

W. STARZECKI

PRZEGLĄD BADAŃ NAD FLORĄ JASKIŃ

1. WSTĘP

W badaniach botanicznych nad florą jaskiń można wyróżnić dwa zasadnicze kierunki. Jeden odnosi się do organizmów niższych, głównie grzybów; organizmy te znajdują dogodne warunki życia w całej jaskini, gdyż rozwój ich niezależny jest od światła. Rosną one na substancji organicznej, pochodzącej z gleby doprowadzonej do jaskini przez wodę opadową; na liściach naniesionych nieraz w większych ilościach przez wiatr, na kawałkach drzewa, które gromadzą się w jaskiniach o pionowym rozwinięciu (aweny), na ekskrementach zwierząt i ludzi, odwiedzających jaskinie.

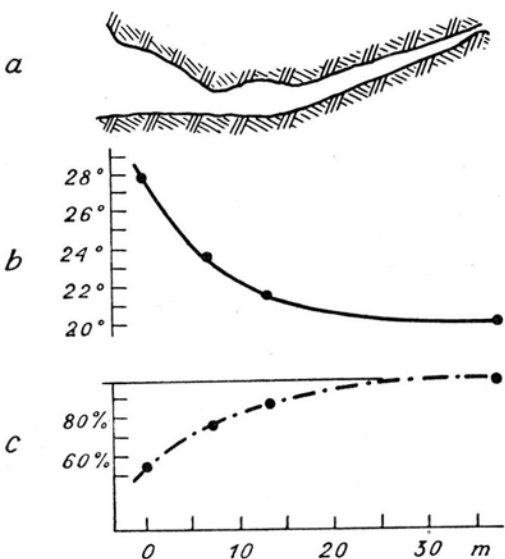
Drugi kierunek odnosi się do roślin zielonych. W odróżnieniu od grzybów występują one wyłącznie w strefie przyotworowej jaskini, do której dochodzi światło dzienne. Rośliny zielone rozwijają się w spongu na ścianach, jak i na stropie jaskini. W wypadku sztucznego oświetlenia można spotkać w głębi jaskini w bezpośrednim sąsiedztwie reflektorów niższe systematycznie gatunki (mchy, glony).

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA MIKROKLIMATYCZNA ŚRODOWISKA JASKINIOWEGO

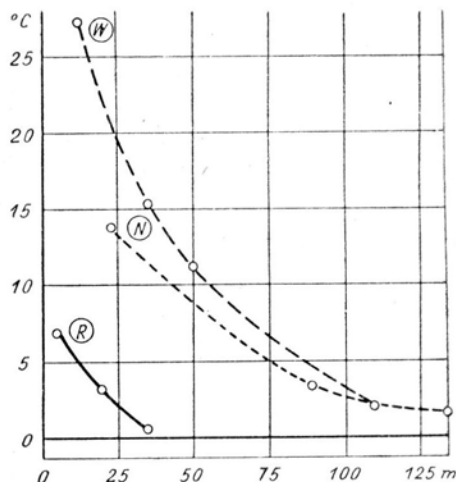
Warunki mikroklimatyczne układają się w jaskiniach w sposób specyficzny. Podstawowe czynniki klimatyczne: temperatura, wilgotność i światło charakteryzują się z jednej strony zmianami zachodzącymi w miarę posuwania się w głąb jaskini, z drugiej zaś zmniejszonymi wahaniami dobowymi i sezonowymi. Należy podkreślić, że w strefie przyotworowej następuje bardzo szybko zmiana temperatury, intensywności światła jak również i wilgotności. Na niewielkiej więc przestrzeni mamy przejście od warunków panujących na powierzchni do charakterystycznych dla jaskiń.

Temperatura w lecie stopniowo obniża się, a wilgotność wzrasta w miarę jak oddalamy się od otworów. Stosunki te dobrze ilustruje wykres (ryc. 1) z pracy Buxtona (Geiger 1942). W zimie zmiany temperatury są przeciwnie, gdyż wzrasta ona do wyrównanej temperatury, panującej w głębokiej części jaskini. Wyrównana temperatura jaskini charakteryzuje się tym, że nie mają na nią wpływu wahania sezonowe zachodzące na powierzchni

i dlatego utrzymuje się ona na poziomie średniej wieloletniej danego terenu. Zmniejszanie się rocznych amplitud temperatury w miarę posuwania się w głąb jaskini przedstawia ryc. 2. Na wyrównaną temperaturę jaskiń, podobnie jak na średnie wieloletnie ma wpływ między innymi szerokość geograficzna i położenie otworu nad poziomem morza. Kowalski zestawiał szereg wykonanych przez siebie pomiarów temperatur jaskiń z Wyżyny Małopolskiej i Tatr w zależności od wysokości otworu nad poziomem morza (ryc. 3). Jak widać z przytoczonego wykresu mimo dużego rozrzutu, ogólnie biorąc, zależność jest natury liniowej.



Ryc. 1. a) Przekrój pionowy jaskini, b) zmiany temperatury, c) zmiany wilgotności względnej w strefie przyotwowej wg Buxona (Geiger, 1942)

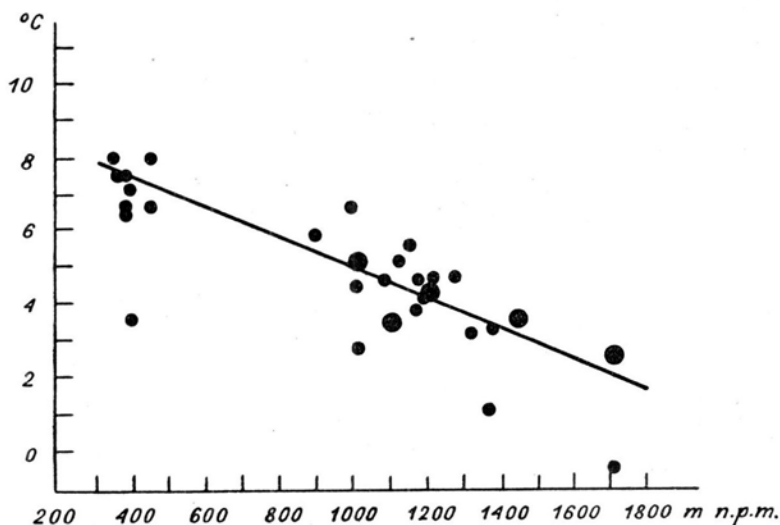


Ryc. 2. Zmiany amplitud rocznych w zależności od odległości od otworu w trzech jaskiniach: W-Wierzchowska Górna, N-Nietoperzowa, R-Raclawicka

Wilgotność w jaskiniach jest bardzo wielka i w partiach bez przewiewu z reguły powietrze nasycone jest parą wodną; wilgotność obniża się jedynie w bezpośrednim sąsiedztwie otworu i niekiedy w miejscach o silnym przewiewie. Należy podkreślić, że drobne zmiany wilgotności w głębokich częściach jaskini, jakie czasem udaje się uchwycić, zależą przede wszystkim od niewielkich termicznych zmian sezonowych, a nie od ilości dopływającej wody do jaskini.

