

Wpływ grzybów pasożytniczych na zawartość azotu i transpirację trzciny pospolitej

BOŻENA DURSKA

Instytut Ekologii Polskiej Akademii Nauk,
Dział Limnologii Stosowanej w Mikołajkach *

B. Durka, Department of Applied Limnology, Institute of Ecology, Polish Academy of Sciences, Leśna 13, Mikołajki near Mrągowo, Poland.

Influence of parasitic fungi on the nitrogen content and transpiration in common reed

Results are reported of the investigations concerning changes in the nitrogen content and transpiration in *Phragmites communis* Trin. due to infection by five species of parasitic fungi. The nitrogen content in the infected leaves proved to be 11-31 per cent lower than that in healthy plants. Infection by *Ustilago grandis* and *Deightoniella arundinacea* caused a 29-54 per cent decrease in the transpiration of reed, while *Uredinales* either decreased or increased the transpiration of the infected leaves.

WSTĘP

Niewiele prac w literaturze światowej poświęcono zagadnieniu zmian, jakie zachodzą w przebiegu podstawowych procesów życiowych w roślinach wyższych wskutek rozwoju w ich tkankach grzybów pasożytniczych. Prace prowadzone w tym kierunku mają na ogół charakter wycinkowy (Paech 1934; Tumarinson 1934; Nowikow 1937; Gassner, Franke 1938; Thatcher 1939, 1942; Daly, Sayre, Pazar 1957; Bushnell, Allen 1962; Last 1963; Livne 1964; Gierczak 1969) i tylko nieliczne omawiają całość zagadnienia (Kuprewicz 1947; Gäumann 1959; Goodman, Király, Zaitlin 1967).

Wszelkie zaburzenia przemiany materii w chorej roślinie, a więc transpiracji, oddychania, fotosyntezy itd., mają — w przeciwieństwie do reakcji odpornościowych — charakter niespecyficzny (Gäumann 1959: 649). Inaczej wyglądają one w przypadku pasożytów fakultatywnych, które

* Adres prywatny autorki: Podkowa Leśna Zachodnia, ul. Kwiatowa 31.

swoim działaniem powodują zabicie komórek gospodarza, a inaczej w przypadku pasożytów obligatorycznych, które nawiązują ściśle stosunki odżywcze z żywymi komórkami żywiciela (Lilly, Barnett 1959:407).

W pierwszej fazie infekcji pasożyt powoduje wzmożenie się podstawowej przemiany materii chorych tkanek. Takie stymulujące działanie sprawcy trwa do szczytowego punktu choroby — kryzysu, po którym następuje spadek wydajności gospodarza wskutek fizjologicznego uszkodzenia (Gäumann 1959).

Ponieważ synteza białek w roślinie związana jest z ilością węglowodanów w tkance (Paech 1934; Gassner, Franke 1938), gospodarka azotowa chorych tkanek może ulegać tym samym zaburzeniom, co węglowodanowa przemiana materii. Chorobie może towarzyszyć ilościowa zmiana lub jakościowe przeprowadzenie składników zawierających azot w inne formy, ewentualnie miejscowe nagromadzenie się związków azotowych (Gäumann 1959).

Badania nad fizjologią uredospor (Shaw 1964) wykazały, że skład zawartych w nich wolnych aminokwasów uwarunkowany jest przez roślinę żywicielską. Aminokwasy dostają się do strzępek rdzy bezpośrednio z liści gospodarza w wolnej formie, a nie w postaci białek (Jäger, Reisener 1969).

Ilościowe zmiany związków azotowych w roślinie w zależności od rodzaju choroby i charakteru reakcji chorej tkanki mogą prowadzić do zwiększenia lub zmniejszenia zawartości azotu i najjaskrawiej są widoczne w okresie sporulacji pasożyta (Gäumann 1959; Kuprewicz 1947). Główne zmiany dotyczą stosunku azotu białkowego do nieorganicznego (Kuprewicz 1947). W ostatnim stadium choroby ogólna zawartość azotu w zainfekowanych organach zwykle maleje. Towarzyszy temu zjawisku rozkład białek, wzmożona aktywność enzymów proteolitycznych (Goodman, Király, Zaitlin 1967) oraz wzrost zawartości amoniaku w chorej tkance (Tumarinson 1934; Nowikow 1937; Gassner, Franke 1938; Gierczak 1969).

Rdze powodują zmiany jakościowe w syntezie aminokwasów w chorej roślinie (Dick, Glenn 1968) oraz wzmożoną syntezę RNA w ogniskach infekcji (Heitefuss 1968).

Fizjologiczne zaburzenia gospodarki wodnej chorej rośliny mogą prowadzić do zwiększenia lub obniżenia intensywności transpiracji w zależności od typu choroby i warunków zaopatrzenia w wodę rośliny (Kuprewicz 1947; Diamond, Wagonner 1953). Rdze i mączniakowe powodują zwiększenie transpiracji kutikularnej podczas całego okresu choroby wskutek zniszczenia epidermy i zwiększenia zdolności przenikania wody przez tkanki (Yarwood 1947). Natomiast transpiracja szparkowa, w związku ze słabym otwieraniem się aparatów szparkowych w wy-

niku choroby, jest niższa niż w tkankach zdrowych (Johnston, Miller 1936, Majernik 1965, Šprochová 1967).

Zaburzenia gospodarki wodnej, wynikające głównie z naruszenia warunków ciśnienia osmotycznego wewnątrz porażonych komórek, mogą prowadzić do podwyższenia deficytu wodnego, zmiany koncentracji soku komórkowego, zwiększenia przepuszczalności protoplastu oraz do osłabienia zdolności utrzymywania wody przez porażoną tkankę, co w końcowym efekcie prowadzi do przedwczesnego usychania chorej rośliny (Kuprewicz 1947).

Ogólnym efektem wszelkich zaburzeń fizjologicznych obserwowanych w roślinach zainfekowanych przez grzyby jest ilościowy i jakościowy spadek plonu wynikający z nadmiernego nasilenia przemiany materii i z przewagi procesów rozpadu nad procesami syntezy, a także zwiększenie wrażliwości chorych roślin na zmiany czynników środowiskowych.

Wszystkie omawiane wyżej prace dotyczą roślin uprawnych. Niniejsza praca miała na celu stwierdzenie, w jakim stopniu grzyby pasożytnicze naruszają niektóre procesy fizjologiczne roślin dziko rosnących.

