

DYNAMIKA PROCESÓW OKSYDOREDUKCYJNYCH W POŻYWCIE I W OSADZIE Z UDZIAŁEM *AZOLLA CAROLINIANA* WILLD*

Z. Stępniewska^{1,2}, R.P. Bennicelli^{2,1}

¹Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Katedra Biochemii i Chemii Środowiska, Katolicki Uniwersytet Lubelski
al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin, e-mail: benniric@kul.lublin.pl

Streszczenie. *Azolla caroliniana* Willd. jest paprotką wodną współżyjącą z wiążącą-azot *Anabaena*. *Azolla* stała się obiektem badań na całym świecie. W ekosystemach wodnych zachodzące procesy oksydoredukcyjne stanowią podstawę wszystkich zmian powstających na granicy takich faz, jak: osad denny-woda, korzenie roślin-osad, korzenie roślin-woda. Podczas 14-dniowego doświadczenia przeprowadzonego w warunkach laboratoryjnych zbadano dynamikę zmian Eh w osadzie i w pożywce. Stwierdzono istnienie gradientu dEh/dh 100–130 mV/cm w pożywce i 200–300 mV/cm w osadzie oraz aktywny udział *Azolla* w natlenieniu pożywki.

Słowa kluczowe: *Azolla caroliniana*, natlenienie, potencjał oksydoredukcyjny (Eh).

WSTĘP

Tlen stanowi ważny element w środowisku, pełniąc zasadniczą rolę w biochemicznych i chemicznych procesach zachodzących w biotopach [6]. W hydrosferze opór dyfuzyjny, na który napotyka tlen w trakcie przemieszczania się z atmosfery do fazy wodnej sprawia że nie zawsze pokrywane jest wysokie zapotrzebowanie zarówno korzeni roślin wodnych jak i mikroorganizmów w tlen. Powoduje to istnienie zaledwie cienkiej warstewki natlenionej (do ok. 5 mm) nad osadem. Niektóre rośliny wodne (np. *Iris Pseudocorus* L.), jak i lądowe (*Oryza sativa* L.), potrafią wytworzyć utlenioną otoczkę wokół własnej strefy korzeniowej,

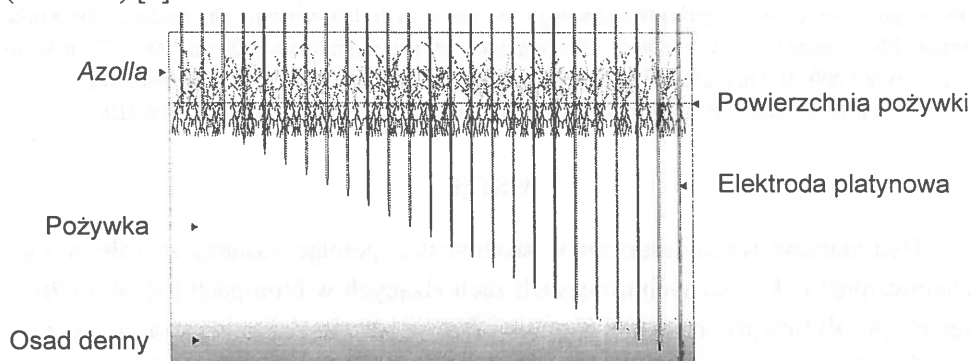
* Praca została wykonana przy współudziale środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie.

dzięki której możliwy jest proces pobierania składników pokarmowych i przetwarzania w zredukowanym środowisku glebowym [2]. Szybkość dyfuzji tlenu w układzie atmosfera-roztwór, roztwór-korzenie, korzenie-osad wpływa na zmianę potencjału oksydoredukcyjnego na granicach tych faz. W poprzednim eksperymencie stwierdzono, że optymalny zakres potencjału redoks dla wzrostu *Azolla* zawarty jest w pożywce w przedziale 550–600 mV [1].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu systemu korzeniowego *Azolla* na proces dyfuzji tlenu, i pośrednio na zmianę potencjału redoks, w strefie korzeniowej na granicy faz pożywka-korzeń oraz pożywka-osad denny.

MATERIAŁ I METODY

W 14-dniowym modelowym doświadczeniu badano Eh w pożywce, sporządzonej według zalecenia International Rice Research Institute (IRRI) [7], na której hodowano *Azolla* oraz w osadzie pobranym ze stawu rybnego w miejscowości Garbów k/Lublina. *Azolla* hodowana była w zestawie akwariów o rozmiarach 30 × 20 × 20 cm w kontrolowanych warunkach oświetlenia (16/8 h) i temperatury (20–25°C) [3].



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia elektrod platynowych w pożywce i w osadzie dennym.

Fig. 1. The location of Pt-electrodes at different depths in nutritive solution and pond sediment.

