

ROZPUSZCZALNY WĘGIEL ORGANICZNY W WODZIE Z SIEDLISK POBAGIENNYCH NA TLE TEMPERATURY GLEBY

Jacek JASZCZYŃSKI¹⁾, Andrzej SAPEK²⁾, Sławomir CHRZANOWSKI¹⁾

¹⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Doświadczalny Melioracji i Użytków Zielonych w Biebrzy

²⁾ Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Chemii Gleby i Wody

Słowa kluczowe: gleby torfowo-murszowe, opady atmosferyczne, roztwór glebowy, rozpuszczalny węgiel organiczny (RWO), temperatura gleby, woda gruntowa

Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ temperatury gleby oraz opadu atmosferycznego na uwalnianie i wymywanie organicznych związków węgla z gleb torfowo-murszowych do płytkich wód gruntowych. Badania prowadzono w latach 2001–2006 na Torfowisku Kuwasy w basenie środkowej Biebrzy.

Stanowiska badawcze zlokalizowano na użytkach zielonych położonych na glebach o średnim stopniu zaawansowania procesów murszowych (MtII). Przedmiotem badań było stężenie rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) w roztworze glebowym pobieranym z głębokości 30 cm oraz wodzie gruntowej z głębokości 60 i 90 cm. Próbkę wody z wymienionych warstw profilu glebowego pobierano za pomocą automatycznej stacji polowej, wykorzystującej ceramiczne kubki ssące. Na głębokościach tych mierzono także temperaturę gleby.

Próbki wody gruntowej pobierano również z 5 studzienek zainstalowanych w warstwie utworu organicznego, na głębokość ok. 100 cm. Jedną ze studzienek zlokalizowano na terenie automatycznej stacji, a cztery na innych kwaterach łąkowych torfowiska.

Próbki pobierane za pomocą aparatów ssących pozyskiwano w sposób ciągły przez trzy, cztery tygodnie. Próbkę wody gruntowej ze studzienek pobierano co trzy, cztery tygodnie.

Stężenie RWO w próbkach zależało od głębokości z jakiej je pobierano. Średnie stężenie RWO było największe w roztworze glebowym – $67 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W wodzie gruntowej z głębokości 60 i 90 cm wynosiło ok. $40 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W roztworze glebowym stężenie RWO zmieniło się w ciągu roku oraz było istotnie skorelowane z temperaturą gleby. Największe stężenie RWO występowało od czerwca do listopada, a najmniejsze – w lutym i marcu.

Sezonową zmienność stężenia RWO zauważono również w wodzie gruntowej pobieranej z dwóch studzienek na pięć badanych. Podobnie jak w przypadku roztworu glebowego największe stężenia RWO notowano w okresie letnim i jesiennym. W wodzie gruntowej z pozostałych studzienek nie zanotowano opisywanej zmienności w ciągu roku.

Nie obserwowano istotnych zmian stężenia RWO w roztworze glebowym i wodzie gruntowej w okresach większych opadów atmosferycznych. Analiza wariancji nie wykazała, aby lata mokre sprzyjały silniejszemu wymywaniu węgla organicznego w głąb profilu i do zasobów wody gruntowej.

WSTĘP

Przeobrażaniu substancji organicznej gleby torfowo-murszowej towarzyszy uwalnianie się rozpuszczalnych w wodzie związków próchnicznych, oznaczanych jako rozpuszczalny węgiel organiczny (RWO). Wydaje się, że oprócz zmian warunków wilgotnościowych inicjujących te przemiany, istotny wpływ na kształtowanie się stężenia węgla organicznego w wodach gruntowych może mieć temperatura gleby [KALBITZ, GEYER, 2002; SAPEK, SAPEK, 2004; NADANY, SAPEK, 2004]. Skutki wcześniejszych prac melioracyjnych i osuszania terenów mokradłowych mogą być obecnie potęgowane przez zmiany klimatyczne i wzrost średnich temperatur w ciągu roku. Nie bez znaczenia są także występujące w ostatnich latach w Polsce krótkie i stosunkowo ciepłe zimy. Wymienione czynniki mogą wpływać na właściwości chemiczne wody, determinowane m.in. obecnością związków organicznych [BANAŚ, GOS, 2004; GÓRNIAK, 1995]. Woda cyrkulująca w profilu glebowym sprzyja wymywaniu i przemieszczaniu się łatwo rozpuszczalnego węgla organicznego wraz z wodami gruntowymi i powierzchniowymi [PALUCH, MAŁECKI, WARDECKA, 2006; MISZTAŁ, 1977].