MATERIAL I METODY

Do badań wybrano trzcinę pospolitą — roślinę spotykaną bardzo często w litoralu naszych jezior i stanowiącą cenny surowiec dla przemysłu budowlanego.

Na podstawie materiałów zbieranych w latach 1965-1969 na obszarze 285 jezior północnej Polski stwierdzono, że do najczęściej spotykanych pasożytów trzciny na terenie naszego kraju (Durska 1969) należą: *Puccinia phragmitis* (Schum.) Körn., która występowała w 46% badanych trzcinowisk, *Deightonella arundinacea* (Cda) Hughes — w 28%, *Puccinia magnusiana* Körn. — w 23%, *Hadrotrichum phragmitis* Fuck. — w 10% i *Ustilago grandis* Fr. — w 5%.

Do badań użyto liście trzciny, w których oznaczono azot; zebrano je z trzcinowisk 15 jezior Pojezierza Mazurskiego we wrześniu 1969 r. Były one porażone przez *Puccinia phragmitis* (9 prób), *P. magnusiana* (5 prób) oraz *Deightonella arundinacea* (12 prób), *Hadrotrichum phragmitis* (4 próby).

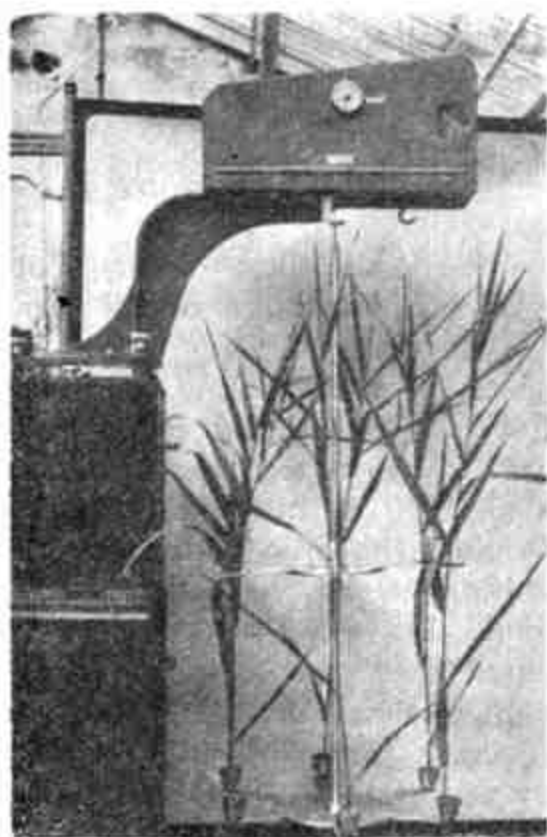
Zainfekowane liście trzciny analizowano w końcowej fazie choroby, tj. wtedy, gdy zarodnikowanie grzybów było wyraźnie widoczne (w przypadku rdzy było to zawsze stadium telialne), a tkanka liścia otaczająca ogniska infekcji często była w dużym stopniu obumarła.

Stopień zakażenia badanych liści był prawie we wszystkich przypadkach podobny; powierzchnia liści zainfekowana była w 50-75% (wyjątek stanowi próba pochodząca z Jeziora Mikołajskiego, zainfekowana przez *Puccinia phragmitis*, w której stopień zakażenia nie przekraczał 20%).

Każda próba zawierała od 10 do 40 liści zhomogenizowanych i wysuszonych w temp. 105°C do stałego ciężaru. Równolegle do każdej próby liści porażonych przygotowano próbę kontrolną liści zdrowych pochodzących z tego samego stanowiska.

Azot ogólny oznaczono metodą *Burca* (1960), polegającą na spalaniu materiału w obecności stężonego kwasu siarkowego i perhydrołu (30% H_2O_2), bezpośredniej nessleryzacji i kolorymetrycznym oznaczeniu azotu. Metoda ta pozwoliła na określenie azotu w bardzo małych naważkach prób (około 10 mg). Ogółem wykonano 180 analiz. Wyniki podano w mg N/1 g suchej masy liścia. Odchylenia wyników analiz dla każdej próby wahały się w granicach 0,1%.

Jednorazowo, w wyżej wymieniony sposób, oznaczono azot w teleutosporach *Puccinia phragmitis*.



Ryc. 1. Waga do mierzenia transpiracji w warunkach polowych (firmy Paul Polikeit)
Balance for measuring transpiration under field conditions (firm Paul Polikeit)

Pomiary natężenia transpiracji trzciny zdrowej i zainfekowanej przez grzyby pasożytnicze prowadzono w okresie lipiec-październik 1969 r. w trzcinowisku znajdującym się na pd.-zach. brzegu Jeziora Mikołajskiego, na terenie Stacji Hydrobiologicznej Instytutu Ekologii PAN.

Badano trzcinę zainfekowaną przez grzyby pasożytnicze powodujące

porażenie systemiczne — *Ustilago grandis*, *Deightoniella arundinacea* oraz wywołujące lokalną infekcję na liściach — *Puccinia phragmitis*, *P. magnusiana*.

Transpirację mierzono metodą szybkiego ważenia (Iwanow, Siłina, Sjelnikow 1950; Bonner, Galston 1962) na wadze torcyjnej (z dokładnością do 10 mg) bezpośrednio w trzcinowisku (ryc. 1). Każdorazowy pomiar wykonywano dla 6 źdźbeł, ewentualnie 6 liści trzciny, ważonych dwukrotnie w 5-minutowym odstępie czasu. Wielkość transpiracji podano w mg/l g świeżej masy/5 min oraz w mg/l/100 cm² powierzchni liścia/5 min.

Powierzchnię liścia trzciny mierzono wg wzoru otrzymanego przez zastosowanie metody sieci trapezów $P=0,57 \times d \times r$, gdzie d — długość liścia, r — szerokość liścia, 0,57 — współczynnik (Ondok 1968; Szczepański 1970).

Stopień porażenia liści rdzą określano, podając jaki procent powierzchni liścia jest pokryty teliami pasożyta. W przypadku *Puccinia phragmitis* średnia powierzchnia telium wynosiła 0,9 mm², w przypadku *P. magnusiana* 0,4 mm². Stwierdzono, że powierzchnia liści zainfekowana była przeciętnie w 30%.