Oświetlenie jaskini zależy między innymi od: otoczenia otworu, jego ekspozycji, rozwinięcia morfologicznego wstępnych partii jaskini. W jaskiniach możemy mieć do czynienia z trzema rodzajami światła: bezpośrednim słonecznym, rozproszonym z promieniowania nieba i odbitym. Intensywność

energii świetlnej maleje bardzo szybko w głąb jaskini z dwóch przyczyn: pierwszą jest osłabianie się natężenia światła ze wzrostem odległości od otworu, drugą szybkie zmniejszanie się wycinka nieba widzialnego z głębi grotu (tabl. I).



Ryc. 3. Zależność temperatury jaskiń od wzniesienia nad poziom morza. Duże punkty oznaczają jaskinie, w których prowadzono pomiary całoroczne, małe — pomiary jednorazowe (Kowalski, 1953)

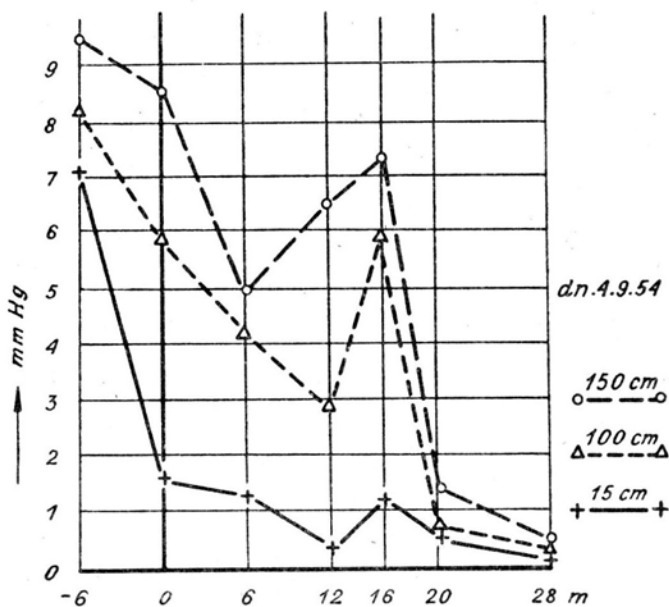
Tablica I

Zmiany intensywności światła w zależności od odległości od otworu i pory dnia (Starzecki 1958) (100% = pełne oświetlenie słoneczne)

Data	22. VIII. 54	27. VII. 54	17. VIII. 54	17. VIII. 54
Odległość od otworu	Czas pomiaru			
	10.15	12.00	15.10	18.05
0 m	8,89%	30,21%	100,00%	100,00%
5,5 m	4,72%	5,40%	7,14%	92,86%
9,5 m	1,69%	2,10%	3,51%	4,00%
10,5 m	1,52%	2,03%	3,06%	3,79%
13,5 m	1,11%	1,84%	2,65%	3,36%
20,0 m	0,11%	0,34%	0,52%	0,27%
21,5 m	0,01%	0,10%	0,37%	0,02%

W strefie przyotworowej nakładają się na siebie z jednej strony zmienne warunki zewnętrzne, z drugiej zaś stałe warunki jaskiniowe. W bezpośrednim sąsiedztwie otworu mniejszy wpływ mają pierwsze, w nieco głębszych partiach drugie. Wielkość, kształt i ekspozycja otworu, morfologia dna,

ścian stropu, lokalny wpływ komór i sal przyczyniają się do zaburzenia normalnego układu czynników klimatycznych i nie zawsze mają tak regularny charakter jak przedstawia ryc. 2. Jako przykład nieregularnego przebiegu gradientu poszczególnych czynników może posłużyć ryc. 4. Wykres przedstawia zmiany niedosytu wilgotności w strefie przyotworowej na trzech poziomach w jaskini Wierzchowskiej Górnej. Wyraźne obniżenie niedosytu w odległości 12 m od otworu na poziomie 15 cm spowodowane jest przez wypływający prąd wilgotnego powietrza z sąsiedniej komory, łączącej się



Ryc. 4. Przebieg niedosytu wilgotności na trzech poziomach w strefie przyotworowej w jaskini Wierzchowskiej Górnej

w tym miejscu poprzez niewielkie przejście ze wstępnym ciągiem jaskini. Krzywe odnoszące się do wyższych poziomów nie są objęte już tym wpływem. W odległości 16 m od otworu krzywe wszystkich poziomów wykazują zwiększenie niedosytu, które związane jest ze znacznym podwyższeniem dna na tym stanowisku pomiarowym.

Strefa przyotworowa dzięki swojej specyfice mikroklimatycznej ma ogromny wpływ na roślinność zieloną. Z jednej strony obserwuje się na małej przestrzeni znacznie większy zakres zmian niż na powierzchni. Ponadto zmiany te mają charakter ciągły. Z drugiej strony zmniejszenie amplitudy dobowej jak i rocznej czynników klimatycznych powoduje przedłużenie okresu rozwoju roślin.