W niniejszej pracy badaniami objęto roztwór glebowy pobierany ze strefy aeracji oraz wodę gruntową ze strefy nasyconej. Oznaczano także stężenie RWO w wodzie gruntowej z pięciu studzienek kontrolnych, usytuowanych pod użytkami zielonymi.

Celem pracy było wykazanie zależności między temperaturą gleby torfowo-murszowej a uwalnianiem z niej organicznych związków węgla do roztworu glebowego i wody gruntowej oraz oddziaływania opadów atmosferycznych na przemieszczanie się tego składnika do wód gruntowych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono od maja 2001 r. do lipca 2006 r. na terenie użytków zielonych Torfowiska Kuwasy, należących do Zakładu Doświadczalnego IMUZ w Biebrzy. Punkty badawcze usytuowano na glebie torfowo-murszowej drugiego stopnia zmurszenia (MtII), o miąższości 110–160 cm, wytworzonej przeważnie z torfów olesowych i turzycowiskowych. Warstwa murszu sięga 19–25 cm w głąb profilu.

Na jednej z kwater łąkowych torfowiska, za pomocą automatycznej stacji polowej (UGT), pobierano próbki roztworu glebowego z głębokości 30 cm oraz wody gruntowej z głębokości 60 i 90 cm. Warstwę do 35–40 cm uważano za strefę stałej aeracji, ponieważ średnia głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej w okresie badań wynosiła w tym miejscu 57 cm.

Do pobierania próbek wykorzystano ceramiczne kubki porowate, zasysające roztwór glebowy i wodę gruntową dzięki utrzymywanemu podciśnieniu. Umieszczono po trzy kubki ceramiczne na każdej głębokości (3 powtórzenia). Czas pobierania każdej próbki wynosił od 3 do 4 tygodni. Łącznie w okresie badawczym pobrano 191 próbek roztworu glebowego, 190 próbek wody gruntowej z głębokości 60 cm i 163 próbki wody gruntowej z głębokości 90 cm.

W wymienionych warstwach gleby zainstalowano także termometry. Temperaturę gleby mierzono w systemie ciągłym i zestawiano jako średnie dobowe. W celu określenia zależności między temperaturą gleby i stężeniem RWO obliczono średnie wartości temperatury w 20-dniowych okresach przed kolejnymi pobraniami próbek.

Założono także 5 studzienek do poboru próbek wody gruntowej – jedną na wspomnianej stacji (UGTS), cztery na innych kwaterach łąkowych torfowiska (K2S, K4S, K5S, K7S). Studzienki, wykonane z perforowanych rur PCV, zbierały wodę gruntową tylko z warstwy utworu organicznego, do głębokości ok. 100 cm. Próbkę wody gruntowej ze studzienek były zbierane w tych samych terminach co na stacji. W okresie badawczym z każdej ze studzienek zebrano od 71 do 77 próbek wody gruntowej.

We wszystkich próbkach oznaczano stężenie rozpuszczalnego węgla organicznego (RWO) metodą kolorymetryczną, za pomocą autoanalyzera przepływowego Skalar [Skalar, 2002].

Informacje dotyczące rozkładu i nasilenia opadów atmosferycznych w okresie podjętych badań pochodzą ze stacji meteorologicznej położonej na terenie miejscowości Biebrza. Lata 2002, 2003 i 2005, w których suma opadów wyniosła odpowiednio 491, 494 i 488 mm zaliczono, na tle wartości z wielolecia, do lat średnio mokrych [GRUSZKA, 1996]. Lata 2001 (611 mm), 2004 (635 mm) i 2006 (560 mm) to okresy mokre.

