

ANDRZEJ S. OLEKSOWICZ

**UWAGI O PRZYDATNOŚCI DESMIDII
(CHLOROPHYTA, CONJUGATOPHYCEAE) JAKO WSKAŹNIKA
CZYSTOŚCI I ŻYŻNOŚCI WÓD NA TLE CZYNNIKÓW
KONTROLUJĄCYCH ICH WYSTĘPOWANIE**

SOME REMARKS OF THE SIGNIFICANCE OF DESMIDS

**(CHLOROPHYTA, CONJUGATOPHYCEAE) AS AN INDICATOR OF THE TROPHIC STATUS
OF FRESHWATER IN COMPARISON WITH FACTORS CONTROLLING THEIR APPEARANCE**

Wstęp

W ciągu ostatnich dziesięcioleci XX wieku człowiek jest świadkiem i przyczyną gwałtownie wzrastającej eutrofizacji środowiska. Skutki tego procesu są w większości przypadków dostrzegalne gołym okiem i nawet w ciągu jednego pokolenia widoczna jest zwiększająca się degradacja środowisk wodnych oraz lądowych. Jednakże techniczno-gospodarczy rozwój współczesnej cywilizacji, będący bezpośrednią przyczyną wzrostu ilości zanieczyszczeń w środowisku, rozwinął również cały szereg równoległych działań, których celem jest wstrzymanie gwałtownego tempa tego procesu, ustalenie obiektywnej miary oceny stopnia zanieczyszczenia lub zeutrofizowania i wreszcie znalezienie sposobów zlikwidowania przyczyn i skutków. Od czasów Naumanna [45], który jako pierwszy w badaniach hydrobiologicznych wprowadził terminy „eutrofia” oraz „oligotrofia” w znaczeniu zasobności siedliska w azot i fosfor, pierwiastki o kapitalnym znaczeniu dla zwiększenia intensywności procesów produkcji pierwotnej jezior, powstało wiele definicji i terminów bardzo różne interpretujących pojęcie trofii [14]. Najkrócej wzrost trofii wód powierzchniowych zdefiniował Straškraba [60], a za eutrofizację uważa proces wzrostu produkcji materii organicznej, szczególnie uzależniony od wzrostu ilości dostarczonych biogenów.

Na początku naszego stulecia, a więc wcześniej niż zaczęto szukać prób oceny stopnia zeutrofizowania wód, ze względu na wzrastające zanieczyszczenia materią organiczną rzek, rozwinięto kierunek badań nad saprobowością [29, 30, 31]. Istotnym założeniem rozwijających się badań nad saprobowością i później po Naumannie oceną stopnia zeutrofizowania, było znalezienie oraz określenie gatunków wskaźnikowych dla aktualnie istniejących warunków siedliska. Pearsal [49, 50, 51]

był jednym z pierwszych algologów, który wykazał, iż różnorodnym troficznym typom jezior odpowiada odmienny i charakterystyczny dla każdego z typów skład gatunków organizmów. Wyniki badań Pearsala, W. Westa i G. S. Westa [68] oraz Naumanna [45] stwierdzające, iż w wodach oligotroficznymi najczęściej spotykanymi glonami są desmidie, rozwinęli Thunmark [64] i Nygaard [46]. Podstawowym założeniem troficznych wskaźników fitoplanktonowych Thunmarka $\left(\frac{\text{Protococcales}}{\text{Desmidiales}}\right)$ i Nygaarda $\left(\frac{\text{Cyanophyta}}{\text{Desmidiales}}\right)$; oraz tzw. wskaźnik złożony $\left(\frac{\text{Cyanophyta} + \text{Protococcales} + \text{Centrales} + \text{Euglenophyta}}{\text{Desmidiales}}\right)$ było, że w warunkach wzro-

stu trofii wzrasta bogactwo glonów z tych grup systematycznych, które zostały umieszczone w liczniku. Natomiast wraz ze spadkiem żyzności wody wzrasta bogactwo desmidii. Choć minęło już wiele lat od momentu wprowadzenia systemu saprobów oraz wskaźników fitoplanktonowych, metody te są często używane i to zarówno przez algologów jak i przez powołane w tym celu instytucje oraz służby odpowiedzialne za kontrolę i ocenę jakości wód [8, 11, 22, 36, 37, 58].