Pomiary wykonywano o godz. 12 w południe, określając równocześnie temperaturę oraz wilgotność względną powietrza. Jednorazowo wykonano pomiar transpiracji wieczorem o godz. 20 w pełnym zaciemnieniu. Równolegle prowadzono pomiary transpiracji roślin chorych i zdrowych kontrolnych.

ZABURZENIA W ZAWARTOŚCI AZOTU W LIŚCIACH TRZCINY

Liście porażone przez *Puccinia phragmitis* zawierały średnio 21,8 mg N/1 g s.m. (17,3-25,4), podczas gdy kontrolne 31,6 mg N/1 g s.m. (23,3-36,9). Ogólna zawartość azotu w chorych liściach była średnio o 31% niższa niż w zdrowych (tab. 1, ryc. 2). Najmniejsze zmiany stwierdzono w próbie bardzo słabo zainfekowanej, pochodzącej z Jeziora Mikołajskiego (o 14% mniej azotu niż w kontroli).

Analiza azotu w teleutosporach wykazała, że jest go tyle samo, co w zdrowej tkance gospodarza.

Infekcja przez inny gatunek, *Puccinia magnusiana*, obniżała zawartość azotu w liściach trzciny średnio o 23% (ryc. 2). Liście chore zawierały średnio 22,5 mg N/1 g s.m. (18,2-28,3), zdrowe zaś 29,4 mg N/1 g s.m. (21,5-36,9).

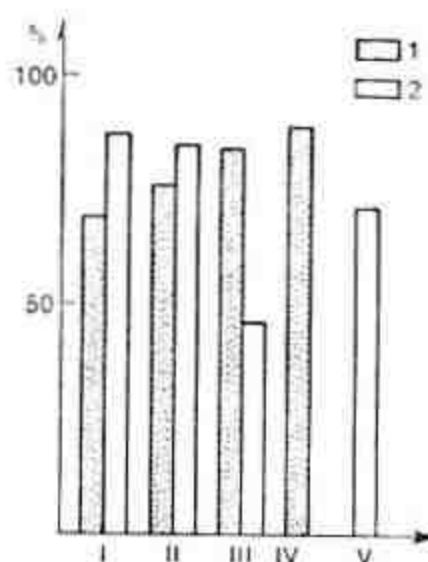
Gatunki z rzędu *Moniliales*, pasożyty fakultatywne, wywołują mniejsze zaburzenia w zawartości azotu w trzcinie niż pasożyty obligatoryczne.

Deightoniella arundinacea, występująca w 2 różniących się morfologicznie formach (Durska 1969), obniżała zawartość azotu w zainfeko-

Tabela 1 — Table 1

Zawartość azotu w liściach trzciny porażonej przez grzyby
 Nitrogen content in leaves of reed infected by fungi

Gatunek grzyba Species of fungus	Liście trzciny Reed leaves	mg N/1 g s.m.	%
<i>Puccinia phragmitis</i>	zainfekowane infected	21,8	69
	kontrolne control	31,8	100
<i>Puccinia magnusiana</i>	zainfekowane infected	22,5	77
	kontrolne control	29,4	100
<i>Deightonella arundinacea</i>	zainfekowane infected	23,0	85
	kontrolne control	27,2	100
<i>Hadrotrichum phragmitis</i>	zainfekowane infected	24,7	89
	kontrolne control	27,7	100



Ryc. 2. Zawartość azotu (1) i transpiracja (2) trzciny porażonej przez grzyby:
 Nitrogen content (1) and transpiration (2) of reed infected by fungi:

I — *Puccinia phragmitis*; II — *P. magnusiana*; III — *Deightonella arundinacea*; IV — *Hadrotrichum phragmitis*; V — *Ustilago grandis* (Kontrola) (Control) — 100%

wanej tkance średnio o 15⁰/₀ (tab. 1, ryc. 2). Zawartość azotu w zainfekowanej tkance wynosiła średnio 23,0 mg N/1 g s.m. (17,1-29,3), w próbach kontrolnych 27,2 mg N/1 g s.m. (20,9-33,5). Stwierdzono, że forma morfologiczna „a”, tworząca duże, czarne plamy na liściach, powodowała mniejsze straty w zawartości azotu (średnio o 14⁰/₀) niż forma morfologiczna „b”, tworząca drobne punkciki na całej powierzchni liścia (średnio o 21⁰/₀). Szczególnie wyraźne jest to w próbach z jeziora Pilakno (tab. 2).

Tabela 2 — Table 2

Zawartość azotu w liściach trzciny z jez. Pilakno porażonej przez dwie morfologiczne formy *Deightoniella arundinacea* (Cda) Hughes. Nitrogen content in leaves of reed from the Pilakno lake, infected by two morphological forms of *Deightoniella arundinacea* (Cda) Hughes

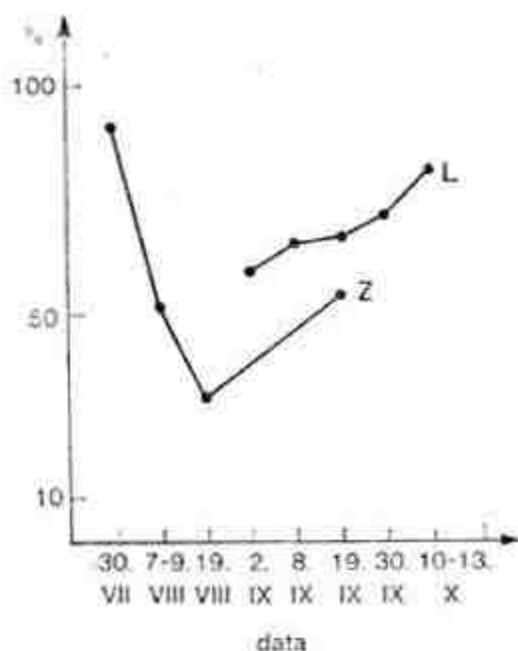
<i>Deightoniella arundinacea</i>	mg N/1 g s.m.	%
Forma (form) „a”	21,6	87
Kontrola (control)	24,7	100
Forma (form) „b”	17,1	69
Kontrola (control)	24,7	100

Stadium niedoskonałe workowca *Scirrhia rimosa* (Alb. et Schw.) Wint. — *Hadrotrichum phragmitis* zmniejszało zawartość azotu w chorej tkance średnio o 11⁰/₀ (tab. 1, ryc. 2). Zainfekowane liście zawierały średnio 24,7 mg N/1 g s.m. (22,5-28,1), a zdrowe 27,7 mg N/1 g s.m. (25,0-32,5).

