

Instytut Fizyki UMCS
Dyrektor: prof. dr Stanisław Szpikowski

Jan SIELEWIESIUK

**Pomiary oporu elektrycznego węzła glonów *Characeae* metodą
elektrod zewnętrznych**

Измерения электрического сопротивления узлов водорослей *Characeae*
методом внешних электродов

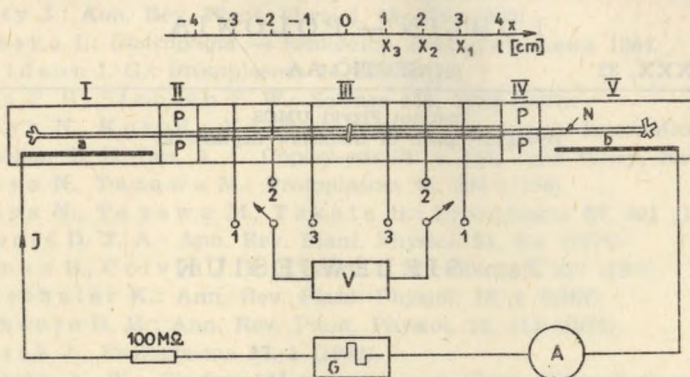
Measurements of the Electric Resistance of the Nodes of *Characeae* Carried out
with External Electrodes

Znane z literatury dane o wartościach oporu węzła w glonach *Characeae* [1, 3, 4, 5] zostały otrzymane metodami wymagającymi albo wprowadzania mikroelektrod do wnętrza komórki w pobliżu węzła, albo umieszczania węzła w powietrzu. Oba sposoby traktowania glonu stwarzają nienaturalne warunki na mierzonym odcinku rośliny. Przedstawione niżej wartości oporu węzła zostały otrzymane w warunkach bardzo zbliżonych do warunków naturalnych.

MATERIAŁ I METODA POMIARU

Pomiary przeprowadzono na komórkach *Nitellopsis obtusa* z hodowli prowadzonej w Pracowni Biofizyki Instytutu Fizyki UMCS. Opór węzła był wyznaczany na podstawie spadku potencjału w naczyniu z elektrolitem, w którym znajdowały się badane komórki, przy przepuszczaniu przez te komórki prądu elektrycznego. Teoretyczne uzasadnienie stosowanej metody zostało podane w poprzedniej pracy [2].

Schemat urządzenia pomiarowego jest przedstawiony na ryc. 1. Odcinek III naczynia pomiarowego stanowił blok teflonowy z podłużnym rowkiem o przekroju kwadratowym 3×3 mm. Chlorosrebrne elektrody 1, 2, 3 były umieszczone w poprzecznych rowkach o głębokości 3 mm



Ryc. 1. Schemat zestawu do pomiaru oporu wężła metodą elektrod zewnętrznych: N — komórki *Nitellopsis obtusa* z wężłem, 1, 2, 3a, b — elektrody Ag/AgCl, V — elektrometr, G — źródło prądu, x — oś współrzędna, P — powietrze, I—V — przedziały komory pomiarowej

i szerokości około 0,5 mm. Pozostałe części naczynia pomiarowego wykonano z pleksi.

Do pomiarów wybierano dwa połączone wężłem międzywężła, każde o długości co najmniej 10 cm. Pomiar składał się z trzech części.

1. Badane komórki *N. obtusa* umieszczano w naczyniu pomiarowym w ten sposób, żeby łączący je wążek znajdował się dokładnie w środku części III naczynia. Przedziały I i V oraz rowek podłużny w przedziale III napełniano wodą z akwarium. Przez przedziały I i V za pomocą elektrod Ag/AgCl *a* i *b* doprowadzano impulsy prądu ($1 \mu\text{A}$). Napięcie mierzone elektrometrem VAJ-51, przyłączanym kolejno do par elektrod 1—1, 2—2, 3—3. Po podzieleniu zmierzonego w ten sposób napięcia przez 2 otrzymywano potencjał w roztworze wypełniającym rowek podłużny względem środka naczynia (V_a), odpowiadający $x_1=3$ cm, $x_2=2$ cm, $x_3=1$ cm.

2. Komórki umieszczano w ten sposób, by jedno międzywężle sięgało co najmniej od przedziału I do przedziału IV lub od przedziału II do przedziału V. Przeprowadzano pomiary analogiczne do opisanych w pkt 1.

