy murszowej 40 cm, zalegającej na zamulonym torfie turzycowiskowym. Na kompleksie CD występowała gleba murszowata właściwa Me<sub>11</sub>, miąższości utworu murszowatego 23 cm. Średni poziom wody gruntowej na kompleksach A, B, C i CD utrzymywał się odpowiednio na głębokości 18, 58, 61 i 118 cm. Podstawowe właściwości fizyczno-chemiczne gleb przedstawiono w tabeli 1., natomiast charakterystyczne pojemności wodne – w tabeli 2.

Pomiary emisji CO<sub>2</sub> prowadzono od początku kwietnia do końca października, w odstępach dekadowych. Pomiar wykonywano bezpośrednio po ścięciu roślin. Rośliny były ścinane równo z powierzchnią gleby i usuwane z powierzchni pomiarowej.

Emisję CO<sub>2</sub> z powierzchni gleb oznaczano metodą komór zamkniętych statycznych. Metoda ta polega na rejestracji przyrostu stężenia CO<sub>2</sub> w jednostce czasu w powietrzu szczelnej komory, umieszczonej na powierzchni gleby. Do badań zastosowano komorę pleksiglasową o wymiarach 40x40x35 cm, wyposażoną w wentyl, zapewniający wyrównanie ciśnienia między atmosferą a komorą. Uszczelnienie między glebą i atmosferą zapewniała stalowa ramka z ostrzem, zagłębianym w glebę na głębokość 5 cm i płaszcz wodny na styku ramki i komory.

**Tabela 1.** Właściwości fizyczno-chemiczne gleb pobagiennych w warstwie 0–20 cm**Table 1.** Physical and chemical properties of post-bog soils in the 0–20 cm layer

Kompleks Complex	Masa organiczna % s.m. Organic matter % dry weight	Gęstość objętościowa Bulk density Mg·m <sup>-3</sup>	Azot ogólny Total nitrogen		pH <sub>KCl</sub>
			% s.m.	% dry weight	
			$\bar{x}$	<i>SD</i>	
A Mokry Wet	64,1	0,349	2,08	0,38	7,46
B Wilgotny Moist	80,0	0,297	2,85	0,23	7,46
C Posuszny Drying	76,5	0,310	2,72	0,26	5,60
CD Suchy Dry	10,2	1,120	1,64	0,48	5,57

Objaśnienia:  $\bar{x}$  – wartość średnia, *SD* – odchylenie standardowe.

Explanations:  $\bar{x}$  – mean values, *SD* – standard deviation.

**Tabela 2.** Pojemność wodna gleb w warstwie 0–20 cm**Table 2.** Water capacity in the 0–20 cm layer

Kompleks Complex	Charakterystyczne pojemności wodne odpowiadające wartości pF Characteristic water capacities corresponding to the pF of:			
	0,0	2,0	2,7	4,2
	A Mokry Wet	87,2	79,8	66,0
B Wilgotny Moisty	79,2	71,0	56,2	39,4
C Posuszny Drying	81,4	71,4	56,0	41,2
CD Suchy Dry	55,0	34,4	25,2	19,7

Pomiar stężenia CO<sub>2</sub> w komorze wykonywano przenośnym miernikiem dyfuzyjnym, wyposażonym w rejestrator działający na zasadzie pomiaru podczerwieni nierozproszonej (NDIR). Stężenie CO<sub>2</sub> w komorze rejestrowano co minutę, przez około 15 minut. Do oceny wielkości emisji CO<sub>2</sub> wykorzystywano pomiary z pierwszych kilku minut, w których przyrost stężenia CO<sub>2</sub> był liniowy.

Dodatkowo określano temperaturę powietrza w komorze, temperaturę i wilgotność gleby (TDR) oraz poziom wody gruntowej.

