

**TEMPO WZROSTU PLECHY PUSTUŁKI PEČHERZYKOWATEJ [*HYPOGYMNINGIA
PHYSODES* (L.) NYL.] WARUNKOWANE WILGOTNOŚCIĄ ŚRODOWISKA
NA PODSTAWIE OCENY PRZYROSTU POWIERZCHNI PLECHY**

**GROWTH RATE OF *HYPOGYMNINGIA PHYSODES* THALLUS CONDITIONING
ENVIRONMENTAL HUMIDITY BASED ON THE ASSESSMENT
OF THE GROWTH OF THE AREA OF THALLUS**

Grzegorz Kuropatwa

ABSTRACT

The aim of the study was to demonstrate the relationship between humidity of the external environment (atmospheric air) and the intensity of the growth of the *Hypogymnia physodes*. Access to light, appropriate humidity, clean environment, and good hatching habitat are essential requirements for lichen growth and reproduction. *Hypogymnia Physodes* form a leafy thallus spread on the ground. Leafs of thallus create overlapping rosettes. The anatomical structure indicates its heteromericity, due to this the presence of the upper bark enables the ectohydration of the thallus. Light-assisted access and differential humidity in the study allowed to make measurements of the rate of growth of the thallus cyclically. The methodology of the study included doing monthly outline of the thallus and then calculating its area in two test samples, i.e. 90% of the humidity obtained by systematic spraying and 60% of humidity corresponding to natural conditions in the biological laboratory. Obtained results expressly indicate the differences in the appearance of sprayed (larger volume, intense green colour) and thalluses which were cultured in low humidity (shrivelled thalluses, small leaves, brown-livid thalluses), where no growth was recorded during the research. Humidity is a basic conducive factor in the growth a of lichen. This is also indicated by field observations, which show that the autumn and spring periods are the time of the most intense thallus increase caused by the bigger precipitation in these periods.

Słowa kluczowe: porosty, aktywność biologiczna, plecha, wilgoć

Key words: lichens, biological activity, thallus, moisture

Grzegorz Kuropatwa, kl. II, I Ogólnokształcące Liceum Akademickie im Janiny Kossakowskiej-Dębickiej w Kielcach, e-mail: kasia.tatar123@gmail.com

Opiekun merytoryczny/*Guardian substantive*: dr hab. Małgorzata Anna Józwiak

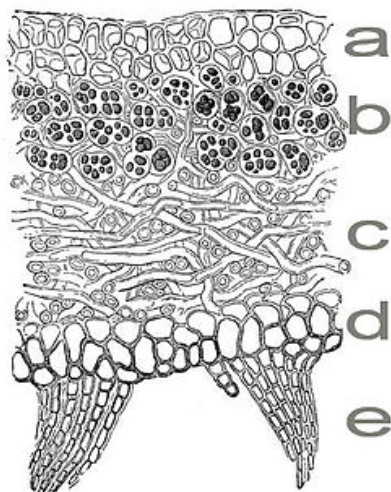
Wprowadzenie

Niewielkie wymagania biotopowe, sprowadzające się do dostępu do światła i wody lub wilgoci, powodują, że porosty określane są jako organizmy pionierskie. Ich obecność w trudnych i niedostępnych biotopach otwiera szeregi sukcesyjne innym, bardziej wymagającym gatunkom. Zasadlają habitaty charakteryzują-

ce się wysokimi średniorocznymi opadami lub o stałe utrzymującej się wilgotności (obszary tundry, tajgi, lasów tropikalnych, obszary podbiegunowe, strefy klimatu umiarkowanego). Osłabioną wegetacją porostową charakteryzują się obszary pustynne, półpustynne, sawannowe i stepy, co ściśle wiąże się z wilgocią i opadami w tych obszarach.