W świetle współcześnie rozwijających się badań syn- i autekologicznych coraz więcej danych wskazuje jednak na to, że bezkrytyczne traktowanie bardzo licznej w gatunki grupy glonów, liczącej około 4 tys. gatunków [28], jako wskaźnika oligotrofii lub acidotrofii nie może być przyjęte, gdyż może stać się przyczyną bardzo poważnych nieporozumień. Niemal już na stałe utrwalony błędny pogląd o tej grupie glonów wciąż przedstawiają licznie wydawane na całym świecie podręczniki [23, 26, 41, 54, 59]. Jedynie Round [54] w swojej „Ekologii glonów”, choć charakteryzuje desmidie również jako gatunki preferujące siedliska skąpożywne i często o odczynie kwaśnym, to jednak sygnalizuje niebezpieczeństwo w stosowaniu fitoplanktonowych wskaźników troficznych.

Własne obserwacje terenowe nad dynamiką różnorodnych zbiorowisk glonów w różnych troficznych typach jezior, zwróciły uwagę i skierowały autora ku bliższym studiom nad ekologią tej grupy glonów. Na podstawie nielicznych danych, spotykanych w literaturze na temat ekologii i fizjologii desmidii, można jednak stwierdzić wysoką niejednorodność tej grupy glonów w stosunku do mierzonych parametrów siedliska, a więc i ograniczone możliwości w stosowaniu desmidii jako grupy wskaźnikowej. Aby czytelnik mógł sam zdecydować o przydatności oraz wyborze desmidii do oceny jakości wód, zaproponowano krótki przegląd zasadniczych i udokumentowanych informacji o siedliskach, a także warunkach decydujących o występowaniu tych glonów.

Siedliska, ich stan troficzny a występowanie desmidii

A. Flora desmidii a typy siedlisk

Podstawowym oraz najbardziej krytykowanym problemem zastosowania desmidii przy obliczaniu fitoplanktonowych współczynników troficznych według wzorów Thunmarka i Nygaarda jest fakt, że tylko niewielka liczba gatunków desmidii to

formy euplanktonowe. Zdecydowana większość desmidii to gatunki meroplanktonowe lub występujące w litoralu i wchodzące w skład metafitonu lub peryfitonu. W jeziorach, w których panujące warunki świetlne nie są czynnikiem hamującym rozwój roślinności głębiej położonych siedlisk, również bogata flora desmidii spotykana jest na dnie [8, 12, 32]. Najczęściej desmidie preferują miejsca osłonięte przed zbyt silnym działaniem ruchów wody, a więc wśród zbiorowisk roślinności naczyniowej. Jeżeli na skutek ruchu mas wody zostaną przemieszczone do innych siedlisk jeziora, np. pelagial, wówczas następuje zahamowanie wzrostu i rozwoju. Skrajnym przykładem i rzadko spotykanym miejscem ich występowania było stwierdzenie obecności wielu gatunków desmidii nawet w zamkniętych pęcherzykach *Utricularia* [56].

Na znacznie bogatszy rozwój desmidii w strefie litoralu jezior wskazują liczne prace florystyczne i ekologiczne. I tak np. spośród 48 gatunków desmidii zanotowanych w górskim, oligotroficznym jeziorze [15], tylko *Pleurotaenium ehrenbergii* spotykano wyłącznie w fitoplanktonie, zaś *Cosmarium subcrenatum*, *Hyalotheca dissiliens* i *Cosmarium regnelli* var. *incrassatum* zarówno w fitoplanktonie pelagicznym jak i w litoralu. Pozostałe gatunki występowały wyłącznie w strefie litoralowej lub na dnie jeziora. Podobnych informacji dostarczają wyniki badań przeprowadzonych w jeziorach z obszaru niemal całej Finlandii [22]. W 826 próbach fitoplanktonu z różnych typów jezior (spośród których wiele określono jako oligo- i mezotroficzne) wśród 50 najczęściej występujących gatunków glonów nie podano żadnego gatunku desmidii. Również w wykazie 50 gatunków o największym udziale biomasy w fitoplanktonie podano jedynie *Staurastrum vestitum*. Badania własne nad zbiorowiskami glonów Pojezierza Kaszubskiego także wykazały znacznie bogatszą florę desmidii w strefie litoralu [48]. W mezotroficznym jeziorze Zmarłe (pH 7.6—9.2, Ca^{++} 22.8—42.4 mg·dm⁻³) łącznie znaleziono 64 gatunki desmidii, z czego 41 stwierdzono w peryfitonie, 28 w planktonie litoralowym, a 16 w pelagicznym; w lobeliowym jeziorze Czarne (pH 4.2—6.0, Ca^{++} 4.65 mg·dm⁻³) znaleziono 43 gatunki, spośród których 31 w peryfitonie, 15 w planktonie litoralowym i 8 w pelagialu; w dystroficznym jeziorze Moczadło (pH 4.3—5.0, Ca^{++} 16.41 mg·dm⁻³) zanotowano 28 gatunków, z czego w peryfitonie 23 a w planktonie 11. Stwierdzono również, że żaden ze znalezionych gatunków desmidii nie występował wyłącznie w fitoplanktonie.