W okresie zimowym opady atmosferyczne w znacznie mniejszym stopniu wpływają na pionowy ruch wody w profilu ze względu na opady śniegu i zamarzanie powierzchniowej warstwy gleby. Z tego powodu omówienie stężenia RWO w wodzie gruntowej ograniczono do okresu od kwietnia do listopada.

WYNIKI

Średni poziom wody gruntowej z całego okresu badań, mierzony w miejscu usytuowania stacji badawczej, wynosił 57 cm. Temperatura gleby, zależnie od pory roku, wynosiła: na głębokości 30 cm – 1,8–17,4°C, na głębokości 60 cm – 3,0–15,7°C, a na głębokości 90 cm – 5,1–13,3°C. Średnie stężenie RWO w roztworze glebowym z głębokości 30 cm, rzędu 100–130 mg·dm⁻³, było większe niż w próbkach wody gruntowej z głębokości 60 i 90 cm (tab. 1). Stężenie RWO w próbkach roztworu glebowego było również bardziej zmienne niż w wodzie gruntowej pobieranej z głębszych warstw profilu.

Zaobserwowano, iż na głębokości 30 cm temperatura gleby wywierała istotny wpływ na stężenie RWO w roztworze glebowym (tab. 2). W miarę wzrostu temperatury zwiększało się stężenie tego składnika w próbkach ze wszystkich trzech powtórzeń. Zależność tę, słabiej istotną, stwierdzono także w próbkach wody gruntowej z głębokości 60 cm z dwóch powtórzeń. W próbkach wody z głębokości 90 cm zależność ta była nieistotna (tab. 2).

Tabela 1. Średnie stężenie RWO ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w próbkach wody pobranych na stacji UGT w latach 2001–2006**Table 1.** Mean DOC concentration ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) in water samples from UGT station in the years 2001–2006

Powtórzenie Repetition	Stężenie RWO w próbkach wody pobieranych z głębokości DOC concentration in water samples from depth								
	30 cm			60 cm			90 cm		
	<i>x</i>	<i>n</i>	<i>SD</i>	<i>x</i>	<i>n</i>	<i>SD</i>	<i>x</i>	<i>n</i>	<i>SD</i>
I	67	64	15,1	40	65	10,4	40	54	9,3
II	65	62	20,9	40	65	7,9	40	63	10,4
III	70	65	19,1	44	60	8,7	38	46	6,2

Objaśnienia: *x* – średnia, *n* – liczba próbek, *SD* – odchylenie standardowe.

Explanations: *x* – mean, *n* – number of samples, *SD* – standard deviation.

Tabela 2. Współczynniki korelacji zależności między stężeniem RWO i temperaturą gleby**Table 2.** Correlation coefficients of the relationship between DOC concentration and soil temperature

Powtórzenie Repetition	30 cm		60 cm		90 cm	
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>r</i>
I	64	0,57**	65	0,22*	54	0,11
II	62	0,43**	65	0,36**	63	0,05
III	65	0,43**	60	0,19	46	0,11