3. Po napełnieniu podłużnego rowka w przedziale III komory pomiarowej wodą z akwarium końcówki źródła prądu podłączono do elektrod 1—1, a elektrometr do elektrod 2—2. Dzielnik napięcia między elektrodami 2—2 przez natężenie prądu i odległość między elektrodami 2—2 otrzymywano opór cieczy wypełniającej rowek, przypadający na 1 cm długości (R_a).

Obliczenia przeprowadzono wg poniższej procedury.

Otrzymane w pkt 2 i 3 wartości $V_a(x_1)$, $V_a(x_2)$ oraz R_a wstawiono do wzoru, którego wyprowadzenie było podane w poprzedniej pracy [2]:

$$f(\lambda) = \frac{\sin h\lambda x_1 - \lambda x_1 \cos h\lambda l}{\sin h\lambda x_2 - \lambda x_2 \cos h\lambda l} = \frac{V_a(x_1)}{V_a(x_2)} \quad (1)$$

i obliczano wartość funkcji $f(\lambda)$. Z tablic funkcji $f(\lambda)$ znajdowano λ . Symbole użyte we wzorze (1) oznaczają: x , l — patrz ryc. 1, $V_a(mV)$ — potencjał w roztworze wypełniającym podłużny rowek w części III naczynia względem $x=0$ (mierzony w punkcie 2) $\lambda^2 = G_m(R_a + R_i)$, $G_m(k\Omega^{-1}/cm)$ — przewodność błony komórkowej przypadająca na 1 cm długości komórki, $R_i(k\Omega/cm)$ — opór wnętrza komórki przypadającej na 1 cm długości. Następnie z tablic funkcji

$$F(\lambda) = \frac{\sin h\lambda x_1}{\lambda \cos h\lambda l} - x_1 \quad (2)$$

odczytywano wartość $F(\lambda)$ i wstawiano do wzoru na R_i

$$R_i = \frac{V_a(x_1) \cdot R_a}{J R_a F - V_a(x_1)} \quad (3)$$

Wszystkie otrzymane wartości: R_i , λ , R_a oraz zmierzony w pkt 1 potencjał V_a wstawiano do równania

$$V_a = \frac{R_a R_w}{2(R_a + R_i)} \left(A + J \frac{R_a}{R_a + R_i} \right) (\pm 1 \mp \cos h\lambda x) + A \frac{R_a}{\lambda} \sin h\lambda x - J \frac{R_a R_i}{R_a + R_i} x \quad (4)$$

gdzie: górne znaki odnoszą się do $-l \leq x \leq 0$, a dolne do $0 \leq x \leq l$

$$A = J \frac{2\lambda R_i - G_m R_w R_a \sin h\lambda l}{(R_a + R_i)(G_m R_w \sin h\lambda l + 2\lambda \cos h\lambda l)}$$

R_w — opór węzła, I — całkowite natężenie prądu w obwodzie (μA) — patrz ryc. 1. Po wstawieniu do równania (4) wartości liczbowych otrzymywano równanie liniowe na opór węzła R_w i z tego równania obliczano R_w . Jednostkowy opór węzła wyrażony w $k\Omega cm^2$ otrzymywano mnożąc R_w przez pole przekroju poprzecznego międzywęzła.

WYNIKI I DISKUSJA

Otrzymane wyniki zestawiono w tab. 1.

Z uwagi na dosyć duże rozrzuty otrzymane wartości oporu węzła nie różnią się istotnie od wartości otrzymanych w pracach [1, 3, 5], a różnią się istotnie od wartości podanych przez Spanswicka i Costerton [4], którzy otrzymali $r_w = 1,7 k\Omega cm^2$.

Tabela 1

| Nr węzła | S (10^{-3}cm^2) | Opór wnętrza ($\text{k}\Omega/\text{cm}$) | | | R_a ($\frac{\text{k}\Omega}{\text{cm}}$) | R_w ($\text{k}\Omega$) | r_w ($\text{k}\Omega/\text{cm}^2$) |
|-----------------|-------------------------------|---|----------|-------|---|-------------------------------|---|
| | | R_{i1} | R_{i2} | R_i | | | |
| 1 | 1,52 | 27,8 | 29,0 | 28,4 | 29,6 | 121,2 | 0,18 |
| 2 | 1,55 | 26,5 | 31,1 | 28,8 | 48,2 | 122,3 | 0,19 |
| 3 | 1,49 | 47,5 | 38,8 | 43,1 | 40,4 | 124,2 | 0,18 |
| 4 | 1,81 | 26,8 | 35,7 | 31,3 | 44,2 | 92,8 | 0,17 |
| 5 | 1,38 | 28,4 | 24,1 | 26,3 | 27,3 | 73,4 | 0,10 |
| 6 | 1,81 | 10,1 | 15,9 | 13,3 | 34,5 | 57,8 | 0,11 |
| 7 | 1,36 | 36,5 | 23,7 | 30,1 | 23,3 | 228,3 | 0,30 |
| 8 | 1,78 | 33,2 | 27,1 | 30,3 | 60,6 | 143,3 | 0,27 |
| Wartość średnia | | | | | | | 0,19 |