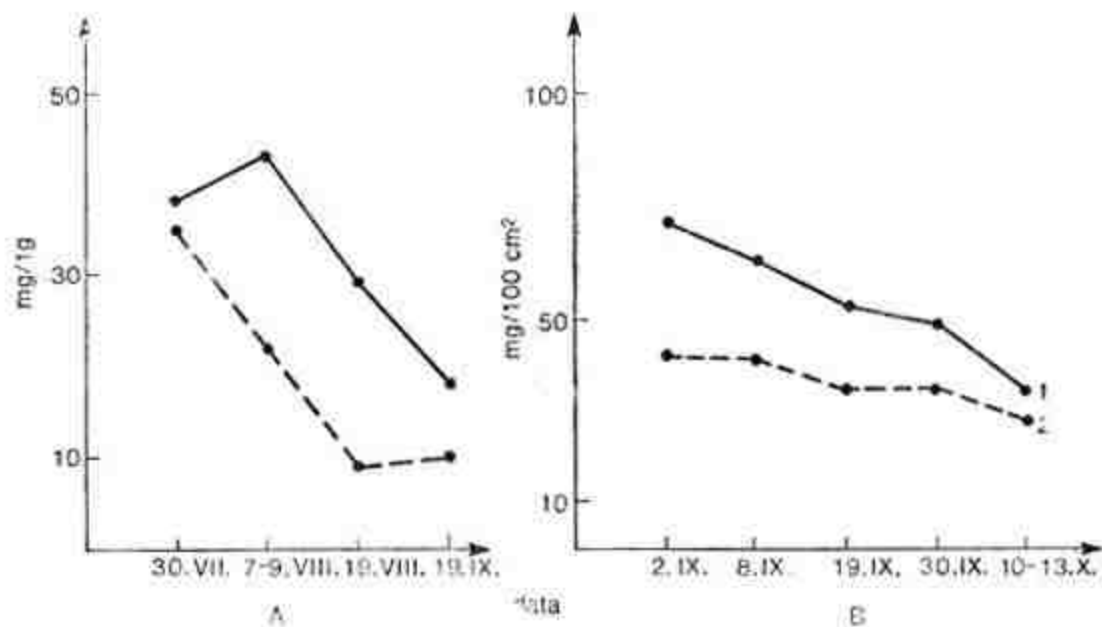
ZABURZENIA W TRANSPIRACJI TRZCINY

Ustilago grandis infekująca młode pączki lub pędy rosnące trzciny (Kochman 1936), zarodnikująca dopiero w drugiej połowie lipca (Durska 1970), powoduje obniżenie transpiracji szczególnie na początku okresu sporulacji, kiedy to międzywęzła trzciny zaczynają silnie nabrzmiwać. W tej fazie choroby transpiracja może być obniżona nawet o 69⁰/₀, podczas gdy w okresie początkowym zaledwie o 10⁰/₀. W końcowym okresie choroby różnice pomiędzy roślinami chorymi a zdrowymi zmniejszają się, transpiracja w próbach kontrolnych jest wyższa o 19⁰/₀ (ryc. 3).

Śledząc zmiany sezonowe w transpiracji zdrowych i chorych roślin zauważono, że przebiegały one inaczej (ryc. 4). Trzcina zdrowa transpiruje najsilniej w okresie maksimum tworzenia biomasy (w danym przypadku pierwsza dekada sierpnia), po czym transpiracja stopniowo maleje, osiągając minimalną wartość w końcu okresu wegetacyjnego, tj. w połowie



Ryc. 3. Zmiany natężenia transpiracji źdźbeł (Z) i liści (L) trzciny porażonej przez *Ustilago grandis* w porównaniu z roślinami kontrolnymi (Kontrola — 100%)
Changes of transpiration intensity of shoots (Z) and leaves (L) of reed infected by *Ustilago grandis* as compared with the control plants (Control — 100%)



Ryc. 4. Zmiany natężenia transpiracji źdźbeł (A) i liści (B) trzciny porażonej przez *Ustilago grandis* w okresie 30.VII.-13.X.1969.

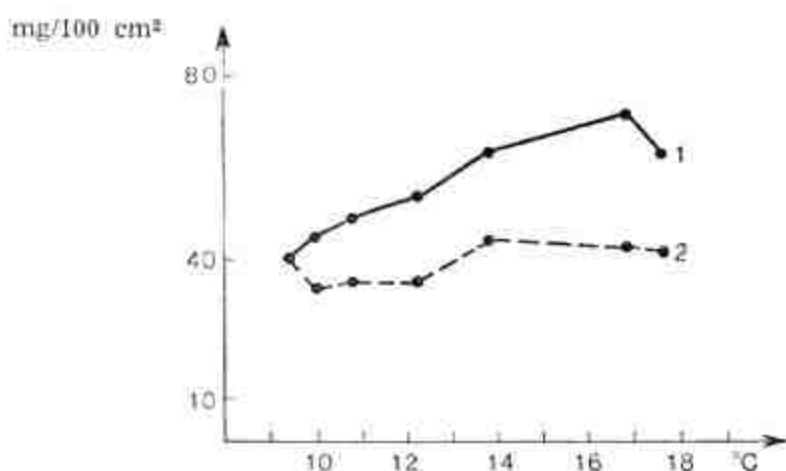
— 1 — rośliny zdrowe; - - - - 2 — rośliny chore

Changes of transpiration intensity of shoots (A) and leaves (B) of reed infected by *Ustilago grandis* between 30th July and 13th October, 1969.