Desmidie jako organizmy biernie unoszone w wodzie są w dużym stopniu uzależnione od ruchów wody, a stałe mieszanie się wód powierzchniowych jeziora [52] w wielu przypadkach może być przyczyną przemieszczania gatunków do innych siedlisk jeziora. Tak więc, warunki w jakich zostanie dokonany zbiór prób (np. warunki klimatyczne) oraz miejsce poboru prób (litoral, w pobliżu strefy litoralu lub w pelagialu) mogą w istotny sposób wpływać na wielkość różnic stwierdzanych w tym samym jeziorze, zarówno w liczbie znajdujących taksonów jak i w wartości współczynników fitoplanktonowych obliczanych metodą Thunmarka i Nygaarda.

B. Właściwości siedliska a flora desmidii

Obecnie bardzo trudno jest określić od jak dawna i dzięki komu utarł się pogląd, iż desmidie są glonami spotykanymi głównie w siedliskach skąpożywnych (jeziora oligotroficzne, dystroficzne, torfowiska), często o niskim pH, które nie tolerują dużych stężeń wapnia (wyjątek *Oocardium striatum*) i siedlisk słonych. Nastąpiło to najprawdopodobniej dzięki pierwszym badaniom flory tej grupy glonów prowadzonym przez braci Westów [68], ekologicznym i eksperymentalnym badaniom Pearsala [49, 50, 51], Griffithsa [20], Stroma [61], Wadea [66], Hutchinsona [26], Tassigny [63] oraz Woelkerlinga i Gougha [69]. Jednak w ciągu ostatniego dziesięciolecia, kiedy zaczęto weryfikować te poglądy, ukazał się cały szereg doniesień o wynikach badań z zakresu ekologii i fizjologii, które w dużym stopniu zmieniają utrwalaony pogląd o warunkach występowania tych glonów.

1. Chlorki

Badania Grönblada [21], Förstera [17], Nygaardta [47] i Kossinskiej [32] wykazały, że desmidie mogą występować w słonawych wodach śródlądowych przy zasoleniu do 21 ‰. Również badania Brooka [11] potwierdzają obecność nawet bardzo bogatej flory desmidii przy zasoleniu od 10 do 700 mg Cl⁻·dm⁻³. Stwierdzono to badając fykoflorę w około 200 jeziorach północnoamerykańskich, w których takie gatunki jak *Staurastrum anatinum* fo. *denticulato-paradoxum*, *S. pingue*, *S. planctonicum* i *S. maculatum* spotykano w 50% prób, a gatunki jak *Closterium acutum*, *C. aciculare* var. *subpronum*, *Staurastrum chaetoceras*, *S. constrictum* i *S. excavatum* występowały nawet przy zasoleniu 400—700 mg Cl⁻·dm⁻³. Nasuwa się jednak pytanie, czy obecność tych glonów nie jest przypadkowa i czy, występując w warunkach silnego zasolenia, mogą one realizować podstawowe czynności życiowe. Wiele informacji o warunkach wzrostu i rozwoju desmidii przy zmiennym zasoleniu dostarczają badania laboratoryjne [24]. Przy testowaniu kultur *Netrium digitus* różnymi stężeniami chlorków pochodzących z HCl i NaCl stwierdzono, że przy dużych koncentracjach HCl (Cl⁻ powyżej 10 mg·dm⁻³) komórki rosły bardzo intensywnie na długość, nawet do 800 μm, lecz nie wykazywały podziałów. Mogły również wytrzymać bardziej drastyczne warunki, trwające nawet kilka miesięcy (pH 2.8, Cl⁻ 25 mg·dm⁻³) i po przeniesieniu ich w warunki optymalne (pH 5.0, Cl⁻ 3.5 mg·dm⁻³) bardzo szybko przechodziły w fazę podziałów. Dodawanie jonu chlorkowego w postaci NaCl przy optimum pH 4.1—4.2 nawet do ilości 1000 mg·dm⁻³ nie zmniejszało przeżywalności prowadzonej kultury, a przy stężeniu około 700 mg Cl⁻·dm⁻³ obserwowano występujące podziały komórek. Podsumowaniem tych badań było stwierdzenie, że *Netrium digitus* toleruje nawet bardzo duże stężenie jonu chlorkowego pod warunkiem dobrego zbuforowania pożywki i że jon ten pochodzi z NaCl. Natomiast większe ilości jonu chlorkowego pochodzącego z HCl początkowo przyspieszają wzrost, a silny spadek pH hamuje wzrost lub nawet doprowadza do śmierci.