Dualizm budowy plechy porostów w sposób ści-

sły określa funkcje każdego z partnerów pełnione na rzecz całego organizmu. Ten typ oddziaływań międzygatunkowych zachodzący w obrębie plechy określany jest jako symbioza mutualistyczna. Wskazuje ona na nieodzowność występowania każdego z partnerów, w której jeden zapewnia życiowe związki organiczne (autotroficzne zielenice, asymilując, żywią plechę związkami organicznymi), drugi wodę i minerały. Grzybnia pobierająca wodę i minerały umożliwia glonom/gonidiom przebieg procesów asymilacyjnych. Pobór wody przez plechy porostowe przebiega w sposób specyficzny, ponieważ odbywa się całą powierzchnią organizmu. Zjawisko określane jako ektohydriczność pozostaje w ścisłym związku ze stopniem skomplikowania budowy plechy. Dotyczy to zarówno budowy morfologicznej, jak i anatomicznej porostów. Plechy mogą zewnętrznie przyjmować postać nitek, rozgałęzionych krzaczków lub rozpostartych na podłożu listków. Tak zróżnicowana morfologia przekłada się na wielkość powierzchni chłonnej poszczególnych gatunków. Niemalą wpływ na intensywność poboru wody ma struktura mikroskopowa budowy plechy. W przekroju anatomicznym wielu gatunków zaznacza się wyraźne rozwarstwienie – plechy heteromeryczne, gdzie strzępki grzybni stanowiące zwartą warstwę korową powinny skutecznie izolować wnętrze plechy od środowiska zewnętrznego (ryc. 1). Mimo takich zabezpieczeń woda bez przeszkód wnika do wnętrza, do czego w znacznym stopniu przyczyniają się szczeliny



Ryc. 1. Budowa plechy heteromerycznej: a – kora górna, b – warstwa glonowa, c – warstwa miąższowa, d – kora dolna, e – chwytniki

Fig. 1. Heteromeric structure construction: a – upper bark, b – algae layer, c – parenchymal layer, d – lower bark, e – pincers

Źródło/source: https://pl.wikipedia.org/wiki/Plecha_heteromeryczna.

oddechowe – pseudocyfele i cyfele. Plechy o niewarstwowej budowie (homeomeryczne), z luźno ułożoną grzybnią, chłoną wodę bez przeszkód. Nieograniczony dostęp do światła i wody intensyfikuje procesy metaboliczne i wpływa na tempo przyrostu plech. U wielu gatunków tempo przyrostu jest łatwo obserwowalne. Wskazuje na nie wydłużanie nitek u brodaczek (porostów o morfologii nitkowatej rodzaj *Usnea*) lub powiększanie średnicy rozet u porostów listkowatych (rodzaj *Hypogymnia*) i skorupiastych (rodzaj *Rhizocarpon*). Przyrost powierzchni plechy porostów listkowatych może wskazywać na zmiany warunków klimatycznych i okresy deszczowe i bezdeszczowe w skali roku. Warunki sprzyjające (wysoka wilgotność lub opady) widoczne są w wyglądzie plechy. Zaznaczają się na jej powierzchni w postaci pierścieni przypominających pierścienie przyrostów rocznych pni drzew lub przyrostów rocznych łusek ryb. Zjawisko to wykorzystywane jest w lichenometrii w celu określania wieku osuwisk, powstawania wąwozów, wieku skał. Zastosowanie znajdują tu porosty matuzalemowe, długowieczne, najczęściej epilityczne (naskalne), takie jak *Rhizocarpon goographicum*. Znacznie trudniej określić tempo przyrostu plechy porostów krzaczkowatych, u których liczne rozgałęzienia rosnącej plechy umożliwiają jedynie obserwację lub pomiary rosnących „gałązek”.

Metodyka pracy

Badanie wpływu wilgotności powietrza atmosferycznego na tempo przyrostu plechy pustułki pęcherzykowej (*Hypogymnia physodes*) odbywało się w trzech zróżnicowanych warunkach środowiska. Restryktorem w badaniach była wilgotność wynosząca dla:

- pierwszej próby – 30–40%,
- drugiej próby – 60–70%,
- trzeciej próby – 80–90%.

