

OBECNOŚĆ SUBSTANCJI HUMUSOPODOBNYCH W ROŚLINNOŚCI TORFOTWÓRCZEJ

Romualda BEJGER¹⁾, Dorota GOŁĘBIEWSKA¹⁾, Paweł NICIA²⁾

¹⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Fizyki i Agrofizyki

²⁾ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb

Słowa kluczowe: długożyciowa fotoindukowana luminescencja, torf niski, torf wysoki

Streszczenie

W badaniach wykorzystano metodę długożyciowej fotoindukowanej luminescencji (DFL) w celu wykazania podobieństwa między alkalicznymi roztworami substancji humusowych (SH) wyekstrahowanych z próbek torfu niskiego (turzycowego) i wysokiego (sfagnowego) a wyciągami „substancji humusopodobnych”, uzyskanych z próbek gatunków roślin z rodzajów *Carex* i *Sphagnum*. Wyciągi zarówno z torfu, jak i roślin torfotwórczych wykazują zjawisko długożyciowej fotoindukowanej luminescencji w zakresie widzialnym.

WSTĘP

Właściwości substancji humusowych są determinowane rodzajem materiału organicznego, ulegającego w określonym środowisku procesom humifikacji, oraz różnymi czynnikami siedliskowymi i antropogenicznymi, wpływającymi na kierunek ich transformacji [GONET, DĘBSKA 1993]. Różnorodność materiału „wyjściowego” oraz szereg reakcji rodnikowych, przebiegających w pierwszej fazie procesu humifikacji, są przyczyną dużych trudności w zdefiniowaniu powtarzalnych struktur, występujących w substancjach humusowych. Dlatego też badania nad ich strukturą i właściwościami wymagają stosowania nowatorskich metod do analizy związków organicznych w celu uzyskania jak najdokładniejszych informacji [GONET, DĘBSKA 1993]. Badania metodami optycznymi, szczególnie wykorzystują-

cymi właściwości luminescencyjne SH, wnoszą wiele istotnych informacji na temat budowy i charakteru połączeń substancji organicznej, ich reaktywności oraz przemian, zachodzących podczas procesu tworzenia się tych substancji [LIPSKI i in. 1999; MIELNIK 2007; 2009; MIKLEWSKA i in. 1994; PROKOWSKI 2001].

Celem prezentowanej pracy było wykazanie podobieństwa między roztworami substancji humusowych z próbek torfu niskiego (turzycowego) i wysokiego (sfagnoowego) oraz wyciągami „substancji humusopodobnych” z próbek gatunków roślin rodzajów *Carex* i *Sphagnum*.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badaniom poddano próbki torfu niskiego (turzycowego) i wysokiego (sfagnoowego), pobrane z warstw podpowierzchniowych (do 50 cm) z torfowisk Błoto Kraków i Olszanka, położonych na terenie kompleksu torfowiskowego w Dolinie Dolnej Odry (od 53°37'50" do 53°36'20" N i od 14°37'35" do 14°41'05" E).

Z obu tych torfowisk pobrano również materiał roślinny. Na obszarze badawczym torfowiska niskiego Błoto Kraków materiał roślinny pobrano z kilku miejsc. Z tego materiału zostały wybrane tylko gatunki roślin z rodzaju *Carex* (turzyce), które następnie wysuszono na powietrzu i zmielono. Całość wymieszano w celu uzyskania próbki zbiorczej i przesiano przez sito o średnicy oczek 0,25 mm. Z obszaru badawczego na torfowisku wysokim Olszanka nie pobrano materiału roślinnego, dlatego w niniejszej pracy wykorzystano gatunki roślin z rodzaju *Sphagnum*, pochodzące ze zbiorów dr Beaty Trzpil-Zwierzyk i prof. Zygmunta Głowackiego z Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Przedstawione wyniki badań odnoszą się do próbki zbiorczej, uzyskanej w identyczny sposób, jak z roślin pochodzących z torfowiska niskiego. Do badań wykorzystano części nadziemne próbek gatunków roślin z rodzajów *Carex* i *Sphagnum*.

W próbkach torfu, przed ekstrakcją, oznaczono podstawowe parametry fizykochemiczne, tj. stopień rozkładu *SRT*, pH w H₂O i w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³, przewodnictwo właściwe χ , popielność. Ponadto w próbkach torfu oraz roślin torfotwórczych oznaczono zawartość węgla organicznego (C_{org.}) kolorymetryczną metodą Orłowa i Grindel [ORLOV i in. 1969].