## WYNIKI BADAŃ

Aktywność respiracyjna gleb pobagiennych zależała od rodzaju kompleksu wilgotnościowo-glebowego. Największą emisję CO<sub>2</sub> stwierdzono na kompleksie wilgotnym (B), z którego średnio w okresie badań emitowane było 1264 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>. Na kompleksie mokrym (A), posuszonym (C) i okresowo suchym (CD) średnia emisja CO<sub>2</sub> wynosiła odpowiednio 763, 1093 i 760 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> (tab. 3).

**Tabela 3.** Średnia w okresie badań emisja CO<sub>2</sub> (mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>) z powierzchni gleb pobagiennych**Table 3.** Mean in the study period CO<sub>2</sub> emission (mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>) from the surface of post-bog soils

Rok Year	Kompleks Complex							
	A mokry wet		B wilgotny moisty		C posuszny drying		CD suchy dry	
	$\bar{x}$	<i>SD</i>	$\bar{x}$	<i>SD</i>	$\bar{x}$	<i>SD</i>	$\bar{x}$	<i>SD</i>
2005	781	434	1 174	467	1 010	346	596	424
2006	881	449	1 465	623	1 156	426	874	415
2007	627	383	1 154	629	1 115	484	808	282
Średnia Mean	763	430	1 264	582	1 093	418	760	393

Objaśnienia, jak pod tabelą 1.

Explanations as in Tab. 1.

Średnia emisja CO<sub>2</sub> z powierzchni gleby kompleksu mokrego (A) wynosiła w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego od 272 do 1250 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, z kompleksu wilgotnego (B) – od 628 do 1680 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, z kompleksu posuszniejszego (C) – od 721 do 1348 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, natomiast z kompleksu okresowo suchego (CD) – od 494 do 1272 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> (tab. 4). Maksymalne wartości emisji CO<sub>2</sub> na poszczególnych kompleksach stwierdzono w różnych okresach. Na kompleksie mokrym maksymalną emisję CO<sub>2</sub> stwierdzono w lipcu, na kompleksie wilgotnym – w czerwcu, natomiast na kompleksach posusznych i okresowo suchym – w maju. Minimalne wartości emisji CO<sub>2</sub> na wszystkich kompleksach wilgotnościowo-glebowych stwierdzono w październiku (tab. 4), co było związane z obniżeniem temperatury gleby (tab. 5) i ograniczeniem aktywności respiracyjnej mikroorganizmów glebowych i roślin.

**Tabela 4.** Średnia w okresie badań emisja CO<sub>2</sub> (mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>) w poszczególnych miesiącach, liczba pomiarów  $n = 9$ **Table 4.** Mean in the study period CO<sub>2</sub> (mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>) emission in particular months; number of measurements  $n = 9$ 

Miesiąc Month	Kompleks Complex							
	A mokry wet		B wilgotny moisty		C posuszny drying		CD suchy dry	
	$\bar{x}$	<i>SD</i>	$\bar{x}$	<i>SD</i>	$\bar{x}$	<i>SD</i>	$\bar{x}$	<i>SD</i>
IV	455	221	879	288	1 089	574	876	407
V	720	323	1 548	810	1 348	282	1 272	268
VI	1 085	236	1 680	468	1 172	134	647	315
VII	1 250	376	1 546	398	1 300	246	623	327
VIII	850	341	1 123	268	1 085	413	796	367
IX	641	315	1 346	606	982	483	692	332
X	272	196	628	383	646	279	467	288

Objaśnienia, jak pod tabelą 1.

Explanations as in Tab. 1.