2. pH, Ca⁺⁺ i CO₂

Za czynniki limitujące występowanie desmidii uważano stężenie jonów wodorowych i zawartość wapnia. Zdecydowaną większość desmidii określano jako gatunki acidofilne, występujące głównie w siedliskach ubogich w wapń. Jednakże Moss [42] testując 11 gatunków desmidii nie stwierdził żadnych istotnych różnic we wzroście w warunkach zmieniającego się stężenia wapnia w zakresie 0.02—100.0 mg·dm⁻³, bez względu na to, czy testowany gatunek był izolowany z siedlisk bogatych czy też ubogich w jony wapnia. Stwierdzono ponadto, że wapń nie miał istotnego wpływu na badane populacje, przeciwnie niż wynika to z badań Shoemitha i Brooka [57]. W testowaniu kultur zauważono również [43], iż pewne populacje gatunków pochodzące z siedlisk kwaśnych rosną słabo przy odczynie zasadowym, podczas gdy gatunki z siedlisk alkalicznych rosną dobrze zarówno w kwaśnych jak i w alkalicznych pożywkach. Moss zaproponował wyjaśnienie, że alkaliczny odczyn siedliska hamuje rozwój desmidii tylko pośrednio ze względu na zmniejszające się stężenie CO₂ wraz ze wzrastającym pH wody, aż do całkowitego braku wolnego CO₂. Według Mossa CO₂ rozpuszczony w wodzie jest podstawowym źródłem węgla dla tych glonów w procesie fotosyntezy. Przeciwnie jednak wyniki uzyskali Woelkerling i Gough [69], którzy stwierdzili występowanie szeregu gatunków desmidii z 10 rodzajów w bardzo różnorodnych warunkach. Obserwowali oni rozwój desmidii w sytuacjach, kiedy stężenie CO₂ było równe zeru oraz bardzo ubogą florę desmidii w warunkach wysokiej koncentracji wolnego CO₂. Późniejsze wyniki eksperymentalnych badań nad kulturami *Closterium moniliferum* i *Cosmarium granatum* [19], pochodzących z wód twardych oraz *Triploceras gracile* z wód kwaśnych wskazują na duże trudności, nawet w badaniach laboratoryjnych, w jednoznacznym określeniu optymalnych warunków rozwoju i wpływu na rozwój desmidii różnych stężeń Ca⁺⁺ i pH. W doświadczeniu tym *Triploceras gracile* rósł dobrze w różnorodnych warunkach lecz lepiej w warunkach niskich stężeń wapnia i niskich wartości pH, podczas gdy *Closterium moniliferum* rosło równie dobrze w różnych stężeniach Ca⁺⁺, ale preferowało wyższe pH. *Cosmarium granatum* dobrze rozwijało się zarówno przy wysokim pH jak i wysokim stężeniu wapnia. Tak więc, znaczenie stężenia jonów wapnia i wodorowych jako czynnika kontrolującego występowanie desmidii może być interpretowane bardzo różnie. Niestety wielu autorów mających tendencje do stawiania zbyt pochopnych uogólnień na podstawie informacji dotyczących zaledwie nieznacznej liczby gatunków desmidii, odnosi je do całej grupy glonów. Sprzeczne informacje uzyskane na odmiennych gatunkach wskazują, że odpowiedź na pytanie, jakie czynniki decydują o występowaniu desmidii, jest bardzo trudna i nie ma prostej zależności pomiędzy występowaniem glonów z rzędu *Desmidiiales* a zmianami jednego z parametrów siedliska jak np. stężenia jonów wapnia czy też zmian pH.