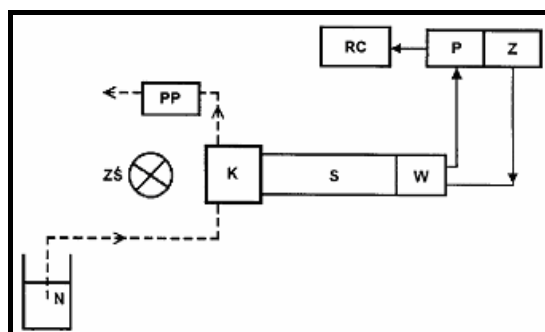
Próbki torfu o naturalnej wilgotności oraz próbki materiału roślinnego poddano alkalicznej ekstrakcji roztworami 0,1 mol·dm⁻³ NaOH i 0,5 mol·dm⁻³ NaOH. Wyboru stężenia ekstrahenta dokonano zgodnie z procedurą Schnitzera [SCHNITZER, KHAN 1978] oraz opracowaną przez SAPKA i SAPEK [1997]. Zawartość węgla w wyciągach z próbek torfu i roślin torfotwórczych (C_{SH}) oznaczono również kolorymetryczną metodą Orłowa i Grindel [ORLOV i in. 1969].

Zjawisko długożyciowej fotoindukowanej luminescencji (DFL) zostało zaobserwowane w odniesieniu do roztworów kwasów huminowych [PUZYNA 1979] oraz zawiesiny materii organicznej osadu czynnego, pobranego z biologicznej

oczyszczalni ścieków [PROKOWSKI 2001]. Fosforescencyjny charakter obserwowanego świecenia został wykluczony przez PUZYŃĄ [1979]. Autor zaobserwował, że natężenie świecenia, rejestrowane w warunkach stacjonarnego przepływu w nalenionych roztworach kwasów huminowych jest ok. 3 razy większe niż w ich przedmuchiwanym azotem odpowiednikach. Ponadto czas życia obserwowanego świecenia mógł sięgać nawet kilku godzin. Z literatury wiadomo, że tlen jest efektywnym wygaszaczem fosforescencji roztworów. Zjawisko to może być rejestrowane w roztworach jedynie po wyparciu tlenu, przy czym czas jego życia sięga najwyżej kilku milisekund [PARKER 1968]. Efekt tlenowy i długie czasy życia luminescencji obserwowanej po naświetlaniu roztworów kwasów huminowych stanowiły zatem wystarczające dowody na to, że rejestrowane świecenie nie jest fosforescencją.

Zjawisko długożyciowej fotoindukowanej luminescencji polega na szybko zanikającym świeceniu materiału po zaprzestaniu jego naświetlania. DFL bada się zazwyczaj przez rejestrację kinetyki zaniku tego świecenia lub rejestrację jego natężenia w określonym przedziale (przedziałach) czasu po naświetleniu materiału. Natężenie DFL danego materiału, rejestrowane w ustalonych warunkach pomiarowych, zależy zarówno od ilości występujących w nim luminoforów i ich jakości, jak i od długości fali światła wzbudzającego [MIELNIK 2007; 2009].

Pomiary długożyciowej fotoindukowanej luminescencji przeprowadzono za pomocą zestawu do wzbudzania i ciągłej rejestracji natężenia fotoindukowanej luminescencji, skonstruowanego przez dr hab. Zdzisława Prokowskiego z Katedry Gospodarki Wodnej, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Schemat blokowy tego zestawu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia do rejestracji długożyciowej fotoindukowanej luminescencji: *N* – pojemnik z wyciągiem kwasów humusowych, *ZS* – źródło światła, *K* – kuweta przepływowa, *PP* – pompa perystaltyczna, *S* – sonda, *W* – wzmacniacz, *Z* – zasilacze, *P* – przelicznik, *RC* – rejestrator cyfrowy; źródło: PROKOWSKI [2001], rysunek zmodyfikowany