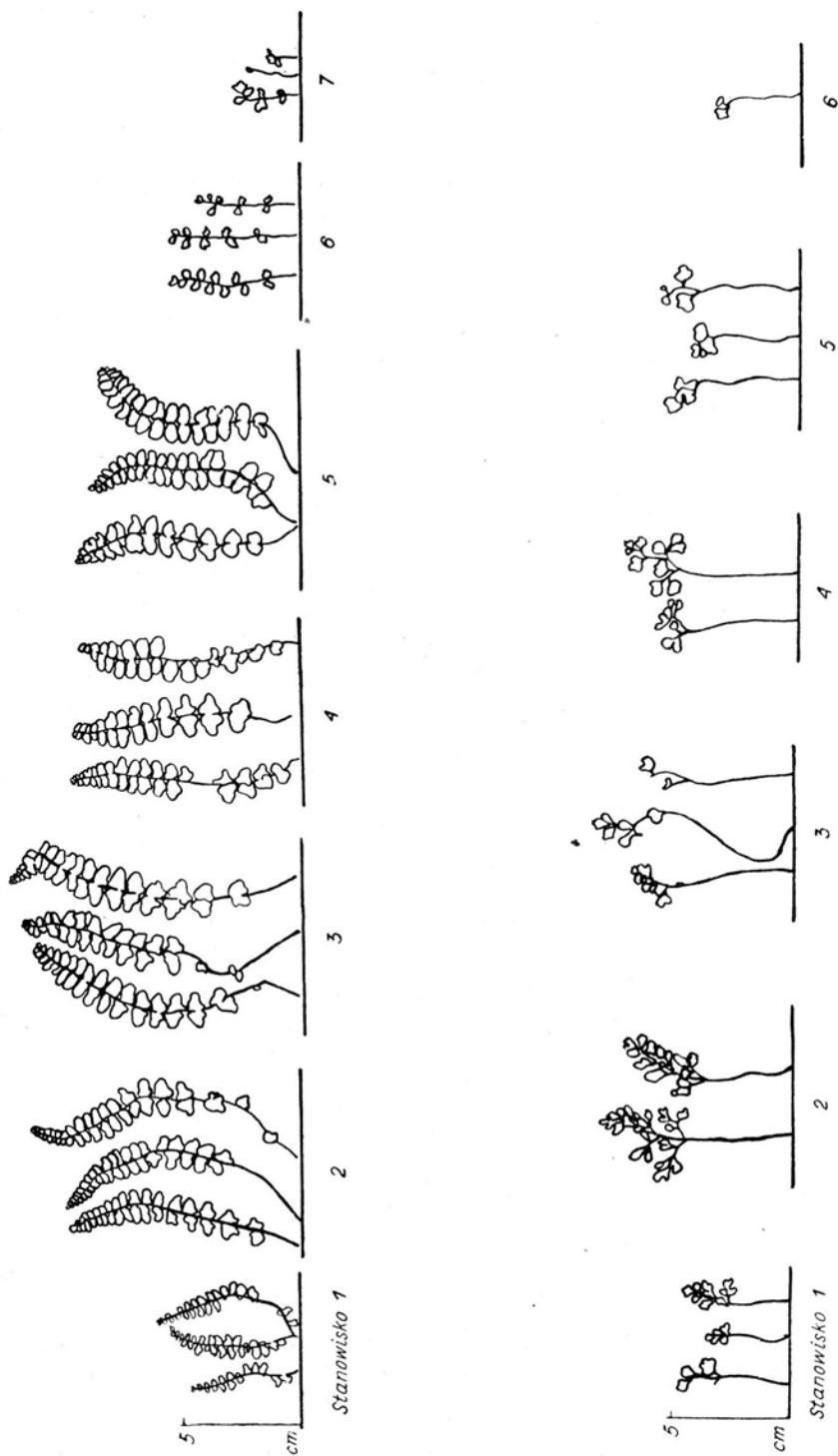
3. PRZEGLĄD PRAC ZWIĄZANYCH Z ROŚLINNOŚCIĄ JASKIŃ

Literatura odnosząca się do badań florystycznych w jaskiniach jest bardzo rozproszona, a wyłowienie zwłaszcza drobnych wzmianek nastęrcza duże trudności. Większość autorów zagadnieniem tym zajmowała się ubocznie i prace ich mają wybitnie charakter przygodnych obserwacji. Do botaników, którzy bardziej systematycznie zajmowali się florą jaskiń, można zaliczyć J. Maheu'a, L. Lämmermayera, F. Mortona i H. Gamsa. Z polskich zaś badaczy obszerniejsze rozprawy opublikowali A. Żmuda i W. Starzecki.

Początkowe zainteresowania roślinnością ograniczają się przede wszystkim do ustalenia listy gatunków, zwrócenia uwagi na zewnętrzne deformacje, opisy nowych odmian, a także i nowych gatunków, zwłaszcza w odniesieniu do grzybów. Badania nad pleśniami zasadniczo zatrzymały się na tym etapie. Wydaje się, że zbyt częste opisywanie przez autorów nowych odmian jest niesłuszne z dwu powodów: 1) rośliny jaskiniowe wykształcone są w większym lub mniejszym stopniu jako formy głodowe, 2) nigdzie tak dobrze jak właśnie w jaskiniach nie możemy obserwować form pośrednich, powstałych pod wpływem stopniowo zmieniających się warunków klimatycznych w głąb jaskini (ryc. 5).

Jedną z pierwszych wzmianek o roślinności jaskiniowej pochodzi z roku 1760 z *Flora Cariolica* J. A. Scopoli. Autor opisuje szereg grzybów żyjących pod ziemią i uwzględnia ich deformacje. Ponadto w wieku XVIII można wymienić Hedwiga, Zaisa i Humboldta (1793), którzy w swoich publikacjach uwzględnili również roślinność jaskiń. W roku 1811 Hoffmann opisuje w pracy «*Vegetabilia in Hercyniaea subterraneis collecta*» liczne grzyby ze sztolni Schwarzwald. Na florę jaskiń Słowenii pierwszy zwraca uwagę Schmidl A. (1854). Milde (1862) opisuje przystosowanie się mchów do życia w stanowiskach ubogich w światło. Chałubiński (1886) wymienia szereg gatunków mchów z grotu Magóry w Tatrach. Zukał (1896) zajmuje się porostami i zwraca uwagę na rozluźnianie się symbiozy między glonem a grzybem pod wpływem słabego światła w jaskiniach. Staňák (1906, 1907) zajmuje się roślinami zielonymi grotu Macochy, jak również grzybami rozwijającymi się na zawleczonych w głąb jaskini kawałkach drzewa. Perko opisuje roślinność jaskini Domnica i Istrii.

Wyżej wymienione prace zaliczyć należy do pierwszego etapu rozwoju zainteresowań botanicznych, dotyczących flory jaskiń. Do najwybitniejszych botaników tego okresu zajmujących się roślinnością zieloną należy Maheu (patrz spis literatury), który opublikował szereg prac w latach 1901—1912 początkowo wspólnie z Géneau de Lamarlière jak i Vire, w późniejszym okresie już pod swoim tylko nazwiskiem. W pracach tych zajmuje się ogólną charakterystyką środowiska jaskiniowego, zestawieniem listy gatunków rozwijających się w szeregu jaskiń jak i opisem deformacji spowodowanych



Ryc. 5. Zmiana pokroju *Asplenium trichomanes* (u góry) i *A. ruta muraria* (u dołu) w kolejnych stanowiskach od otworu w głąb jaskini (Starzecki, 1958a)

znikomą ilością światła. W kilku przypadkach stwierdza występowanie w całkowitej ciemności szeregu porostów jak również paproci i roślin kwiatowych — *Polypodium vulgare*, *Potentilla (verna?)*. Należy zaznaczyć, że Maheu nie mierzył natężenia światła, gdyż nie posiadał odpowiedniego przyrządu do pomiarów w terenie. W związku z tym trudno jest obecnie powiedzieć, jakie warunki świetlne autor przyjmował za zupełną ciemność.

Opublikowanie pracy Wiesnera «Der Lichtgenuss der Pflanzen» zapoczątkowało rozwój nowego kierunku badań w jaskiniach, gdyż w pracy tej została opisana po raz pierwszy terenowa metoda, pozwalająca mierzyć natężenie światła. Występujący w jaskiniach stopniowy spadek intensywności światła aż do całkowitej ciemności sprawił, że metoda ta znalazła bardzo szybko zastosowanie do określania minimów świetlnych roślin zielonych występujących w strefie przyotworowej grot. Zaczęto określać nie tylko minima świetlne dla poszczególnych gatunków, lecz także ustalano minima potrzebne do owocowania, kwitnienia i rozwoju wegetatywnego. Okres od roku 1911 do 1926 zaznacza się silnym wzrostem zainteresowań dotyczących flory jaskiń.

