

GRZYBY MIKROSKOPIJNE WYSTĘPUJĄCE W ARKTYCE I OBSZARACH ALPEJSKICH

Microfungi in Arctic and alpine regions

Andrzej CHLEBICKI

Summary. This review is concerned with the strategies of survival under Arctic and alpine conditions and adaptation of fungi to the short Arctic and alpine summers. The arctic-alpine species show ecological and morphological adaptations as the simplification of life cycle, the formation of ascospores with thick, pigmented walls and gelatinous sheaths which protect against UV-B radiation. The comparison of ascospores of dryadicolous fungi from Tatra Mts, Alps, Scandinavia and Spitsbergen shows increasing participation of species with pigmented ascospores towards North.

Key words: arctic and alpine microfungi, ecology

Dr Andrzej Chlebicki, Pracownia Mikologii, Instytut Botaniki im W. Szafera w Krakowie, Polska Akademia Nauk, ul. Podwale 75, 50–449 Wrocław

WSTĘP

Arktyka jest obszarem charakteryzującym się wyjątkowo chłodnym klimatem. Niskie temperatury w znacznym stopniu ograniczają aktywność żywych organizmów. Martwe części roślin są wskutek tego znacznie dłużej rozkładane przez saprofity. Grzyby mikroskopijne zasiedlające rośliny w Arktyce nie napotykają tak silnej konkurencji ze strony bakterii jak ma to miejsce w klimacie umiarkowanym. W związku z tym jest możliwe nawet znaczne wydłużenie niektórych faz cyklu życiowego [25]. Z badań Zabawskiego [37, 38, 39, 40] oraz Zabawskiego i Żurawskiej [41] wynika, że w środowisku glebowym Arktyki dominującą rolę pełnią raczej bakterie, a nie grzyby.

Grzyby arktyczno-alpejskie znane są od dawna. Pierwsze informacje na ten temat zostały opublikowane przez Ehrenberga [9], a także przez Auerswalda [1]. Warto zaznaczyć, że do

pionierów badań mikologicznych w Arktyce należał również wrocławski mikolog J. Schroeter, który opublikował kilka prac z takich terenów jak północna Skandynawia [26] i Labrador [27]. W polskiej literaturze tematyka ta jest bardzo skromnie reprezentowana. Również cytowania polskiej literatury w międzynarodowych czasopismach są bardzo wyrzutowe. Holm i Holm [13] cytują tylko jedną pracę Zabawskiego [37] spośród kilkunastu poświęconych Spitsbergenowi. W odniesieniu do grzybów wielkoowocnikowych sytuacja jest niewiele lepsza. Skirgiełło [29, 30] wymieniła 8 gatunków grzybów zebranych przez dr M. Kuca na Spitsbergenie, w tym typowo arktyczno-alpejski gatunek *Calvatia turneri* (Ellis et Everh.) Demoulin et M. Lange należący do *Gasteromycetes*. Nespiak [21] badał mikotrofizm roślinności alpejskiej w Tatrach. Stosunkowo niedawno ukazała się praca poświęcona grzybom wielkoowocnikowym Spitsbergenu [8], zawierająca informacje o 13 gatunkach należących do takich rodzajów, jak *Ar-*

rhenia, *Bryoglossum*, *Calvatia*, *Cortinarius*, *Galerina* i *Omphalina*.

Informacje o grzybach mikroskopijnych dotyczą zarówno grzybów glebowych Spitsberge-nu i Sudetów [36, 37, 38, 39, 40, 41], jak też saprofitów i pasożytów występujących na nadziemnych organach roślin, odnotowanych w Tatrach [5, 24, 32, 34], Pieninach [5, 15], Sudetach [35, 36] i na Babiej Górze [3, 4]. Spośród grzybów występujących na reliktach glacialnych w Polsce, dotychczas znane były przeważnie gatunki dość pospolite dla umiarkowanych obszarów [18, 20, 28, 29] (Tab. 1). W ostatniej mojej pracy [5] wymieniłem 15 grzybów występujących na *Dryas octopetala* w Polsce, w tym 14 gatunków arktyczno-alpejskich (Tab. 1). W materiale z Pienin została znaleziona *Discosia strobilina*, grzyb znany z występowania na wielu roślinach na całym świecie. Obecność tego grzyba w izolowanej populacji *Dryas octopetala* w Pieninach może mieć związek ze stosunkowo niskim położeniem pienińskiego stanowiska.