W celu przeprowadzenia badań dla każdej próby wybrano po 4 gałązki porośnięte plechą porostu (fot. 1) – łącznie 12 gałązek. W momencie rozpoczęcia badań (październik 2018 r.) pomierzono powierzchnie każdej plechy, traktując jej wymiar jako powierzchnię wyjściową. Gałązki umieszczono w trzech szklanych pojemnikach, w których za pomocą termohigrometru kontrolowano temperaturę i wilgotność. Wartością zmienną w każdej próbie była wilgotność. Wszystkie pojemniki wystawiono na parapecie okiennym o wystawie południowej, gwarantując w ten sposób jednakowe oświetlenie dla każdej próby. Utrzymywanie zróżnicowanej wilgotności polegało na zraszaniu każdej próby w zależności od wskazań higrometru. Pomiary wielkości plechy dokonywano w cyklu miesięcznym. W tym celu pokrywano przezro-

czystą folią powierzchnię plechy, dokonywano dokładnego obrysu, a następnie przenoszono obrys na papier milimetry, dokonując obliczeń. Otrzymane wyniki zestawiano tabelarycznie.



Fot. 1. Gałązki porośnięte plechami pustułki pęcherzykowej (*Hypogymnia physodes*) w pojemniku badawczym (fot. G. Kuropatwa)

Photo 1. Branches overgrown with Hypogymnia physodes in a research container (photo. G. Kuropatwa)

Charakterystyka obiektu badań

Plecha badanego porostu ma barwę szarą lub szarozieloną i jest luźno umocowana do podłoża zmarszczkami kory dolnej (fot. 2). *Hypogymnia physodes* jest porostem epifitycznym, którego miejscem uczepu, podłożem dla rozwoju i wzrostu porostu, jest kora pni drzew. Dolna strona plechy, mocująca do podłoża, jest w środku czarna, na brzegach brunatna. Nie posiada chwytników. Pofałdowania kory dolnej wnikają w nierówności podłoża, co skutecznie utrzymuje porost na zasiedlanej powierzchni. Warstwa korowa sta-



Fot. 2. Rozeta plechy na podłożu epifitycznym (fot. G. Kuropatwa)

Photo 2. Rosette of the thallus on the epiphytic substrate (photo. G. Kuropatwa)

nowi zarówno zewnętrzną, jak i spodnią stronę plechy. Jest ona zbudowana z ułożonych w dużym zwarcu strzępek grzybni, stanowiąc warstwę ochronną. Plecha kilkakrotnie dzieli się na nieregularne odcinki o długości 1–2 cm, które zachodzą na siebie lub stykają się brzegami, przyjmując kształt radialnie ułożonych rozetek. Na powierzchni plechy występują szczelinowe pęknięcia, pseudocyfely pełniące funkcje w wymianie gazowej. Białe lub białozielonawe urwistki/soredia powstające w soraliach pełnią funkcje rozrodcze i powstają na odwiniętej ku górze części kory górnej. Są one organami rozmnażania wegetatywnego, są białawe, mączyste, licznie występujące w plechach rozwijających się w dogodnych warunkach. Soralia noszą nazwę wargowych ze względu na charakterystyczne zewnętrzne wywiniecie.

