Badanie mykotrofizmu roślinności alpejskiej ponad granicą kosodrzewiny w granitowych Tatrach

Mycotrophy of the alpine vegetation of the Tatra Mountains

ANDRZEJ NESPIAK

(Wpłynęło dn. 31. III. 52 r.)

Praca niniejsza jest ogniwem w planowym badaniu mykotrofizmu roślinności polskiej. Ma ona na celu rozwiązanie tego zagadnienia dla zespołów żyjących w skrajnych warunkach dla naszego biotopu, gdzie i klimat i gleba są łatwe do określenia. Badania takie są potrzebne aby z całokształtu ich wyciągnąć wnioski o odżywianiu się roślin. Dzięki poznaniu zjawiska mykorhizy uległ zmianie pogląd na kwestię odżywiania się organizmów roślinnych. Teoria Liebiga znajduje coraz mniej zwolenników. Cały szereg roślin zielonych uważanych dotychczas za organizmy autotroficzne, odżywia się podobnie do roślin mięsożernych. Szczególnie odnosi się to do osobników tworzących mykorhizę endotroficzną. Poznanie grzybów mykorhizowych rozwiązało kwestię nieudających się sztucznych hodowli storczyków (B u r g e f f, 1909) i pozwoliło na wprowadzenie sosny na wyspach, gdzie dotychczas zabiegi aklimatyzacyjne nie udawały się (R a y n e r, 1950).

Liczne prace badaczy szwedzkich usiłują rozwiązać w laboratorium problem fizjologii mykorhizy. Szkoła Melina bada rodzaje grzybów wchodzących we współżycie z roślinami wyższymi i wpływ mikroelementów organicznych na rozwój mykorhizy.

Grupa autorów radzieckich, oraz R a y n e r (1950) ze współpracownikami prowadzą badania nad przeszczepianiem grzybów mykorhizowych na tereny dla nich nowe (stepy, gleby porolne, wyspy itp.). Są to badania mające wybitnie cel praktyczny, lecz nie rozwiązujące w żadnym wypadku samego zagadnienia.

Liczni uczeni, zajmujący się mykotrofizmem, rozpatrują to zjawisko albo w stosunku do jednego rodzaju, albo do pewnych rodzin roślin zielonych. Jaczewski (1933) i Asai (1934) podają w swych pracach spisy roślin, u których znaleziono mykorhizę. Asai (1934) bada mykotrofizm z punktu widzenia ekologicznego nie zwracając uwagi na wpływ asocjacji (zespołu), czyli bada zależności między mykotrofizmem a warunkami biotopu.

Zakład nasz podjął badania nad mykotrofizmem zespołów roślinnych, gdyż występowanie grzybów w przyrodzie wykazuje ścisły związek z zespołami roślinnymi. Spośród szwedzkich uczonych Björkman (1942) pierwszy badał zależność mykorhiz od różnych typów drzewostanów.

Zjawisko mykotrofizmu osobników jest wąskim wycinkiem biocenozy. Badanie mykotrofizmu zespołów roślinnych jest zagadnieniem szerszym, przez poznanie którego możemy wyjaśnić zależność tego zjawiska od warunków biocenotycznych i w tym nasze założenie różni się od założenia Asai (1934). Badacz ten stwierdził tylko, że mykotroficzność nie zależy od biotopu.

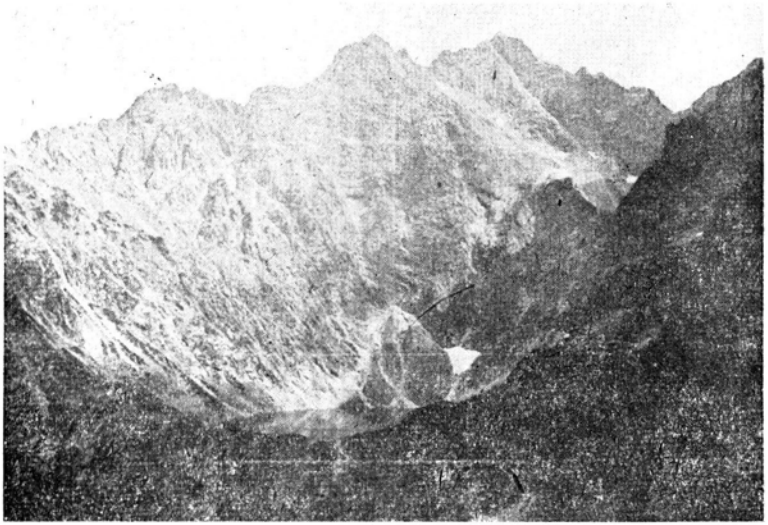
Praca poniższa jest fragmentem zagadnienia mykotrofizmu roślinności alpejskiej, jakie w ciągu najbliższych lat chciałbym opracować. Jednym z powodów wyboru tematu była pierwotna, nie skomplikowana budowa pionierskich zespołów wysokogórskich ponad granicą zasięgu kosodrzewiny. Pewną analogię możnaby przeprowadzić z opracowanym już zespołem wydm nadmorskich (Dominik, 1950). W obu wypadkach rośliny zdobywają sobie dziewiczy teren, w obu wypadkach cały zespół stanowi czasem ledwo kilka gatunków. Stosunkowo więc najłatwiej można na tym przykładzie wyjaśnić współżycie roślin z grzybami. Im mniej będzie niewiadomych, tym łatwiej uda się rozwiązać to wielkie równanie założone w naturalnych pierwotnych warunkach, a nie w sztucznych laboratoryjnych hodowlach człowieka.

Żeby badania przedstawiały wartość porównawczą daję na wstępie pracy dość dokładny opis biotopu.

* * *

Wysokie Tatry zbudowane są z granitu, którego mniej więcej jednolity skład mineralogiczny jest charakterysytcznym dla tych gór. Nazywa się on granitem tatrzańskim.

Szczegółowe dane o składzie granitów tatrzańskich opublikowała Turnau-Morawska (1935).



Ryc. 1. Szczyty otaczające Czarny Staw nad Morskim Okiem (teren badań).

Granit Przełęczy Białczańskiej i Kotła Mięguszowieckiego można zaliczyć do granitu oligoklazowo biotytowego budującego główne jądro krystaliczne Tatr (M i c h a l i k, 1950). Skała Mnicha należy prawdopodobnie do grupy granitów zautometamorfizowanych, tzw. granitu oligoklazowo-mikroklinowego z biotytem i ortoklazem.

W piętrze turniowym lite, nagie skały, pokryte często tylko porostami stanowią całość krajobrazu. Na skutek wietrzenia chemicznego i przede wszystkim termicznego następuje rozpad olbrzymich bloków na drobniejsze części, które kamienistymi lawinami zsypują się bezustannie z granitowych olbrzymów, tworząc znane w Tatrach doliniki nazwane pustymi, piarżystymi itp. Drobne kamyki, pył skalny oraz cząstki organiczne, nawiewane przez wiatr w zaklęśnięciach skał budują glebę. Tworzy się ona w każdej najmniejszej szczelinie lub pęknięciu. Miejsca te wykorzystują rośliny, rozrastając się i tworząc trawiaste półki skalne.

W piętrze halnym wprawdzie kobierzec roślin staje się zwartym lecz struktura gleby jest kamienista a miąższość jej często waha się od 2—10 cm. Jest ona łatwo przepuszczalna, dlatego mimo dużej ilości opadów stwarza warunki podobne do gleb suchych. Na skutek częstego i silnego przepłukiwania zasady są szybko wypłukane i znoszone do niższych terenów, często do potoków, na skutek czego gleby wysokogórskie należą do gleb kwaśnych, zarówno na wapieniach jak i na granitach. Potwierdzają to badania R a l s k i e g o i W ł o d-

k a (1928) nad kwasotą gleb tatrzańskich. Otrzymali oni na granitach pH = 4,30—5,24 na wapieniach pH = 4,24—6,64. Warunki chłodnego klimatu powodują duże nagromadzenie się materii organicznej, która rozkłada się powoli. W zaklęśnięciach skalnych lub na stokach o mniejszym spadku gromadzi się ona tworząc próchnicę. W wypadku utrudnionego przepływu wody, często nawet tworzy się gleba torfowa. Duży wpływ na ilość próchnicy ma zespół roślinny, wtedy gdy tworzy swój własny mikroklimat, jak to ma miejsce w *Pinetum mughi* (W ą s o w i c z, 1933).

Poniższa tabela podaje procentową zawartość tlenków, budujących minerały skały macierzystej z trzech stanowisk zbioru roślin.