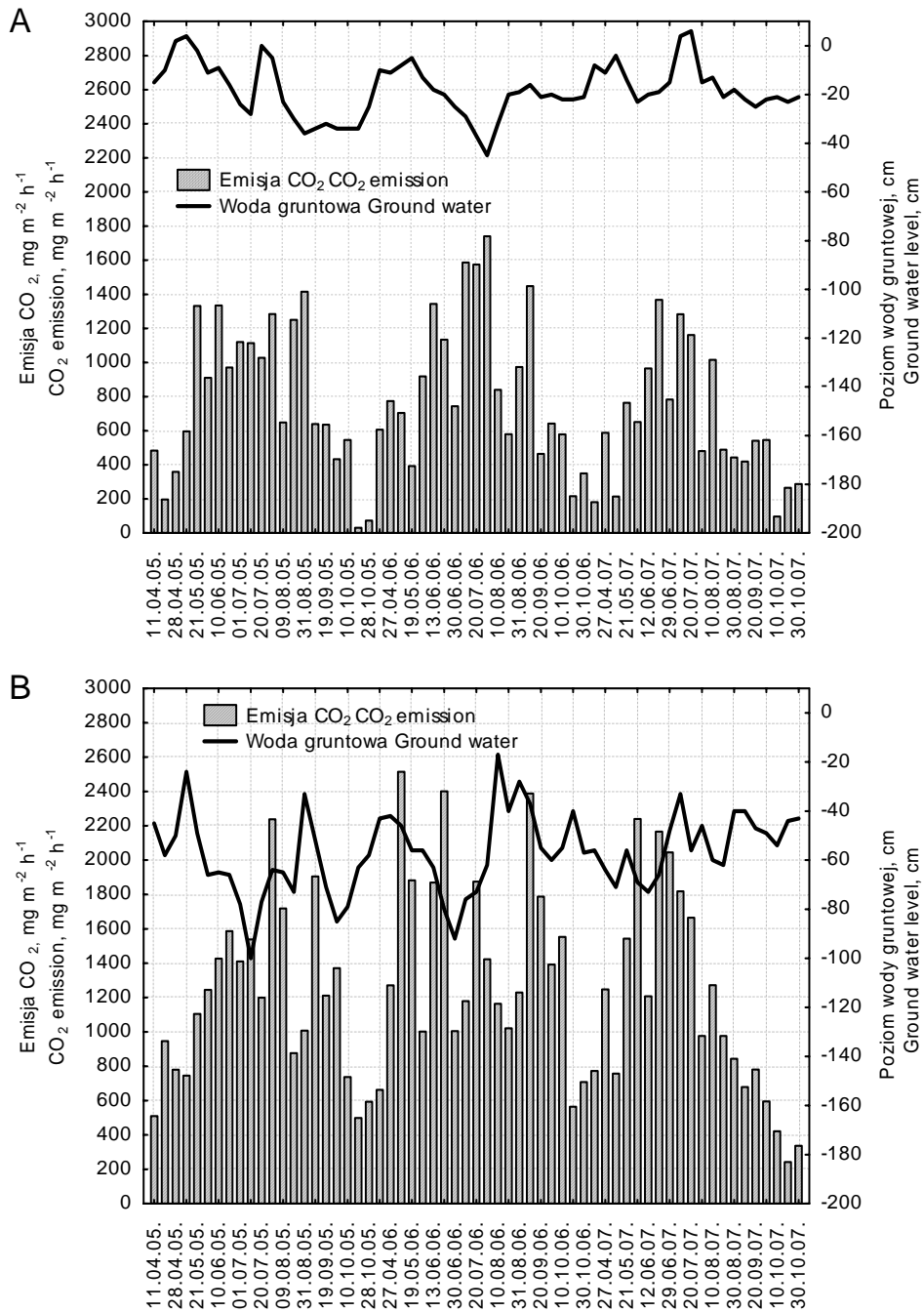
**Tabela 5.** Średnia w okresie badań temperatura gleby (°C) w poszczególnych miesiącach; liczba pomiarów  $n = 9$ **Table 5.** Mean in the study period soil temperature (°C) in particular months; number of measurements  $n = 9$ 

Miesiąc Month	Kompleks Complex			
	A mokry wet	B wilgotny moisty	C posuszny drying	CD suchy dry
IV	9,7	9,8	10,3	10,6
V	14,2	12,7	12,7	13,1
VI	18,7	17,9	16,9	17,8
VII	21,3	19,6	18,6	19,6
VIII	18,2	17,9	16,5	17,5
IX	15,1	14,8	14,3	15,0
X	9,7	9,8	9,8	9,5