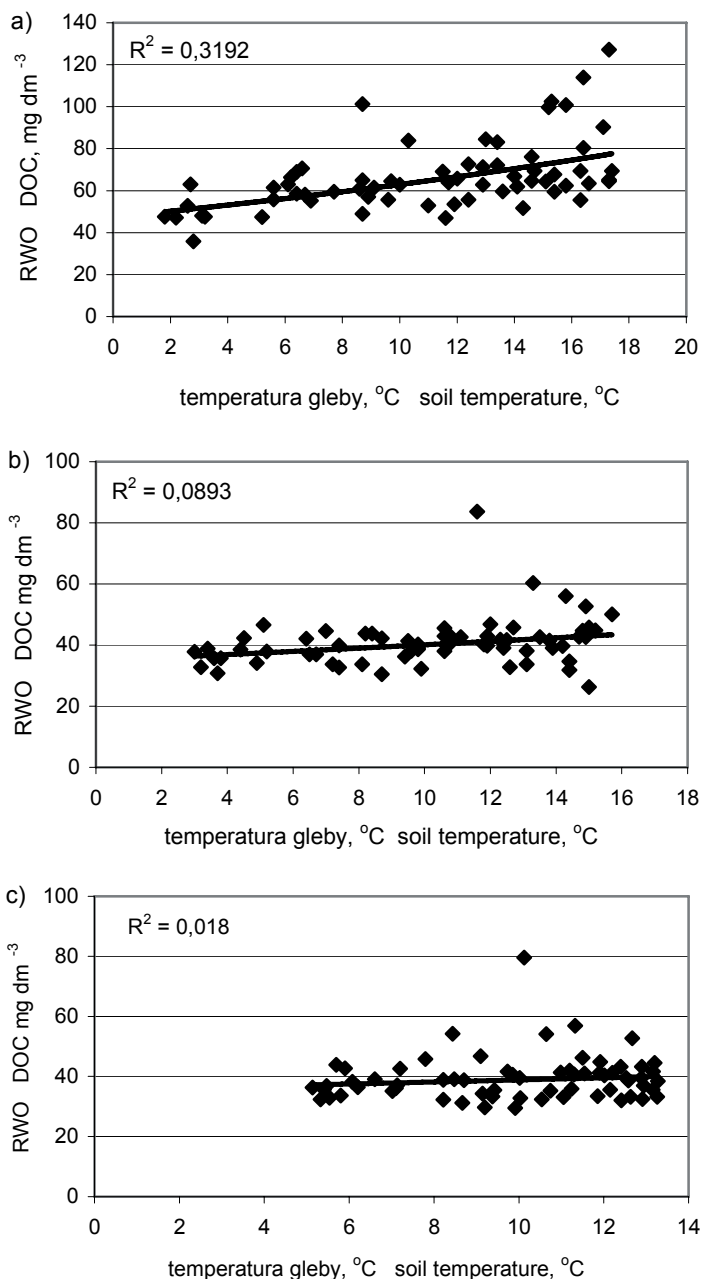
Objaśnienia: *n* – liczba próbek, *r* – współczynnik korelacji, * – statystycznie istotne, gdy $\alpha = 0,1$, ** – statystycznie istotne, gdy $\alpha = 0,01$.

Explanations: *n* – number of samples, *r* – correlation coefficient, * – significant at $\alpha = 0,1$, ** – significant at $\alpha = 0,01$.

W celu przedstawienia opisanej zależności średnie z trzech powtórzeń stężenie RWO w próbkach pobranych z każdej głębokości odniesiono do temperatury gleby notowanej na tych głębokościach. Wyznaczono równania regresji, które wykazały istotny związek stężenia RWO w roztworze glebowym z temperaturą gleby na głębokości 30 cm (rys. 1a). Współczynnik korelacji takiej zależności dla wody gruntowej z warstwy 60 i 90 cm wyniósł odpowiednio 0,29 (istotny, gdy $\alpha = 0,05$) i 0,12 (nieistotny) – (rys. 1b i c).