Lämmermayer (1911, 1913, 1915) był pionierem nowego kierunku. Przeprowadza on na szeroką skalę zakrojone badania w 77 jaskiniach alpejskich. Poza florystycznym kierunkiem badań określa minima dla poszczególnych gatunków, występujących w jaskiniach. Charakteryzuje pod względem ekologicznym jaskinie na podstawie dwóch czynników mikroklimatycznych: temperatury i światła i uważa je za główne czynniki wywierające wpływ na roślinność zieloną w jaskiniach. Zmniejszanie się intensywności światła ogranicza wnikanie roślin do wnętrza jaskini i znacznie osłabia tempo ich rozwoju. Natomiast wyższa niż zewnętrzna temperatura w okresie zimowym przyczynia się do przedłużenia okresu wegetacji. Prace Lämmermayera rozpoczynają nie tylko nowy okres naukowych badań, ale dają metodę, która została przyjęta przez późniejszych autorów.

Następnym botanikiem, którego prace znalazły silniejszy oddźwięk w światowej literaturze speleologicznej jest Żmuda (1915a, 1916a). Obie jego prace zasadniczo nie różnią się od siebie poza tym, że pierwsza opublikowana została w języku niemieckim, druga zaś w polskim. W obszernej pracy Żmudy część szczegółowa charakteryzuje jaskinie tatrzańskie pod względem topograficznym, budowy, warunków świetlnych, termicznych i wilgotnościowych. Zestawienie gatunków roślin z poszczególnych jaskiń ujęte jest w sposób przejrzysty w tabelach, uwzględniających równocześnie wartości minimów świetlnych. W części ogólnej omówiono następujące warunki życiowe roślin: 1) światło, 2) temperaturę, 3) ruchy powietrza, 4) wzniesienie nad poziom morza, 5) podłoże, 6) walkę o byt.

Godna uwagi jest przeprowadzona przez Żmudę pośrednia charakterystyka wilgotności i światła w jaskiniach. Autor wprowadza 5-stopniową

klasyfikację wilgotności jaskiń, opierając się na ilości wody dochodzącej do jaskini. 1) Bardzo mokre są to jaskinie posiadające zbiorniki wody, które czynią je błotnistymi, albo jaskinie z sączącą się wodą ze stropu, która zbiera się w małe strugi spływające po ścianach, albo pochyłościach dna. 2) Mokre — woda sączy się ze ścian w małych ilościach i przeważnie wsiąka w podłoże, tylko okresowo pojawiają się strugi w czasie zwiększonego dopływu wody do jaskini. 3) Wilgotne — woda wsiąka całkowicie w podłoże, niezależnie od ilości dopływającej wody, która nigdy nie zbiera się na powierzchni. 4) Miernie wilgotne — dopływ wody szczelinami minimalny, nieco większy tylko po dłuższym okresie opadów atmosferycznych. 5) Suche — nie mają dopływu wody poprzez skałę, a wilgotność ich związana jest z aktualnymi warunkami istniejącymi na powierzchni.

Wilgotność powietrza według autora pozostaje zazwyczaj w stosunku prostym do wilgotności podłoża. Autor nie daje żadnych pomiarów potwierdzających wyżej przytoczone przypuszczenia. Na podstawie pomiarów (Starzecki 1958b) stwierdzono, że dopływ wody i występowanie lub brak zbiorników wodnych w jaskiniach nie ma większego wpływu na wilgotność powietrza. Czynnikiem modyfikującym zmiany wilgotności w grotach są zmiany termiczne związane z wymianą powietrza między jaskinią a środowiskiem zewnętrznym.

Pośrednia metoda określania warunków świetlnych opiera się na wyróżnieniu trzech stref o różnym rodzaju światła występującego w jaskiniach: bezpośredniego, pochodzącego od słońca, rozproszonego z promieniowania nieba, pośredniego pochodzącego z wtórnego odbicia. Granice zasięgu tych trzech rodzajów światła są wyraźne. Dla światła bezpośredniego leży ona tam, gdzie nie dochodzi już promieniowanie słoneczne. Granica między światłem rozproszonym a pośrednim przebiega w miejscu, gdzie nie dochodzi promieniowanie nieba. Jednak zaznaczyć należy, co autor pomija w swej pracy, że charakter tych dwóch granic jest różny. Pierwsza z nich ulega przesunięciu w ciągu dnia i roku w zależności od położenia ziemi w stosunku do słońca, w związku z tym czas promieniowania słonecznego zależy od wystawy otworu i maleje w miarę oddalania się od niego. Natomiast granica między strefą drugą a trzecią jest stała i nie ulega zmianie. Należy również zaznaczyć, że w strefie pierwszej mamy wszystkie trzy rodzaje światła, w drugiej brak bezpośredniego, a w trzeciej występuje tylko pośrednie. Żmuda poza wyodrębnieniem poszczególnych stref w jaskini przytacza charakterystyczne dla nich rośliny. Praca Żmudy stanowi niewątpliwie jedną z czołowych pozycji literatury speleologicznej, zajmujących się badaniem roślin zielonych.

Autorem tego okresu badającym również roślinność zieloną jest F. Morton (1914, 1917, 1919, 1922). Z publikowanych początkowo osobno prac powstaje obszerna monografia (227 str.) «Höhlenpflanzen» (1925) opra-

cowana wspólnie z H. Gamsem. Monografia ta daje całkowity obraz publikowanych uprzednio prac Mortona, jak i nie publikowanego dorobku H. Gamsa. Monografia składa się z 4 części: I — rys historyczny i metodyczny, II — warunki życiowe jaskiń, III — opisy jaskiń, IV — wykaz jaskiń przebadanych przez poszczególnych autorów.

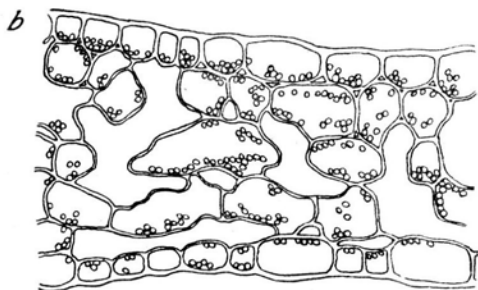
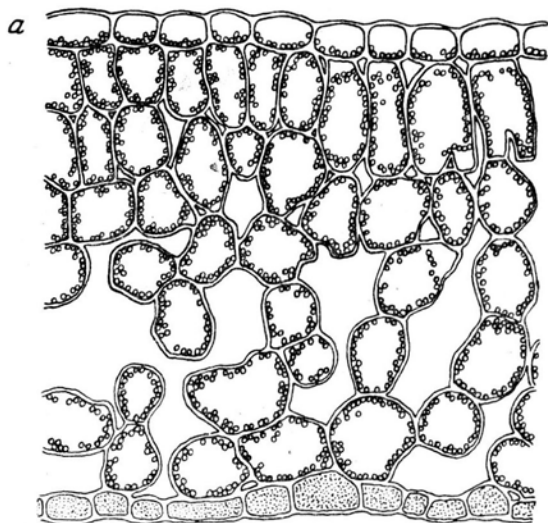
W części pierwszej przedstawiono krótki rys historyczny badań roślinności jaskiniowej, odnoszącej się do okresu poprzedzającego działalność autorów.