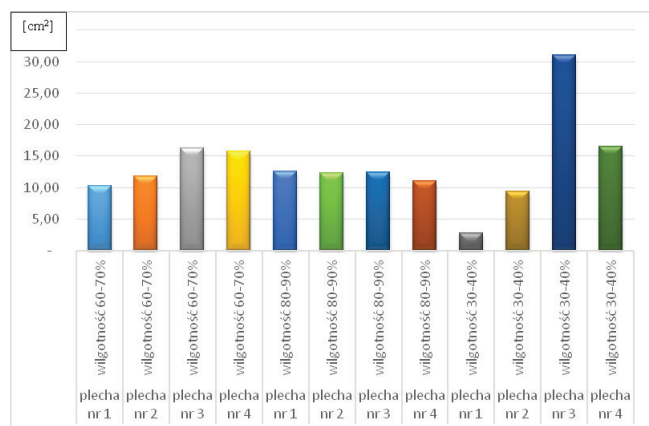
Pustulka pęcherzykowata jest porostem listkowatym o zróżnicowanej warstwowo budowie anatomicznej (ryc. 1). Dualizm budowy plechy polega na współzyciu grzybni workowców i kokoidalnych komórek gonidialnych z rodzaju *Trebouxia* lub nitkowatych *Trentapohlia*. Komponent glonowy i grzybowy wykazują zależność fizjologiczną, a typ ich oddziaływań określany jest jako korzystny i nieodzowny, i nosi nazwę mutualizmu. Jest bio wskaźnikiem środowiskowym/bioindykatorem, czyli organizmem, który reaguje na zanieczyszczenia środowiska. Charakterystycznymi zmianami w wyglądzie *Hypogymni physodes* pod wpływem zanieczyszczenia środowiska są przebarwienia, takie jak wybielenia, zbrązowienia i zaciernienia, oraz zmiany morfologiczne polegające na wykruszeniach fragmentów rozetek w wyniku nekroz, odkształcania poprzez wyginanie i zwijanie części rozet, zanikanie soraliów wargowych oraz odstawanie od podłoża i wznoszenie się ku górze, w wyniku marsz-



Fot. 3. Mączyste soralia wargowe (fot. M.A. Józwiak)
Photo 3. Labial soralia floury (photo. M.A. Józwiak)

czenia i przesuszania plechy. Te reakcje plech powodują, że jest powszechnie używana w biomonitoringu środowiska przyrodniczego.

Wyniki



Ryc. 2. Wielkość powierzchni plech w terminie rozpoczęcia badań (październik 2017)

Fig. 2. The size of the thallus surface at the start of research (October 2017)

Pomiary wielkości plechy wykonane w miesiącu rozpoczęcia badań (październik) dla prób umieszczonych z zróżnicowanych warunkach wilgotności przedstawiały się następująco:

Próba 1 wilgotność 30–40%

Plecha 1 – 2,73 cm²; plecha 2 – 9,39 cm²; plecha 3 – 30,98 cm²; plecha 4 – 16,53 cm²

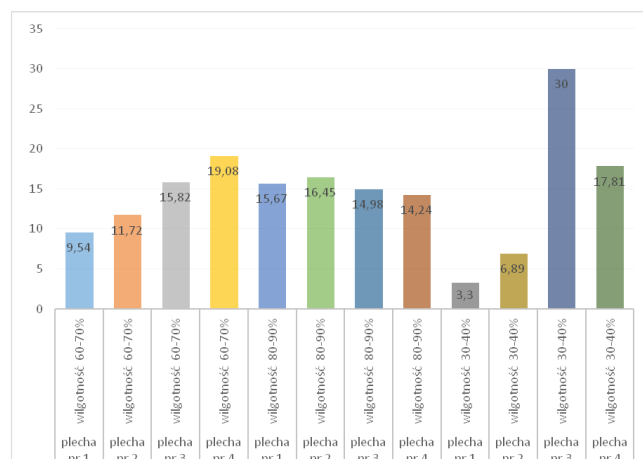
Próba 2 wilgotność 60–70%

Plecha 1 – 16,23 cm²; plecha 2 – 15,73 cm²; plecha 3 – 11,74 cm²; plecha 4 – 10,21 cm²

Próba 3 wilgotność 80–90%

Plecha 1 – 12,56 cm²; plecha 2 – 12,2 cm²; plecha 3 – 12,49 cm²; plecha 4 – 11,07 cm²

Dokładny pomiar powierzchni plechy w terminie rozpoczęcia badań ze względu na postawiony problem badawczy miał istotne znaczenie. Wyniki pomiaru plech były próbą odniesienia i umożliwiały kontrolę przyrostu lub spadku wielkości plechy prowadzoną podczas kolejnych terminów pomiarów (ryc. 2). Wyniki pomiarów powierzchni plechy w kolejnych miesiącach badań dla czterech prób w trzech zróżnicowanych warunkach wilgotności przedstawia tabela 1.