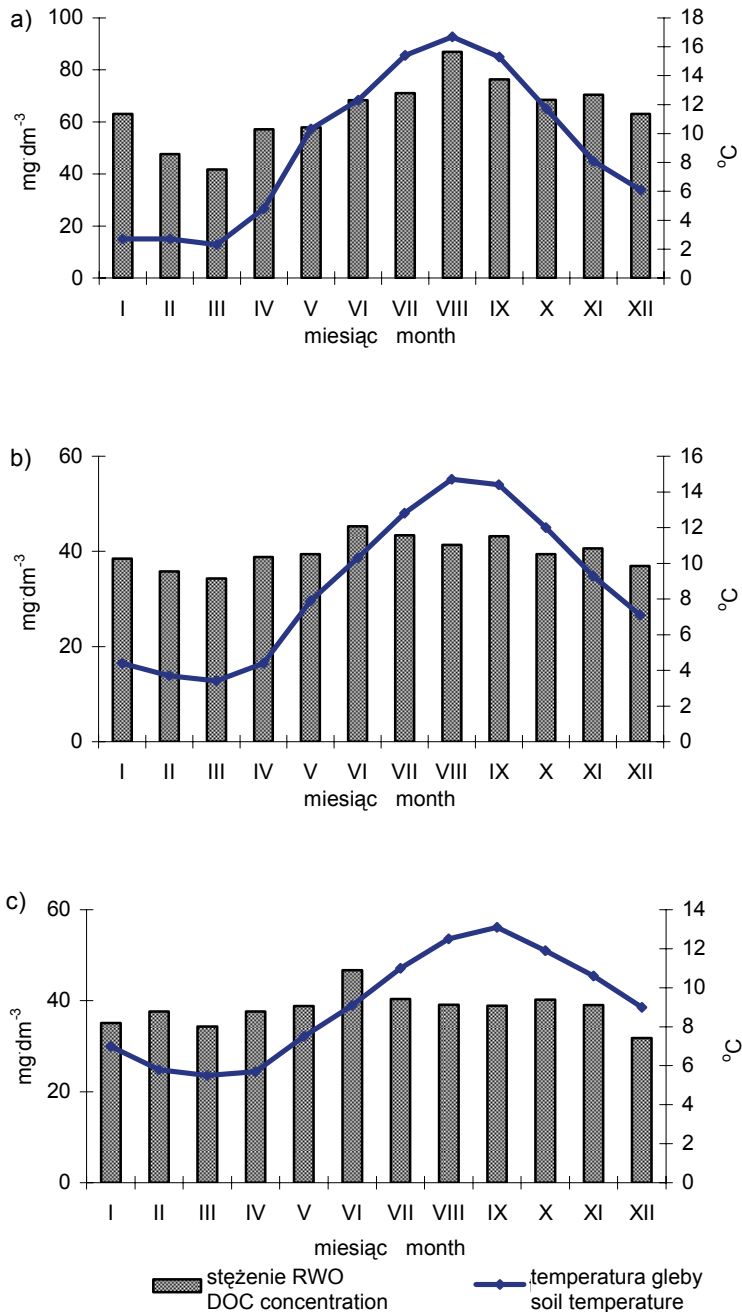
W roztworze glebowym pobieranym z głębokości 30 cm obserwowano zmiany stężenia RWO w ciągu roku. Największe stężenie RWO występowało w sierpniu, kiedy notowano najwyższą temperaturę gleby. Obliczony dodatkowo współczynnik korelacji między stężeniem RWO w roztworze na tej głębokości i temperaturą w okresie, w którym obserwowano największe temperatury gleby (maj–październik) wyniósł: $r = 0,48$ ($n = 44$, $\alpha = 0,001$). Najmniejsze stężenia obserwowano w lutym i marcu, gdy temperatura gleby oscylowała wokół $2,5^{\circ}\text{C}$. Zauważono, iż po tym okresie stężenie RWO zwiększało się zaraz po pierwszym wiosennym (kwiecień) wzroście temperatury gleby (rys. 2a).

W wodzie gruntowej z głębokości 60 i 90 cm nie obserwowano istotnej zmienności stężenia RWO w ciągu roku, co mogło być po części spowodowane mniejszymi zmianami temperatury gleby na tych głębokościach (rys. 2b i c).



Rys. 1. Zależności między temperaturą gleby a średnim stężeniem RWO z trzech powtórzeń w próbkach roztworu glebowego z głębokości 30 cm (a) oraz wody gruntowej z głębokości 60 (b) i 90 cm (c) na stacji UGT

Fig. 1. Relationships between soil temperature and DOC concentration in soil water samples from 30 cm depth (a) and in ground water samples from 60 cm (b) and 90 cm (c) at the UGT station



Rys. 2. Średnie stężenie RWO w roztworze glebowym z głębokości 30 cm (a) i w wodzie gruntowej z głębokości 60 (b) i 90 cm (c) w poszczególnych miesiącach na tle temperatury gleby

Fig. 2. Mean DOC concentration in soil water from 30 cm depth (a) and in ground water from 60 cm (b) and 90 cm (c) in particular month in comparison with soil temperature

Średnie stężenie RWO w wodzie gruntowej ze studzienki usytuowanej przy stacji (UGTS) wyniosło $40 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, a jego zmienność była mała (tab. 3). Znacznie większe średnie stężenie RWO obserwowano w wodzie gruntowej z czterech innych studzienek objętych badaniami. Wynosiło ono $58\text{--}73 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i było zbliżone do notowanego w próbkach roztworu glebowego z głębokości 30 cm.