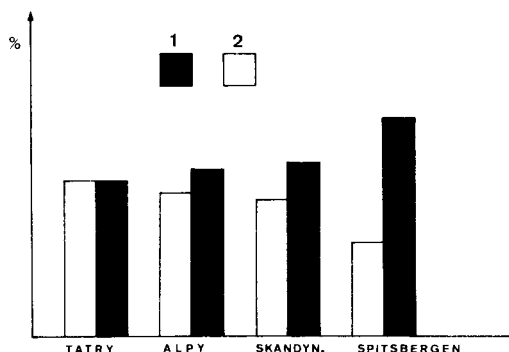
Wbrew pozorom należy się liczyć z dość dużą liczbą gatunków grzybów występujących na alpejskich i arktyczno-alpejskich gatunkach roślin. Nograsek [22] odnotowała w Alpach aż 128 gatunków grzybów w jednym tylko zbiorowisku *Caricetum firmæ*.

W mojej bazie danych znajdują się informacje o 180 gatunkach grzybów mikroskopijnych zebranych na *Dryas* w ciągu ostatnich 150 lat.

Większość arktyczno-alpejskich grzybów to pasożyty lub saprofity żyjące na liściach i łodygach roślin kwiatowych, mchów i paprotników. Wśród grzybów występujących na *Dryas octopetala* znany jest cały zespół grzybów epiksylicznych [11], z których pewna część została znaleziona również w Polsce [5]. Autoecjalne, długocykliczne rdze mogą być bardziej rozprzestrzenione na północ niż gatunki heteroecjalne. Stosunek liczby grzybów systemicznych (endopasożytów) do pozostałych ma w Arktyce o wiele wyższą wartość, niż w obszarach umiarkowanych. Jak twierdzi Lind [16], niektóre gatunki *Pyrenomyces* w Arktyce występują na mniejszej liczbie żywicieli; to samo zjawisko zaobserwował Lundqvist [17] w odniesieniu do koproficznych *Pyrenomyces*.

PRZYSTOSOWANIA DO ZIMNEGO I KRÓTKIEGO LATA

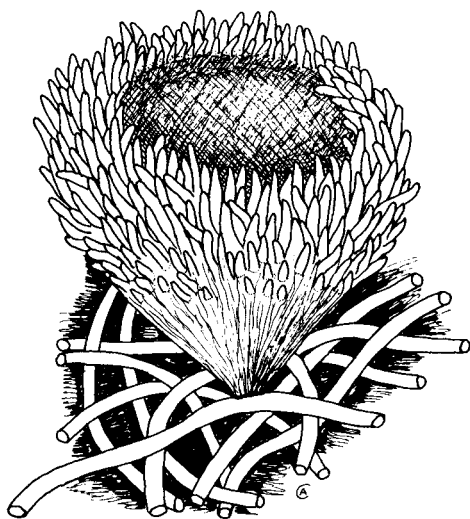
Niska temperatura i krótki sezon wegetacyjny są podstawowymi czynnikami ograniczającymi wytwarzanie zarodników i tym samym istnienie grzybów w Arktyce. Selekcja wśród grzybów arktycznych faworyzowała gatunki, które uruchomiły mechanizmy umożliwiające zarodnikowanie w tak trudnych warunkach. Dotychczas nie opisano dokładnie przystosowań morfologicznych, które byłyby wywołane warunkami arktycznymi, chociaż znane są modyfikacje cykli życiowych i zmiany fizjologiczne. Istotnym czynnikiem jest również światło, gdyż np. absorpcja promieniowania podnosi temperaturę strzępek grzybni i zwiększa szybkość metabolizmu. Intensywne zabarwienie ściany strzępek grzybni, sporokarpów i zarodników dominuje u grzybów atakujących rośliny z powietrza. Obok absorbowania ciepła, zabarwienie ścian stanowi osłonę protoplazmy przed szkodliwym oddziaływaniem promieniowania UV-B i zmniejsza straty wody. Zarodniki grzybów występujących w Arktyce i w obszarach alpejskich mają grubsza ścianę. Udział procentowy gatunków występujących na *Dryas octopetala*, wytwarzających ciemne zarodniki, jak też zarodniki z galaretowatymi otoczkami jest w Tatrach



Ryc. 1. Porównanie udziału procentowego gatunków mikrogrzybów z ciemnymi (1) i hialinowymi (2) zarodnikami występujących na *Dryas octopetala* w Tatrach, Alpach, Skandynawii i na Spitsbergenie.