W części drugiej autorzy charakteryzują warunki życiowe jaskiń podkreślając odrębność ich w porównaniu ze zbliżonymi warunkami, jakie występują w domach mieszkalnych, piwnicach, szklarniach. Przy omawianiu poszczególnych warunków klimatycznych najwięcej uwagi poświęcili wpływowi światła na rośliny, a temperaturę i wilgotność ujęli we wspólnym rozdziale. Główny punkt ciężkości w opracowaniu tych rozdziałów zwrócony był na wpływ światła i temperatury na kiełkowanie i rozwój roślin.

W trzeciej części znajdujemy opis 82 jaskiń, z czego 27 zbadanych przez Mortona (alpejskie i śródziemnomorskie) i 55 przez Gamsa (alpejskie, śródziemnomorskie, jurajskie i norweskie). Autorzy podają poza samym opisem jaskiń i ich lokalizacją listę gatunków roślin z zaznaczeniem ich minimum świetlnych. Monografia Mortona i Gamsa nie zestawia w syntetyczną całość zebranych przez nich bardzo licznych obserwacji. W wyniku tego ma ona charakter skatalogowania jaskiń z występującymi w nich roślinami.

W jednej z prac Mortona (1914) podane są interesujące wyniki związane ze zmianami w budowie liści *Scolopendrium phyllitis*, z dwóch skrajnie różniących się stanowisk. Pierwszy okaz pochodził sprzed jaskini, gdzie intensywność światła w godzinach przedpołudniowych wynosiła $L = 1/1,36$, a po południu spadała do $L = 1/3,25$. Drugi okaz pochodził z jaskini i rozwijał się w odległości 3,9 m od otworu przy intensywności $L = 1/331$. Znaczne różnice w oświetleniu i wilgotności tych dwu stanowisk przyczyniły się do wytworzenia odrębnych form ekologicznych. Spowodowało to znaczne zmiany zarówno w wyglądzie jak i budowie wewnętrznej liści. Formy słoneczne były małe, jasno-zielone, skórzaste i całobrzegie, przeciwnie do form cienistych, które były duże, ciemnozielone, płatowate, a zarazem bardzo delikatne. Występowały u tych dwu form wyraźne różnice w wewnętrznej budowie liścia (ryc. 6). Zasadnicze zmiany w budowie liści odnosiły się do miękiszu asymilacyjnego. Okazało się bowiem, że formy słoneczne miały od 5 do 7 warstw miękiszu asymilacyjnego, w którym łatwo można wyróżnić tkankę o charakterze palisadowym (2—3 warstw) i gąbczastym (3—5 warstw). Liście form cienistych posiadały najwyżej 4 warstwy komórek o dobrze rozwiniętych przestworach międzykomórkowych przypominających budową ty-

powy mięsisz gąbczasty. Stosunek grubości liści z cienia do form słonecznych wyrażał się liczbowo jak 1:2,1. Poza tym występowały różnice w wyglądzie dolnej skórki, gdyż tylko formy z cienia posiadały chloroplasty. Autor zaznacza, że w wyżej opisanych różnicach uwidacznia się bardzo przystosowanie się *S. phyllitis* do całokształtu zmieniających się warunków.

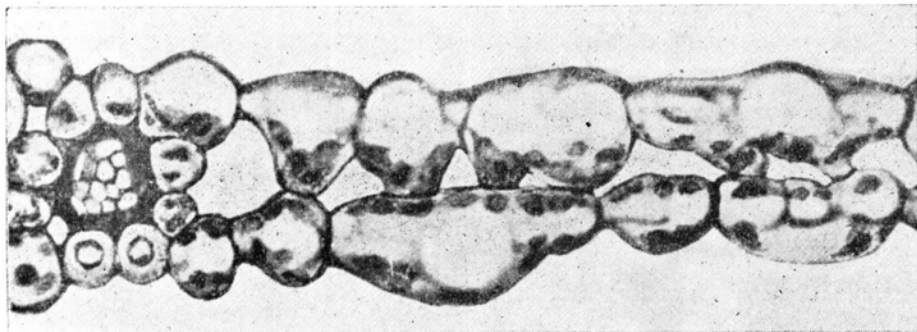


Ryc. 6. Przekrój poprzeczny przez liść *Scolopendrium phyllitis* a) sprzed otworu jaskini, b) z jaskini (Morton 1914)

Po okresie znacznego ożywienia badań florystycznych w jaskiniach następuje ponownie osłabienie zainteresowań tym kierunkiem badań. Znowu zaczyna się okres przypadkowych publikacji. Brak zupełnie badaczy, którzy zajmowaliby się tym zagadnieniem w szerszym zakresie. W roku 1926 E. Hofman opublikował drobną notatkę o morfologii *Corydalis solida* z Lurhöhlen. S. Petkow (1943) opisuje grzyby z jaskiń bułgarskich. R. Tomaselli (1947) przebadał 4 jaskinie z Langwedocji zwracając uwagę na występujące w nich mchy i paprocie oraz strefowe rozmieszczenie gatunków w związku z osłabionym światłem. R. Beschel (1951) wymienia listę gatunków roślin z ja-

skini Brunloch koło Stegenwaldu. G. Tomažič (1955) na pierwszym jugosłowiańskim kongresie speleologicznym w roku 1954 wygłosił referat programowy o badaniach botanicznych w jaskiniach. W referacie charakteryzuje środowisko i nakreśla podstawowe zagadnienia.

W roku 1949 ukazuje się praca R. Wylie, która zasługuje na bardziej szczegółowe omówienie. Dotyczy ona zmian budowy anatomicznej u paproci *Adiantum pedatum* z wyspy San Juan. Rośliny pochodziły z czterech stanowisk (trzy stanowiska z jaskini, jedno sprzed jej otworu). Różnice między okazami z poszczególnych stanowisk, idąc od otworu w głąb jaskini, były znaczne. Wielkość liści sprzed jaskini wynosiła jedną stopę (30 cm),