Ryc. 3. Wielkość powierzchni plech w zróżnicowanych warunkach wilgotności w terminie zakończenia badań (marzec 2018)

Fig. 3. The size of the surface of the thallus in different humidity conditions at the end of research (March 2018)

Tabela 1. Wyniki pomiarów wielkości powierzchni plechy w kolejnych terminach badań [cm²]

Table 1. Results of measurements of the surface area of the thallium in subsequent research dates [cm²]

Listopad 60–70%	8,36	grudzień	9,21	styczeń	9,31	luty	9,52
listopad	11,45	grudzień	11,61	styczeń	11,52	luty	11,68
listopad	15,61	grudzień	15,78	styczeń	15,70	luty	15,79
listopad	19,10	grudzień	18,57	styczeń	19,01	luty	19,22
Listopad 80–90%	13,59	grudzień	14,24	styczeń	14,28	luty	14,38
listopad	13,44	grudzień	14,14	styczeń	14,78	luty	15,89
listopad	12,25	grudzień	12,78	styczeń	13,24	luty	14,10
listopad	11,58	grudzień	11,97	styczeń	12,56	luty	13,56
Listopad 30–40%	3,42	grudzień	3,22	styczeń	3,24	luty	3,26
listopad	6,20	grudzień	6,56	styczeń	6,88	luty	6,77
listopad	29,99	grudzień	29,78	styczeń	29,97	luty	29,99
listopad	17,56	grudzień	17,24	styczeń	17,76	luty	17,56

Tabela 2. Zestawienie wyników pomiarów powierzchni plechy przed i po przebiegu eksperymentu
 Table 2. Comparison of the results of measurements of the thallus surface before and after the experiment

Próba	Wynik pomiaru przed rozpoczęciem badań [cm ²]				Wynik pomiaru po zakończeniu badań [cm ²]				Różnice w wielkości plechy po zakończeniu badań [cm ²]			
30–40%	2,73	9,39	30,98	16,53	3,3	6,89	30,0	17,81	+ 0,57	- 2,5	- 0,98	+ 1,28
60–70%	16,23	15,73	11,74	10,21	9,54	11,72	15,82	19,08	- 6,69	- 4,01	+ 4,08	+ 8,87
80–90%	12,56	12,27	12,49	11,07	15,67	16,45	14,98	14,24	+ 3,11	+ 4,18	+ 2,49	+ 3,17

(+) przyrost wielkości plechy w cm² (-) spadek wielkości plechy w cm²

Analiza zmian w wielkości powierzchni plechy na podstawie wyników zawartych w tabeli 1 wskazuje na stały przyrost wszystkich umieszczonych w pojemnikach w warunkach wilgotności powietrza w przedziale 80–90%. W przypadku plech rozwijających się w środowisku o wilgotności 30–40% w przypadku dwóch prób nastąpiło zmniejszenie powierzchni o 2,5 cm² i 0,98 cm², a wilgotności 60–70% o 6,69 m² i 4,01 cm² (ryc. 3, tab. 2).

