

BADANIE ZJAWISKA EKTOHYDRYCZNOŚCI MSZAKÓW NA PRZYKŁADZIE ROKIETNIKA POSPOLITEGO (*PLEUROZIUM SCHREBERI* (BRID.) MITT.)

ANALYSIS OF THE PHENOMENON OF IMBIBITION OF BRYOPHYTES ON THE EXAMPLE OF *PLEUROZIUM SHREBERI* (BRID.) MITT.

Hanna Kulińska

ABSTRACT

Osmosis is one of the most important processes taking place in plant cells. It is the diffusion of solvent molecules through a semipermeable membrane separating two solutions – hypertonic and hypotonic. Molecules move from a solution of a lower concentration of solute to the solution of a higher concentration. The main aim of osmosis is to achieve equal concentrations, which means, to the point where both solutions are isotonic to each other (osmotic equilibrium). Then the process disappears. This phenomenon is observed in functioning of bryophytes whose ability to absorb water is essential for the ecosystems, especially forests, meadows and bogs. The aim of the experiment was to demonstrate, that *Pleurozium shreberi* is able to store water in its interior. It consisted of making twelve measurements of weight of the moss, which was located underwater. Measurements were made at 10-minute intervals. The plant was weighted each time it was taken out of water. The moss after the last, twelfth, measurement was about 175 times heavier than a dry one (0.4 g – weight of the dry plant; 70.2 – after being taken out of water). Experiment proves that bryophytes are able to absorb water. They do it thanks to their construction. In conclusion, bryophytes have an important role in regulating water balance in many communities, especially forests. The layer of these plants protects the soil from drying out, and during rains, it absorbs water and stores it.

Słowa kluczowe: mszaki, ekosystem, osmoza, roztwór

Key words: bryophytes, ecosystem, osmosis, solution

Hanna Kulińska, VI Liceum Ogólnokształcące im Juliusza Słowackiego w Kielcach

Opiekun merytoryczny/*Guardian substantive*: lek. med. Monika Janicka-Kulińska

Wprowadzenie

Jednym z istotnych procesów zachodzących w komórkach roślinnych są zjawiska osmotyczne. Polegają one na dyfuzji cząsteczek rozpuszczalnika przez błonę półprzepuszczalną oddzielającą dwa roztwory – hipertoniczny i hipotoniczny. Cząsteczki przenikają z roztworu o niższym stężeniu substancji rozpuszczonej do roztworu o stężeniu wyższym. Osmoza ma na celu doprowadzenie do wyrównania stężeń, czyli do momentu, w którym oba roztwory będą izotoniczne względem siebie (równowaga osmotyczna). Wtedy proces ten za-

nika (Burrows i in. 2009).

Podstawowym składnikiem komórki jest woda i to właśnie ten związek najczęściej stanowi również jej środowisko zewnętrzne. Błona komórkowa jest półprzepuszczalna. Oznacza to, że nie wszystkie substancje mogą wnikać do wnętrza komórki. Woda zawsze może przenikać przez błonę, ale już rozproszone w niej substancje nie zawsze.

Osmoza służy między innymi do transportu tlenu, dwutlenku węgla czy wody do komórki. Cząsteczki tlenu, które są rozpuszczone w wodzie przenikają do wnętrza. Komórki zużywają tlen zawarty w protopla-

zmie. W miarę jego zużycia spada jego stężenie i nowe cząsteczki przenikają do środka, aby wyrównać stężenia. Z dwutlenkiem węgla cały proces wygląda odwrotnie – we wnętrzu komórki znajduje się jego nadmiar, więc jest on z niej usuwany.

Rośliny wykorzystują zjawiska osmotyczne do transportu wody z korzeni do liści. Zapewniają one turgor rośliny, a także są podstawą działania aparatu szparkowego. Szparki zamykają się, gdy roślina traci zbyt dużo wody, a otwierają gdy jest odwrotnie. Turgor to cecha charakterystyczna wszystkich komórek roślinnych, w znacznym stopniu odpowiada on za kształt liści oraz łodyg.