Procentowa zawartość tlenków w granicie tatrzańskim w/g Turnau-Morawskiej (1935)

tlenek / stanowisko	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	H_2O
	w procentach											
Przełęcz Białczańska 2080 m npm.	70,1	0,25	16,1	1,01	1,56	0,03	0,70	3,06	1,43	5,01	0,05	0,51
Kocioł Mięguszow. 2000 m npm.	69,9	0,24	16,11	1,06	1,35	0,03	0,76	3,02	1,49	5,10	0,09	0,51
Mnich 1900 m npm.	72,8	0,13	15,00	0,72	0,90	0,02	0,40	2,12	3,61	3,96	—	0,32

Gleba do badań zebrana była z miejsc, z których zebrałem większą ilość roślin. Nie jest to gleba typowych poduch skalnych bogatych w próchnicę zwanych przez Niemców „Humuspolster", lecz z miejsc raczej skalistych, gdzie rośliny rosły niekiedy w bardzo cienkiej warstwie gleby. Wyjątek stanowi jedynie gleba Nr 3.

1. Przełęcz Białczańska, stok południowo zachodni, wys. 2080 m n.p.m. Gleba jest grubości 5 cm jasno brązowa, sucha, sypka z drobnymi kamykami, badane na miejscu pH = 4,0. Jest to miejsce porośnięte licznymi roślinami.

2. Kocioł Mięguszowiecki, stok północny, wys. 2000 m n.p.m. Gleba jest zebrana ze stromej pochyłości nagich skał obficie spłukiwanych wodą. Nieliczne rośliny tworzą drobne kępy. Gleba jest przemieszana z dość grubymi kamieniami, brunatna, bardzo wilgotna. Badane na miejscu pH = 4,5.

3. Mnich, zakłęśnięcie między skałami pod szczytowymi turniami wys. 2000 m. Gleba jest ciemna, bardzo wilgotna pobrana spod bujnie rozwiniętej kępy traw, o miąższości maksimum 15 cm. Badane na miejscu pH = 4,5.

Badanie chemiczne tych gleb przeprowadzono w Stacji Chemiczno Rolniczej I. U. N. G. we Wrocławiu.

Tabela wyników analizy próbek gleby

Nr próbki	pH n 1 w KCL	Kwasowość hydrolit. (H—3y) w 100 g gleby w mililitrach	P_2O_5 w 100 g gleby w/g Engera w mg	K_2O w 100 g gleby w/g Engera w mg	N-ogólny w %	Próchnica w %
1	4,1	7,13	1,7	6,0	0,20	2,85
2	4,5	8,85	4,3	2,0	0,30	2,28
3	4,8	11,25	0,4	4,0	0,33	5,12

Analiza gleby wysokogórskiej zwanej humusową przeprowadzona metodami stosowanymi dla analizowania gleb uprawnych nie daje właściwego obrazu, gdyż zostaje odsiany materiał martwych szczątków roślinnych, które tworzą właściwą jej masę. Dzięki temu zawartość próchnicy wypada bardzo mała (max. 5%), podczas gdy gleba ta przedstawia się jako zbita masa korzonków i obumarłych pędów niedostatecznie jeszcze zhumifikowanych.

Ilość azotu ogólnego w % jest pośrednia między wartościami dla gleb bielicowych i czarnoziemów, dla których jest w granicach 0,2—0,5%. W badaniach nad glebami z Doliny Pięciu Stawów Polskich W ą s o w i c z (1933) znajduje bardzo duże ilości materii organicznej (9,50—50,51%, przy analizie stosując metodę Knoppa) szczególnie spod zespołu kosówki, ale równocześnie też stosunkowo małe ilości azotu ogólnego (0,4—1,06%), tłumacząc to zahamowaniem czynności bakterii z powodu silnej kwasoty gleby, szybkim wypłukiwaniem produktów rozkładu związków białkowych oraz bardzo małą asymilacją wolnego azotu (W ą s o w i c z, 1933). Jednakże nasuwa się przypuszczenie, że w warunkach wysokogórskich azot wiązany z powietrza opada jedynie z deszczem i śniegiem podczas burz i wyładowań elektrycznych, natomiast odczyn gleby wyklucza działalność bakterii azotowych.

Fosfór i potas występują w bardzo dużej ilości: P_2O_5 0,4—4,3 mg K_2O 2,0—6,0 mg. Ilości obu pierwiastków w glebach badanych pochodzą z minerałów skały macierzystej. Ze skaleni wypłukiwane są związki potasowe, apatyt jest dostarczycielem fosforu.

Gleby z trzech badanych stanowisk należą do silnie kwaśnych pH = 4,1—4,8.

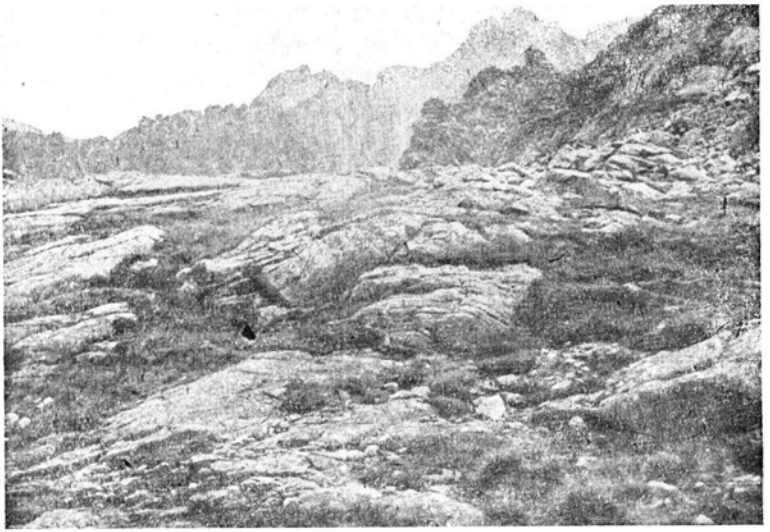
Reasumując ogólne wyniki analizy glebowej stwierdzić można, że w przypadku omawianym olbrzymi wpływ na skład chemiczny gleby ma podłoże mineralne. Przy porównywaniu zawartości podstawowych tlenków i azotu ogólnego w glebach wysokogórskich z glebami uprawnymi dochodzimy do wniosku, że rośliny strefy alpejskiej tkwią w podłożu dostatecznie zaopatrzonym w sole mineralne. Azot może być w postaci amoniakalnej lub organicznie związanej, gdyż przy tak silnym zakwaszeniu nie przebiegają procesy nitryfikacyjne.

* * *

Czynnikami kształtującymi klimat wysokich gór są: niskie ciśnienie powietrza, niska temperatura, duże opady, silne nasłonecznienie i wiatr. Wszystkie one mają olbrzymi wpływ na szatę roślinną gór. Im wyżej wznosimy się tym powietrze staje się rzadsze, czyli zmniejsza się ciśnienie atmosfery. W Tatrach waha się od 689 mm rtęci w Zakopanem do 553 mm na szczycie Garłucha. Równocześnie opada temperatura powietrza, na każde 100 m wzniesienia obniża się ona o około 0,5°C.

Tatry szczytami swymi sięgają do granic wiecznych śniegów, wprawdzie nie posiadają olbrzymich lodowców jak Alpy, ale w bardzo wielu miejscach leżą cały rok płaty śniegów. Częsty jest również opad śnieżny w miesiącach letnich nawet w niższych partiach gór. Rośliny dzięki niskiej temperaturze narażone są często na zmarznięcie, lub oblodzenie w pełni okresu wegetacyjnego. Średnia temperatura powietrza w ciągu roku dla piętra turni jest bliska 0°C.

Okres wegetacyjny w piętrze hal w Tatrach trwa od połowy maja do września, wyżej wśród turni jest krótszy z tym, że opóźniona jest wiosna. Na jesieni fale ciepłego powietrza dłużej utrzymują się w wysokich górach, wyrównując różnice temperatur dolin i szczytów. W zimie wahania temperatur na różnych wysokościach są niewielkie. Nie ma to zresztą dużego wpływu na rośliny ukryte pod grubą warstwą śniegu, chyba w czasie długotrwałych odwilży. Latem natomiast roślinność skał jest narażona na bardzo duże różnice temperatur dnia i nocy, częste są w nocy przymrozki podczas gdy w dzień skały mogą nagrzewać się do kilkudziesięciu stopni.



Ryc. 2. *Salicetum herbaceae* w Dol. za Mnichem.

Rośliny alpejskie, przyzwyczajone do niskich temperatur, krótki okres wegetacyjny wykorzystują na szybkie kwitnienie i dojrzewanie nasion. Częste wśród nich jest żyworództwo tzn. kiełkowanie nasion, które jeszcze nie zdołały się wysypać z kwiatostanów. Niska temperatura powietrza przy stosunkowo silnie nagrzanej skale wpływa również na kształtowanie się przyziemnych form roślinności piętra hal i turni.

Ciepłe powietrze idące z dolin, gdy podchodzi w górę ochładza się, a zawarta w nim para wodna skrapla się nad górami w postaci deszczu, śniegu lub mgły. Tym się tłumaczą duże opady szczególnie w lecie. W zimie prąd mas powietrza jest przeciwny.