Fig. 1. Comparison of participation of microfungi with pigmented (1) and hyaline (2) ascospores on *Dryas octopetala* from the Tatra Mts, Alps, Scandinavia and Spitsbergen.

najmniejszy, bo też klimat Tatr nie jest tak surowy jak w Arktyce (Ryc. 1). Najwięcej takich gatunków jest na Spitsbergenie, nieco mniej w Skandynawii i Alpach. Warto jeszcze zwrócić uwagę na usytuowanie gatunków z jasnymi miseczkami i hialinowymi zarodnikami, np. *Crocicreas dryadis*, *C. variable* i *Brunnipila dryadis*. Wszystkie te gatunki wykształcają miseczki na dolnej stronie liścia dębika, chroniąc się w ten sposób przed promieniowaniem UV-B. Pokryta tomentum dolna strona liścia jest jednak siedliskiem niezbyt korzystnym, a przede wszystkim ubogim w wodę. Przyczepione do włosków apotecja *Crocicreas dryadis* (Ryc. 2) reagują na brak wody jak aparaty szparkowe roślin naczyniowych, tzn. zmniejszają średnicę miseczki redukując w ten sposób parowanie [5].



Ryc. 2. *Crocicreas dryadis* var. *uniseptata*: miseczka (apotecjum) przyczepiona podstawą do włosków pokrywających dolną część liścia *Dryas octopetala*.

Fig. 2. *Crocicreas dryadis* var. *uniseptata*: apothecium attached to the hairs covering the leaf underside of *Dryas octopetala*.

UPROSZCZENIE CYKLU ŻYCIOWEGO I ROZMNAŻANIA

Fakultatywne pasożyty atakujące żywe organy roślin mogą na nich rosnąć również po śmier-

ci żywiciela, w czym przypominają saprofity. W klimacie umiarkowanym anamorfy (stadia konidialne), wytwarzające aseksualne konidia są bardzo często spotykane u workowców. Zarodniki konidialne rozsiewane przez wiatr, deszcz lub okazjonalnie roznoszone przez owady służą przede wszystkim do rozprzestrzeniania się grzyba, podczas gdy teleomorfa (stadium workowe) umożliwia grzybowi przeżycie zimy i jest miejscem rekombinacji genetycznej. U większości workowców klimatu umiarkowanego występuje następstwo stadiów – najpierw na wiosnę pojawia się generacja anamorfy produkującej konidia, a jesienią tworzy się teleomorfa, która rozsiewa zarodniki wiosną w następnym roku. Według Savile [25] w Arktyce nie ma czasu na taką przemianę pokoleń w ciągu jednego sezonu. Znane są cztery modyfikacje cykli życiowych arktycznych workowców:

1) anamorfa jest całkowicie zablokowana lub, jak twierdzą Müller i Magnuson [19], teleomorfa może być całkowicie zablokowana;

2) anamorfa rozwija się niezależnie od teleomorfy zachowując się jak niezależny gatunek, jak np. pospolity saprofita *Mycosphaerella tasiiana* (teleomorfa) i *Cladosporium herbarum* (anamorfa), które w Arktyce prawie nigdy razem nie występują; przypuszcza się że to rozdzielenie istnieje już od dawna;

3) anamorfa poraża żywe, jednoroczne liście w pierwszym roku, a teleomorfa rozwija się w następnych latach;

4) anamorfa rozwija się równocześnie z teleomorfą, trzonki konidialne wyrastają bezpośrednio z askokarpów teleomorfy.

STOPNIOWY ROZWÓJ ASKOKARPU

W Arktyce askokarpy prawie wszystkich workowców nie dojrzewają w ciągu jednego roku. Zazwyczaj tkanki gospodarza są infekowane przez grzyba bezobjawowo w pierwszym roku. Niedojrzałe askokarpy są tworzone w następnym roku, a zarodniki wytwarzane dopiero w trzecim lub czwartym roku. *Isothea rhythmoides*, która atakuje liście *Dryas octopetala* może dojrzeć w drugim roku w pobliżu granicy lasu, lecz potrzebuje co najmniej jeszcze jednego ro-

ku, jeżeli rośnie dalej na północ [25]. To spowolnienie rozwoju jest możliwe z uwagi na bardzo wolne tempo rozkładu substancji organicznych przez bakterie w Arktyce. Słabe działanie bakterii umożliwia więc zwiększenie ekologicznego spektrum tych grzybów. Znane są jednak również przypadki dość szybkiego tempa rozwoju. Askokarpy jednego z gatunków z rodzaju *Sclerotinia*, rosnącego na arktycznych turzycach, dojrzewają w ciągu jednego lata. Można to wyjaśnić obecnością dużych przetrwalników, które zawierają znaczną ilość substancji pokarmowych umożliwiających tak szybki rozwój [25].