Zjawiska osmotyczne zachodzące w komórkach mszaków mają dla tej grupy taksonomicznej szczególne znaczenie. Pozwalają stosunkowo prymitywnej grupie taksonomicznej na egzystencję w warunkach lądowych, w których występują ciągle deficyty wodne. Mszaki są bowiem pierwszą ewolucyjną grupą organizmów zasiedlającą biotopy lądowe. System transportu wody w ich organizmach ze względu na prymitywizm budowy elementów transfazyjnych jest niedoskonały. Niedoskonałości te rośliny nadrabiają zdolnością ektohydryczności. Wchłaniają powierzchnią blaszek liściowych zarówno wodę deszczową, jak i wodę pochodzącą z pary wodnej. Dlatego też zjawiska osmotyczne zachodzące u tych roślin mają istotne znaczenie życiowe. Problemy związane z poborem i transportem wody rozwiązują również cechy budowy morfologicznej i anatomicznej gametofitu tych roślin.

Listki na gametoficie mszaka są ułożone skrętolegle w sposób, który zapewnia im najlepsze oświetlenie, ale również podciąganie wody w szczytowe części gametofitu dzięki powstającemu w ten sposób systemowi kapilarnemu. U większości mchów listki są zbudowane z jednej warstwy komórek. Środkiem listka przebiega wielowarstwowe żeberko. Tworzy je wiązka przewodząca otoczona komórkami wzmacniającymi. Płaskie i gęsto osadzone liście zwiększają powierzchnię asymilacyjną (Ville 1987).

Listki uzupełniają działalność chwytników. Ektohydryczność mszaków polega na poborze wody z wilgotnego powietrza czy rosy przez całą powierzchnię blaszki liścia. Umożliwia im to brak skórki górnej oraz rynienkowaty kształt. Ta właściwość sprawia, że mchy podobne są do glonów, które także przystosowane są do poboru wody całą powierzchnią ciała. W przypadku niedoborów wody liście zwijają się i przylegają do łodygi, chroniąc roślinę przed nadmiernym parowaniem. Podczas nadmiaru wody zostaje ona zmagazynowana wewnątrz rośliny, przyczyniając się do zapobiegania katastrofom ekologicznym. Zdolność do poboru wody

powierzchnią pozbawionych warstwy dermalnej listków sprawia, że mszaki wraz z wodą wchłaniają emitowane do powietrza atmosferycznego zanieczyszczenia środowiskowe i poprzez zmiany w tkankach reagują na nie. W związku z tym są ważnymi bio wskaźnikami środowiskowymi (Panek, Szczepańska 2005; Couto i in. 2004; Poikolainen i in. 2004; Szczepaniak, Biziuk 2003).

Materiały, metody

Materiałem badawczym były okazy zielnikowe mchu rokitnika pospolitego (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.). W celu wykazania właściwości higroskopijnych gatunku używano ulistnionej łodygi gametofitu, ponieważ to pokolenie w cyklu rozwojowym odpowiada za procesy poboru wody ze środowiska (fot. 1). Wysuszone okazy zważono, przyjmując w ten sposób masę początkową materiału badawczego. Wagi dokonywano przy użyciu elektronicznej wagi laboratoryjnej OHAUS CL201, podającej wyniki z dokładnością do jednej dziesiątej. Pomiarów wagi roślin moczonych w wodzie dokonywano w stałych 10-minutowych odstępach czasowych. Wagi dokonywano na szkiełku zegarkowym, którego masę odejmowano od uzyskanego wyniku. Eksperyment prowadzono do momentu trzykrotnego uzyskania stałej wagi badanych próbek.

Kolejny etap badań polegał na analizie mikroskopowej budowy listków i sposobie ich ułożenia na łodyżce



Fot. 1. Gametofity próbki badawczej (fot. H. Kulińska)
Photo 1. Gametophyte research sample (Photo. H. Kulińska)

w celu wykazania wpływu tych cech na intensywność poboru wody. Używano w tym celu mikroskopu stereoskopowego NIKON SMZ 645 z możliwością cyfrowego zapisu obrazu.