— 1 — healthy plants; - - - - 2 — infected plants

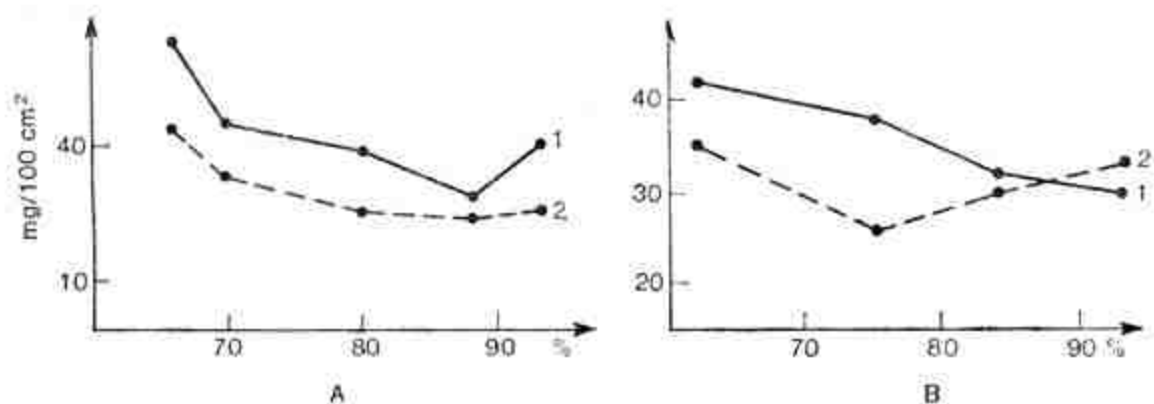
października. W roślinach porażonych głownią w okresie maksymalnej biomasy obserwuje się silny spadek w natężeniu transpiracji (do połowy sierpnia), a następnie aż do końca okresu wegetacji wartość jej utrzymuje się prawie na jednakowym poziomie, zmniejszając się nieco w połowie października.

Rozpatrując wpływ czynników zewnętrznych stwierdzono wzrost natężenia transpiracji wraz ze wzrostem temperatury powietrza oraz obniżenie natężenia transpiracji wraz ze wzrostem wilgotności względnej powietrza w przypadku roślin kontrolnych. W trzcinie porażonej głownią wpływ tych czynników był nieznaczny (ryc. 5 i 6 A).



Ryc. 5. Wpływ temperatury powietrza na natężenie transpiracji liści trzciny zdrowej (1) i porażonej przez *Ustilago grandis* (2)

Effect of air temperature on the intensity of transpiration in leaves of healthy reed plants (1) and those infected by *Ustilago grandis* (2)



Ryc. 6. Wpływ wilgotności względnej powietrza na natężenie transpiracji liści trzciny zdrowej (1) i porażonej (2) przez: A — *Ustilago grandis* i B — *Puccinia magnusiana*
Influence of relative air humidity on the intensity of transpiration in leaves of healthy reed plants (1) and in those infected (2) by: A — *Ustilago grandis* and B — *Puccinia magnusiana*

Głównia powodowała obniżenie natężenia transpiracji całego źdźbła w ciągu całego okresu badań średnio o 43% w porównaniu z trzcina zdrową, natomiast liści średnio o 29%.

Deightonella arundinacea jest pasożytem porażającym komórki epidermalne korzeni, kłaczy, łodyg i liści trzciny, tworzącym wewnątrz- i śródkomórkową grzybnię. Zarodniki konidialne tworzą ciemnoszary nalot na pochwach liściowych i na liściach, które początkowo żółkną, a następnie usychają (Ellis 1957). Pokryte grubą warstwą zarodników liście mają bardzo silnie obniżoną transpirację (średnio o 54%, a w skrajnym przypadku o 85%). Stwierdzono, że silniej obniżona była transpiracja trzciny rosnącej na łądzie niż w wodzie (odpowiednio o 65% i o 49%).

Pasożyty obligatoryczne — *Puccinia phragmitis* i *P. magnusiana*, także powodują zakłócenia w gospodarce wodnej rośliny-żywiciela.

W przypadku obu gatunków powierzchnia liści trzciny zainfekowana była w 20-50% (przeciętnie 30%) i nie stwierdzono korelacji pomiędzy intensywnością transpiracji chorych liści a stopniem infekcji określanym w ten sposób.

Tabela 3 — Table 3

Zaburzenia w transpiracji młodych i starych liści trzciny spowodowane obecnością *Puccinia phragmitis* (Schum.) Körn.
(godz. 12; temp. 19,5°C; wilg. wzgl. 80%)

Disturbed transpiration in young and old leaves of reed due to the presence of *Puccinia phragmitis* (Schum.) Körn.
(12 hr; 19.5°C temp.; 80% rel. humidity)

Liście Leaves	Transpiracja — Transpiration			
	liście młode young leaves		liście stare old leaves	
	mg/100 cm ² /5 min.	%	mg/100 cm ² /5 min.	%
Zainfekowane Infected	37	89	31	141
Kontrolne Control	42	100	22	100

Puccinia phragmitis w różnych przypadkach wpływała na zwiększenie lub obniżenie transpiracji porażonych liści. Pomiar transpiracji liści chorych i kontrolnych wykonane w tych samych warunkach wykazały, że pasożyt obniża transpirację młodych, szczytowych liści, natomiast w liściach starych obserwowano efekt odwrotny — zwiększenie transpiracji w liściach chorych (tab. 3). Na ogół jednak transpiracja chorych liści była obniżona (średnio o 13%, w skrajnym przypadku o 37% niższa niż w kontroli).

Zaburzenia wywołane obecnością innego gatunku rdzy — *Puccinia*

magnusiana, mają podobny charakter, jak w poprzednim przypadku. Transpiracja chorej tkanki wzrastała (nawet o 37%) lub obniżała się (w skrajnym przypadku o 34%). Ogólnie stwierdzono obniżenie transpiracji średnio o 15%.

Porażone rdzą tkanki pod wpływem czynników środowiska nie zmieniały swojej transpiracji w sposób charakterystyczny dla zdrowych tkanek. Wzrastająca wilgotność względna powietrza powoduje zmniejszanie się transpiracji w zdrowych liściach, natomiast w porażonych przez *Puccinia magnusiana* wpływ ten jest mniej wyraźny (rys. 6 B).

Stwierdzono, że liście trzciny, porażone przez obydwie gatunki rdzy, transpirowały w ciemności o 30% słabiej niż liście kontrolne.

DYSKUSJA

Omawiane w niniejszej pracy grzyby pasożytnicze naruszały podstawowe procesy fizjologiczne swojego gospodarza.

Stwierdzenie, że zawartość azotu w teleutosporach *Puccinia phragmitis* jest taka sama jak w roślinie żywicielskiej, jak również badania S h a w'a (1964) nad fizjologią uredospor, w których skład wolnych aminokwasów uwarunkowany jest przez roślinę żywicielską, prowadzą do wniosku, że metabolizm azotowy rdzy i jej żywiciela jest ściśle ze sobą związany.