Fig. 1. Block diagram of the system for measurements of the long-term photoinduced luminescence intensity: *N* – container with alkaline extracts of peat or peat-forming plants, *ZS* – light source, *K* – through-flow cell, *PP* – peristaltic pump, *S* – probe, *W* – amplifier, *Z* – voltage power supplies, *P* – scaler, *RC* – digital recorder; source: PROKOWSKI [2001], figure modified

Pomiary natężenia DFL wykonano w odniesieniu do roztworów substancji humusowych (KHS), uzyskanych w wyniku ekstrakcji roztworem NaOH o stężeniu: 0,1 mol·dm⁻³ (1) i 0,5 mol·dm⁻³ (5) z próbek torfu niskiego (N)-(1NKHS, 5NKHS) i wysokiego (W)-(1WKHS, 5WKHS) w warunkach stężenia węgla w roztworze 10 i 100 mg C·(200 cm³)⁻¹. Analizie poddano również wyciągi z próbek gatunków roślin rodzaju *Carex* (CAR)-(1CAR, 5CAR) i *Sphagnum* (SPH)-(1SPH, 5SPH) o jednakowym stężeniu węgla, wynoszącym 10 mg C·(200 cm³)⁻¹. Długożyciową fotoindukowaną luminescencję badanych roztworów wzbudzano światłem białym żarowym w warunkach różnej gęstości strumienia fotonów $\rho_{(hv)}$ (1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 i 5000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) przez 0,6 s. Natężenie DFL rejestrowano w przedziale czasu od 0,1 do 0,6 s po wzbudzeniu w zakresie długości fal od 400 do 600 nm. Wszystkie pomiary wykonano w stałej temperaturze 21°C.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Próbki torfu niskiego charakteryzowały się większym stopniem rozkładu, pH, przewodnictwem właściwym oraz popielnością w porównaniu z próbkami torfu wysokiego (tab. 1). Uzyskane rezultaty potwierdzają powszechnie znane już dane literaturowe [HERBICHOWA 1998; MYŚLIŃSKA 2001; SZAJDAK 2002].

Najczęściej stosowanym sposobem opisu i porównań substancji humusowych, pochodzących z różnych środowisk, jest przedstawienie ich składu pierwiastkowego, wyrażonego w tzw. procentach wagowych lub atomowych. Obliczenie i porównanie stosunków atomowych H:C i C:N dostarcza informacji na temat wzajemnych proporcji między układami aromatycznymi, alifatycznymi i heterocyklicznymi w molekułe SH [GIEGUŻYŃSKA 2002]. Na podstawie wartości H:C można w przybliżeniu ocenić stopień „aromatyzacji” cząsteczek SH. Stosunek H:C przez niektórych autorów uważany jest za wielkość, związaną ze stopniem skondensowania struktur aromatycznych w danej molekułe [GONET, ZAWALSKA 1993]. Im jego wartość jest mniejsza, tym stopień skondensowania większy. W pierścieniu benzenowym stosunek ten wynosi 1,0, w naftalenie 0,8, a w antracenie 0,7. Wartości stosunku atomowego H:C, charakteryzujące próbki torfu niskiego i wysokiego oraz gatunków roślin z rodzajów *Carex* i *Sphagnum*, zawierały się w granicach 0,92–0,98. Według van Krevelena [GONET, ZAWALSKA 1993] wartości H:C, w przedziale 0,7–1,5 odpowiadają układom aromatycznym sprzężonym z łańcuchami alifatycznymi, zawierającymi do 10 atomów węgla (tab. 2). Stosunek C:N jest wykorzystywany jako wskaźnik stopnia rozkładu torfu [HERBICHOWA 1998; SZAJDAK 2002]. Większe wartości tego stosunku uzyskano w próbkach torfu wysokiego niż niskiego. Podobną zależność stwierdzono między próbkami gatunków roślin z rodzaju *Carex* i *Sphagnum*. Obserwowane różnice w wartościach stosunku C:N i praktycznie brak tych różnic w wartościach stosunku H:C wskazują, że głównym czynnikiem różnicującym oba typy torfu oraz gatunki roślin z rodzajów *Carex* i *Sphagnum* jest zawartość azotu.