PRZEDŁUŻONY ROZWÓJ GRZYBNI W GLEBIE

Niektóre *Agaricales* i niektóre ziemne *Discomycetes* owocują tylko w roku zapewniającym sprzyjające warunki wilgotności i temperatury. Takie zachowanie, które uniemożliwia zużycie nagromadzonych substancji organicznych na nieudane owocowanie, wydaje się być przejawem adaptacji do zimnych i suchych lat w Arktyce [25].

INFEKCJE ENDOFITYCZNE

Zarówno w Arktyce, jak i w Alpach [17, 24] stosunek grzybów systemicznych do pozostałych jest znacznie wyższy, niż w niżej położonych obszarach. Oprócz typowych grzybów systemicznych często są spotykane gatunki nie wywołujące objawów chorobowych. Tego typu grzyby zostały nazwane endofitami. Ostatnie badania wykazały, że wiele grzybów może przeżyć trudne, zimowe warunki w postaci endofitów, wykorzystując liście różnych zimozielonych roślin. Wrzosowate są atrakcyjnym podłożem dla wielu grzybów ze względu na obecność zimotrwałych liści [9]. Są one bardzo często zasiedlane przez liczne endofity. Widler i Müller [33] znaleźli w liściach *Arctostaphylos uva-ursi* aż 196 gatunków grzybów. Liczba endofitów w liściach wzrasta szczególnie w okresie zimowym [2]. Liście *Ericaceae* można uważać za swego rodzaju przechowalnię dla wielu grzybów, które w ten sposób starają się przetrwać

niekorzystny okres roku [19]. Holm [10] zwrócił uwagę, że grzyby rozwijające się na *Dryas* mają w swoim składzie znaczną liczbę gatunków znanych z *Ericaceae*. Wśród grzybów z *Dryas* spotykamy obok gatunków wspólnych z *Ericaceae* również młode taksony, które w niewielkim stopniu różnią się od podobnych gatunków znanych z *Ericaceae*, co mogłoby świadczyć o tym, że proces przechodzenia gatunków z *Ericaceae* na *Dryas* trwa już od dawna. Udział gatunków wspólnych dla dębika i *Ericaceae* jest w Tatrach najmniejszy (zaledwie 2 gatunki). Najwięcej takich gatunków odnotowano w Skandynawii i na Spitsbergenie.

ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ GRZYBÓW

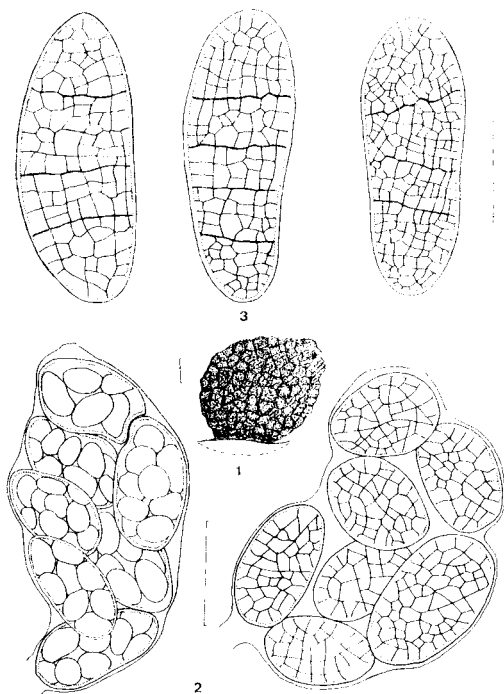
Zdaniem Savile [25] prawie wszystkie arktyczne grzyby są samopłodne. Organizmy te w związku z tym rozwinęły zastępcze mechanizmy: heterokariozę i wymianę jąder wegetatywnych. Uproszczenie cykli życiowych i systemu krzyżowania zwiększa znacznie szansę przeżycia w trudnych warunkach. U workowców zostaje najczęściej zablokowana anamorfa wytwarzająca konidia (w klimacie umiarkowanym właśnie konidia pełnią podstawową rolę w procesie rozprzestrzeniania się gatunku). Utrata możliwości wytwarzania konidiów teoretycznie powinna znacznie zredukować ten proces. Jednak rozprzestrzenianie się nie jest dużym problemem w Arktyce. Lind [16] sugerował, że saprofity mogą być transportowane ponad śniegiem w tkankach organów żywiciela (takie rośliny często są nazywane biegaczami śnieżnymi). Niedojrzałe askokarpy mogą być tym sposobem przenoszone do miejsc opanowanych przez żywe rośliny, gdzie później, po zaciepieniu się, mogą dojrzeć i wyrzucić zarodniki. Duże i ciemno zabarwione zarodniki workowe takich rodzajów jak *Pleospora* czy też *Clathrospora* są stosunkowo często obserwowane pod mikroskopem na zamierających liściach i łodygach roślin, które z pewnością mogą się odebrać i przenosić zarodniki dryfując po śniegu. Daleki transport w przypadku workowców może być również dokonany przez zarodniki workowe przyczepione do różnych organów roślin,