Tabela 3. Stężenie RWO w wodzie gruntowej ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w latach 2001–2006 ze studzienek zlokalizowanych na użytkach zielonych

Table 3. DOC concentration in ground water ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) in the years 2001–2006 from control wells localised on grasslands

Studzienka Well	x	n	SD
UGTS	41	76	11,6
K2S	67	71	29,6
K4S	68	74	28,2
K5S	73	75	38,4
K7S	58	77	25,5

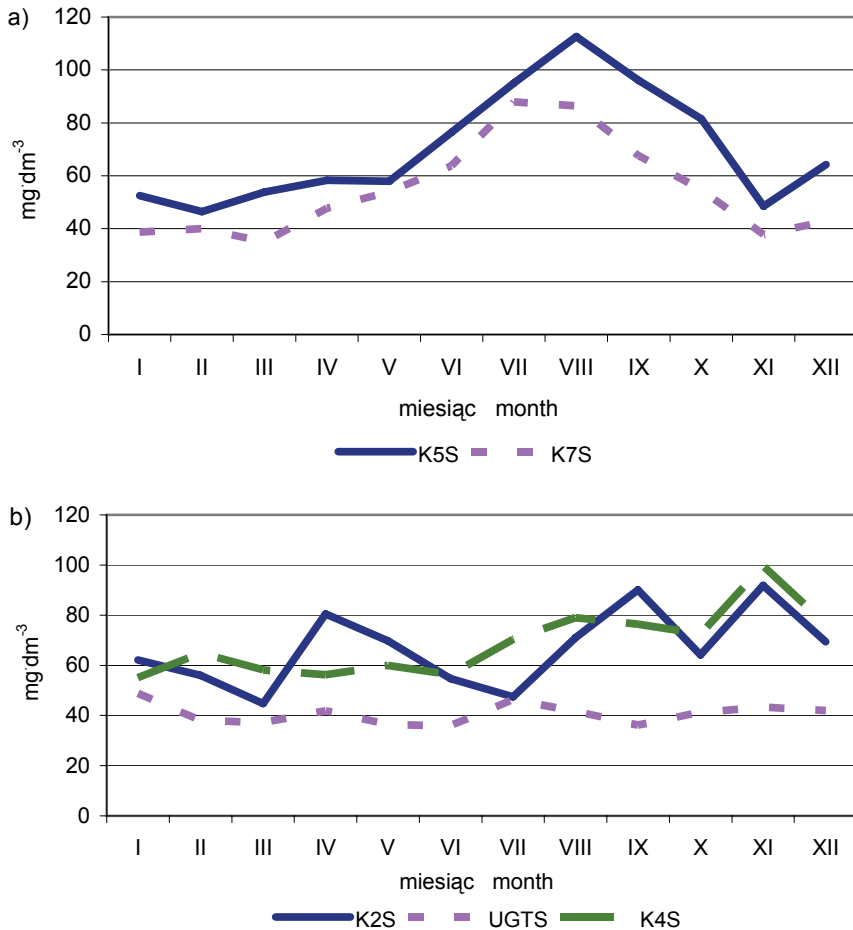
Objaśnienia, jak pod tabelą 1.

Explanations as in Tab. 1.

W wodzie gruntowej ze studzienek K5S i K7S obserwowano dodatnią korelację ($\alpha = 0.01$; $r = 0,74$ $n = 55$; $r = 0,55$ $n = 53$) stężenia RWO z temperaturą gleby, jaką notowano na głębokości 30 cm na terenie stacji. Największe stężenie RWO występowało w okresie od czerwca do września (rys. 3a).

W wodzie gruntowej ze studzienki na stacji (UGTS) oraz z dwóch kolejnych na użytkach zielonych (K2S i K4S) nie obserwowano takiej zależności. Trudno jest też wskazać tu okresy największych stężeń RWO (rys. 3b).