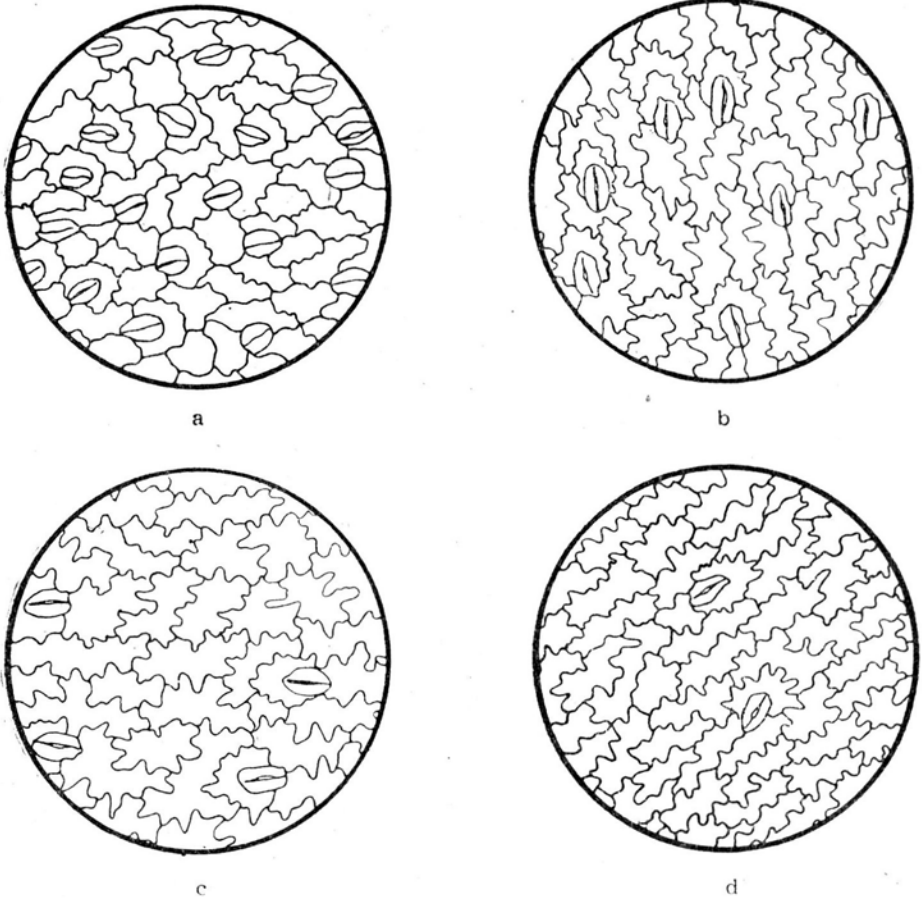


Ryc. 7. Całkowita redukcja miększu asymilacyjnego w liściu *Adiantum pedatum* (Wylie 1949)

w kolejnych zaś stanowiskach w jaskini 2,5 stopy (75 cm), 1 stopę (30 cm) i 6 cali (15 cm). Poza tym autor stwierdził: 1) stopniowe rozluźnianie się żyłek w blaszce liściowej w miarę oddalania się od otworu. Rozluźnieniu żyłek towarzyszyło zmniejszenie elementów sklerynchymatycznych; 2) grubość liści zmalała prawie dwukrotnie (od 91μ do 48μ), co pociągnęło za sobą znaczną redukcję tkanki miększowej, z 4 warstw do zupełnego jej zaniku w niektórych częściach liścia (ryc. 7); 3) bardzo silnie zmalała również liczba szparek, ze 144 do 26 na mm^2 . Interesujące jest porównanie wyników tej pracy z uprzednio opublikowaną przez Wylie (1948), w której opracowano zmiany w budowie *A. pedatum* na obszernym materiale pochodzącym z kilku stanów Ameryki Północnej (Jowa, Missouri, West Wirginia). Z porównania tego wynika, że zakres zmian w budowie paproci pochodzących z niewielkiej jaskini jest znacznie większy niż wykazał materiał pochodzący z wyżej wymienionych stanów. Z zestawienia więc wyników obu prac widać, że w badaniach tego typu jaskinie dostarczają w tym wypadku znacznie pełniejszego obrazu zachodzących zmian, a ponadto materiał jest uporządkowany w sposób ciągły.

Prace Mortona (1914) jak i Wylia (1949) wprowadzają nowy element do badań nad roślinnością jaskiń polegający na dokładniejszej i bardziej

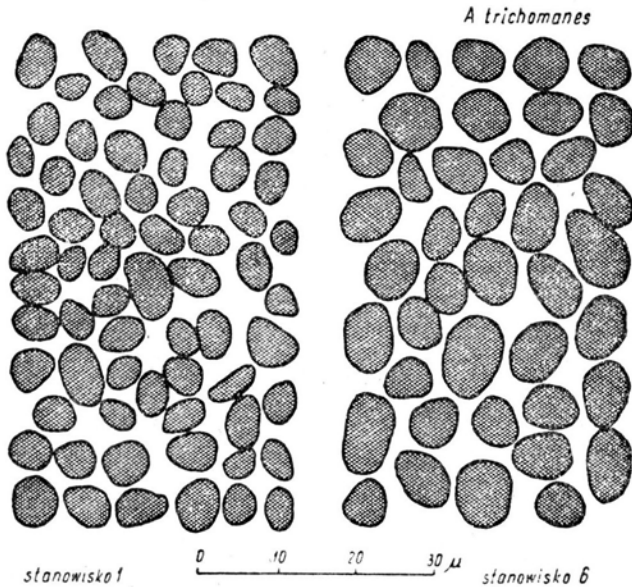
pełnej analizie zmian, zachodzących w budowie roślin w zależności od rozmieszczenia ich w jaskini. Poza tym, biorąc pod uwagę, że zmiany poszczególnych cech morfologicznych i anatomicznych mają charakter stopniowo narastających zmian, wydaje się niestusznym opisywanie form skrajnych jako nowe odmiany. Z punktu widzenia ekologicznego obie prace mają poważne braki. Morton opracował tylko skrajne formy i wykonał jedynie pomiary



Ryc. 8. Zagęszczenie szparek w liściu *Asplenium trichomanes* a) sprzed jaskini i w stanowiskach oddalonych od otworu w głąb jaskini, b) 9,5 m, c) 13,5 m, d) 21,5 m (Starzecki 1958a)

światła, w związku z czym tło warunków mikroklimatycznych odpowiedzialnych za te zmiany jest niekompletne. Autor pomija również stadia pośrednie, przez co praca ma charakter statyczny. Wylie wprawdzie uwzględnił stadia pośrednie, ale równocześnie ograniczył się do czysto opisowego scharakteryzowania zachodzących zmian. Mimo bogatego wachlarza przedstawionych przez niego zmian i starannego opracowania anatomicznego zupełny brak

jest przyczynowego powiązania z mikroklimatem i dokładniejszego zlokalizowania badanych paproci. Przyczyna leży w tym, że autora interesował tylko zakres zmian danego gatunku, a nie wpływające na nie czynniki. W. Starzecki (1958 a, b) opracował szczegółowo warunki klimatyczne trzech jaskiń Wyżyny Małopolskiej. Dokładne poznanie przebiegu temperatury, wilgotności i światła pozwoliło wyszukać w strefie przyotworowej stanowiska *Asplenium trichomanes* i *A. ruta muraria* odpowiednie dla dalszych badań. Stanowiska zostały tak wybrane, że można było nie tylko śledzić zmiany: pokroju (ryc. 5), długości liścia, ilości listków na osi, gru-