takich jak nasiona, owoce lub też cebulki i następnie transportowanych wraz z nimi po śniegu, aczkolwiek może to mieć mniejsze znaczenie niż daleki transport askokarpów. Niektóre grzyby o wyjątkowo wąskim zakresie żywicieli, jak *Wettsteinina eucarpa* występująca na *Polygonum viviparum*, są znajdowane nawet na granicy ich występowania, gdzie wspomniane rośliny rosną w dużym rozproszeniu (pojedyncza kolonia *Polygonum viviparum* spotykana jest na obszarze 40 km²). Docieranie zarodników z odległych źródeł do małych kolonii roślin jest więc możliwe dzięki mechanizmom dalekiego transportu [25]. Wiele interesujących informacji dostarczają w tym względzie badania przeprowadzone na nunatakach [6] i pływających górach lodowych [23]. Dennis [6] oznaczył 34 gatunki mikrogrzybów zebranych na Nunatakach Jense na oddalonych 25 km od brzegu lądolodu. Jest to stosunkowo duża liczba grzybów zważywszy, że na całym Spitsbergenie odnotowano dotychczas 135 gatunków *Pyrenomyces* [13]. Warto podkreślić, że w oznaczonym materiale zdecydowanie dominowały saprofity. Sądzę, że ma to związek z dalekim transportem askokarpów obecnych zazwyczaj na martwych, unoszonych przez wiatr fragmentach roślin. Rozprzestrzenianie się tym sposobem bezwzględnych pasożytów z pewnością ma o wiele mniejsze szanse sukcesu. Zebrane na nunatakach grzyby stanowiły mieszaninę gatunków arktyczno-alpejskich (znanych również z Polski) i pospolitych ubikwistów. Gjaerevoll i Ryvarden [7] odnaleźli na tych samych nunatakach 31 gatunków mchów i 62 rośliny naczyniowe, w tym dwa lokalne endemity. Świadczy to o dość dawnym zasiedleniu nunataków przez roślinność arktyczną. Na uwagę zasługuje ostatnie odkrycie na Spitsbergenie grzyba *Wentomyces dryadis* K. & L. Holm [12]. Rodzaj *Wentomyces* został opisany z Jawy, w związku z tym jego obecność w Arktyce jest dość zaskakująca. Niemniej jednak, jak powszechnie wiadomo, prądy morskie i oceaniczne są w stanie przetransportować materiał roślinny na dużą odległość. Przy tej okazji warto przypomnieć o relacji B. Polakiewicza, marynarza z jachtu „Mestwin”, który odwiedził wyspę Jan Mayen: „Na plaży ogromne rumowisko dREW-

na, które przyniósł tutaj Prąd Grenlandzki, ale są także liście roślin tropikalnych. Musiały odbyć wielką drogę niesione Gólfströmem” [14].