Rośliny alpejskie pomimo dużych opadów cierpią na brak wody spowodowany niedosytem wilgotności powietrza i zabezpieczają się przed utratą wody, budową kseromorficzną. Czynnikiem powodującym niedosyt wilgotności jest silna insolacja słoneczna i niskie ciśnienie.

W górach światło słoneczne jest intensywniejsze dzięki temu, że jest bogate w promienie ultrafioletowe, które przy przechodzeniu przez warstwy przyziemne atmosfery zostają najwięcej pochłaniane, tak że w dolinach jest ich mniej w widmie słonecznym. Do poziomu morza dochodzi jedynie 68% promieniowania, podczas gdy do szczytu Mont Blanc 94%, a więc prawie wszystkie długości fal widma słonecznego. Temperatura insolacji według F r a n k l a n d s (według

S c h r o e t e r a, 1908) podana z trzech stanowisk o różnych wysokościach wskazuje jak duże wartości może ona osiągnąć w wysokich górach:

Witby (Anglia)	20 m nad poziom morza	w słońcu	37,8°
		w cieniu	32,7°
Pontresina	1800 m „ „ „	w słońcu	44,0°
		w cieniu	26,5°
Diavolezza	2980 m „ „ „	w słońcu	59,5°
		w cieniu	6,0°

Silna insolacja zastępuje brak odpowiedniej temperatury powietrza. Mimo zimna rośliny alpejskie szybciej dojrzewają i mimo ich karłowatości mają wygląd bujny. Im wyżej rośliny rosną, tym silniej podlegają działaniu światła bezpośredniego, gdy równocześnie światło rozproszone maleje. Warto tu nadmienić o laboratoryjnych badaniach B j ö r k m a n a (1942), które wykazały dodatni wpływ bezpośredniego działania światła na rozwój mykorhizy u siewek sosny i świerka. Prawdopodobnie i w rozwoju mykorhizy u roślin alpejskich światło bezpośrednie gra dodatnią rolę.

Ostatnim czynnikiem klimatycznym kształtującym roślinną szatę gór jest wiatr. W Tatrach panują wiatry zachodnie, oraz częste w okresie wiosennym miejscowe wiatry zwane halnymi. Roślinność zielna i niektóre gatunki roślin drzewiastych piętra halnego, jest zbiorowiskiem form przyziemnych i karłowatych (wierzby, jałowce), które silnie rozwiniętymi korzeniami opierają się destruktywnej sile wiatru.

Wielka niekompletność i bardzo krótki okres prowadzenia obserwacji klimatycznych, nie pozwala na wyciągnięcie średnich danych, jednakże możemy orientacyjnie powiedzieć, że w przeciągu okresu wegetacji średnie miesięczne temperatury leżą w granicach od 0,6°C w maju do 15,8°C w lipcu z tym, że cieplejsze są miesiące jesienne (średnie października mniej więcej odpowiadają średnim maja). Różnice temperatur różnych wysokości zaznaczają się wyraźniej w lecie. Średnie czerwca i lipca na Kasprowym Wierchu nie przekraczają 10°, podczas gdy Morskie Oko notuje w tym czasie około 15°C. Hala Gąsienicowa ma stale temperatury niższe od Morskiego Oka szczególnie w lecie, a to z powodu rozległej przestrzeni doliny. Mogą tam wiać silne wiatry, podczas gdy Morskie Oko zamknięte jest w kotle skalnym, którego ściany łatwo się nagrzewają. Zimą różnice temperatur w stosunku do wysokości maleją do minimum

Największe ilości opadów przypadają na miesiące letnie, szczególnie w czerwcu i lipcu. W zależności od wzniesienia nie można stwierdzić większych różnic, jedynie co do rodzaju opadu. Na Kasprowym Wierchu dłużej w ciągu roku pada śnieg lub deszcz ze śniegiem niż w Morskim Oku czy Hali Gąsienicowej.

Powyższe dane w odniesieniu do piętra turni mogą być przyjęte z pewnym zastrzeżeniem, wiadomo bowiem że w tych rejonach amplitudy temperatur dobowych będą nieco większej rozpiętości. Opady będą częstsze, szczególnie jeżeli chodzi o śnieg.

* * *

Przystępując do opracowania fitosocjologicznego podam jedynie krótki własny opis zespołów roślinnych, stanowiących na granitach piętro halne (alpejskie), z których zbierałem materiały korzeniowe. Wyczerpujące dane na ten temat podaje Pawłowski (1928, 1935).

W piętrze hal i turni, rozwijające się zespoły, zajmują często bardzo niewielkie powierzchnie tuż obok siebie, w zależności od ekspozycji, uwilgotnienia, podłoża skalnego i nasłonecznienia. Na nieustalonym piargu, wśród nagich skał na niewielkich skrawkach namulonej lub nawianej gleby, tworzy się pionierski zespół *Oxyrieto-Saxifragetum* (szczawióra i skalnic). W skład jego wchodzą nieliczne gatunki, tworząc drobne kępy wśród masy najczęściej ruchomych kamieni lub w szparach i pęknięciach stromych skał. W miejscach, gdzie piarg zaczyna się ustalać, wkraczają rośliny charakterystyczne już dla innych zespołów, stanowiąc przejściową strefę. Często kilka metrów od typowego *Oxyrietum* zwartą murawę tworzą gatunki należące już do *Luzuletum spadiceae* lub *Trifidi-Distichetum.*

Przedstawicieli zespołu szczawióra zebrałem z dwóch stanowisk z Kotła Mięguszowieckiego na stoku północno wschodnim, przy potoku wśród luźno rozrzuconego piargu, (gleba Nr 2) i najbliżej rosnących zwartych kęp roślin, oraz z Orlej Baszty w szparze skalnej o wystawie północno wschodniej z kępki kilku zaledwie tam rosnących gatunków.

W najbliższym sąsiedztwie *Oxyrieto-Saxifragetum* często występuje zespół *Luzuletum spadiceae* (kosmatki brunatnej). Spotyka się go na niewielkich przestrzeniach ustalonego wilgotnego piargu, w dość stromych żlebach oraz w zaklęśnięciach skalnych, gdzie gromadzi się nieco więcej gleby. Obumarłe części bujnie rosnących tu roślin tworzą duże nagromadzenie próchnicy.

Ryc. 3. *Luzuletum spadiceae* przy ścieżce na Świnicę.

Na południowo zachodnim stoku Żabiego (w drodze do przełęczy Białczańskiej) powyżej ostatnich stanowisk kosodrzewiny, która tu dochodzi do 1900 m w wilgotnym żlebie rozrasta się bujnie żywozielona murawa *Luzuletum spadiceae*, wśród której barwne plamy znaczą złote kwiaty kozłowca *(Doronicum Clusii)*, goryczki nakrapianej *(Gentiana punctata)* i liczne kępy kosmatki *(Luzula spadicea)*. Nieco inaczej rozmieszczony jest zespół *Luzuletum spadiceae* w szczytowych turniach Mnicha. Pod prostopadle spadającymi blokami i niżej na wykształconych półkach o dużym nachyleniu, w niewielkich zaklęśnięciach skał rosną kępy roślin w wilgotnej i próchnicznej glebie (próbka Nr 3). Na miejscach suchszych występują liczne okazy boimki dwurzędowej *(Sesleria disticha)* co wskazuje na pewną tendencję przejścia do zespołu *Trifidi-Distichetum*, zaś w miejscach gdzie podłożem są drobne ruchome kamyki, występują okazy *Saxifraga carpatica*, wskazujące na skrawki zespołu *Oxyrieto-Saxifragetum*. Trzecim miejscem gdzie zaobserwowałem gatunki charakterystyczne dla *Luzuletum spadiceae* jest południowo wschodni stok od przełęczy Zawrat ku dol. Pięciu Stawów Polskich. Na niewielkiej przestrzeni niezbyt stromego stoku roślinność stanowi dość zwarty kobierzec, z którego kilka gatunków jest przedstawicielami zespołu *Luzuletum spadiceae*. Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że rośliny porastające ten stok są mieszane i trudno określić typowy zespół. Obok kęp *Luzuletum* znajdują się płaty *Trifidi-Disti-*

chetum, jest to prawdopodobnie przejściowe stadium, w którym zespół sita skuciny opanowuje cały teren, w miarę łagodnienia i osuszania się pochyłości.

Trifidi-Distichetum (zespół sita skuciny), zajmuje największe połacie piętra halnego Tatr granitowych. O ile poprzednio opisane dwa zespoły występują w miejscach, gdzie warunki edaficzno-ekologiczne ulegają dość szybkim zmianom, co powoduje ich przejściowy charakter, zespół *Trifidi-Distichetum* zajmuje rozległe obszary, ponad zasięgiem kosodrzewu na zboczach stosunkowo łagodnych, które zdołał już porosnąć zwarty kobierzec murawy. Gleba jest tu wprawdzie czasem bardzo płytka, ale suchsza i pokrywa prawie całkowicie podłoże skalne.