Charakterystyka obiektu badań

Rokietnik pospolity (*Pleurozium schreberi*) to gatunek mchu, należący do rodziny gajnikowatych. Roślina na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 roku objęta jest częściową ochroną gatunkową. W Polsce jest to gatunek pospolity, rośnie najczęściej na kwaśnym podłożu. Bardzo często występuje w borach sosnowych oraz świerkowych. Można napotkać go także w lasach mieszanych. Jest wrażliwy na zmiany wilgotności środowiska. Wilgoć powoduje, że jego barwa jest zielona, natomiast podczas suszy zmienia się na żółtą (Shaw, Goffinet 2000). Darnie tworzące mchy w lasach chłoną duże ilości wód opadowych, utrzymując wilgoć w glebie. Przyczyniają się w ten sposób do powstania leśnego mikroklimatu. Zatrzymując wodę, mchy sprawiają, że po długotrwałych opadach woda stopniowo przenika do rzek, zapobiegając w ten sposób groźbie gwałtownych powodzi.

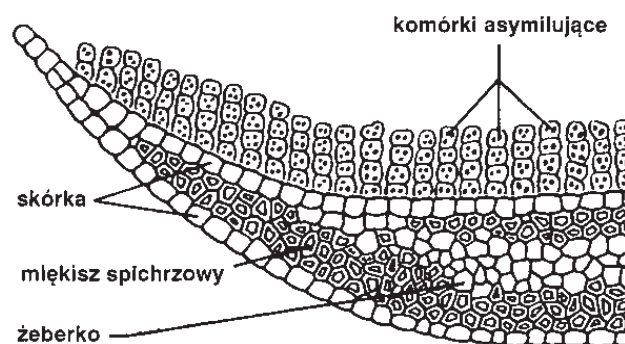
W budowie morfologicznej charakteryzują się obecnością ulistnionej łodygi sięgającej do około 15 cm. Podczas wilgoci łodyga jest czerwona, a jej barwa jest widzialna poprzez listki (fot. 2). Liście łodygowe są gęsto ustawione, ich długość mierzy do około 2,5 mm, szerokość natomiast – 1,4 mm (fot. 1). Są one jajowate, łyzkowato wklęsłe, zakończone krótkim, rurkowato zwiniętym kończykiem. W górnej części liścia brzeg może być ząbkowany. Świadczy to o obecności wystających szczytów komórek. Żeberko, które jest biegiem elementów przewodzących, jest krótkie, podwójne, o żółtym zabarwieniu. Liście gałzkowe zbliżone są budową do listków łodygowych, jednak sięgają jedynie do 1,5 mm długości (Ville 1987). O ektohydrycznych właściwościach listków świadczy ich budowa anatomiczna i morfologiczna. Wygląd zewnętrzny przypomina rynienkę, co w istotny sposób ułatwia zatrzymywanie wody, górna powierzchnia listka pozbawiona jest skórki, co decyduje o zdolności wchłaniania wody ich górną powierzchnią (ryc. 1). Brak skórki niesie ze sobą zagrożenia wynikające z możliwości wchłaniania zanieczyszczeń wraz z wodą opadową. Właściwość ta wykorzystywana jest w procesach bioindykacji i traktowania mszaków jako biowskaźniki (Fernaandez i in. 2004; Wolterbeek 2002; Dećkowska 2008).

W Polsce rokietnik pospolity bardzo rzadko wytwarza sporofit – setę z zarodnią. Jeżeli jednak do tego

dojdzie, seta osiąga około 2,5 cm i jest purpurowa, zarodnia natomiast zgięta, koloru brązowego. Przebieg cyklu rozwojowego jest typowy i wykazuje zdecydowaną dominację pokolenia haploidalnego, czyli gametofitu (ryc. 2). Na tym pokoleniu spoczywa obowiązek troficzny i pobór wody niezbędnej do procesów asymilacji.