Tabela 1. Fizykochemiczne parametry próbek torfowych i roślinności torfotwórczej**Table 1.** Physico-chemical parameters of samples of peat and peat-forming plant species

Badane próbki Studied samples	Stopień rozkładu <i>SRT</i> % s.m. Degree of decomposition <i>DD</i> % DM	pH		χ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Popielność % s.m. Ash content % DM	C:N	H:C
		H ₂ O	KCl				
Gatunki roślin z rodzaju <i>Carex</i> Plants of the genus <i>Carex</i>	–	–	–	–	–	21,96±1,13	0,98±0,00
Torf niski Low-moor peat	23,0±1,2	5,7	5,0	216,3±82,0	8,5±1,1	18,35±0,64	0,94±0,00
Gatunki roślin z rodzaju <i>Sphagnum</i> Plants of the genus <i>Sphagnum</i>	–	–	–	–	–	33,62±4,33	0,98±0,00
Torf wysoki High-moor peat	7,3±0,8	3,7	2,7	103,4±7,6	1,4±0,2	30,72±0,04	0,92±0,00

Objaśnienie: χ – przewodnictwo właściwe. Explanation: χ – conductivity. Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 2. Zawartość węgla organicznego w próbkach torfu, roślinności torfotwórczej (C_{org}) oraz w wyciągach z torfu i roślin torfotwórczych (C_{SH}) (średnie oznaczone różnymi literami różnią się między sobą istotnie $p < 0,05$)**Table 2.** Organic carbon content in samples of peat, peat-forming plant species (C_{org}) and peat and peat-forming plant extracts (C_{HS}) (means marked with different letters differ significantly at $p < 0.05$)

Badane próbki Studied samples	Zawartość węgla organicznego i wydajność ekstrakcji (Φ)SH Organic carbon content and extraction yield (Φ)HS				
	C_{org} $\text{g}\cdot(100 \text{ g s.m.})^{-1}$ $\text{g}\cdot(100 \text{ g DM})^{-1}$	C_{SH} , $\text{g}\cdot(100 \text{ g s.m.})^{-1}$ C_{HS} , $\text{g}\cdot(100 \text{ g DM})^{-1}$		Φ_{SH} , % C_{org}	
		0,1	0,5	0,1	0,5
	mol·dm ⁻³ NaOH				
Gatunki roślin z rodzaju <i>Carex</i> Plants of the genus <i>Carex</i>	37,9 ^B	7,7 ^A	9,3 ^B	20,3 ^A	24,6 ^A
Torf niski Low-moor peat	45,9 ^A	7,0 ^B	10,3 ^A	15,4 ^B	23,5 ^A
Gatunki roślin z rodzaju <i>Sphagnum</i> Plants of the genus <i>Sphagnum</i>	38,0 ^B	4,7 ^B	7,4 ^B	12,4 ^B	19,5 ^B
Torf wysoki High-moor peat	45,1 ^A	8,7 ^A	10,9 ^A	19,9 ^A	25,6 ^A