Fakt, że chore liście zawierały mniej azotu niż liście zdrowe, a także mniej niż teleutospory pasożyta, tłumaczy się silnym nagromadzeniem związków azotowych w ogniskach infekcji, gdzie zapotrzebowanie na nie oraz ich zużycie jest bardzo duże (K u p r e w i e z 1947; G ä u m a n n 1959).

Ogólna zawartość azotu w zainfekowanych liściach w końcowej fazie choroby była zawsze niższa niż w liściach kontrolnych. Wyniki te są zgodne z danymi zaczerpniętymi z literatury. Ogólna zawartość azotu w liściach selerów porażonych przez *Cercospora apii* i *Septoria apii* jest mniejsza niż w liściach zdrowych i wynosi w pewnych przypadkach tylko 61% i 83% (G ä u m a n n 1959). N o w i k o w (1937) podaje, że zdrowe liście lucerny zawierają 4,34% i 4,64% azotu w przeliczeniu na suchą masę, natomiast liście porażone przez *Uromyces striatus* tylko 3,91% i 3,34%.

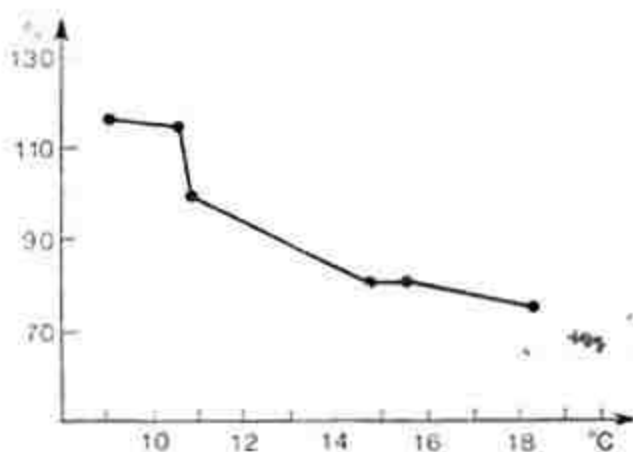
Infekcja przez pasożyty bezwzględne (*Puccinia phragmitis*, *P. magnusiana*) powodowała większe zubożenie trzciny w związki azotowe niż infekcja przez pasożyty fakultatywne (*Deightonella arundinacea*, *Hadrotrichum phragmitis*) (ryc. 2), które mają prawdopodobnie inne wymagania pokarmowe.

Najmniejszą zawartość azotu miały liście trzciny porażonej przez *Puccinia phragmitis* (o 31% niższą niż kontrolne), największą — porażone przez *Hadrotrichum phragmitis* (o 11% niższą niż kontrolne).

Ustilago grandis i *Deightonella arundinacea* wywołujące infekcję ogólną (systemiczną) trzciny działają hamująco na jej wzrost, chore źdźbła są niższe od zdrowych o 32% i o 25% (Durska 1970), a także obniżają natężenie transpiracji znacznie silniej niż pasożyty wywołujące infekcję lokalną (ryc. 2).

Pomiary transpiracji prowadzone w różnych fazach rozwojowych głowni wykazują, że na początku choroby różnice pomiędzy roślinami chorymi a kontrolnymi są nieznaczne, następnie — w czasie sporulacji grzyba są największe i w końcowym okresie choroby znowu niewielkie. Podobne prawidłowości w zmianie intensywności transpiracji stwierdził Majernik (1965) w badaniach nad pszenicą porażoną przez mączniakowe.

Każda choroba wywołuje pewne zmiany w bilansie wodnym rośliny. Charakter tych zmian jest różny w przypadku pasożytów fakultatywnych i obligatorycznych (Majernik 1965), co potwierdziły nasze badania. Pasożyty fakultatywne zawsze mniej lub bardziej obniżały intensywność transpiracji, natomiast rdze działały w różny sposób na ten proces. W pewnych przypadkach zwiększały, w innych obniżały intensywność transpiracji. Przyczyny tych zjawisk nie zawsze dawały się w prosty sposób wytłumaczyć. Zdania różnych autorów na ten temat są także bardzo kontrowersyjne (Harvey 1930; Murphy 1935; Johnston, Miller 1936; Kuprewicz 1947; Robson 1969; Majernik 1965) i obecnie jeszcze nie wiadomo, w czym leży przyczyna tak różnorodnego działania rdzy na proces transpiracji. Według Kuprewicza (1947) dużą rolę



Ryc. 7. Wpływ temperatury na zmiany natężenia transpiracji liści trzciny porażonej przez *Puccinia phragmitis* w porównaniu z liśćmi kontrolnymi (Kontrola — 100%).
Influence of temperature on changes in the intensity of transpiration in leaves of reed infected by *Puccinia phragmitis* as compared with the control leaves (Control — 100%)

mogą odgrywać tu warunki zaopatrzenia rośliny w wodę oraz temperatura powietrza. Stwierdza on mianowicie, że w niższych temperaturach zainfekowane rdzą rośliny wykazywały większą intensywność transpiracji niż zdrowe, natomiast w wysokich temperaturach zachodziło zjawisko odwrotne — zdrowe transpirowały intensywniej.

W przypadku porażenia trzciny przez *Puccinia phragmitis* obserwowano zjawiska podobne: chore rośliny transpirowały intensywniej niż kontrolne tylko w niższych zakresach temperatury, 9-11°C (ryc. 7).

Z badań Johnstona i Millera (1936) nad pszenicą zainfekowaną przez *Puccinia triticina* wynika, że porażone rośliny transpirują w nocy o 78% intensywniej niż kontrolne.

W przypadku trzciny zainfekowanej przez *Puccinia phragmitis* i *P. magnusiana* liście chore transpirowały w nocy o 30% słabiej niż kontrolne. Wiadomo, że trzcina rosnąca w wodzie transpiruje o wiele słabiej niż rośliny lądowe. Królikowska (1971) stwierdza nawet całkowity brak transpiracji u trzciny w nocy. Prawdopodobne więc jest, że w tym przypadku wpływ środowiska zmienia charakter reakcji pasożyt-gospodarz.

Kuprewicz (1947) podkreśla, że chore tkanki charakteryzują się obniżeniem ogólnego poziomu żywotności oraz zdolności reagowania na czynniki zewnętrzne. Šprochová (1967) badając wpływ choroby na mechanizm szparkowy rośliny, stwierdza, że aparaty szparkowe porażonych przez *Erysiphe graminis* liści jęczmienia nie reagują na działanie światła.