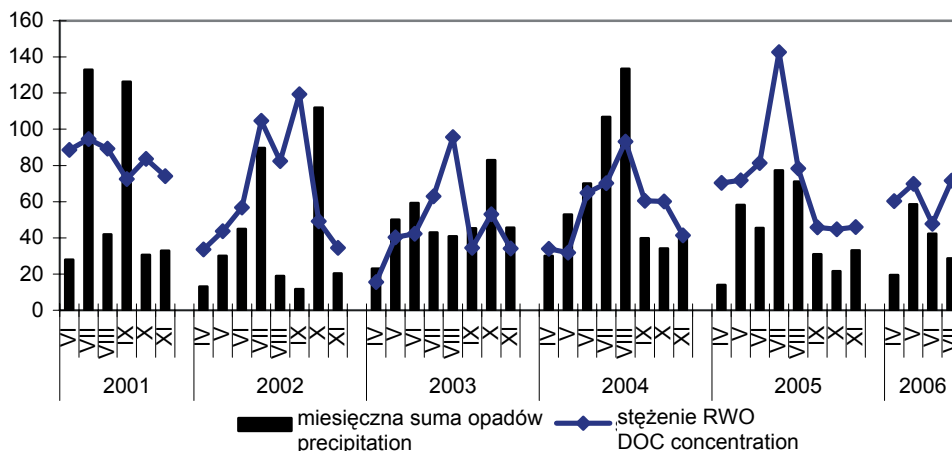
Porównując średnie stężenia RWO w roztworze glebowym z głębokości 30 cm ze stężeniem tego składnika w wodzie gruntowej ze studzienki umieszczonej na stacji (UGTS) stwierdzono, iż było ono większe w pierwszym przypadku. Natomiast stężenie RWO w wodzie gruntowej pobieranej z głębokości 60 i 90 cm było zbliżone do tego w wodzie ze studzienki. Na tej podstawie możemy wnioskować, że wzbogacenie wody w RWO w tym miejscu było powodowane w głównej mierze uwalnianiem węgla organicznego z glebowej masy organicznej w badanym punkcie. Ewentualny udział związków węgla przynoszonych przez wodę powierzchniową, przemieszczającą się w systemie melioracyjnym (okresowo wykorzystywaną do nawadniania badanych powierzchni) ma w tym przypadku mniejsze znaczenie. Ponadto udowodniono istnienie statystycznie istotnej zależności między średnim (z trzech powtórzeń) stężeniem RWO w roztworze glebowym z głębokości 30 cm a poziomem wody gruntowej ze studzienki zlokalizowanej na terenie stacji (UGTS). Gdy poziom wody w studziencie był niższy obserwowano większe stężenie RWO w roztworze glebowym ($r = 0,35$, $n = 85$). Gdy poziom wody gruntowej jest niski (sięgający 60–70 cm) roztwór glebowy nie ulega rozcieńczeniu, co skutkowało większym stężeniem badanego składnika w pobieranych próbkach.



Rys. 3. Średnie miesięczne stężenie RWO w wodzie gruntowej ze studzienek, dla których stwierdzono: istotną zależność stężenia z temperaturą gleby na głębokości 30 cm (a), brak takiej zależności (b)

Fig. 3. Mean monthly DOC concentration in groundwater control wells where significant correlation was observed between concentration and soil temperature at 30 cm layer (a), without this relationship (b)

Spodziewano się także, że opad atmosferyczny, kształtujący w dużej mierze ruch pionowy wody w profilu, będzie w widoczny sposób wpływał na przemieszczanie się RWO do wody gruntowej pod glebami torfowo-murszowymi. Analiza wariancji nie wykazała, aby lata mokre sprzyjały silniejszemu wymywaniu RWO do wody gruntowej pobieranej ze studzienek. Istotną korelację między wielkością opadów i stężeniem RWO w wodzie gruntowej obserwowano tylko w przypadku studzienki K7S ($r = 0,29$, $n = 47$). W miesiącach o większej sumie opadów notowano nieco większe stężenie węgla organicznego w wodzie tego punktu (rys. 4).