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

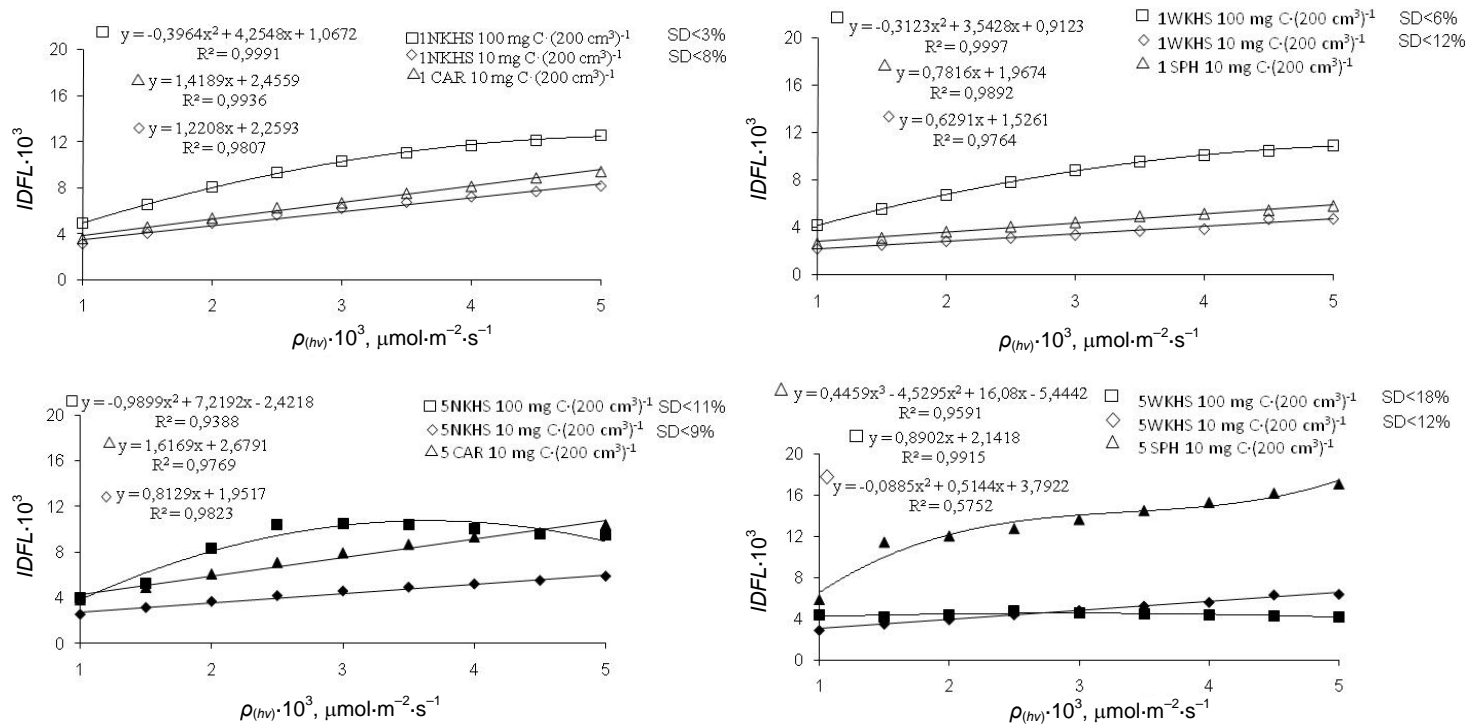
Próbki gatunków roślin z rodzaju *Carex* cechowały się statystycznie mniejszą zawartością węgla organicznego w porównaniu z próbkami torfu niskiego. Identyczną zależność obserwuje się, porównując zawartość węgla organicznego w próbkach gatunków roślin z rodzaju *Sphagnum* i próbkach torfu wysokiego. Zawartość węgla w wyciągach „substancji humusopodobnych” z próbek roślin torfotwórczych jest istotnie mniejsza w porównaniu z zawartością węgla w wyciągach substancji humusowych z próbek obu typów torfu. Wyjątek stanowił wyciąg z próbek gatunków roślin z rodzaju *Carex*, ekstrahowanych za pomocą NaOH o stężeniu $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Stwierdzono w nim istotnie większą zawartość węgla niż w wyciągach z próbek torfu niskiego. Do roztworu $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaOH przechodziło więcej C_{SH} niż do roztworu $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaOH zarówno z badanych próbek torfu, jak i z roślinności torfotwórczej (tab. 2).

W literaturze jest niewiele prac poświęconych wykorzystaniu zjawiska długożyciowej fotoindukowanej luminescencji (DFL) w badaniach związków organicznych, zwłaszcza substancji humusowych. Rezultaty dotychczas przeprowadzonych badań PROKOWSKIEGO [2001a, b] zawiesiny mieszaniny ścieków i osadu czynnego, pobranej z biologicznej oczyszczalni ścieków, udowodniły, że głównym źródłem luminoforów, warunkujących obserwowaną emisję światła, jest materia organiczna zawarta w osadzie czynnym, a nie mikroorganizmy.

Z badań tych wynika również, że natężenie DFL zawiesiny mieszaniny ścieków i osadu czynnego zależy od stopnia rozkładu materii organicznej zawartej w badanym materiale, jak również od odczynu zawiesiny materii organicznej i kierunku jego zmian. Obecnie metoda ta jest wykorzystywana do monitorowania środowiska wodnego, m.in. do oceny dynamiki procesów zachodzących w ekosystemach wodnych, zagrożonych eutrofizacją [PROKOWSKI 2002; MIELNIK 2007; 2009].