Najcharakterystyczniejszy obraz tego zespołu spotkałem na przełęczy Białczańskiej (gleba Nr 1). Sam grzbiet przełęczy oraz stok południowo zachodni (strona polska) w suchej płytkiej glebie porasta zwarty kobierzec *Trifidi-Distichetum*, przechodząc niżej przy większej stromości zbocza w zespół *Luzuletum*, który zajmuje strome żlebki osiągając tam maksimum swego rozwoju.

Na stoku od Zawratu warunki rozwoju *Trifidi-Distichetum* już omówiłem, dodać należy jedynie, że jest on bogaty w gatunki *Festuca*, co stanowi prawdopodobnie jeden z wariantów tego zespołu (P a w ł o w s k i, 1928).

W miejscach, gdzie mimo łagodności stoku nie zmniejsza się wilgotność, tworzy się wyleżyskowy zespół *Salicetum herbaceae*. Dość duże wyleżysko znajduje się na północno zachodnich stokach Doliny za Mnichem blisko masywu turni Mnicha. Główną masę roślin stanowią tu płożące się wierzby *(Salix herbacea)*, szarota *(Gnaphalium supinum)* i rogownica *(Cerastium trigynum)* rosnące w grubym kobiercu mchów.

Osobno należy omówić roślinność jaką zebrałem pomiędzy skalnymi żebrami Wielkiej Buczynowej Turni. Jest to stromy stok, ale gęsto porośnięty, o wystawie południowej. Podłoże stanowi drobny żwir. Prawdopodobnie jest to fragment zespołu *Versicoloreto-Agrostidetum*. Rozwija się on wprawdzie jak podaje P a w ł o w s k i (1928) na wilgotnych skałach, ale w miarę rozwoju coraz bardziej zacieśnia swój związek z *Trifidi-Distichetum*. Charakterystyczne dla *Versicoloreto-Agrostidetum* jest występowanie w nim gatunków wapieniolubnych, z których w tym miejscu rosły: *Phyteuma orbiculare*, *Saxifraga aizoon* i *Cerastium lanatum*.

Wśród roślin w opisanych zespołach zebrano kilka rodzajów grzybów kapeluszowych w rzędu *Agaricales*.

W zwartym kobiercu mchów *Salicetum herbaceae* występują masowo okazy *Galera mycenopsis*, drobne grzybki o jasno brązowym kapelusiku na cienkim trzoneczku.

W zielonych kępach *Luzuletum* znaleziono jeden okaz *Amanitopsis vaginata*. Grzyb ten licznie rosnący w naszych lasach znajdowany był na przestrzeni od Arktyki do wysokich szczytów, przy wiecznych śniegach w tropikach.

We wrześniu na grani Wołoszyna wśród zwartej murawy, którą zaliczono do *Trifidi Distichetum*, gdyż skład gatunków roślin i warunki ekologiczne najbardziej odpowiadały temu zespołowi, znaleziono następujące rodzaje grzybów kapeluszowych. *Omphalia scyphoides, Omphalia scyphiformis, Omphalia umbellifera, Russula puellaris* i *Clitocybe laccata*. Dwa ostatnie rodzaje występowały w formach karłowatych np. *Clitocybe laccata*, która w lasach ma przeciętnie rozmiary 2—5 cm średnicy kapelusza oraz trzonek długości 5—15 cm (R i c k e n, 1915), w tych warunkach jest maleńkim grzybkiem długości trzonka 1—2 cm i średnicy kapelusza do 2 cm Trzy wymienione gatunki rodz. *Omphalia* są bardzo drobnymi grzybkami koloru białego lub lekko żółtawego, których kapelusiki nie dochodzą do 1 cm średnicy, a trzonki są bardzo cienkie długości 1—2 cm. W Tatrach podawano ich stanowiska z doliny Młynicy *(O. scyphoides)* i z nad jeziora Popradzkiego *(O. umbellifera)* (P i l a t, 1936). Czesi podają stanowisko *Omphalia del. v. Jaromirova* ze szczytu Garłucha (K v a s, 1951).

Reasumując opis środowisk roślin i grzybów można stwierdzić, że mamy tu do czynienia z kilkoma zespołami, od najbardziej pierwotnego do złożonych, rozwijającymi się w różnych warunkach ekologicznych. Wprawdzie ogólny klimat i podłoże mineralne w przybliżeniu są te same, z drugiej strony jednak wiadomo, że w wysokich górach wchodzi w grę mikroklimat zależny tak bardzo od nasłonecznienia, stromości zboczy, przepływu wody itp. czynników.

*
* *

U kilku rodzajów roślin alpejskich już dawniej znaleziono i opisano mykorhizę. Ograniczę się tu jedynie do wymienienia roślin, głównie rozmieszczonych w piętrze halnym. U *Sesleria sp.* grzyb my-

korhizowy w silnie rozwiniętych korzeniach prawdopodobnie umożliwia szybsze pobieranie wody, zabezpieczając roślinę przed więdnięciem przy dużym wyparowywaniu (S t a h l, 1900).

H e s s e l m a n (1900), badając roślinność Arktyki, stwierdził występowanie mykorhizy ektotroficznej u wszystkich wierzb, między innymi i u gatunków rosnących również w górach *(Salix herbacea, Salix reticulata)*. Również u *Polygonum viviparum* zauważył przegrzybienie korzonków wyrastających z podziemnej bulwy, stwierdzając typową mufkę mykorhizy ektotroficznej. Zjawisko to występowało tak na roślinach z Arktyki jak i z Alp. Ponadto w rodzajach *Taraxacum sp. Arnica alpina* i *Erigeron uniflorus* opisuje występowanie w korzeniach strzępek grzybowych, lecz nie jest pewien, czy jest to mykorhiza endotroficzna. Badania tego autora prowadzone były przeważnie w regionach koła podbiegunowego ale te same gatunki roślin występują w Tatrach, co skłania do przebadania ich mykotrofizmu ze stanowiska z wysokich gór.

Zbadany jest również mykotrofizm u gatunków goryczek łącznie z gatunkiem *Gentiana bavarica* ze stanowiska 3000 m n.p.m. (S t a h l, 1900). Autor ten przypisuje grzybowi w korzeniach pomocniczą rolę przy pobieraniu soli mineralnych i wody. Gentiany posiadają szczupły bilans wodny, brak im włośników, a w liściach mają słabo rozwinięte naczynia. Szczególnie gatunki jednoroczne mają bogatą mykorhizę.

*
* *

Nim przejdę do omówienia występowania mykorhizy roślin w zebranym materiale, krótko podam metody pracy.

Materiał korzeniowy zbierałem od lipca do września. Korzonki zakonserwowane w alkoholu krajałem na mikrotomie, po uprzednim zatopieniu ich w parafinie. Niektóre preparaty wybarwione zostały dla lepszego uwidocznienia grzyba w tkance korzenia przy pomocy bleu de cotton + safranina w laktofenolu-alkoholu.

W poniżej załączonych tabelach rośliny są uszeregowane według zespołów oraz stanowisk, z których były zebrane. Ten schemat był ułożony w pracy nad mykotrofizmem zespołów wydm nadmorskich dając jasny obraz mykotrofizmu zespołów.