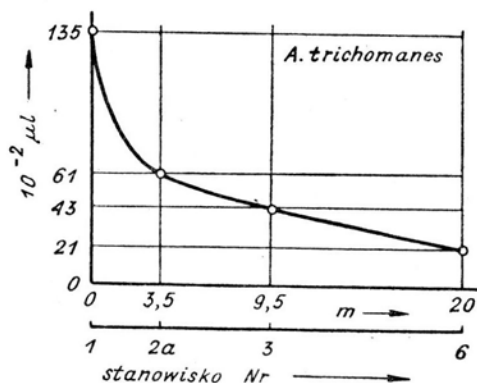
Ryc. 9. Porównanie chloroplastów (stanowisko 1) sprzed jaskini (stanowisko 6) 20 m oddalone od otworu w głąb jaskini

bości, różnic anatomicznych, liczby komórek szparkowych (ryc. 8), powierzchni komórek skórki i wielkości chloroplastów (ryc. 9), ale powiązać je przyczynowo z poszczególnymi czynnikami mikroklimatycznymi. W niektórych wypadkach można było wyodrębnić spośród czynników mikroklimatycznych ten czynnik, który głównie jest odpowiedzialny za dany kierunek zmian. W pracy tej przeprowadzono po raz pierwszy analizę fizjologiczną roślin, rozwijających się w różnej odległości od otworu. Oznaczono w zależności od położenia *A. trichomanes* natężenie oddychania (ryc. 10), punkty kompensacyjny (ryc. 11) i wysycenia fotosyntezy. Ze względu na brak tego rodzaju badań na roślinach jaskiniowych porównano otrzymane wyniki z wielkościami odpowiadającymi dla roślin światło- i ciniolubnych. Po-

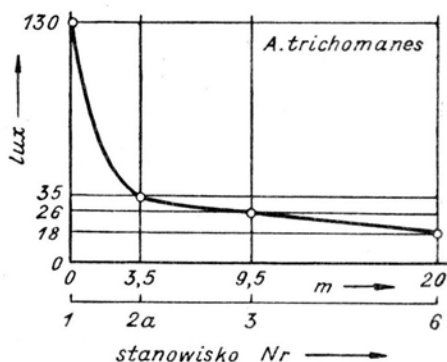
równanie to wykazało, że zakres tych zmian jest bardzo szeroki. *A. trichomanes* sprzed jaskini należy zaliczyć do typowych heliofitów, gdy rośliny ze stanowisk coraz bardziej oddalonych od otworu przechodzą stopniowo do typowych skiofitów. Godnym podkreślenia jest fakt, że tak skrajne różnice pod względem budowy jak i funkcji stwierdzono na jednym i tym samym gatunku.

4. PERSPEKTYWY PRZYSZŁYCH BADAŃ NAD ROŚLINNOŚCIĄ JASKIŃ

Na zakończenie niniejszego artykułu zastanowimy się nad dalszymi możliwościami rozwojowymi badań botanicznych w jaskiniach. Wydaje się, że dalsza kontynuacja początkowego kierunku zajmującego się składem flo-



Ryc. 10. Zmiany intensywności oddychania *Asplenium trichomanes* w zależności od oddalenia od otworu jaskini (Starzecki 1958b)



Ryc. 11. Zmiany punktu kompensacyjnego *Asplenium trichomanes* w zależności od oddalenia od otworu jaskini (Starzecki 1958b)

rystycznym jaskiń zwłaszcza w odniesieniu do roślin kwiatowych paproci i mchów nie wpłynie w sposób istotny na zebrane dotychczas dane. Publikacje Maheu, Lämmemayera, Żmudy, Mortona i Gamsa dostarczyły wystarczającą ilość materiału. Należałoby go krytycznie opracować i zebrać w jedną syntetyczną całość.

Najslabiej pod względem systematycznym opracowane są glony. W tym kierunku jest jeszcze wiele do zrobienia. Na podstawie luźnych obserwacji można przypuszczać, że podobnie jak rośliny wyższe, glony występują strefowo w zależności od rozkładu światła w jaskini. Również należy spodziewać się, że w obrębie jednego gatunku występują różnice morfologiczne i fizjologiczne w zależności od rozmieszczenia w jaskini. Morton i Gams (1925) wymieniają z jaskini Eisloch *Cosmarium crustum* v. *speleum* opisany przez Branta. Należy przypuszczać, że w tym wypadku mamy do czynienia ze zróżnicowaniem, które stopniowo narastało pod wpływem zmieniających

się warunków w głąb jaskini. Do wyjaśnienia tego zagadnienia potrzebny jest algolog, który mógłby z łatwością nie tylko określić gatunek, ale również uchwycić różnice w obrębie jednej populacji.

Nie wyjaśniona jest ostatecznie sprawa z porostami. Mamy szereg danych o rozluźnianiu się symbiozy między grzybem a glonami, w miarę zmniejszania się intensywności światła w jaskini. Brak jednak dokładnego opracowania zarówno z punktu widzenia budowy wewnętrznej rozwoju, jak i uchwycenia zmian w stosunku do obu partnerów symbiozy.

Również w opracowaniu pleśni zaznaczają się poważne luki. Dotychczasowe opracowania nie wyszły poza ustalenie listy gatunków i opisywanie deformacji spowodowanych brakiem światła. Ta grupa systematyczna dostarcza dla nauki ciągle nowych gatunków, pochodzących z jaskiń. Ostatnio znaleziony w jaskini Nietoperzowej przez Starzeckiego *Aspergillus*, a oznaczony i opisany przez A. C. Stolk (1954) okazał się nowym gatunkiem i otrzymał nazwę *Aspergillus asperescens*. Autor obserwował również sezonowe sukcesje pleśni na guanie nietoperzowym. W okresie pobytu masowego nietoperzy w jaskiniach w związku z wylęganiem się młodych lub zimowaniem, gromadzą się pod miejscem stałego ich przebywania większe ilości guana. Początkowo pleśnie rozwijają się tylko w brzeżnej strefie, gdyż środkowa partia uzupełniana jest świeżym guanem. Po opuszczeniu jaskini przez nietoperze pleśnie zaczynają zarastać stopniowo część centralną. Z powierzchni już obserwacji widać, że ku środkowi rozwijają się najpierw jedne gatunki, a następnie inne. Należałoby ustalić kolejność następujących po sobie gatunków i wyjaśnić przyczyny sukcesji. Być może, że przyczyny zależne są od różnej szybkości wzrostu, albo, że gatunki rozwijające się wcześniej przygotowują podłoże dla następnych.

Materiał roślinny z jaskiń można wykorzystać nie tylko do określenia zmienności danego gatunku i pokusić się o bliższe sprecyzowanie czynników odpowiedzialnych za te zmiany, ale wykorzystać do specjalnych badań, w których zachodzi konieczność posługiwania się kierunkowo zróżnicowanym materiałem. Jaskinie są w pewnym sensie naturalnym «fitotronem», w którym w strefie przyotworowej dysponujemy całą gamą przejść od środowisk silnie naświetlonych i suchych do cienistych i wilgotnych. Rośliny rozwijające się w całym tym zakresie mogą dostarczyć nam bardzo zróżnicowanego materiału. Wykorzystano na przykład *Asplenium trichomanes* z jaskini Wierzchowskiej Górnej do badań nad zależnością fotosyntezy od grubości liścia (Starzecki 1959). Wyniki tej pracy oświetliły pewne zagadnienia natury teoretyczno-fizjologicznej, związane z teorią czynnika ograniczającego. W innym wypadku do określenia wydajności kwantowej należało tak dobrać materiał doświadczalny, aby stosunek grubości liścia wynosił ściśle 1:2. Znalaziono taki materiał w jaskini, wyszukując rośliny rozwijające się na odpowiednich stanowiskach.