Grzyby występujące w Arktyce i w obszarach alpejskich są pod wieloma względami podobne. Dotyczy to zwłaszcza morfologicznych cech zarodników, które często mają zgrubiałe, pigmentowane ściany lub też są opatrzone galaretowatymi otoczkami. Obok wielu podobieństw znane są też różnice. Grzybom z obszarów alpejskich zazwyczaj wystarczy okres jednego roku, aby zamknąć cykl życiowy. W Arktyce grzyby potrzebują co najmniej dwu lub trzech lat, aby wytworzyć zarodniki. Ponadto w Arktyce grzyby występują w znacznie większym rozproszeniu i na mniejszej liczbie roślin żywicielskich [19, 24].

Ostatnio znacznie zwiększyła się liczba prac poświęconym grzybom obszarów arktycznych i



Ryc. 3. *Pleospora ascodedicata*: 1 – askokarp; 2 – worki z niedojrzałymi zarodnikami; 3 – dojrzałe, ciemno zabarwione zarodniki.

Fig. 3. *Pleospora ascodedicata*: 1 – ascocarp; 2 – asci with young ascospores; 3 – mature, brown and muriform ascospores.

Tabela 1. Mikrogrzyby odnotowane na niektórych roślinach arktyczno-alpejskich, alpejskich i reliktach glacialnych w Polsce

Table 1. Microfungi recorded on some glacial relics, arcto-alpine and alpine plants in Poland

Gatunek grzyba <i>Fungus species</i>	Roślina żywicielska <i>Host plant</i>	Autor <i>Author</i>
<i>Arthrinium luzulae</i>	<i>Luzula alpinopilosa</i>	Chlebicki 1989
<i>Brunnipila calycioides</i>	<i>Juncus trifidus</i>	Chlebicki 1990
<i>Chrysomyxa empetri</i>	<i>Empetrum nigrum</i>	Starmachowa 1963
	<i>E. hermaphroditum</i>	Starmachowa 1963
<i>Crocicreas dryadis</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Discosia strobilina</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Gnomonia campylostyla</i>	<i>Betula nana</i>	Schroeter 1909
<i>Gnomonia dryadis</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Isothea rhytismoides</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Wróblewski 1925, Sałata i in. 1984, Chlebicki 1995
<i>Leptosphaerulina dryadis</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Lophiostoma winteri</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Melampsora epitea</i>	<i>Salix lapponum</i>	Schroeter 1889, Majewski 1977
<i>Melampsorium betulinum</i>	<i>Betula nana</i>	Majewski 1977
<i>Mollisia cinerea</i>	<i>Salix lapponum</i>	Schroeter 1909
<i>Mollisia melatephra</i>	<i>Trichophorum alpinum</i>	Schroeter 1909
<i>Mycosphaerella octopetalae</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Othia dryadis</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Peronospora rubi</i>	<i>Rubus chamaemorus</i>	Muilenko 1994
<i>Pleospora ascodedicata</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Pleospora chrysosperma</i>	<i>Sempervivum montanum</i>	Chlebicki 1989
<i>Pseudomassaria islandica</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Pseudomassaria minor</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Puccinia asteris-alpini</i>	<i>Aster alpinus</i>	Kućmierz 1976
<i>Rhytisma salicinum</i>	<i>Salix lapponum</i>	Schroeter 1909
<i>Sphaerotheca volkartii</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Sałata i in. 1984, Chlebicki 1995
<i>Stomiopeltis dryadis</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995
<i>Tubeufia alpina</i>	<i>Dryas octopetala</i>	Chlebicki 1995

alpejskich. Na uwagę zasługuje oddana do druku, prawie kompletna lista roślin naczyniowych grzybów, glonów i sinic Spitsbergenu opracowana przez Elvebakk, Gjaerum i Sivertsena [13].

PODZIĘKOWANIA

Praca została wykonana w ramach grantu nr 6 P204 043 06 przyznanego przez KBN. Chciałbym serdecznie

podziękować dr. J. Zabawskiemu za udostępnienie wyników badań, zawartych w trudno dostępnych periodykach. Dziękuję prof. dr. W. Wojewodzie za krytyczne przejrzenie dwu wersji artykułu, a zwłaszcza za zwrócenie uwagi na niewłaściwie dotychczas stosowany termin grzyby mikroskopowe. Dziękuję również prof. dr. T. Majewskiemu za dyskusję nad prawidłowym stosowaniem terminologii grzybów.