Zespół	Stanowisko	Gatunek rośliny	Włośniki	Mykorhiza: Ektotrof.	Mykorhiza: Ekto-endotrof.	Mykorhiza: Endotrof.	Uwagi
Oxyrieto — Saxifragetum	Kocioł Mięguszowiecki 2.000 m	Arabis alpina	—	—	—	—	Niewielką przestrzeń ruchomego piargu porastają gatunki charakterystyczne dla *Oxyrieto - Saxifragetum* ale tuż obok wkracza zwarta murawa z gat. *Luzula spadicea* i *Gentiana punctata* co wskazuje na rozwój *Luzuletum spadiceae*.
		Arabis neglecta	+	—	—	—	
		Athyrium alpestre	+	—	—	—	
		Gentiana punctata	—	—	—	+	
		Geum reptans	—	—	—	+	
		Luzula spadicea	+	—	—	—	
		Lycopodium selago	—	—	—	—	
		Oxyria digyna	—	—	—	—	
		Poa alpina v. vivipara	—	—	—	+	
		Ranunculus alpestris	—	—	—	+	
		Ranunculus montanus	—	—	—	+	
		Rhodiola rosea	—	—	—	—	
		Saxifraga androsacea	+	—	—	+	
		Saxifraga bryoides	—	—	—	+	
		Saxifraga carpatica	+	—	—	—	
		Salix Kitaibeliana	—	+	—	—	
	Orla basta 2180 m	Arabis neglecta	+	—	—	—	Maleńka kępa roślin w szparze pionowych ścian po północnej stronie skały.
		Dianthus glacialis	+	—	—	—	
		Ranunculus glacialis	—	—	—	+	
		Saxifraga bryoides	—	—	—	+	
Luzuletum spadiceae	Stok od prz. Białczańskiej 1950 m	Anemone narcissiflora	—	—	—	+	Bujna kępa roślinności w płytkim wilgotnym żlebie, spadającym stromo do pierwszych stanowisk kosodrzewu.
		Cerastium fontanum	+	—	—	—	
		Doronicum Clusii	—	—	—	+	
		Ligustricum mutellina	—	—	—	+	
		Luzula spadicea	+	—	—	—	
		Lycopodium selago	+	—	—	—	
		Myosotis alpestris	+	—	—	+	
		Ranunculus montanus	—	—	—	+	
		Salix herbacea	—	+	—	—	
		Soldanella carpatica	+	—	—	+	
		Sedum alpestre	—	—	—	—	
		Veratrum Lobelianum	+	—	—	+	
		Veronica alpina	+	—	—	+	
	Szczyt. tur. Mnicha	Doronicum Clusii	—	—	—	+	Niewielkie zagłębienie oraz najbliższe półki skalne. Występowanie *Sesleria* świadczy o przejściu do zesp. *Trifidi-Distichetum*, zaś gat. *Saxifraga carpatica* do zesp. *Oxyrieto-Saxifragetum*.
		Gentiana frigida	—	—	—	+	
		Gentiana punctata	—	—	—	+	
		Festuca supina	—	—	—	+	
		Festuca supina v. vivipara	—	—	—	+	
		Luzula spadicea	+	—	—	—	
		Polygonum bistorta	—	—	—	+	

Zespół	Stanowisko	Gatunek rośliny	Włośniki	Mykorhiza: Ektotrof.	Mykorhiza: Ekto-endotrof.	Mykorhiza: Endotrof.	Uwagi
Luzuletum spadiceae	Szczyt. tur. Mnicha	Poa laxa	—	—	—	—	
		Primula minima	+	—	—	+	
		Saxifraga carpatica	—	—	—	+	
		Sesleria disticha	—	—	—	+	
		Soldanella carpatica	+	—	—	+	
		Veratrum Lobelianum	—	—	—	+	
	Zawrat	Solidago virga aurea	+	—	—	+	
		Taraxacum alpinum	—	—	—	+	
		Thymus alpestris	+	—	—	+	
Trifidi — Disticheta m	Przełęcz Białczańska 2080 m	Avena versicolor	+	—	—	+	Typowo rozwinięty zespół z dużą ilością kęp *Juncus trifidus* i *Sesleria disticha*.
		Campanula alpina	+	—	—	+	
		Carex sempervirens	—	—	—	—	
		Chrysanthemum alpinum	—	—	—	+	
		Festuca supina	+	—	—	+	
		Geum montanum	—	—	—	+	
		Hieracium alpinum	—	—	—	+	
		Juncus trifidus	+	—	—	+	
		Pedicularis verticilata	—	—	—	—	
		Pedicularis Oederi	—	—	—	—	
		Potentilla aurea	—	—	—	+	
		Polygonum viviparum	—	—	—	+	
		Primula minima	+	—	—	+	
		Pulsatilla alpina ssp. alba	—	—	—	+	
		Saxifraga moschata	+	—	—	+	
		Sesleria disticha	—	—	—	+	
		Sempervivum montanum	—	—	—	—	
		Silene acaulis	—	—	—	+	
		Vaccinium vitis idaea	—	—	—	+	
	Zawrat	Aconitum firmum	+	—	—	+	Jest to prawdopodobnie jeden z wariantów zespołu z przewagą rodz. *Festuca*.
		Agrostis rupestris	+	—	—	+	
		Anthoxantum odoratum	—	—	—	+	
		Epilobium anagallidifolium	+	—	—	+	
		Festuca picta	+	—	—	+	
		Festuca supina	—	—	—	+	
		Gnaphalium supinum	—	—	—	+	
		Poa alpina v. vivipara	+	—	—	+	
		Phleum alpinum	+	—	—	+	
		Silene acaulis	+	—	—	+	
		Viola biflora	+	—	—	+	

Zespół	Stanowisko	Gatunek rośliny	Włośniki	Mykorhiza			Uwagi
				Ektotrof.	Ekto-endotrof.	Endotrof.	
Salicetum herbaceae	Wyleżysko pod Mnichem 1900 m	Chrysanthemum alpinum	—	—	—	+	Rodzaje *Salix* i *Gnaphalium* stanowią większość pozostałe rodzaje rosną jako nieliczne egzemplarze na suchszym miejscu. Wśród płożących się wierzb gęsto zalega darń mchów.
		Geum montanum	—	—	—	+	
		Gnaphalium supinum	—	—	—	+	
		Homogyne alpina	—	—	—	+	
		Hieracium alpinum	—	—	—	+	
		Ligusticum mutellina	—	—	—	+	
		Lycopodium selago	—	—	—	—	
		Poa laxa	—	—	—	+	
		Polygonum viviparum	—	—	—	+	
		Ranuculus montanus	—	—	—	+	
		Salix herbacea	—	—	+	—	
		Taraxacum nigricans	—	—	—	+	
Versicoloreto — Agrostidetum	Buczynowa Turnia	Agrostis rupestris	+	—	—	+	Bogactwo gat. rosnących na niewielkiej przestrzeni, występowanie gat. wapieniolubnych, przemawia za zaliczeniem tego fragmentu do zespołu *Versicoloreto - Agrostidetum*.
		Adenostyles alliariae	+	—	—	+	
		Alchemilla firma	—	—	—	—	
		Bartsia alpina	—	—	—	—	
		Calamagrostis villosa	+	—	—	+	
		Campanula rotundifolia v. Kladniana	+	—	—	+	
		Coeloglossum viride	—	—	—	+	
		Cerastium lanatum	+	—	—	—	
		Erigeron uniflorus	—	—	—	+	
		Hieracium alpinum?	—	—	—	+	
		Hieracium Ullepitschii	—	—	—	+	
		Juniperus nana	—	—	—	+	
		Parnassia palustris	—	—	—	+	
		Phyteuma orbiculare	+	—	—	+	
		Saussurea pygmea	—	—	—	+	
		Saxifraga aizoon	—	—	—	+	
		Saxifraga Baumgartenii	—	—	—	+	
		Saxifraga oppositifolia	—	—	—	+	
		Sweertia perennis	+	—	—	+	
		Senecio subalpinus	—	—	—	+	

Z tabelarycznego zestawienia mykotrofizmu badanej roślinności można wyciągnąć ogólne następujące wnioski:

Zespół *Oxyrieto-Saxifragetum* posiada 49,5% roślin mykotroficznych.

Zespół *Luzuletum spadiceae* posiada 79,34% roślin mykotroficznych.

Zespół *Salicetum herbaceae* posiada 91,40% roślin mykotroficznych.

Zespół *Trifidi-Distichetum* posiada 83,40% roślin mykotroficznych.

Zespół *Versicoloreto-Agrostidetum* posiada 85,0% roślin mykotroficznych.

Przedstawiciele rodzin *Cruciferae* i *Cyperaceae* zgodnie z badaniami innych autorów należą do roślin autotroficznych.

Z rodziny *Juncaceae* uważanej również za autotroficzną *Juncus trifidus* wykazuje mykorhizę endotroficzną.

W gatunku *Polygonum viviparum* stwierdziłem mykorhizę endotroficzną, co nie zgadza się z badaniami Hesselmana (1900) znajdującego u tej rośliny mykorhizę ektotroficzną, natomiast potwierdza zdanie Stahla (1900).

Nie znalazłem przegrzybienia korzeni u rodzajów *Pedicularis* i *Bartsia* z rodziny *Scrophulariaceae; Cerastium* i *Dianthus* z rodziny *Caryophyllaceae;* oraz *Rhodiola rosea, Sedum alpestre, Sempervivum montanum* z rodziny *Crassulaceae.* Stahl (1900), oraz Asai (1934) podają *Sedum maximum, Sedum oryzifolium* i *Sedum Kamtschaticum* jako rośliny mykotroficzne.

Pozostałe rośliny niemykotroficzne w badanym materiale to: *Athyrium alpestre, Lycopodium selago,* oraz *Oxyria digyna.*

Bardzo wiele roślin posiada korzenie bez włośników, szczególnie wśród roślin mykotroficznych.

Wszystkie pozostałe gatunki tworzą mykorhizy, często bardzo liczne, typu tolypofagicznego.

W korzeniach roślin zebranych w lipcu przegrzybienie widoczne jest w postaci szarozielonej masy strawionych strzępek. W korzeniach zebranych w sierpniu i wrześniu często spotykałem całe niestrawione strzępki. Wnioski na ten temat podaję w dalszej części pracy.

Obecnie przejdę do zestawienia stopnia przegrzybienia rodzajów i gatunków występujących w różnych zespołach.