Zróznicowanie terminów, w których stwierdzono maksymalne wartości emisji CO<sub>2</sub> było związane głównie z warunkami wodnymi na poszczególnych kompleksach wilgotnościowo-glebowych. Na kompleksie mokrym (A) uwilgotnienie gleby od kwietnia do czerwca było zbliżone do maksymalnej pojemności wodnej (tab. 6). Dla zapewnienia prawidłowego rozwoju traw, minimalna zawartość powietrza w warstwie korzeniowej powinna wynosić od 6 do 10% [OKRUSZKO, 1979]. W związku z tym, że na kompleksie mokrym zawartość powietrza w warstwie korzeniowej wynosiła w kwietniu i maju 0,4–0,7%, średnia aktywność respiracyjna gleby była w tych miesiącach około 2-krotnie mniejsza niż na pozostałych kompleksach wilgotnościowych (tab. 4). Można więc stwierdzić, że utrzymujące się na kompleksie mokrym nadmierne uwilgotnienie gleby w okresie wiosennym spowodowało ograniczenie jej aktywności respiracyjnej. Maksymalną emisję CO<sub>2</sub> na kompleksie mokrym stwierdzono w lipcu, kiedy średnia wilgotność gleby wynosiła 73,2% (tab. 6). Podobną prawidłowość stwierdzono na kompleksie wilgotnym (B). Pomimo

**Tabela 6.** Średnia w okresie badań wilgotność gleby (% obj.) w poszczególnych miesiącach; liczba pomiarów  $n = 9$ **Table 6.** Mean in the study period soil moisture (% vol.) in particular months; number of measurements  $n = 9$ 

Miesiąc Month	Kompleks Complex			
	A mokry wet	B wilgotny moisty	C posuszny drying	CD suchy dry
IV	86,8	64,4	55,8	20,8
V	86,5	70,3	64,3	18,8
VI	83,6	56,4	56,5	11,9
VII	73,2	38,7	38,5	11,7
VIII	83,6	49,7	48,5	15,8
IX	82,6	49,2	51,2	18,7
X	80,1	56,5	57,3	17,9



Rys. 1. Emisja CO<sub>2</sub> i poziom wody gruntowej na kompleksach mokrym (A), wilgotnym (B), posuszonym (C), okresowo suchym (CD)