LITERATURA

- [1] AUERSWALD B., 1869. *Pyrenomycetes*. W: W. GÖNNERMAN, L. RABENHORST (red.) *Mycologia Europae*, V/VI.
- [2] CAROLL F. E., MÜLLER E., SUTTON B. C. 1977. Preliminary studies on the incidence of needle endophytes in some European conifers. *Sydowia* **29**: 87–103.
- [3] CHLEBICKI A. 1989. Występowanie *Pyrenomycetes* i *Loculoascomycetes* oraz ich anamorf w zbiorowiskach roślinnych Babiej Góry. *Acta Mycol.* **25**(2): 51–143.
- [4] CHLEBICKI A. 1990. *Brunnnpila calycioides* (Rehm) Baral an alpine fungus new to Poland. *Acta Mycol.* **26**(2): 33–36.
- [5] CHLEBICKI A. 1995. Microfungi on *Dryas* extracted from Polish phanerogam herbaria. *Acta Soc. Bot. Pol.* **64**(4): 393–407.
- [6] DENNIS R. W. G. 1981. The fungi of Jensen's Nunataks, West Greenland. *K. Norske Vidensk.Selsk. Skr.* **3**: 1–20.
- [7] GIAEREVOLL O., RYVARDEN L., 1977. Botanical investigations on J. A. D. Jensen's Nunatakker in Greenland. *K. Norske Vidensk. Selsk. Skr.* **4**: 1–40.
- [8] GUMIŃSKA B., HEINRICH Z., OLECH M. 1991. Macro-mycetes of the NW Sörkapp Land, Spitsbergen. *Polish Pol. Res.* **12**(3): 407–417.
- [9] HOLM L. 1975. Taxonomic Notes on *Ascomycetes* VIII. Microfungi on *Cassiope tetragona*. *Svensk Bot. Tidskr.* **69**: 143–160.
- [10] HOLM L. 1979. Microfungi on *Dryas*. *Bot. Notiser* **132**: 77–92.
- [11] HOLM L., HOLM K. 1985. Kleinpilze auf *Dryas*-Stämmchen. *Sydowia* **38**: 136–145.
- [12] HOLM L., HOLM K. 1993. Dryadicolous *Ascomycetes* from Svalbard. W: O. PETRINI, G. A. LAURSEN (red.), *Arctic and Alpine Mycology* 3–4. *Bibliotheca Mycologica* **150**: 53–62.
- [13] HOLM L., HOLM K. 1994. Svalbard *Pyrenomycetes*. An annotated checklist. *Karstenia* **34**: 65–78.
- [14] KOSZEWSKI A., URBANYI Z. 1981. Polskie jachty na oceanach. Wydaw. Morskie, Gdańsk, ss. 587.
- [15] KUĆMIERZ J. 1976. Flora grzybów pasożytniczych Pie-nin. Część II. *Basidiomycetes, Deuteromycetes*. *Fragm. Flor. et Geobot.* **22**(4): 605–622.
- [16] LIND J. 1934. Studies on the geographical distribution of arctic circumpolar Micromycetes. *Kongel. Danske Vidensk. Selskab., Biol. Meddel* **11**(2): 1–152.
- [17] LUNDQVIST N. 1972. Nordic *Sordariaceae* s. lat. *Symb. Bot. Upsal.* **20**(1): 1–374.
- [18] MAJEWSKI T. 1977. Grzyby (*Mycota*) t. 9, Podstawczaki (*Basidiomycetes*), Rdzawnikowe (*Uredinales*). W: J. KOCHMAN, A. SKIRGIELLO (red.). *Flora Polska. Rośliny zarodnikowe Polski i ziem ościennych*. Warszawa-Kraków, ss. 396.
- [19] MÜLLER E., MAGNUSON J. A. 1987. On the origin and ecology of alpine plant parasitic fungi. W: G. A. LAURSEN, J. F. AMMIRATI and S. A. REDHEAD (red.), *Arctic and alpine mycology II*. Plenum Press, New York and London. *Environmental science research* **34**: 3–16.
- [20] MULENKO W. 1994. Notes on some rare and unusual species of parasitic fungi collected from natural plant communities in Poland. *Mycologist* **8**(2): 71–75.
- [21] NESPIAK A. Badanie mykotrofizmu roślinności alpejskiej ponad granicą kosodrzewiny w granitowych Tatrach. *Acta Soc. Bot. Pol.* **22**(1): 97–125.
- [22] NOGRASEK A. 1990. Ascomyceten auf Gefäßpflanzen der Polsterseggenrasen in den Ostalpen. *Bibliotheca Mycologica* **133**: 1–271.