Stan przedstawia załączona tabela:

Zestawienie stopnia przegrzybienia rodzajów i gatunków roślin w różnych zespołach roślinnych

Rodzaj i gatunek	Zespół roślin. Stopień przegrzybienia korzeni				
	Oxyrieto-Saxifragetum	Luzuletum spadiceae	Salicetum herbaceae	Trifidi-Distichetum	Versicoloreto-Agrostid.
Agrostis rupestris				+	+
Campanula rotundifolia v. Kladniana					++
Campanula alpina				+	
Cerastium fontanum		—			
Cerastianum lanatum					—
Chrysanthemum alpinum			++	+++	
Festuca picta				+++	
Festuca supina		++		+++	
Festuca supina v. vivipara		++			
Gentiana frigida		++			
Gentiana punctata	++	+++			
Geum montanum			+++	+	
Gnaphalium supinum			++	+	
Hieracium alpinum			+++		++
Ligusticum mutellina		+++	+++		
Luzula spadicea	—	—			
Lycopodium selago	—	—			
Poa alpina v. vivipara	++			+	
Poa laxa		—	+		
Polygonum viviparum			+	+	
Primula minima		+		++	
Ranuculus alpestris	++				
Ranunculus glacialis	+				
Ranunculus montanus	+++	+++	+++		
Salix herbacea		+++	++		
Salix Kitaibeliana	+				
Saxifraga aizoon					
Saxifraga androsacea	+				+
Saxifraga Baumgartenii					
Saxifraga bryoides	++				+
Saxifraga carpatica	—	+			
Saxifraga moschata				++	
Saxifraga oppositifolia					+
Sesleria disticha		+		++	

— brak mykorhizy
+ mykorhiza bardzo słaba
++ mykorhiza wyraźna i częsta
+++ bardzo silne przegrzybienie korzeni

Gatunki zestawione wykazują następujące warianty przegrzybienia, albo w jednym zespole są mykotroficzne, a w innym sterylne, albo wykazują jednakowy stopień przegrzybienia, lub w jednym zespole są słabo, a w innym bardzo silnie przegrzybione. Wreszcie istnieją takie, które we wszystkich zespołach wykazują jednakowo silne przegrzybienie.

Z tego można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Gatunki grzybów w różnych zespołach roślin alpejskich są różne i dzięki temu pewne rośliny zielone w jednym zespole spotykają symbionta, a w drugim obywać się muszą bez niego np. *Poa laxa* i *Saxifraga carpatica*. *Poa laxa* jest dobrym wskaźnikiem do wnioskowania, gdyż tworzy ona w zespołach masowe skupienia.

2. Nierównomierne przegrzybienie w różnych zespołach u tego samego gatunku, może mieć różne powody, od warunków ekologicznych począwszy, a skończywszy na różnorodnym dobieraniu się symbiontów.

3. Z jednakowego nasilenia przegrzybienia korzeni w różnych zespołach i to czasem bardzo silnego u pewnych gatunków roślin zielonych np. *Ranunculus montanus*, można wnosić o wielkiej możliwości dostosowywania się symbiontów do różnych warunków bytu.

4. Z omawianej tabeli wynika jednak ogólny wniosek, że nasilenie przegrzybienia korzeni nie jest zależne od zespołu roślinnego, natomiast procent roślin mykotroficznych bezwzględnie najniższy jest w zespołach pionierskich *(Oxyrieto-Saxifragetum)*.

5. Zespoły zawierające gatunki drzewiaste (karłowate) np. *Salicetum herbaceae* wykazują wyższy procent mykotrofizmu, niż te w których skład wchodzą jedynie rośliny zielne.

* * *

W tkance korzeni kilku badanych roślin spotkałem wśród całych niestrawionych strzępek charakterystyczne pęcherzykowate nabrzmienia opisane w literaturze jako *vesiculae*.

Nim podam ich dokładny opis przytoczę dane z literatury na ten temat.

Mc Luckie i A. Burges (1932) opracowując mykorhizę u rodziny *Rutaceae* a w szczególności u *Eriostemon Croveii* opisali mykorhizę endotroficzną typu thamniskofagicznego z charakterystycznymi arbuskulami, w których tworzyły się sporangiole. Między sporangiolami trafiały się strzępki rozdęte na szczycie albo pośrodku, tworząc charakterystyczne pęcherzyki *(vesiculae)*, występujące za-

równo wewnątrz świateł komórek, jak i w przestworach międzykomórkowych. Niektóre z nich tworzące się ze strzępek, leżących między błonami komórkowymi, rozpychały czynnie i deformowały sąsiadujące komórki. Pęcherzyki powstawały albo pojedynczo, albo gromadnie i nie były odgrodzone przegrodami poprzecznymi od strzępek; wykazywały silną wakuolizację, zawierały jądra, plazmę i materiały zapasowe.

Lihnell (1939) bardzo podobne pęcherzyki opisał w mykorhizie endotroficznej *Juniperus communis*. Zaobserwował on, że na granicy między strzępką i pęcherzykiem istnieje silne nabrzmienie błon, które wybitnie zwęża łączność. Zawartość pęcherzyka składa się z gęstej ziarnistej plazmy i masy jąder. Prócz tego znajdował krople tłuszczu, glikogen oraz mniej lub więcej wakuol, chociaż były także pęcherzyki zupełnie puste. Według niego pęcherzyki występowały cały rok bez przerwy.

Starsi autorowie uważali je za oogonia, sporangia lub chlamydospory.

Gallaud (w/g Lihnella, 1939) uważa pęcherzyki za organy spichrzujące. Starał się on znaleźć jakieś dowody cytologiczne dla wyjaśnienia znaczenia pęcherzyków. Nie znalazłszy wskazówek, które by upoważniały do tego, że pęcherzyki w mykorhizie

Ryc. 4. Przekrój podłużny korzonka *Ranunculus montanus*. Masowo występujące pęcherzyki w mykorhizie endotroficznej. Pow. 440 ×

jałowca są sporangiami, skłania się do poglądu, że są to organy spichrzujące, do czego wskazówkę znajduje w zmieniającej się ilości zawartości ich wnętrza. Według niego zwakuolizowane puste pęcherzyki powstają wtedy, gdy grzyb resorbuje materiały rezerwowe.

W badaniach moich podobne organy znalazłem u następujących gatunków: *Ranunculus montanus* z zespołu *Luzuletum spadiceae*, *Taraxacum nigricans* również z tego zespołu, *Pulsatilla alba* z zespołu *Trifidi-Distichetum*, *Erigeron uniflorus* i *Campanula rotundifolia v. Kladniana* z zespołu *Versicoloreto-Agrostidetum*.

Z zestawienia tego jak i z danych z literatury wynika, że pęcherzyki pojawiają się w mykorhizach u różnych gatunków w bardzo różnych warunkach ekologicznych i fitosocjologicznych, a mimo to są zjawiskiem bardzo rzadkim.

U roślin badanych przeze mnie pęcherzyki występowały masowo (ryc. 4) w typie mykorhizy tolypofagicznej. Jak z załączonych zdjęć (ryc. 5 i 7) wynika pęcherzyki mogą powstawać nie tylko na zakończeniach strzępek, lecz również interkalarnie. Bywają puste i wypełnione substancją ziarnistą z wakuolami. Ryc. 6 przedstawia charakterystyczny typ pęcherzyka wypełnionego substancją ziarnistą. Ryc. 9 przedstawia przekrój poprzeczny pęcherzyka z centralną wakuolą. Nie zawsze przejście z pęcherzyka do strzępki jest wąskie jak to opisuje L i h n e l l (1939), na ryc. 6 i 8 widać, że łączność ze strzępką jest swobodna. Pęcherzyki nie hamują dalszego wzrostu strzępki na długość, może ona wytworzyć uwypuklenie i rozwijać się w dalszym ciągu. Obserwacje mikroskopowe nie dały dowodu, który tłumaczyłby znaczenie pęcherzyków jako organów rozrodczych w życiu grzyba. Od sporangiów, chlamydospor i oogoniów różnią się