Do pomiarów potencjału oksydoredukcyjnego osadu wykorzystano 12 elektrod platynowych, które zostały zamontowane na ścianie akwarium po 3 elektrody na 4 różnych głębokościach osadu: 0–4; 4–8; 8–12 i 12–16 mm. Pomiaru potencjału redoks roztworu dokonano za pomocą 26 elektrod platynowych, zamontowanych na powierzchni pożywki.

towanych na stałe na ściankach akwarium. Elektrody te umieszczono na 6 różnych głębokościach pożywki: 0–4; 4–8; 8–12; 12–16; 16–20; 20–24 mm oraz po jednej elektrodzie na 8 innych głębokościach: 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 i 10 cm (Rys. 1).

Pomiar potencjału redoks wobec elektrody kalomelowej był wykonywany codziennie za pomocą miernika Cole Parmer Instr. Comp. 7245, model 5997–60.

WYNIKI I DYSKUSJA

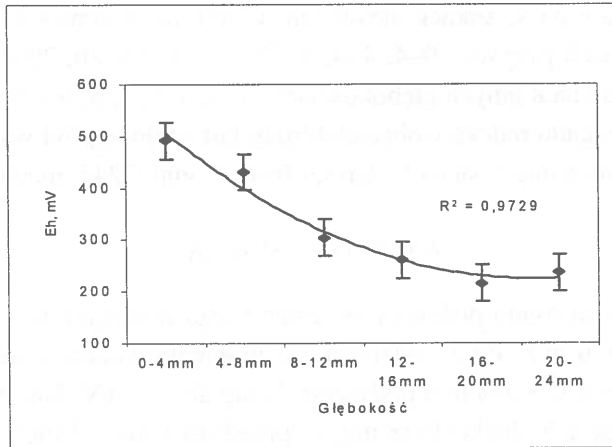
Przed zalaniem osadu pożywką, określono jego potencjał oksydoredukcyjny, który wyniósł 370 mV. Po 5 godzinach od momentu zalania osadu wartość Eh pożywki na głębokości 0–4 mm podwyższyła się do 425 mV. Natomiast na pozostałych głębokościach uległa obniżeniu, co przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Wartości potencjału oksydoredukcyjnego na różnych głębokościach pożywki po 5 godzinach od rozpoczęcia eksperymentu

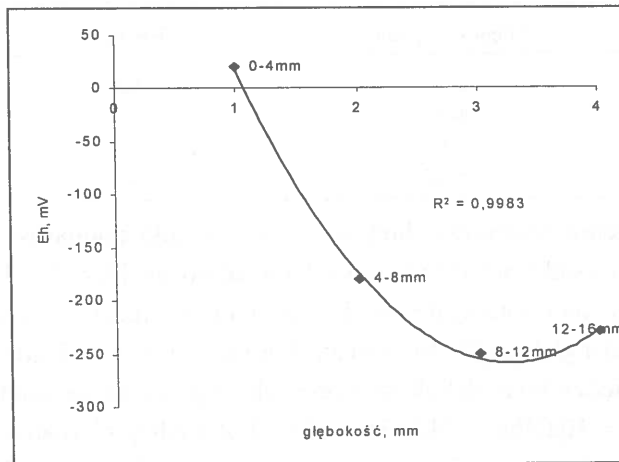
Table 1. Redox potential values at different depths of nutritive solution after five hours of the experiment onset

| Głębokość, mm | Eh, mV |
|---------------|--------|
| 0–4 | 425 |
| 4–8 | 327 |
| 8–12 | 169 |
| 12–16 | 187 |

Po zakończeniu 14-dniowej hodowli *Azolla* wyniki pomiarów potencjału redoks pożywki i osadu przedstawiono odpowiednio na Rys. 2 i 3. Stwierdzono szeroki zakres zmian potencjału redoks pożywki pomiędzy warstwą powierzchniową (0–4 mm) a głębszą (4–16 mm) zawierający się w przedziale 450–280 mV. Zależność pomiędzy Eh a głębokością pożywki daje się opisać wielomianem drugiego stopnia $y = 10,046x^2 - 147,42x + 641,32$. Z analizy równania wynika, że na granicy faz powietrze atmosferyczne-pożywka tworzy się potencjał oksydoredukcyjny na poziomie 641 mV, który zdominowany jest przez parę redoks O_2/H_2O . Na głębokości 1 cm w pożywce obserwuje się obniżenie Eh o prawie 100 mV, natomiast na głębokości 2 cm Eh wynosi 380 mV. Podwyższenie wartości Eh w stosunku do stanu wyjściowego o ponad 100 mV, na każdej z badanych w tym zakresie głębokości, jest efektem wydzielania się tlenu przez rozwijającą się *Azolla*.



Rys. 2. Rozkład potencjału redoks na różnych głębokościach pożywki po 14 dniach hodowli *Azolla*.
Fig. 2. Distribution of redox potential at different depths of nutritive solution after 14 days *Azolla* cultivation.



Rys. 3. Rozkład potencjału oksydoredukcyjnego na różnych głębokościach osadu po 14 dniach hodowli *Azolla*.
Fig. 3. Distribution of redox potential at different depths of sediment after 14 days *Azolla* cultivation.