Podsumowanie i wnioski

Biota porostów wykazuje na małe wymagania środowiskowe. Podstawowymi czynnikami determinującymi ich obecność, koniecznymi do wzrostu i rozwoju, jest światło i wilgotność. W tak zapewnionych warunkach oraz zagwarantowaniu miejsca uczepu, plechy porostowe rozrastają się, wskazując jednocześnie na czystość zajmowanego środowiska. Ubogie podłoże, surowość klimatu nie stanowią czynnika restrykcyjnego, który ograniczałby rozwój tych organizmów. Powolny rozrost plechy, zmiany charakterystycznego zabarwienia, uszkodzenia w budowie makroskopowej, brak organów rozmnażania wegetatywnego świadczą o zmianach wilgotności lub zanieczyszczeniach w środowisku ich życia. Wymienione czynniki są podstawą do wykazania różnic w tempie przyrostu plech rozwijających się w warunkach miejskich i w naturalnych habitatach. Nagromadzenie na ograniczonej przestrzeni dużej ilości budynków (gęsta zabudowa), zminimalizowana powierzchnia zieleni, często brak otwartych zbiorników wodnych (staw, jezioro, zalew) znacznie zmieniają bilans ciepły i wodny tych obszarów, wpływając na różnice temperatur, zachmurzenie i wielkość opadów atmosferycznych między miastem a terenami pozamiejskimi. Zmieniają się zatem warunki wilgotności i doświetlenia, co wpływa na tempo przyrostu plech. Analiza wpływu wilgotności na przyrost plech może znaleźć zastosowanie w metodzie lichometrycznej, która pozwala na datowanie tempa odsłaniania skał, topnienia lodowców, czasu po-

wstawiania osuwisk i datowania powstawania starych budowli. Znając tempo tego przyrostu, można określić wiek powierzchni skalnej – odsłoniętej np. w wyniku trzęsienia ziemi, obrywu, odsłonięcia spod ziemi albo ustąpienia lodowca. Metody lichenometrii opierają się na znajomości tempa rocznego przyrostu plech różnych jednostek systematycznych porostów, co ściśle związane jest z warunkami wilgotności w sezonie badawczym.

Badania przyrostu plechy w zróżnicowanych warunkach wilgotności wykazały wpływ tego czynnika na tempo przyrostu plechy pustułki pęcherzykowatej. Na tej podstawie wyciągnięto następujące wnioski:

1. Stały przyrost powierzchni plechy obserwowano w próbach badawczych, w których utrzymywano wilgotność na poziomie 80–90% (tab. 1) i wyniósł on 12,95 cm².

2. W próbie, w której utrzymywano wilgotność 60–70%, w dwóch przypadkach odnotowano spadek wielkości powierzchni plechy o 6,69 cm² i 4,01 cm² i w dwóch przypadkach wzrost wielkości plechy o 4,08 cm² i 8,87 cm², co daje 2,25 cm² łącznego przyrostu plech poddanych eksperymentowi.

3. W próbie, w której utrzymywano wilgotność 30–40%, w dwóch przypadkach odnotowano spadek wielkości powierzchni plechy o 2,5 cm² i 0,98 cm² i w dwóch przypadkach wzrost wielkości plechy o 0,57 cm² i 1,28 cm², co daje 1,63 cm² łącznego przyrostu plech poddanych eksperymentowi.

4. Przyrost powierzchni plechy utrzymywanej w wilgotności 30–40% jest najmniejszy i wynosi 1,63 cm² w kolejności przy wilgotności 60–70% – 2,25 cm², a największy przy wilgotności 80–90% – 12,95 cm².

5. Znając poziom wilgotności powietrza w roku badań, na podstawie tempa przyrostu plechy, można stosować pustułkę pęcherzykową do oceny wieku drzewa, na którym stwierdzono jej obecność ponieważ porost ten jest porostem epifitycznym, zasiedlającym pnie drzew.