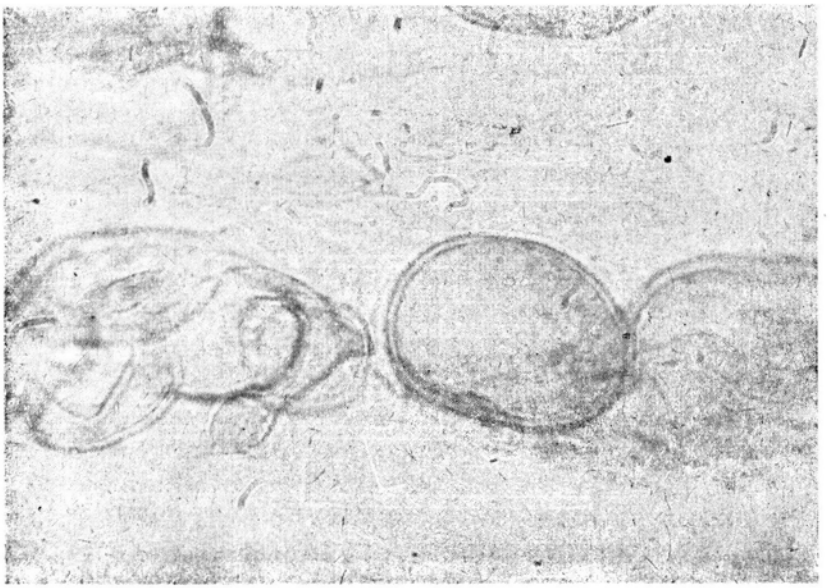
Ryc. 5. Przekrój podłużny korzonka *Ranunculus montanus*. Fragment strzępki tworzącej pęcherzyki na całej swej długości. Pow. 950 ×

one brakiem odseparowania od grzybni wegetatywnej przegrodą poprzeczną, co ma miejsce nawet u klasy *Phycomycetes*, nie tworzącej przegród poprzecznych w strzępkach wegetatywnych. Wewnątrz pęcherzyków nie wykryłem nigdy śladu podziału na ewentualne zoospory, lub innego typu endospory. Zawartość pęcherzy robi wrażenie raczej nagromadzonych materiałów zapasowych. Dla tego we wniosku moim skłaniam się do poparcia poglądu Gallaud i Lihnella.

Ryc. 6. Przekrój podłużny korzonka *Ranunculus montanus*. Pęcherzyk na końcu strzępki wypełniony ziarnistością. Pow. 950 ×

Jaki ewentualny zysk mogłaby mieć z tych organów roślina zielona, nie trudno jest przypuszczać z obrazów nawpół strawionych pęcherzyków w komórkach warstwy trawiennej, gdzie po rozpuszczeniu błon komórkowych przedstawiają one różne stadia rozkładu i zużycia. Wynikałoby więc, że są one nie tylko materiałem zapasowym dla grzyba, lecz i dla rośliny zielonej. Mykorhizy z pęcherzykami znalazłem jedynie u roślin trwałych i to w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego, kiedy rośliny te przygotowywały się już do okresu spoczynku. Niektóre z nich zebrane w lipcu a więc na początku okresu wegetacyjnego, z tych samych zespołów roślinnych nie wykazywały pęcherzyków w korzeniach, jedynie mykorhizę endotroficzną typu tolypofagicznego.

Wytwarzanie pęcherzyków jak gdyby na okres spoczynku, skłania do przypuszczenia, że są one miejscem nagromadzania materiałów zapasowych, które w ostrym klimacie górskim w krótkim okresie bezmroźnym pozwolą na gwałtowne rozwinięcie energii, przy wydaniu kwiatów i nasion w przyszłym sezonie wegetacyjnym. Szczegółowsze potraktowanie mykorhizy z pęcherzykami i zilustrowanie rycinami spowodował fakt, że zjawisko to jest bardzo mało znane, a w Polsce po raz pierwszy opisane.



Ryc. 7. Przekrój podłużny korzonka *Ranunculus montanus*. Fragmenty strzępek z pęcherzykami. Pow. 950 ×

* * *

W zakończeniu przytoczę kilka uwag na temat porównania zespołów alpejskich z zespołami wydm nadmorskich. Jak podałem na wstępie pracy w obu wypadkach mamy do czynienia z zespołami pionierskimi *Oxyrieto-Saxifragetum* w Tatrach i *Ammophiletum arenariae* nad brzegiem morza.

Różnice między tymi zespołami są następujące:

W górach: Gleba próchnicza z wielką ilością nie rozłożonych części roślinnych, leżąca bardzo płytką warstwą na skalnym podłożu, duża ilość rozpuszczalnych soli mineralnych, pH = 4,0—4,5, bardzo silne promieniowanie słoneczne, niskie ciśnienie i niska temperatura.

Ryc. 8. Przekrój podłużny korzonka *Ranunculus montanus*. Pęcherzyk na końcu strzępki, oraz dwa uwypuklenia boczne. Pow. 950 ×

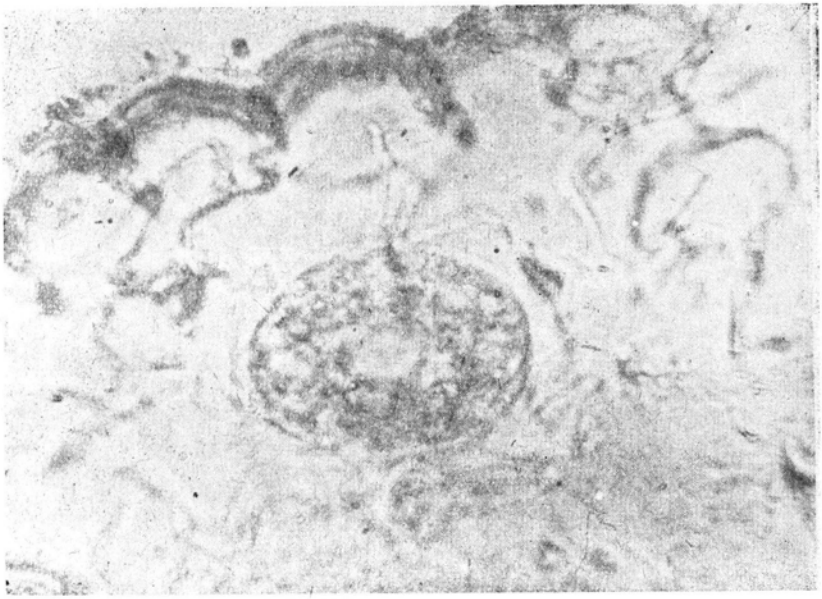
Na przedniej wydmie: Sypki piasek bez śladu próchnicy, nawiewany olbrzymimi masami na stanowiska roślin, mało soli mineralnych, pH = 6,5—7,0, słabsza intensywność widma słonecznego (po przejściu przez grubą warstwę atmosfery) i nie tak duże skoki temperatury.

W obu zespołach natomiast podłoże jest silnie wypłukiwane i stosunkowo ubogie w azot. Na wydmie prawie zupełny brak tego pierwiastka, w glebie górskiej jest go wprawdzie więcej, ale w stosunku do nagromadzonej tu próchnicy jest też w małej ilości.

Zespół wydmy przedniej składa się całkowicie z roślin autotroficznych za wyjątkiem wierzby. Zespół z luźnych piargów jest w 49% mykotroficzny.

Gdy porównamy zespoły bardziej złożone, to przekonamy się, że w wydmach dalszych od brzegu w prawie identycznych warunkach glebowych, przegrzybienie korzeni roślin było prawie tak częstym zjawiskiem jak i w zespole z luźnych piargów.

Różnice w nasileniu mykorhizy zespołów pionierskich i ustalonych można uzależnić od ilości próchnicy. Tam, gdzie tworzy się duża jej ilość i składa się z części niezhumifikowanych, przy silnej kwasowości aktualnej (pH = 4,0—4,5), rozwija się mykorhiza obficiej



Ryc. 9. Fragment poprzecznego przekroju korzonka *Ranunculus montanus* z pęcherzykiem wypełnionym ziarnistością. Pow. 950 ×

W wypadku zespołu pionierskiego albo w ogóle jest zbyt mała ilość gleby, a w tym i próchnicy, albo w ogóle brak próchnicy, jak to ma miejsce na przedniej wydmie i mykorhiza jest zjawiskiem rzadszym w porównaniu z zespołami złożonymi.

Innym czynnikiem warunkującym powstawanie związku rośliny z grzybem jaki nasuwa się po tych rozważaniach jest to, że w środowisku gdzie bardzo szybko i często zmienia się struktura samego podłoża glebowego (nawiewanie przez wiatr lub zmywanie wodą) nie może rozwinąć się to współżycie. Z chwilą gdy gleba się ustala, wszystko jedno czy to będzie piasek wydmy wzbogacony niewielką ilością próchnicy, czy gleba skalnej półki, tworzy się mykorhiza.

Możnaby jeszcze uzależnić tworzenie mykorhizy od światła. B j ö r k m a n (1942) jak już wspomniałem, stwierdził korzystną zależność przegrzybienia korzeni od siły oświetlenia. Brał on jednak pod uwagę oświetlenie lub ocienienie, nie badając składu widma słonecznego. Porównanie pionierskich zespołów wydmowych, rosnących w pełnym oświetleniu widma światła słonecznego nad poziomem morza (przeciętne przegrzybienie 46%) i pionierskich zespołów wysokogórskich (przeciętne przegrzybienie 85%) pozostających pod działaniem przede wszystkim promieni krótkich ultrafioletowych, wska-

zuje na to, że promienie ultrafioletowe prawdopodobnie korzystnie wpływają na rozwój mykorhizy.