Systematyka tego gatunku przedstawia się następująco:

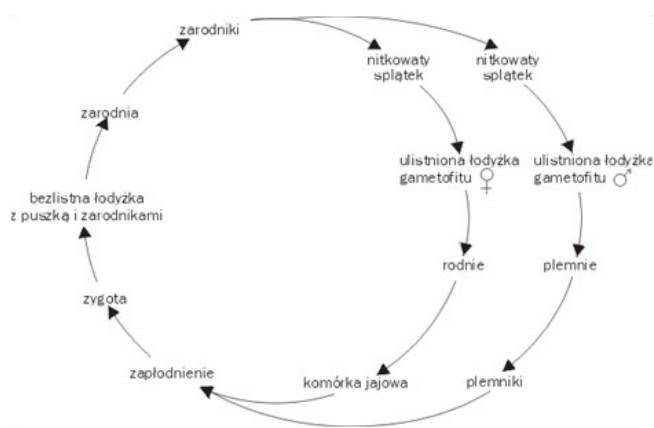
Królestwo: *Planeta*
Gromada: *Bryophyta*
Klasa: *Bryopsida*
Podklasa: *Dicranidae*
Rząd: *Hypnales*
Rodzina: *Hylocomiaceae*
Rodzaj: *Pleurozium*
Gatunek: *P. schreberi*



Ryc. 1. Budowa anatomiczna listka mszaków

Fig. 1. Anatomical construction of moss leaves

Źródło/Source: Budowa+anatomiczna+listka+mszak%3w#hl=pl&q)



Ryc. 2. Przebieg cyklu rozwojowego mszaków

Fig. 2. The course of the development cycle of bryophytes

Źródło/Source: Bell Peter R., Woodcock Christopher L.F. 1974)

Wyniki

Najbardziej dynamiczny przyrost wagi badanych okazów zielnikowych rokitnika pospolitego (*Pleurozium schreberi*) po zanurzeniu w wodzie stwierdzono po upływie pierwszych dziesięciu minut trwania doświadczenia. Średni przyrost wagi badanych gametofitów w przedziale czasowym od dwudziestej do setnej minuty przebiegał w sposób podobny i wynosił średnio 14,9 g (ryc. 4, tab. 1).

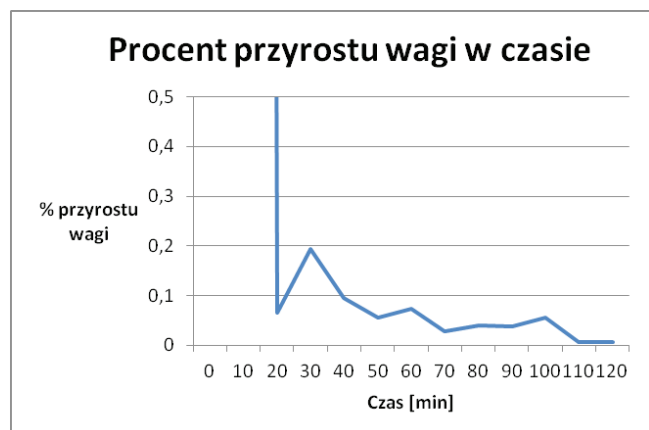
Procentowy przyrost biomasy w przedziale czasowym od dwudziestej do setnej minuty przebiegał w sposób podobny i wynosił średnio 5,45% (tab. 1, ryc. 5). Po stu minutach trwania badania procent przyrostu biomasy ulegał minimalnym zmianom i wyniósł 0,01%.

Doświadczenie wykazało zależność procentowego przyrostu biomasy od wagi gametofitów zanurzonych w wodzie. Z przebiegu doświadczenia wynika, że im większa waga mchu, tym mniej intensywny procentowy przyrost biomasy gametofitu