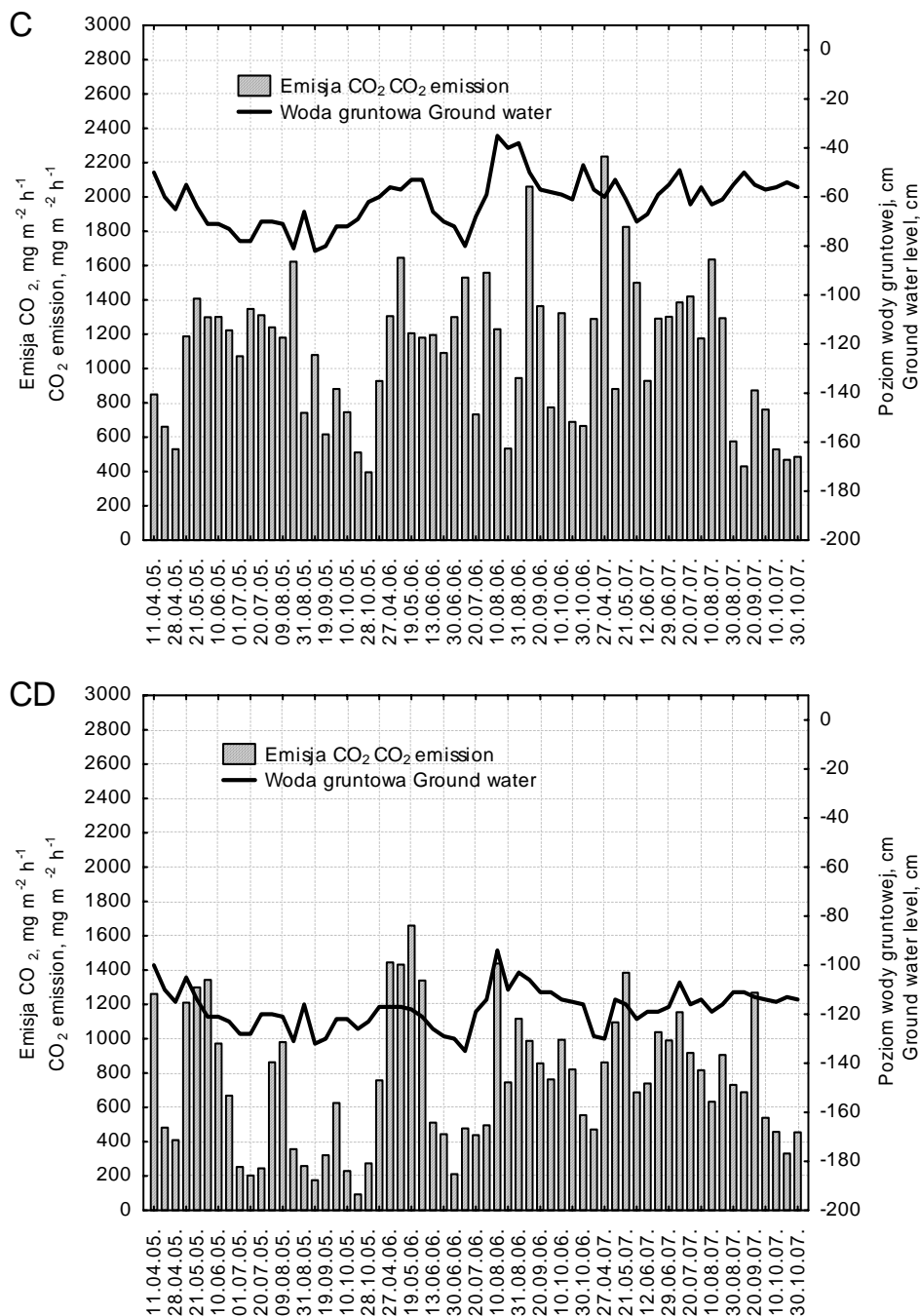


Fig. 1. CO<sub>2</sub> emission rate and ground water levels in wet (A), moist (B), drying (C) and periodically dry (CD) complexes

tego, że średnia w okresie badań wilgotność gleby w kwietniu i maju była na tym kompleksie mniejsza niż maksymalna pojemność wodna, utrzymujące się okresowo nadmierne uwilgotnienie powodowało ograniczenie jej aktywności respiracyjnej. Maksymalną emisję CO<sub>2</sub> na kompleksie wilgotnym stwierdzono w czerwcu, kiedy wilgotność gleby wynosiła średnio 56,4%. Natomiast na kompleksach posuszonym (C) i okresowo suchym (CD) maksymalna emisja CO<sub>2</sub> w maju była związana z utrzymywaniem się uwilgotnienia gleby optymalnego dla rozwoju roślin. W pozostałych miesiącach okresu wegetacyjnego emisja CO<sub>2</sub> na kompleksie posuszonym była nieznacznie, natomiast na kompleksie okresowo suchym ok. 2-krotnie mniejsza niż w maju.

W warunkach pełnego nasycenia gleby wodą i ujemnego potencjału redoks dochodzi do zahamowania procesu mineralizacji masy organicznej [GLIŃSKI, STĘPNIEWSKI, ŁABUDA, 1983; OKRUSZKO, PIAŚCIK, 1990]. Przeprowadzone na kompleksie mokrym w październiku 2004 r. pomiary potencjału redoks wykazały, że na głębokości 3 cm wynosił on +110 mV, natomiast na głębokości 10 cm – –30 mV. W kwietniu, mimo pełnego nasycenia gleby wodą, średnia emisja CO<sub>2</sub> wynosiła 455 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>. Wynika z tego, że emisja ta była związana głównie z aktywnością respiracyjną systemów korzeniowych roślin i mikroorganizmów glebowych w warstwie darniowej i w płytkiej warstwie murszowej.