LITERATURA

- Beschel R., 1951. Zur Vegetation des Höhleneinganges im Brunloch bei Stegenwald (Hägengebirge). Die Höhle. V. II. H. 2.
- Chałubiński T., 1886. Enumerate muscorum frondosorum tatrensiu hucusque cognitorum. «Pam. Fizjograf».
- Geiger R., 1942. Das Klima der bodennahen Luftschicht. F. Vieweg & Sohn. Braunschweig.
- Géneau de Lamarlière L. et Maheu J., 1901. Sur la flore des Mousse des cavernes. C. R. Acad. Sc.
- 1901. Sur la Flore bryologique des grottes du Midi de la France. Bull. Soc. Bot. de France. 48.
- 1901. Sur les mousses des cavernes de l'Yonne. Journal de Bot.
- 1901. Sur les affinités géographiques des Muscinées des cavernes. C. R. Assoc. Franc. Avancem. Sc.
- Hoffmann G. Fr., 1811. Vegetabilia in Hercyniae Subterraneis collecta iconibus descriptionibus et observationibus illustrata Auctore Norimberge. Imp. Jean. Frid. Frauenholz.
- Hofmann E., 1926. *Corydalis solida* aus der Lurhöhle (Steiermark). Speläologisches Jahrbuch Ber. d. Bundeshöhlenkom.
- Humboldt F. A., 1793. Flora Fribergensis specimen plantas cryptogamicas praesertim subterraneas exhibens. Berolini, apud H. Augusteum Rottmann.
- Kowalski K., 1953. Jaskinie Polski. Cz. II. Państwowe Muzeum Archeologiczne, Warszawa.
- Lämmermayer L., 1911. Die grünen Pflanzenwelt der Höhlen. T. I. Denkschriften der Akad. Wiss. Wien Math. naturw. Kl. 87; T. II, 1913, 90, T. III, 1915, 92.
- 1918. Können Licht und Wärme als ökologische Faktoren im Leben der grünen Pflanzen sich gegen vertreten? Monatshefte f. d. naturw. Unterricht 11.
- Maheu J. 1903. La flora spéléologique. Rivista italiana di Speleologia 4. Bologna.
- 1907. Monographie des principales deformations des muscinne cavernicoles C. R. Congr. Soc. Sav.
- 1909. Etude géologique et biologique (flore) de quelques cavernes de la Catalogue (Régions du Montserrat de San Miguel et de San Lorenzo) Paris.
- 1912. Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogue et des Iles Baléares. Spelunca 8. Paris.
- Morton F., 1914. Die biologischen Verhältnisse der Vegetation einiger Höhlen in Quarnergebiete. Österr. Bot. Zeit.
- 1914. Beiträge zur Kenntnis der Pteridophytengattung *Phyllitis*. Österr. Bot. Zeitschr.
- 1917. Über die Auffindung einer Höhlenform der gemeinen Hirschzunge (*Phyllitis scolopendrium*) im Dachsteingebiete. Englers Beibl. zu dem Bot. Jahrbuch. V. 55.
- 1922. Höhlenpflanzen «Gemeinwerst. höhlenkundliche Vorträge». Speläologisches Jahrbuch. Ber. d. Bundeshöhlenkom.
- 1921. Beiträge zur Höhlenflora von Oberösterreich. Jahresber. Oberösterr. Musealver. 80.
- Morton F., Gams H., 1921. Pflanzliche Höhlenkunde. Speläologische Jahrbuch. Ber. d. Bundeshöhlenkom. V. 2.
- 1925. Höhlenpflanzen. E. Hölzel, Wien.
- Petkoff S., 1943. La flora des grottes aouterraines. Spisanie na Bulgarskata Akademie na Naukita i Szkustwata. 18. Klon prirodomaticzen.
- Schmidl A., 1854. Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Plamina und Laas, Wien.
- Scopoli J. A., 1760. Flora carniolica. Viennae.
- Starzecki W., 1958a. Wpływ mikroklimatu jaskiń na zmiany morfologiczne, anatomiczne i fizjologiczne u *Asplenium trichomanes* i *A. ruta muraria*. Acta Soc. Bot. Pol. 27.
- 1958b. Badania mikroklimatyczne w jaskiniach południowej części Wyżyny Małopolskiej (doniesienie tymczasowe). Ekologia Polska ser. B, t. 4.

- Starzecki W., 1959a. Badania mikroklimatyczne w jaskiniach południowej części Wyżyny Małopolskiej. Ekologia Polska ser. A (w druku).
- 1959b. Dependence of photosynthesis on light intensity and thickness of the leaf of *Asplenium trichomanes*. Acta Bot. Cracov. (w druku).
- Stolk A. C., 1954. *Aspergillus asperescens* N. sp. Antonie van Leeuwenhoek.
- Staraňák F., 1906. Květina propasti Macochy. Čas. vlast. spolku Muz. w Olomoucu.
- 1907. Studie o temnostni florě jaskyň Sloupských Zvlást. otisk. z vestniku král. Ceské společnosti nauk w Praha.
- Tomaselli R., 1947. Notes sur la végétation des grottes de L'Herault. Ann. Spéléol. V. 2.
- Tomažič G., 1955. Posebnosti flore in vegetacije podzemlja in krasa. Prvi jugoslovanski speleološki kongres. Ljubljana.
- Viré A., Maheu J., 1902. Recherches de zoologie, de botanique et d'hydrologie souterraines effectuées pendant l'été 1900 dans les départements du Tarn de l'Herault et du Lot. Bull. Soc. de Spéléologie.
- Wiesner J., 1907. Der Lichtgenuss der Pflanzen, Leipzig.
- Wylie R., 1948a. The dominant role of the epidermis in leaves of *Adiantum*. Am. Jour. of Bot. 35.
- 1949. Variations in leaf structure among *Adiantum pedatum* plants growing in rock cavern. Am. Journ. of Bot. 36.
- Zukal H., 1896. Morphologische und biologische Untersuchungen über die Flechten. III. Sitzber. K. Ak. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl., Bd. 105.
- Žmuda A., 1915a. Über die Vegetation der Tatraer Höhlen. Bull. Inter. de l'Acad. des Sciences de Cracovie. Cl. des Sciences Math. et Nat. S. B.
- 1916a. O roślinności jaskiń tatrzańskich. Rozprawy Wydz. Mat. Przyr. Akad. Um. S. B. 55.