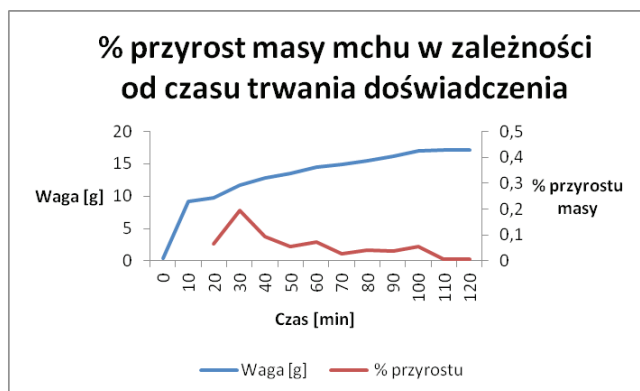
Ryc. 3. Wzrost wagi mchów w zależności od czasu trwania doświadczenia

Fig. 3. Weight increase of mums depending on skill time



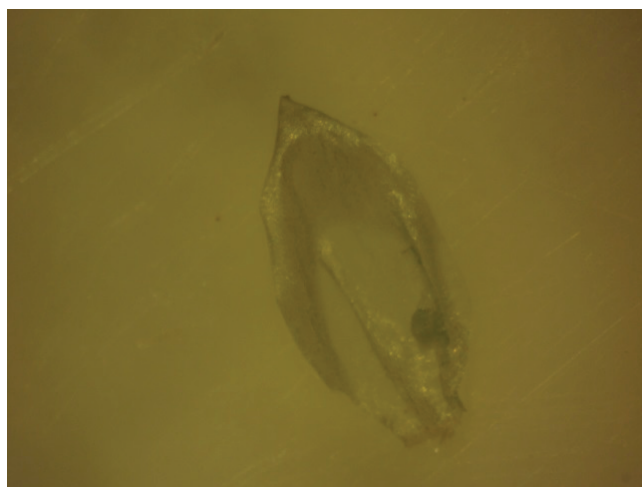
Ryc. 4. Zależność procentowego przyrostu masy mchów od czasu trwania doświadczenia

Fig. 4. Relationship of percentage increase of moth mass from experiment duration



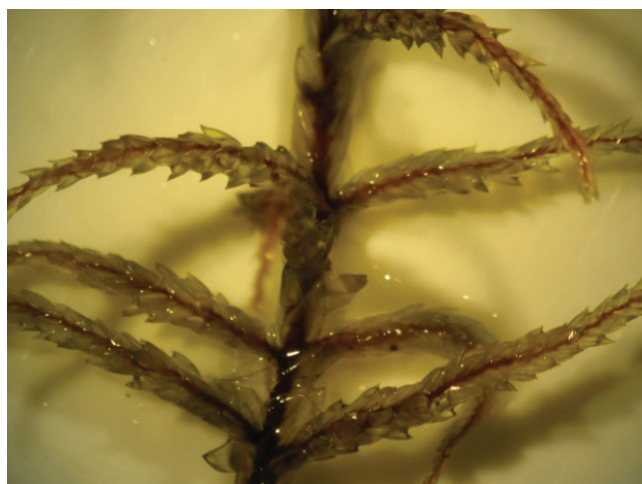
Ryc. 5. Zależność procentowego przyrostu biomasy badanych gametofitów od czasu trwania doświadczenia

Fig. 5. Relationship of percent growth of biomass of tested gametophytes from duration of experiment