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wielkość emisji CO<sub>2</sub> mógł być także stopień zmurszenia masy organicznej, zależny bezpośrednio od warunków wodnych siedlisk. Według FRĄCKOWIAKA [1980] proces mineralizacji w dawno odwodnionych murszach ulega wyraźnemu zmniejszeniu, co wiąże się z powstawaniem związków trudno rozkładalnych w warunkach siedlisk uboższych. Wpływ stopnia przeobrażenia masy organicznej w glebach pobagiennych na wielkość emisji CO<sub>2</sub> potwierdzają wyniki pomiarów uzyskane w poszczególnych terminach. Maksymalna emisja CO<sub>2</sub> z gleby torfowo-murszowej MtIIbb kompleksu B wynosiła 2514 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, z gleby MtIIIc1 kompleksu C – 2236 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>, natomiast z gleby murszowatej właściwej Me kompleksu CD w żadnym z terminów pomiarów, prowadzonych nawet w warunkach bardzo intensywnego rozwoju roślin, nie przekraczała 1700 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> (rys. 1). Może to wskazywać, że w średnio zmurszałej glebie torfowo-murszowej MtIIbb kompleksu wilgotnego zachodził intensywny rozkład organicznej masy glebowej. Natomiast w silnie zmurszałej glebie MtIIIc1, a także w glebie murszowatej Me tempo mineralizacji organicznej masy glebowej było mniejsze, ze względu na mniejszą zawartość łatwo rozkładalnych związków węgla.

Reasumując można stwierdzić, że emisja CO<sub>2</sub> z gleb torfowo-murszowych była największa ze średnio zmurszałej gleby MtIIbb kompleksu wilgotnego (B). W warunkach występowania nadmiernego uwilgotnienia (gleba MtIaa kompleksu mokrego A), a także intensywnego zmurszenia i przesuszenia (gleba MtIIIc1 kompleksu posusznego C i murszowata kompleksu okresowo suchego CD) stwierdzono ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>.



Na podstawie różnicy między emisją CO<sub>2</sub> określaną bezpośrednio po ścięciu roślin a emisją CO<sub>2</sub> z gleby utrzymywanej w czarnym ugorze określono udział CO<sub>2</sub> wytwarzanego przez systemy korzeniowe roślin. Średnia emisja CO<sub>2</sub> z kompleksów mokrego, wilgotnego, suchego i okresowo suchego z gleby utrzymywanej w czarnym ugorze wynosiła odpowiednio 461, 485, 481 i 475 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> [TURBIAK, 2009]. Udział systemów korzeniowych roślin w wytwarzaniu CO<sub>2</sub> wynosił na poszczególnych kompleksach odpowiednio 39,6, 61,6, 56,0 i 37,5%. Wynika z tego, że średnio 49% emitowanego z gleb pobagiennych CO<sub>2</sub> było wytwarzane przez systemy korzeniowe roślin.

## WNIOSKI

1. Aktywność respiracyjna gleb pobagiennych zależała od rodzaju kompleksu wilgotnościowo-glebowego. Na kompleksie mokrym (A), wilgotnym (B), posuszonym (C) i okresowo suchym (CD) średnia w okresie badań emisja CO<sub>2</sub> wynosiła odpowiednio 759; 1264; 1093 i 761 mg·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>.

2. Największą emisję CO<sub>2</sub> stwierdzono z gleby torfowo-murszowej MtlIbb kompleksu wilgotnego (B). W warunkach występowania nadmiernego uwilgotnienia (gleba torfowo-murszowa MtlIaa), a także okresowego przesuszenia (gleba MtlIIc1) stwierdzono ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>.