- [23] POLUNIN N. 1960. Introduction to plant geography. Longmans, London, ss. 640.
- [24] SAŁATA B., ROMASZEWSKA-SAŁATA J., MULENKO W., 1984. Notatki mikologiczne z Tatrzańskiego Parku Narodowego. *Acta Mycol.* **20**(1): 13–21.
- [25] SAVILE D. B. O. 1972. Arctic adaptations in plants. *Can. Dept. of Agric. Monogr.*, **6**: 1–81.
- [26] SCHROETER J. 1880. Ein Beitrag zur Kenntnis der nordischen Pilze. *Jahres-Ber. Schles.Ges.f. Vaterl. Kult.* **58**: 162–178.
- [27] SCHROETER J. 1888. Beiträge zur Kenntniss der nordischen Pilze. 4. Einige Pilze aus Labrador und West-Grönland. *Jahres-Ber. Schles. Ges. f. Vaterl. Kultur.* **65**: 277–284.
- [28] SCHROETER J. 1889. *Uredinei*. W: Cohn's *Krypt.-Fl. Schlesiens* **3**(2), Die Pilze Schlesiens I; s. 291–381.
- [29] SCHROETER J. 1908. *Pyrenomycetes*. W: Cohn's *Krypt.-Fl. Schlesiens* **3**(2), Die Pilze Schlesiens II; s. 224–477.
- [30] SKIRGIELLO A. 1960. De quelques champignons supérieurs récoltés par M. Kuc au Spitsbergen en 1958. *Bull. Res.Counc. of Israel* **10**: 287–293.
- [31] SKIRGIELLO A. 1968. Higher Fungi collected in 1958 at Hornsund, Vestspitsbergen (sic!). W: K. BIRKENMAJER. (red.) *Polish Spitsbergen Expeditions 1957–1960, Summary of Scientific Results*. Wyd. Geol., Warszawa s. 113–116.
- [32] STARMACHOWA B. 1963. Grzyby pasożytnicze Tatr. *Monogr. Bot.* **15**: 153–294.
- [33] WIDLER B. & E. MÜLLER 1984. Untersuchungen über endophytische Pilze von *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Sprengel (*Ericaceae*). *Botanica Helvetica* **94**: 307–337.
- [34] WRÓBLEWSKI A. 1925. Spis grzybów zebranych przez Mariana Raciborskiego w okolicy Krakowa i w Tatrach, w latach 1883 i 1890. *Acta Soc. Bot. Pol.* **3**(1): 29–41.
- [35] ZABAWSKI J. 1967. Studia nad mikoflorą torfowiska wysokiego Zieleniec. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **76**: 355–400.
- [36] ZABAWSKI J. 1975. Mikoflora torfów z różnych zespołów roślinnych torfowiska subalpejskiego w Karkonoszach. Cz. I: Grzyby glebowe. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. we Wrocławiu, Rolnictwo* **31** (109), 9–17.
- [37] ZABAWSKI J. 1976. Soil fungi isolated from peat bogs in Hornsund region (West Spitsbergen). *Proc. 5th Int. Peat Congress, Poznań, Poland, Sept. 1976*, **2**: 158–170.
- [38] ZABAWSKI J. 1982. Fungi from the *Mucorales* group in the peat soils of Spitsbergen and other tundra areas. *Acta Univ. Wratisl.* **524**: 281–287.

- [39] ZABAWSKI J. 1982. Soil microfungi of peats in the Hornsund region (West Spitsbergen). *Acta Univ. Wratisl.* **525**: 269–279.
- [40] ZABAWSKI J. 1984. Polskie badania mikrobiologiczne gleb polarnych. W: W. STANKOWSKI (red.), *XI Sympozjum Polarne, referaty i sprawozdania*, UAM, Klub Polarny, Poznań, s. 45–59.
- [41] ZABAWSKI J., ŻURAWSKA M. 1975. Mikoflora pierwotnych gleb rejonu Hornsundu i lodowca Werenskiolda (Zachodni Spitsbergen). Polskie wyprawy na Spitsbergen 1972 i 1973 r. Materiały z Sympozjum Spitsbergeńskiego, Wrocław, 29–30 marca 1974, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław s. 101–107.