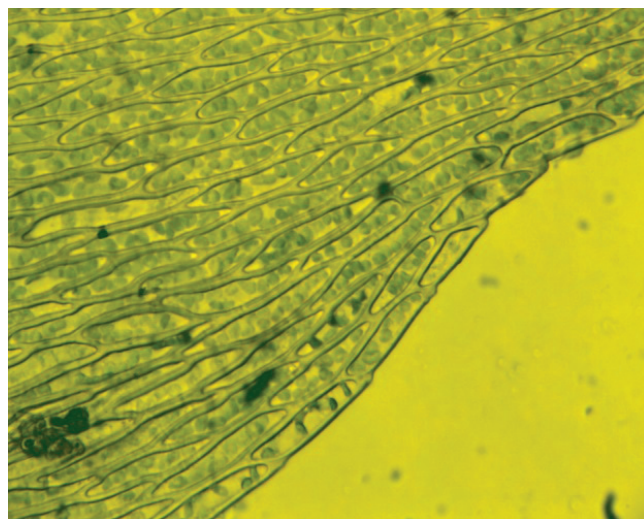
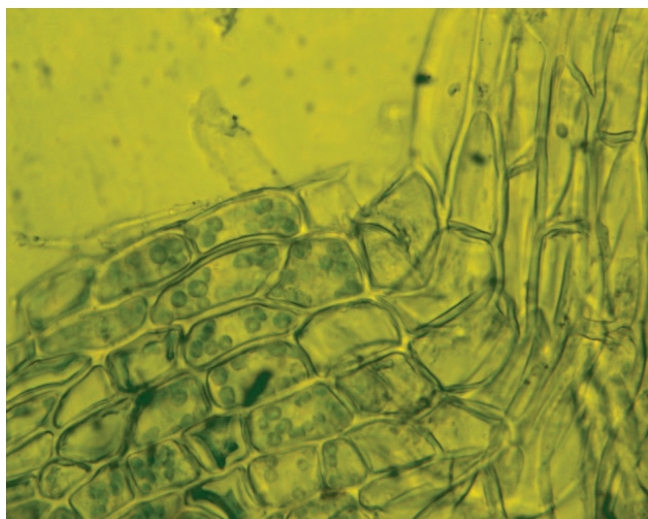
Fot. 2. Budowa morfologiczna listka z widocznymi wygiętymi ku górze brzegami blaszki (fot. H. Kulińska)

Photo 2. Morphological construction of a leaf with apparently upwardly curved edges of the plaque (Photo. H. Kulińska)



Fot. 3. Gałązka *Pleurozium schreberi* z czerwono zabarwionymi łodyżkami (fot. H. Kulińska)

Photo 3. Twig of *Pleurozium schreberi* with red stained stems (Photo. H. Kulińska)



Fot. 4, 5. Komórki listka *Pleurozium schreberi* po przebiegu eksperymentu (fot. H. Kulińska)
 Photo 4, 5. Cells of *Pleurozium Schreberi* leaves after the experiment (Photo. H. Kulińska)

Tabela 1. Waga i % przyrostu biomasy listków mszaków w czasie trwania kolejnych pomiarów
 Table 1. Weight and % biomass growth of moss leaves during subsequent measurements

Czas kolejnych pomiarów (min)	Waga [g]	% przyrostu masy mchu	Różnice przyrostów w % w stosunku do badania poprzedniego w kolejnych próbach
0	0,4		
10	9,2	23%	
20	9,8	6,52%	+16,48
30	11,7	19,39%	+12,87
40	12,8	9,40%	-9,99
50	13,5	5,47%	-3,93
60	14,5	7,41%	+1,94
70	14,9	2,76%	-4,65
80	15,5	4,03%	+1,27
90	16,1	3,87%	-0,16
100	17	5,59%	+1,72
110	17,1	0,59%	-5,00
120	17,2	0,58%	-0,01

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu sformułowano wnioski ogólne i szczegółowe.

Wnioski ogólne:

1. Przesuszone okazy zielnikowe mszaków zanurzone w wodzie pobierają wodę całą powierzchnią blaszek liściowych.
2. Czas zanurzenia rośliny wpływa na ilość wchłoniętej wody.
3. Masa mchu rośnie wraz z ilością pobranej wody.
4. Umiejętność poboru wody całą powierzchnią

blaszek liściowych wynika z braku skórki na górnej powierzchni listków i określana jest jako ektohydryczność. Ma ona znaczenie w naturalnych ekosystemach zasiedlanych przez *Pleurozium schreberi*, dzięki czemu mech ten odpowiada za regulację bilansu wodnego w biotopie, chroniąc gleby przed wysychaniem.

Wnioski szczegółowe:

1. Najbardziej intensywny pobór wody zachodził w pierwszych dziesięciu minutach trwania doświadczenia, powodując 23-procentowy przyrost biomasy.
2. Najmniejsze przyrosty masy mchów (najmniej intensywny pobór wody) zaobserwowano podczas

trwania 11 i 12 pomiaru.