Zbadano zależność natężenia długożyciowej fotoindukowanej luminescencji od napromieniowania światłem widzialnym, tj. od gęstości strumienia fotonów $\rho_{(hv)}$, padających na powierzchnię wyciągów z torfu i roślin torfotwórczych (rys. 2). Przebieg zależności natężenia DFL od gęstości strumienia fotonów światła wzbudzającego w warunkach stężenia węgla $10 \text{ mg C} \cdot (200 \text{ cm}^3)^{-1}$ miał charakter prostopadłościowy. Gdy stężenie węgla było dziesięciokrotnie większe, charakter zależności zmienił się i został opisany funkcją kwadratową. Wartości natężenia długożyciowej fotoindukowanej luminescencji wyciągów „substancji humusopodobnych” z roślin torfotwórczych o stężeniu węgla $10 \text{ mg C} \cdot (200 \text{ cm}^3)^{-1}$ były prawie identyczne z ich odpowiednikami z próbek obu typów torfu. Uzyskane podobieństwa w fotoreaktywności między tymi związkami wskazywały na obecność podobnych grup luminoforów, których ilość i jakość jest praktycznie stała, niezależna od stadium zaawansowania procesu humifikacji.

Wyjątek stanowiła zależność natężenia DFL od gęstości strumienia fotonów światła wzbudzającego dla wyciągów $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaOH z próbek torfu wysokiego i gatunków roślin z rodzaju *Sphagnum*. Niezależnie od stężenia węgla w roz-



Rys. 2. Zależność natężenia długozyciowej fotoindukowanej luminescencji *IDFL* od gęstości strumienia fotonów $\rho_{(hv)}$ wyciągów ekstrahowanych roztworem NaOH o stężeniu 0,1 mol·dm⁻³ (1) i o stężeniu 0,5 mol·dm⁻³ (5) w warunkach stężenia węgla 10 i 100 mg C·(200 cm³)⁻¹ z torfu niskiego (N) (1NKHS, 5NKHS) oraz wysokiego (W) (1WKHS, 5WKHS) oraz gatunków roślin z rodzaju *Carex* (1CAR, 5CAR) i *Sphagnum* (1SPH, 5SPH); źródło wyniki własne

Fig. 2. The relationship between long-term photoinduced luminescence intensity *IDFL* and irradiation photon flux density $\rho_{(hv)}$ of alkaline extracts from low-moor (1NKHS, 5NKHS) and high-moor (1WKHS, 5WKHS) peat and peat-forming plants of the genera: *Carex* (1CAR, 5CAR) and *Sphagnum* (1SPH, 5SPH) at different carbon concentrations of 10 and 100 mg C·(200 cm³)⁻¹; source: own studies

tworze substancji humusowych z torfu wysokiego, zwiększenie natężenia napromieniowania światłem widzialnym nie wpływało na natężenie DFL. W przypadku wyciągu roślinnego podaną wyżej zależność opisywał wielomian trzeciego stopnia.

Nienaświetlane roztwory SH z torfu niskiego i wysokiego oraz roślinności torfotwórczej nie wykazywały zjawiska długożyciowej fotoindukowanej luminescencji.

PODSUMOWANIE

Wyniki badań wskazują, że naświetlane substancje humusowe podlegają różnym procesom fotochemicznym, którym towarzyszy powstawanie długożyciowych wolnych rodników i cząsteczek w stanie wzbudzonym, zdolnych do emisji promieniowania elektromagnetycznego, także w procesie luminescencji. Ma to szerszy aspekt, ponieważ promieniowanie elektromagnetyczne jest najdoskonalszym nośnikiem informacji ze względu na maksymalną szybkość i olbrzymią pojemność przekazu informacji.

Metoda wykorzystująca zjawisko długożyciowej fotoindukowanej luminescencji ma szansę odegrać znaczącą rolę w badaniach substancji humusowych z różnych ekosystemów, zwłaszcza że jest czuła, łatwa i szybka. Umożliwi to zaoszczędzenie czasu i zmniejszenie kosztów badań. Wykorzystanie tej metody może ograniczyć w znacznym stopniu liczbę przeprowadzanych analiz, bez strat informacji, niezbędnych do sformułowania właściwych wniosków.