Literatura

- Ari F., Celikler S., Oran S. i in., 2014. Genotoxic, cytotoxic, and apoptotic effects of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. on breast cancer cells. *Environ Toxicol*; 29 (7): 804-13.
- Bielczyk U., 2001. Skala porostowa. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN. Kraków.
- Fałtynowicz W., 2003. The Lichenes, *Lichenicolous* and allied Fungi of Poland. Krytyczna lista porostów i grzybów naporostowych Polski. Kraków: Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, ISBN 83-89648-06-7.
- Joźwiak M., 2007. Kumulacja metali ciężkich i zmiany morfologiczne w plechach porostu *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *MŚP*; 8: 51-6.
- Joźwiak M.A., Joźwiak M., Szwed M., 2010. Metody transplantacji porostów stosowane w biomonitoringu powietrza atmosferycznego, *MŚP*; 11: 15-23.
- Joźwiak M., A., Joźwiak M., 2009. Influence of cement industry on accumulation of heavy metals in bioindicators. *Ecol Chem Eng S*; 16 (3): 323-34.
- Kiszka J., 1990. Lichenindykacja obszaru województwa krakowskiego. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, 18., s. 201-212.
- Kłos A. 2009 Porosty w biomonitoringu środowiska. Uniwersytet Opolski, *Studia i Monografie* nr 420, Opole.
- Latkowska E., Bober B., Chrapusta E. i in., 2015. Secondary metabolites of the lichens *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. and their presence in spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) bark. *Phytochem*; 118: 116-23.
- Matwiejuk A., 2007. Porosty Białegostoku jako wskaźniki zanieczyszczenia atmosfery. t. 2. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Ranković B., Kosanić M., Manojlović N. i in., 2014 Chemical composition of *Hypogymnia physodes* lichen and biological activities of some its major metabolites. *Med Chem Res*; 23 (1): 408-16.
- Turkez H., Aydin E., Aslan A., 2012. Effects of lichenic extracts (*Hypogymnia physodes*, *Ramalina polymorpha* and *Usnea florida*) on human blood cells: cytogenetic and biochemical study. *Iran J Pharm Res*; 11 (3): 889-96.
- Wójciak H., 2010. Porosty, mszaki, paprotniki, Warszawa: Multico Oficyna Wydawnicza, ISBN 978-83-7073-552-4.

STRESZCZENIE

Celem prowadzonych badań było wykazanie zależności między wilgotnością środowiska zewnętrznego (powietrza atmosferycznego) a intensywnością przyrostu plechy pustułki pęcherzykowatej [*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.].

Porosty są organizmami o niewielkich wymaganiach biotopowych. Dostęp światła, odpowiednia wilgotność, czyste środowisko i dobre miejsce uczepu plech to podstawowe wymagania niezbędne do wzrostu i rozmnażania porostów. Pustułka pęcherzykowata tworzy plechę listkowatą rozpostartą na podłożu. Listki plechy tworzą nakładające się na siebie rozety. Budowa anatomiczna wskazuje na jej heteromeryczność, dzięki czemu obecność kory górnej umożliwia ektohydryczność plechy. Zabezpieczenie dostępu światła i zróżnicowana w badaniach wilgotność środowiska pozwoliły na wykonywanie cyklicznych pomiarów tempa przyrostu plechy. Metodyka pracy uwzględniała wykonywanie w cyklu miesięcznym obrysów plechy, a następnie obliczanie jej powierzchni w dwóch próbkach badawczych, tj. w warunkach 90% wilgotności uzyskiwanej w wyniku systematycznego zraszania i 60% wilgotności odpowiadającej warunkom naturalnym w pracowni biologicznej. Uzyskane wyniki w sposób jednoznaczny wskazują na różnice w wyglądzie plech zraszanych (większa objętość, intensywny siniozielony kolor) i plech hodowanych w warunkach niskiej wilgotności (plechy zmarszczone, listki niewielkie, plecha brunatnosina), w których nie odnotowano przyrostów na przestrzeni całego cyklu badań. Wilgoć jest więc podstawowym czynnikiem sprzyjającym rozwojowi i wzrostowi plech porostów. Wskazują na to również obserwacje terenowe, z których wynika, że okresy jesienny i wiosenny to czas najbardziej intensywnych przyrostów plech, wynikający ze zwiększonej w tych okresach ilości opadów atmosferycznych.