3. Po dokonaniu ostatniego pomiaru ciężar mchu był około 175 razy większy od masy początkowej próbki (masa suchego mchu – 0,4 g; masa ostatniej próbki – 70,2 g).

4. Procent przyrostu masy w czasie stopniowo maleje i nie pozostaje w proporcjonalnej zależności do czasu trwania doświadczenia.

5. Mikroskopowa analiza budowy anatomicznej listka wskazuje na stan pełnej turgoescencji komórek.

Literatura

- Bell P.R., Woodcock Ch.L.F., 1974. Budowa i rozwój roślin zielonych. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne POL Cykl rozwojowy mchów.
- Burrows A., Holman J., Parson A., Pilling G., Price G., 2009. Chemistry 3. Introducing inorganic, organic and physical chemistry. Oxford: Oxford University Press, s. 848-851. ISBN 978-0-19-927789-6.
- Couto J.A., Fernandez J.A., Carballeira A., Aboal J.R., 2004. Active biomonitoring of element uptake with terrestrial mosses: a comparison of bulk and dry deposition. *Science of the Total Environment* 324, pp. 211–222.
- Dećkowska A., Pierścieniak M., Gworek B., Maciaszek D., 2008. Some plant species as indicators of changes in the environment, *Environment and Natural Resources*, 37, 128-138 (In Polish, summary In English)
- Fernandez J.A., Aboal J.R., Carballeira A., 2004. Identification of pollution sources by means of moss bags. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 59, pp. 76-83
- Panek E., Szczepańska M., 2005. Trace metals and sulfur in selected plant species in the Small Pieniny, *Mineral Economy, Krakow*, 90 (In Polish)
- Poikolainen J., Kubin E., Piispanen J., Karhu J., 2004. Atmospheric heavy metal deposition in Finland during 1985–2000 using mosses as bioindicators. *The Science of the Total Environment* 318, pp. 171–185.
- Shaw J.A., Goffinet B., 2000. Bryophyte biology. Cambridge: Cambridge University Press.
- Szczepaniak K., Biziuk M., 2003. Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. *Environmental Research* 93, pp. 221–230.
- Ville A.C., 1987. *Biologia*. Wyd. 8 według 7 wyd. amerykańskiego. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 224-227, 61-66.
- Wolterbeek B., 2002. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environmental Pollution* 120.

STRESZCZENIE

Jednym z istotnych procesów zachodzących w komórkach roślinnych są zjawiska osmotyczne. Polegają one na dyfuzji cząsteczek rozpuszczalnika przez błonę półprzepuszczalną oddzielającą dwa roztwory – hipertoniczny i hipotoniczny. Cząsteczki przenikają z roztworu o niższym stężeniu substancji rozpuszczonej do roztworu o stężeniu wyższym. Osmoza ma na celu doprowadzenie do wyrównania stężeń, czyli do momentu, w którym oba roztwory będą izotoniczne względem siebie (równowaga osmotyczna). Wtedy proces ten zanika. Zjawisko takie obserwowane jest u mszaków, u których umiejętność wchłaniania wody ma istotne znaczenie w funkcjonowaniu ekosystemu lasu i obszarów łąk i torfowisk. Celem badań było wykazanie ektohydryczności rokitnika pospolitego (*Pleurozium shreberi* (Brid.) Mitt.). Eksperyment polegał na wykonaniu dwunastu pomiarów przyrostu masy mchu z okazji zielnikowego, zanurzonego w wodzie. Pomiaru wykonywano w 10-minutowych odstępach czasowych. Roślinę każdorazowo ważono. Po dokonaniu ostatniego pomiaru ciężar mchu był około 175 razy większy od masy początkowej (masa suchego mchu – 0,4 g; podczas ostatniej próby – 70,2 g). Dowodzi to magazynowania wody przez mszaki, co uwarunkowane jest ich budową. Dzięki temu rośliny te pełnią ważną funkcję w regulacji bilansu wodnego wielu zbiorowisk, w szczególności lasów. Warstwa mszaków chroni glebę przed wysuszeniem, a podczas deszczów pochłania wodę i ją magazynuje.