3. Emisja CO<sub>2</sub> z gleb pobagiennych zależała od stopnia ich zmurszenia. Znacznie większa emisja CO<sub>2</sub> z gleby torfowo-murszowej MtlIbb niż z gleby torfowo-murszowej MtlIIc1 i murszowatej właściwej Me11 wskazuje na większe tempo mineralizacji zakumulowanej w tej glebie masy organicznej.

4. Udział systemów korzeniowych w emisji CO<sub>2</sub>, określanej bezpośrednio po ścięciu roślin, wynosił na kompleksach mokrym, wilgotnym, posuszonym i okresowo suchym odpowiednio 39,6, 61,6, 56,0 i 37,5%. Średnio 49% emitowanego z gleb pobagiennych CO<sub>2</sub> było wytwarzane przez systemy korzeniowe roślin.

Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2004–2007 jako projekt badawczy 2P06S 04027.

## LITERATURA

- CHAPMAN S.J., THURLOW M., 1996. The influence of climate on CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emission from organic soils. *Agricult. Forest Meteor.* 79 s. 205–217.
- CZAPLAK I., DEMBEK W., 2000. Torfowiska Polski jako źródło emisji dwutlenku węgla. *Zesz. Edukac.* 6/2000, Falenty: Wydaw. IMUZ s. 61–71.
- FRĄCKOWIAK H., 1980. Dynamika i wielkość mineralizacji związków azotowych w dawno odwodnionych glebach torfowo-murszowych na tle warunków siedliskowych i nawożenia. *Rozpr. habil.* Falenty: IMUZ ss. 136.

- GLIŃSKI J., STĘPNIĘWSKI W., ŁABUDA S., 1983. Pobieranie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla w środowisku glebowym. *Probl. Agrofiz.* z. 39 s. 72.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Prz. Geogr. IG PAN* nr 33.
- KUZYAKOV Y., CHENG W., 2001. Photosynthesis controls of rhizosphere respiration and organic matter decomposition. *Soil Biol. Biochem.* 33 s. 1915–1925.
- OKRUSZKO H., PIAŚCIK H., 1990. Charakterystyka gleb hydrogenicznych. Olsztyn: Wydaw. ART ss. 291.
- OKRUSZKO H., 1979. Zasady prognozowania warunków wilgotnościowych w glebach hydrogenicznych według koncepcji kompleksów wilgotnościowo-glebowych. W: *Kompleksy wilgotnościowo-glebowe w siedliskach hydrogenicznych i ich interpretacja przy projektowaniu melioracji i zagospodarowania. Bibl. Wiad. IMUZ* 58 s. 4–20.
- TURBIAK J., 2009. Aktywność respiracyjna gleb pobagiennych w warunkach ich utrzymywania w czarnym ugorze. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie t. 9 z. 1 (25)* s. 161–170.

*Janusz TURBIAK, Zygmunt MIATKOWSKI*

**CO<sub>2</sub> EMISSION FROM POST-BOG SOILS  
IN RELATION TO HABITAT WATER CONDITIONS**

*Key words: CO<sub>2</sub> emission, habitat, post-bog soils, water conditions*

**S u m m a r y**

Three-years long studies on the rate of CO<sub>2</sub> emission from peat-muck soils with a different degree of organic matter transformation and from a proper mucky soil are presented in the paper. The highest CO<sub>2</sub> emission was found from the MtlIbb soil of moist complex (B). Under the conditions of excessive moisture (the MtlIaa peat-muck soil) as well as periodically drying (the MtlIIc1 soil) CO<sub>2</sub> emission was reduced. The rate of CO<sub>2</sub> emission from post-bog soils depended also on the degree of organic matter transformation. Considerably higher CO<sub>2</sub> emission from the MtlIbb peat-muck soil than from the MtlIIc1 peat-muck soil and the Me11 proper mucky one was connected with mineralization of easily decomposable organic mass accumulated in this soil.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Katarzyna Dąbrowska-Zielińska*

*prof. dr hab. Barbara Sapek*

Praca wpłynęła do Redakcji 13.11.2008 r.