LITERATURA

- GIEGUŻYŃSKA E. 2002. Badania nad zróżnicowaniem składu frakcyjnego, budową i właściwościami fizykochemicznymi kwasów huminowych gleb deluwialnych kateny Dłusko na Pojezierzu Ińskim. Rozprawa doktorska. Szczecin. AR ss. 167.
- GONET S.S., DĘBSKA B. 1993. Charakterystyka kwasów huminowych powstałych w procesie rozkładu resztek roślinnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 411 s. 241–248.
- GONET S. S., ZAWALSKA Z. 1993. Wpływ nawożenia ściekami krochmalniczymi na właściwości kwasów huminowych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 411 s. 259–268.
- GONET S.S., DĘBSKA B. 1998. Properties of humic acids developed during humification process of post-harvest residues. Environment International. Vol. 24. No 5/6 s. 603–608.
- HERBICHOVA M. 1998. Ekologiczne studium rozwoju torfowisk wysokich właściwych na przykładzie wybranych obiektów z środkowej części Pobrzeża Bałtyckiego. Rozprawa habilitacyjna. Gdańsk. UG ss. 119.
- LIPSKI M., SŁAWIŃSKI J., ZYCH D. 1999. Changes in the luminescent properties of humic acids induced by UV radiation. Journal of Fluorescence. Vol. 6. No 2 s. 133–138.
- MIELNIK L. 2007. Wykorzystanie zjawiska fotoindukowanej luminescencji w badaniach osadów dennych jezior. W: Ochrona i rekultywacja jezior. Pr. zbior. Red. R. Wiśniewski, J. Piotrowiak. Toruń. PZiITS s. 143–150.
- MIELNIK L. 2009. Application of photoinduced luminescence in research of humic substances of various origins. Oceanological and Hydrobiological Studies. Vol. 38. No 3 s. 61–67.

- MIKLEWSKA J., GOŁĘBIEWSKA D., DZIADOWIEC H. 1994. Statistical approach to the differentiation of fluorescence spectra of humic acids against age. W: Humic substances in the global environment and implications on human health. Pr. zbior. Red. N. Senesi, T. M. Miano. Amsterdam. Elsevier s. 317–322.
- MYŚLIŃSKA E. 2001. Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN ss. 208.
- ORLOV D.S., GRIŠINA L.A., EROŠIČEVA N.L. 1969. Praktikum po biochemii gumusa. Moskwa. MGU ss. 152.
- PARKER C.A. 1968. Photoluminescence of solutions. Amsterdam. Elsevier ss. 544.
- PROKOWSKI Z. 2001. Zestaw do ciągłej rejestracji fotoindukowanej luminescencji płynów i zawiesin. Acta Agrophysica. Vol. 48 s. 157–166.
- PROKOWSKI Z. 2001. Wpływ zmian pH na natężenie długozyciowej fotoindukowanej luminescencji materii organicznej zawartej w osadzie czynnym. W: Problemy inżynierii rolniczej na progu III tysiąclecia: Technika-Środowisko-Człowiek. Materiały XI Międzynarodowej Konferencji Naukowej. Szczecin. AR s. 415–417.
- PROKOWSKI Z. 2002. Nowe sposoby pomiarów parametrów luminescencyjnych glonów jako wskaźników zmian w środowisku. Rozprawa habilitacyjna. Szczecin. AR ss. 92.
- PUZYNA W. 1979. Fizykochemiczne przemiany indukowane światłem w substancjach humusowych. Rozpr. dokt. Szczecin–Kraków. AR ss. 86.
- SAPEK A., SAPEK B. 1997. Metody analizy chemicznej gleb organicznych. Falenty. IMUZ ss. 80.
- SZAJDAK L. 2002. Właściwości chemiczne torfu. W: Torfowiska i torf. Pr. zbior. Red. P. Ilnicki. Poznań. AR s. 432–447.

Romualda BEJGER, Dorota GOŁĘBIEWSKA, Paweł NICIA

THE PRESENCE OF HUMIC-LIKE SUBSTANCES IN PEAT FORMING PLANTS

Key words: high-moor peat, long-term photoinduced luminescence, low-moor peat

S u m m a r y

The aim of the study was to use the long-term photoinduced luminescence method to show similarity between alkaline extracts from low-moor and high-moor peat samples and alkaline extracts from peat forming plants: *Carex* and *Sphagnum*. All studied peat and peat-forming plant extracts showed the phenomenon of long-term photoinduced luminescence in the visible range of wavelengths.

Recenzenci:

dr hab. Andrzej Łachacz, prof. UWM

prof. dr hab. Andrzej Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 20.07.2009 r.