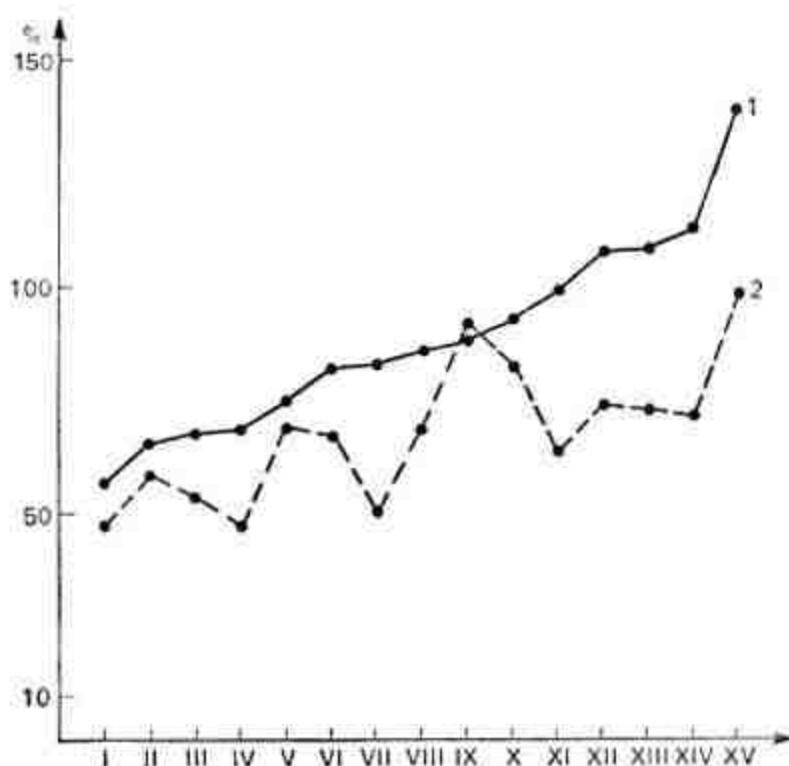
W naszych badaniach stwierdzono, że trzcina porażona przez grzyby pasożytnicze nie reagowała na zmianę temperatury i wilgotności względnej powietrza w taki sam sposób jak zdrowe rośliny, a przeciwnie, wykazywała pewną bierność w regulowaniu bilansu wodnego.

Zmniejszenia intensywności transpiracji w starzejących się tkankach, zjawiska charakterystycznego dla zdrowych roślin, w chorych liściach nie zaobserwowano. Majernik (1965 a) tłumaczy podobne zjawiska w jęczmieniu zainfekowanym przez *Erysiphe graminis* ekonomiczniejszym niż w zdrowej roślinie wykorzystywaniem wody w czasie choroby. Prawdopodobnie roślina w tym wypadku adaptuje się w pewien sposób do obecności pasożyta.

Według Majernika (1965) najbardziej obiektywne wyniki otrzymuje się przeliczając wartość transpiracji na jednostkę powierzchni. Potwierdzają to badania przeprowadzone w niniejszej pracy. Przeliczanie transpiracji na jednostkę świeżej masy, zwłaszcza w przypadku liści porażonych rdzą, daje niższe wartości, gdyż obecność grzybni i zarodników pasożyta, szczególnie przy silnej infekcji, zwiększa świeżą masę liści (liście zdrowe — 12 mg/1 cm², liście chore — 25 mg/1 cm²).

Nawet w przypadkach gdy wartość natężenia transpiracji liści porażo-

nych przez *Puccinia magnusiana* w przeliczeniu na jednostkę powierzchni jest wyższa od kontrolnej, w przeliczeniu na jednostkę świeżej masy jest zawsze niższa od kontrolnej (ryc. 8).



Ryc. 8. Wartości natężenia transpiracji liści trzciny porażonej przez *Puccinia magnusiana* w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (1) i na jednostkę świeżej masy (2) w porównaniu z liśćmi kontrolnymi. I-XV kolejne pomiary transpiracji (Kontrola — 100%)

Transpiration intensity values in leaves of reed infected by *Puccinia magnusiana*, calculated on surface units (1) and on fresh weight units (2) as compared with the control leaves. I-XV successive transpiration measurements (Control — 100%)

Na podstawie przeprowadzonych badań widać, że nie tylko w roślinach uprawnych obserwuje się silne zmiany w przebiegu podstawowych procesów życiowych będące skutkiem rozwoju w ich tkankach grzybów pasożytniczych. Te same zjawiska zaobserwowano u trzciny — rośliny dziko rosnącej, występującej w swoim naturalnym siedlisku.

SUMMARY

Changes are here discussed in the transpiration, photosynthesis, also the carbohydrate and protein metabolism and water content in plants infected by parasitic fungi.

Disturbances in the nitrogen content and transpiration have been studied in reed infected by: *Puccinia phragmitis* (Schum.) Körn, *P. magnusiana* Körn.,

Ustilago grandis Fr., *Deightoniella arundinacea* (Cda) Hughes and *Hadrotrichum phragmitis* Fuck.

The nitrogen content was determined by the direct nesslerisation method (Bure 1960) in 60 leaf samples collected from reed-belts on 15 lakes of the Mazurian Lake District. In the infected leaves, the nitrogen content was 11-31 per cent lower than that in healthy leaves, the obligatory parasites causing a stronger impoverishment in nitrogen than the facultative ones.

The intensity of transpiration was determined by the quick-weighing method carried out in a selected reed belt between July and October 1969. It has been observed that parasites causing systemic infection (*Ustilago grandis*, *Deightoniella arundinacea*) were responsible for a 29-54 per cent decrease in the transpiration of the infected leaves. Leaves attacked by rust transpired either more or less intensely than the control plants. No correlation has been observed between the transpiration of the infected reed and the action of environmental factors such as the temperature and the relative air humidity. This indicates an inadequately regulated water balance in the infected plants.

The most objective values of water output seem to be obtained by calculating intensity of transpiration in term of surface unit.