Oznaczenia: S — pole przekroju poprzecznego międzywęzła, R_{i1} , R_{i2} — opory wnętrza obu międzywęzli, $R_i = \frac{1}{2}(R_{i1} + R_{i2})$.

Istotna jest zbieżność otrzymanych danych z wartościami oporu węzła podanymi przez E. Śpiewlę [5]. W cytowanej pracy pomiary były przeprowadzone na tym samym gatunku glonów. Ponieważ E. Śpiewła wykonywał pomiary r_w metodą mikroelektrodową, to zbieżność ta pozwala na stwierdzenie, że metodę mikroelektrodową można stosować do pomiarów oporu węzła.

PIŚMIENNICTWO

1. Sibaoka T.: Symposia of the Society for Experimental Biology 20, 49 (1966).
2. Siewlesiuik J.: Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Lublin, sectio AA, 28 (1973).
3. Skierczyńska J.: J. Exp. Bot. 19, 389 (1968).
4. Spanswick R. M., Costerton J. W. F.: J. Cell Sci. 2, 451 (1967).
5. Śpiewła E.: Rozprawa doktorska (maszynopis), UMCS, Lublin 1973.

РЕЗЮМЕ

В работе приведены результаты измерений электрического сопротивления узлов водорослей *Nitellopsis obtusa*, полученные методом, позволяющим на проведение измерений в условиях очень сходных с естественными. Полученные значения сопротивления узла согласуются со значениями полученными для того же вида водорослей микроэлектродным методом.

SUMMARY

The paper presents the results of measurements of the electrical resistance of the nodes of *Nitellopsis obtusa* algae. The results were obtained by means of a method which allows to carry out the measurements in conditions that are very close to the natural ones. Obtained values of resistance of the node are in agreement with those obtained with the microelectrode method, on the same species of algae.

Jan KUTNIK, Jan STASIAK

Rola jonów Cl^- i K^+ w generacji potencjału czynnościowego w komórkach
Nitellopsis obtusa

Rola jonów Cl^- i K^+ w generacji potencjału czynnościowego
w komórkach *Nitellopsis obtusa*

Role of Cl^- and K^+ Ions in Generation of an Action Potential
in *Nitellopsis obtusa* Cells

Różnice potencjałów występujące między wnętrzem komórki a środowiskiem zewnętrznym (wnętrze jest zawsze ujemne) w normalnym stanie komórki nazywana jest potencjałem spoczynkowym, natomiast charakterystyczny przebieg zmian potencjału podczas procesu pobudzenia nazywany jest w skrócie potencjałem czynnościowym. Ogólnie przyjętym wyjaśnieniem zjawiska generacji potencjałów czynnościowych jest okresowa zmiana przepuszczalności membrany komórkowej dla pewnych jonów. Pobudzenie membrany może być wywołane bodźcem mechanicznym, chemicznym lub elektrycznym. Podczas zwiększonej przepuszczalności membrany płynie przez nią strumień jonowy o kierunku zgodnym z gradientem koncentracji, powodując zmiany napięcia na membranie. Rola potencjałów czynnościowych w nerwowych komórkach zwierzęcych, ich przebieg i zmienniki jonowe są dość dobrze zbadane i opisane w wielu pracach [1, 2, 3].

Potencjały czynnościowe występujące w komórkach roślinnych są wciąż jeszcze niedostatecznie zbadane i rola jonów w procesach metabolicznych rośliny nie jest wyjaśniona. Jednym z podstawowych zagadnień przy badaniu potencjałów czynnościowych jest ustalanie, jakie role mają jony Cl^- i K^+ jako sposób biorą udział w generacji tego potencjału. Badania potencjału czynnościowego roślin prowadzone metodą clamp wolnego wykazują, że w pierwszej fazie pobudzenia płynie prąd jonowy z wnętrza komórki na zewnątrz (leakage), który następnie zmienia kierunek i płynie przez pe-