Rys. 4. Stężenie RWO w wodzie gruntowej ze studzienki K7S na tle opadów od kwietnia do listopada

Fig. 4. DOC concentrations in ground water from K7S well in comparison with precipitation in April – November period

WNIOSKI

1. Stężenie rozpuszczalnego węgla organicznego w roztworze glebowym pobieranym z głębokości 30 cm było istotnie, dodatnio skorelowane z temperaturą gleby na tej głębokości.
2. Wpływ temperatury gleby na stężenie RWO w wodzie gruntowej pobieranej za pomocą kubków ceramicznych malał wraz z głębokością.
3. Stężenie RWO w roztworze glebowym z głębokości 30 cm osiągało wartości maksymalne w sierpniu, a minimalne – w lutym i marcu.
4. Opady deszczu nie wpływały bezpośrednio na stężenie RWO w wodzie gruntowej gleby torfowo-murszowej.

LITERATURA

- BANAŚ K., GOS K., 2004. Effect of peat-bog reclamation on the physico-chemical characteristics of the ground water in peat. *Pol. J. Ecol.* 52 s. 69–74.
- GRUSZKA J., 1996. Znaczenie i warunki stosowania nawodnień deszczownianych w rolnictwie w rejonie Kujaw. *Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ* ss. 100
- GÓRNIAK A., 1995. Spektrofotometryczna metoda oznaczania stężeń i jakości rozpuszczonego węgla organicznego w wodach. *Gosp. Wod.* 2 s. 31–33.
- KALBITZ K., GEYER S., 2002. Different effects of peat degradation on dissolved organic carbon and nitrogen. *Organic Geochem.* 33 s. 319–326.
- MISZTAŁ M., 1977. Infiltracja wody przez gleby i przenikanie substancji do wód podziemnych i powierzchniowych. *Rozpr. Nauk. AR Lubl.* nr 46 ss. 45.

- NADANY P., SAPEK A., 2004. Zróżnicowanie stężenia węgla organicznego w wodzie gruntowej w różnie użytkowanych glebach torfowych. *Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 2b (12)* s. 281–289.
- PALUCH J., MAŁECKI Z., WARDECKA L., 2006. Badania roztworu glebowego. *Zesz. Nauk. AR Wroc. Monogr.* 541 ss. 149.
- SAPEK A., SAPEK B., 2004. Procesy związane z uwalnianiem azotu i fosforu ze zdegradowanych gleb torfowych i ich wpływ na jakość wody gruntowej i cieków na obiektach torfowych. *Maszyn. Fałenty: IMUZ* ss. 36.
- Skalar Flow Access, 2002. User manual. Skalar Analytical BV.

Jacek JASZCZYŃSKI, Andrzej SAPEK, Sławomir CHRZANOWSKI

DISSOLVED ORGANIC CARBON IN WATER FROM POST-BOG HABITATS IN COMPARISON WITH SOIL TEMPERATURE

Key words: dissolved organic carbon, peat-moorsh soils, ground water, soil water, soil temperature, rainfall

S u m m a r y

The effect of soil temperature and rainfall on releasing and leaching of organic carbon from peat-moorsh soils to shallow ground waters is presented in this paper. The study was carried out in 2001–2006 on Kuwasy peatland in the middle Biebrza River basin.

Study sites were located in grasslands dominated by peat-moorsh soils in the second degree of degradation. Concentrations of dissolved organic carbon (DOC) were analysed in soil solution (taken from the depth of 30 cm) and in groundwater (which was collected from the depths of 60 cm and 90 cm). Water samples from these layers were taken by automatic field station. Soil temperature was measured at 30, 60 and 90 cm.

Groundwater samples were also collected from five wells installed in organic matter layer to the depth of 100 cm. One of them was located within automatic station, four other – in the neighbouring grassland areas. All water samples were taken at three to four week intervals.

DOC concentration in water samples depended on sampling depth. Mean DOC concentration was highest in soil solution – $67 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. In groundwater from 60 and 90 cm it was about $40 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. In soil solution DOC concentration varied seasonally and was significantly correlated with soil temperature at 30 cm. The highest DOC concentrations were found from June to November, and the lowest – in February and March.

Seasonal variability of DOC concentration was observed in groundwater from two control wells. In these cases the highest DOC concentration was also noted in summer and autumn. In groundwater from other wells seasonal DOC variability wasn't noted.

Intensive precipitation didn't exert any effect on DOC concentration in soil and ground water.

Recenzenci:

prof. dr hab. Jan Gliński

doc. dr hab. Zygmunt Miatkowski

Praca wpłynęła do Redakcji 13.11.2007 r.