Osad denny, oddzielony od powietrza atmosferycznego warstwą pożywki, znalazł się w strefie silnie zredukowanej, wykazując wyraźnie gradient potencjału oksydoredukcyjnego wraz z głębokością. Obniżenie Eh sięga wartości -250 mV na głębokości 16 mm. Wartość potencjału oksydoredukcyjnego w funkcji głębokości daje się opisać wielomianem drugiego stopnia $y = 55x^2 - 357x + 320$. Z analizy powyższego równania wynika, że na powierzchni osadu będącego na granicy z pożywką wytworzony potencjał oksydoredukcyjny przyjmuje wartość 320 mV, charakterystyczną dla układów natlenionych [4, 5]. Trzeba zaznaczyć jednakże, że warstewka ta jest bardzo cienka, bowiem już na głębokości ok. 10 mm potencjał oksydoredukcyjny osiąga wartości ujemne. Wartości Eh odpowiadające formowaniu się metanu (-250 mV) odnotowano na głębokości 15 mm, a ich stabilizację na tym poziomie na głębokości 18 mm.

Zmiany Eh wraz z głębokością wskazują na szybsze jego obniżanie w osadzie dennym niż w pożywce. Gradient Eh przypadający na 1 cm w przypadku pożywki mieści się w przedziale 100–130 mV, podczas gdy w osadzie dennym przyjmuje wartości w zakresie 200–300 mV.

WNIOSKI

Po przeprowadzeniu badań nad stanem oksydoredukcyjnym osadu dennego i pożywki, podczas 14 dniowej hodowli *Azolla caroliniana* Willd. w warunkach laboratoryjnych, można sformułować następujące wnioski:

1. Rozwój *Azolla* w pożywce powoduje wzrost Eh o 120–150 mV na głębokości 0–16 mm w stosunku do Eh wyjściowego, co odpowiada głębokości jej ukończenia.
2. Wykazano istotną korelację pomiędzy Eh a głębokością, zarówno pożywki jak i osadu dennego.
3. Stwierdzono szybszy spadek Eh w osadzie niż w pożywce z gradientem Eh na 1 cm w przedziale 100–130 mV w pożywce i 200–300 mV w osadzie dennym.
4. Potwierdzono aktywny udział *Azolla* pośredniczący w natlenieniu podłoża.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bennicelli R.P.:** Wpływ form azotu na potencjał redoks i wzrost biomasy *Azolla filiculoides* Lam. Acta Agrophysica, 38, 7–14, 2000.

2. **Bennicelli R.P., Stępniewski W., Zakrzhevsky D.A., Balakhnina T.I., Stępniewska Z., Lipiec J.:** The effect of soil aeration on superoxide dismutase activity, malondialdehyde level, pigment content and stomatal diffusion resistance in maize seedlings. *Environmental Experimental Botany*. 39, 3, 203–211, 1998.
3. **Laurawiczenie T.W., Jakunin A.F., Gogotow I.N.:** Wpływ temperatury i fotoperiodu na wzrost i wiązanie azotu przez *Azolla*. *Fizjologia Rastieni*, 37, 3, 457–461, 1990.
4. **Reddy K.R., Graetz D.A.:** Carbon and nitrogen dynamics in wetland soils. W: *The Ecology and Management of Wetlands*. Edited by Donald D. Hook, Clemson University, South Carolina. 307–318, 1988.
5. **Gliński J. Stępniewski W.:** *Soil Aeration and Its Role for Plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1985.
6. **Stępniewski W., Stępniewska Z.:** Oxygenology as a new discipline in the environmental sciences (a proposal for discussion). *Int. Agrophysics*, 12, 53–55, 1998.
7. **Watanabe I., Roger P.A., Ladha, Van Hove C.:** *Biofertilizer Germoplasm Collections at IRRI*. IRRI, Manila, 1992.

DYNAMIC OF REDOX POTENTIAL IN NUTRITIVE SOLUTION AND POND SEDIMENT WITH GROWING *AZOLLA CAROLINIANA* WILLD PLANTS

Z. Stępniewska^{1,2}, *R.P. Bennicelli*^{2,1}

¹Institute of Agrophysics PAS, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland

²Department of Biochemistry and Environmental Chemistry, Catholic University of Lublin
al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin, Poland

Summary. *Azolla* is a floating water fern that live in symbiosis with blue-green algae *Anabaena*, it has the ability to fix atmospheric nitrogen. *Azolla* plants stimulated many studies in all over the world.

Redox processes occurring in water ecosystems at sediment-water, rootplant-sediment, rootplant-water are the base of all the interface transformations. The aim of this investigation was to describe redox changes during the growing of water fern. During 14 days of experiment at laboratory conditions, dynamics of Eh in nutritive solution and soil sediment were pointed out.

An 1 cm – depth gradient in redox potential was stated in the range of 100–130 mV for the nutritive solution, and 200–300 mV for the pond sediment. An active role in aerating the nutritive solution by *Azolla caroliniana* Willd. was stated.

Keywords: aeration, *Azolla caroliniana* Willd., redox potential (Eh).