Wnioski te wymagają jednak dalszych i szerszych badań. Może przy dalszych pracach nad mykotrofizmem roślinności gór będzie można dojść do pewniejszych rezultatów.

Streszczenie

1. Roślinność piętra hali turni w Wysokich Tatrach rozwija się na półkach skalnych, w szczelinach lub na stokach, gdzie podłoże skalne pokryte jest cienką warstwą gleby.

2. Gleba jest bogata w próchnicę z dużą ilością szczątków organicznych nieshumifikowanych, silnie przepłukiwana, o wysokiej kwasocie (pH = 4,1—4,8). Azot znajduje się w postaci amoniakalnej lub organicznie związanej, gdyż przy tak silnym zakwaszeniu nie przebiegają procesy nitryfikacyjne.

3. Klimat charakteryzuje się przeciętną roczną temperaturą około 0°C oraz dużą ilością opadów w okresie wegetacyjnym.

4. Zbadane zespoły tworzą roślinność piętra hal ponad granicą kosodrzewiny, począwszy od najbardziej pionierskiego *Oxyrieto-Saxifragetum*, do *Trifidi-Distichetum* zajmującego najrozleglejsze przestrzenie.

5. Wśród zespołów roślinnych hal znaleziono następujące gatunki grzybów kapeluszowych: *Omphalia scyphoides, Omph. scyphiformis, Omph. umbellifera, Russula puellaris, Clitocybe laccata, Amanitopsis vaginata* i *Galera mycenopsis*.

6. Prawie wszystkie przebadane rośliny tworzą mykorhizę. Zespoły bardziej złożone wykazują od 79% do 91% mykotroficzności, za wyjątkiem *Oxyrieto-Saxifragetum*, w którym przeważa procent roślin autotroficznych.

7. Opracowano szczegółowo rzadką formę mykorhizy endotroficznej, gdzie strzępki grzyba tworzą charakterysytczne pęcherzyki *(vesiculae)* opisane jako organy spichrzujące.

8. W zespole *Oxyrieto-Saxifragetum* stwierdzono prawie taki sam procent roślin mykotroficznych, jak w pionierskich zespołach wydm nadmorskich.

9. Z pracy niniejszej jak i z pracy o wydmach nadmorskich można wnioskować, że występowanie mykorhizy jest uzależnione od ustalenia się gleby, od nagromadzenia się próchnicy, od ustalenia się równowagi życiowej zespołu, oraz od składu promieniowania widma słonecznego.

Z Zakładu Fitopatologii i Ochrony Roślin
Uniwersytetu Wrocławskiego

Niech mi wolno będzie na tym miejscu złożyć gorące podziękowanie Panu Prof. dr Tadeuszowi D o m i n i k o w i za wybór tematu, udzielanie wielu cennych rad i pomoc w czasie pracy.

Panu Prof. dr Bogumiłowi P a w ł o w s k i e m u za skorygowanie części fitosocjologicznej, udostępnienie swoich publikacji nad zespołami roślin tatrzańskich, oraz za cenne rady i pomoc.

Panu Prof. dr Józefowi M ą d a l s k i e m u za korzystanie z jego prywatnej biblioteki.

Dziękuję również moim drogim koleżankom i kolegom, asystentom Zakładu Fitopatologii i Ochrony Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego, za przyjacielską i bezinteresowną pomoc jakiej udzielali mi, czy to przy zbiorach materiałów w terenie, czy w pracy laboratoryjnej.

S U M M A R Y

1. The alpine and subnivale vegetation of the High Tatra is developed on rocky shelves, slopes or clefts covered with a thin layer of soil.

2. The soil is rich in humus with a great amount of non-humificated plant remains, and very acid (pH — 4,1—4,8). Nitrogen is here in form of ammonium — or organic compounds because at so high acidity nitrification does not take place.

3. The climate is characterized by an average annual temperature of 0°C and by a great amount of rain (sometimes snow) during the vegetation period.

4. The plant associations investigated by the author upon their mycotrophy belong to the alpine vegetation above the *Pinus mughus* line, ranging from the pioneering association *Oxyrieto-Saxifragetum* to the most widely distributed — *Trifidi-Distichetum.*

5. The following mushroom species were found by the writer within the plant association of the alpine region: *Ompalia scyphoides, Omph. scyphiformis, Omph. umbellifera, Russula puellaris, Clitocybe laccata, Amanitopsis vaginata, Galera mycenopsis.*

6. Almost all investigated plants form mycorrhiza. More composed associations, except *Oxyrieto-Saxifragetum,* show 79% to 91% of mycotrophic species. The last mentioned association is characterized by the dominancy of non-mycotrophic components.

7. A rare form of endotrophic mycorrhiza has been described, by the writer, in which fungus hyphae form characteristic vesicles considered as storage organs.

8. The *Oxyrieto-Saxifragetum* association shows nearly the same percentage of mycotrophic species as found by the author in some pioneering associations of seaside sandhills.

9. The author concludes that the mycorhiza occurs most abundantly on the places where the soil is stabilized and contains much humus substances, where the life conditions of plant association are well balanced, finally, on places where the sun spectrum is rich in ultraviolet rays.

LITERATURA

1. Arcularius J. 1928. Zytologische Untersuchungen an einigen endotrophen Mykorrhizen. Centralblatt für Bakteriologie, Parasietnkunde und Infektionskrankheiten. Jena B. 74.
2. Asai T. 1934. Über das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen. Mitteilungen aus dem botanischen Laboratorium der Höheren Schule zu Kumamoto.
3. Björkman E. 1942. Om Mykorrhizans Utbildning hos Talla och Granolator, Odlade i Näringsrika Jordar vid Olika Kvävetillforsel och Ljustillgang. Meddelanden Frän Stat. Skogsförsöksanstalt. Häfte 32. Nr 2.
4. Björkman E. 1942. Über die Bedingungen der Mykorrhiza-Bildung bei Kiefer und Fichte. Symbolae Bot. Upsalienses VI Uppsala.
5. Dominik T. 1951. Mykorhiza. Warszawa.
6. Dominik T. 1951. Badanie mykotrofizmu wydm nadmorskich i śródlądowych (praca zbiorowa). Acta Soc. Bot. Pol. 21, 125—164.
7. Harley J. L. 1948. Mycorrhiza and soil ecology. Biological Review of the Cambridge Philosophical Society April v. 23, Nr 2.
8. Hesselman H. 1900. Om Mykorrhizabilndingar hos Arktiska Växter Bihang Till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar Bd 26 Stockholm.
9. Jaczewski A. 1933. Osnowy Mykołogii Leningrad.
10. Kvas J. 1951. Houbař ve Vysokých Tatrách. Mykologicky sbornik Cechoslovenicae 1—3.
11. Lihnell D. 1939. Untersuchungen über die Mykorrhizen und die Wurzelpilze von Juniperus communis. Symbolae Bot. Uppsalienses III Uppsala.
12. McLuckie and A. Burges. 1932. Mycotrophism in the Rutaceae. The Mycorrhiza of Eriostemon Crovei F. v. M. Proceedings of the Linnean Society of New South Wales, Vol. (57), Parts 5—6, str. 291—312.
13. Michalik A. 1950. Utwory przed permskie. Geologia Regionalna Polski, t. I, Karpaty.
14. Palla 1897. Atlas der Alpenflora. Graz.
15. Pawłowski, Sokołowski, Wallisch. 1928. Zespoły roślin w Tatrach część VII. Zespoły roślinne i flora doliny Morskiego Oka. Rozprawy wydz. mat.-przyr. P.A.U. tom LXVII Ser. A/B Kraków.
16. Pawłowski B. 1928. Elementy geograficzne i pochodzenie flory Tatrzańskiego piętra turniowego. Rozprawy wydz. mat.-przyr. P.A.U. tom 68. Kraków.
17. Pawłowski B. 1930. Maksima wysokościowa kilkudziesięciu roślin tatrzańskich. Spraw. Kom. Fizjog. P.A.U. tom LXV.

18. Pawłowski B. 1935. Über die Klimaxassociation in der alpinen Stufe der Tatra. Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences et des Lettres Serie B.

19. Pilat A. 1936. Atlas des Champignons de l'Europe. Serie A Omphalia Fascicule 1—8. Praha.

20. Ricken A. 1915. Die Blätterpilze (Agaricaceae), Leipzig.

21. Schroeter 1908. Das Pflanzenleben der Alpen, Zürich.

22. Turnau-Morawska M. 1935. Z mikrogeologii trzonu krystalicznego Tatr. Kosmos. Seria A.

23. Wąsowicz T. 1933. Badania nad glebami górskimi P.A.U. Prace Rolniczo Leśne Nr 7. Kraków.

24. Włodek J., Ralski E. 1928. Dalsze badania nad kwasotą gleb tatrzańskich. P.A.U. Kraków.