LITERATURA

- Bonner J., Galston A. W., 1962, Podstawy fizjologii roślin, PWRiL, 483, Warszawa.
- Bure H. C., 1960, Kolorimetrische Micro-Kjeldhal Method mit direkter Nesslerisation zur routinemässigen Stickstoffbestimmung, *Microchimica Acta* 2: 200-203.
- Bushnell W. R., Allen P. J., 1962, Respiratory changes in barley leaves produced by single colonies of powdery mildew, *Plant. Physiol.* 37(6): 751-758.
- Daly J. M., Sayre R. M., 1957, Relations between growth and respiratory metabolism in safflower infected with rust, *Phytopath.* 47: 163-168.
- Daly J. M., Sayre R. M., Pazur J. H., 1957, The hexose monophosphate shunt as the major respiratory pathway during sporulation of rust of safflower, *Plant Physiol.* 32: 44-48.
- Dick D., Glenn T., 1968, Effect of leaf rust infection on the conversion of glucose-U-C¹⁴ into amino acids in excised leaves of Ponca wheat, *Bot. Gaz.* 129(4): 322-327.
- Diamond A. E., Waggoner, 1953, The water economy of *Fusarium* wilted tomato plants, *Phytopath.* 43: 619-623.
- Durska B., 1969, Rozmieszczenie w Polsce kilku gatunków grzybów pasożytniczych trzciny, *Acta Mycol.* 5: 117-133.
- Durska B., 1970, Changes in the reed (*Phragmites communis* Trin.) condition caused by diseases of fungal and animal origin, *Pol. Arch. Hydrob.* 17 (30)3: 379-396.
- Ellis B. M., 1957, Some species of *Deightoniella*, *Mycol. Pap.* 66: 1-7.
- Gassner G., Franke W., 1938, Einige Versuche über die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes junger Weizenblätter durch den Kohlensäuregehalt der Luft, *Phytopath. Z.* 11: 98-105.
- Gäumann E., 1959, Nauka o infekcyjnych chorobach roślin, PWRiL, 748, Warszawa.
- Gierczak M., 1969, Zawartość amoniaku w hypokotylach sterylne wyhodowanych siewek *Pinus silvestris* L. przy zachorowaniu na pasożytniczą zgorzel

- siewek, Referat z Sympozjum Sekcji Mykologicznej PTB we Wrocławiu, 13-14 listopada 1969.
- Goodman R. N., Király Z., Zaitlin M., 1967, The biochemistry and physiology of infectious plant disease, Princeton, 354.
- Harvey R. B., 1930, The relative transpiration rate at infection spots on leaves, *Phytopath.* 20: 359-362.
- Heitefuss R., 1968, The significance of changes in nucleic acid metabolism for the relation between host and obligate parasites, *Neth. J. Path.* 74 (Suppl. 1): 9-18.
- Iwanow L. A., Silina A. A., Sjelnikow J. L., 1950, O metodikje bystrogo wzjesziwanija dlja oprjedjeljenija transpiracii w jestjestwjennych usłowijach, *Bot. Ž.* 35(2): 171-185.
- Jäger K., Reisener H. J., 1969, Untersuchungen über Stoffwechselbeziehungen zwischen Parasit und Wirt am Beispiel von *Puccinia graminis* var. *tritici* auf Weizen. I Aufnahme von Aminosäuren aus dem Wirtsgewebe, *Planta* 85(1): 57-72.
- Johnston C. O., Miller E. C., 1936, Relation of leaf rust (*Puccinia triticina*) infection to the rate of transpiration in two varieties of wheat, *Phytopath.* 26: 96-97.
- Kochman J., 1936, Grzyby glówniowe Polski, *Planta Polon.* 4: 1-161, Warszawa.
- Królikowska J., 1971, Transpiration of reed — *Phragmites communis* Trin., *Pol. Arch. Hydrob.* 18,4: 347-358.
- Kuprewicz W. F., 1947, Fizjologija bolnowo rastjenija w swjazi z obszczimi woprosami parazitizma, 299, Moskwa.
- Last E. T., 1963, Metabolism of barley leaves inoculated with *Erysiphe graminis* Mérat, *Ann. Bot.* 27(109): 685-690.
- Lilly V., Barnett H., 1959, Fizjologia grzybów, PWRiL 504, Warszawa.
- Livne A., 1964, Photosynthesis in healthy and rust-affected plants, *Plant. Physiol.* 39: 614-621.
- Majernik O., 1965, Water balance of barley infected by *Erysiphe graminis* D. C. f. sp. *hordei* Marchal, *Phytopath. Z.* 53(2): 145-153.
- Majernik O., 1965 a. Water balance changes of barley infected by *Erysiphe graminis* D. C. f. sp. *hordei* Marchal, *Phytopath. Z.* 53(4): 301-308.
- Murphy H. C., 1935, Effect of crown rust infection on yield and water requirements of oats, *Journ. Agric. Res.* 50: 387-411.
- Nowikow W. A., 1937, Narušenje biochimičeskogo obmena w listjach ljucerny pri poraženii rżawczinoj *Uromyces striatus* Schröt., *Dokl. AN SSSR* 15(1): 53-56.
- Ondok J. P., 1968, Measurement of leaf area in *Phragmites communis* Trin., *Photosynthetica* 2(1): 25-30.
- Paech K., 1934, Zur natürlichen Regulation des Eiweißstoffwechsel in Pflanzen, *Planta* 22: 794-799.
- Robson J., 1960, Autoradiography of water-soluble compounds in fungi, *Brit. Mycol. Soc. Trans.* 43: 541-542.
- Shaw M., 1964, The physiology of rust uredospores, *Phytopath. Z.* 50: 159-180.
- Šprochová H., 1967, Growth substances effecting stomata opening of barley attacked by powdery mildew, *Phytopath. Z.* 60(2): 177-180.
- Szczepański A., 1970, Methods of morphometrical and mechanical characteristics of *Phragmites communis* Trin., *Pol. Arch. Hydrobiol.* 17(30)3: 329-335.
- Thatcher F. S., 1939, Osmotic and permeability studies in the nutrition of fungus parasites, *Ann. Jour. Bot.* 26: 449-458.

- Thatcher F. S., 1942, Further studies of osmotic and permeability relations in parasites. *Can. Jour. Res.* 20: 283-311.
- Tumarkin S., 1934, K fizjologiczjeskómu obosnowaniju szkał uczjeta wrjedonosnosti rzawiny. *Tr. po Zaszcz. Rast.* 2(6): 35-36.
- Yarwood C. E., 1947, Water loss from fungus cultures. *Am. J. Bot.* 34: 514-520.