3. Zawartość substancji pokarmowych

Od czasów wprowadzenia do badań hydrobiologicznych pojęcia trofii — sensu Naumann [45] — stwierdzono, że w naturalnie ewoluujących jeziorach niska lub wysoka zawartość głównych pierwiastków odpowiedzialnych za produkcję pier-

wotną, tj. azotu i fosforu, związana jest z niską lub wysoką zawartością jonów wapnia [42]. Ponadto niska koncentracja fosforu również połączona jest z niską koncentracją soli takich pierwiastków jak Ca, Mg, Na i K. Stwierdzenie to miało decydujący wpływ na rozwój badań w kierunku szukania korelacji występowania desmidii a stężeniami tych pierwiastków oraz potwierdzenia przywiązania desmidii do warunków oligotroficznycch. Drugim głównym czynnikiem kierującym badania w stronę szukania korelacji pomiędzy jonami dwu- i jednowartościowymi a florą desmidii była większa łatwość w oznaczaniu tych pierwiastków w wodzie. Występują one w jeziorach w znacznie mniej złożonym cyklu krążenia w porównaniu z azotem i fosforem, które to pierwiastki (szczególnie fosfor) ulegają w różnych okresach bardzo silnej fluktuacji ilościowej dzięki aktywnej sorbcji przez wodorotlenki, minerały, koloidy, osad lub dzięki inkorporacji znacznych ilości w żywych organizmach. Stwierdzenie Pearsala [49], iż w warunkach występowania wysokiego stosunku $\frac{Na+K}{Ca+Mg}$ również obserwuje się wzrost jakościowy i ilościowy

desmidii, Shoesmith i Brook [57] określili jako nieprawdziwe. Zależność ta jest pozorna, gdyż wynika z silnej korelacji zawartości wapnia z florą desmidii, zaś zawartość wapnia jest czynnikiem określającym poziom pozostałych pierwiastków.

Spotykane informacje w literaturze na temat wpływu zawartych w wodzie substancji pokarmowych na florę desmidii są bardzo niejednorodne i właściwie nie upoważniają do postawienia zgeneralizowanego poglądu. Analiza flory desmidii w 100 jeziorach północnoamerykańskich [53] w porównaniu z wynikami pomiarów pH, przewodnictwa, alkaliczności, stężeń Ca, Mg, Na i K wykazała brak albo bardzo słabą korelację między bogactwem gatunków a każdym z badanych parametrów. W przeciwieństwie do tych wyników badań, obserwacje nad dynamiką 5 gatunków z rodzaju *Tetmemorus* [25] wykazały istotną reakcję tych glonów na stan parametrów siedliska, tj. wahań koncentracji Cl, Ca, Fe, PO₄-P, P, NO₃-N, N, stosunku tanin do lignin, przewodnictwa, barwy wody i pH. Obserwowano dominację *Tetmemorus brebissonii* var. *intermedius* wiosną w warunkach zubożenia pokarmowego, natomiast w okresie lipiec—sierpień, kiedy obserwowano wzrost koncentracji substancji pokarmowych, występowała dominacja *Tetmemorus granulatus*.

Jednym z klasycznych już eksperymentów wskazującym wpływ wzrostu stężeń substancji pokarmowych (N, P, K, Ca) na florę desmidii było sztuczne wzbogacenie tymi pierwiastkami mało produktywnych jezior szkockich [6, 7]. Zabieg ten, szczególnie w przypadku wzbogacenia fosforem, powodował wyraźny zakwit glonów z grup *Chlorococcales*, *Volvocales* i *Cyanophyta* oraz zubożenie flory desmidii, w porównaniu do składu gatunkowego z okresu poprzedzającego doświadczenie. Wzrost stopnia troficzności nie był jednak jednoznacznie negatywny dla rozwoju desmidii. Szereg gatunków, np. *Staurastrum pingue*, znacznie zwiększyło swoją liczebność oraz równocześnie pojawił się cały szereg nowych gatunków, jak np. *Staurastrum lunatum*, *Hyalotheca dissiliens*, *Cosmarium abbreviatum* var. *planctonicum* i *Closterium acutum* var. *variabile*.

Wpływ P i N na wzrost glonów jest obecnie niekwestionowany, a skutki wzbogacenia wód tymi pierwiastkami są poważnym problemem. Bardzo jednak mało

wiadomo na temat wpływu P i N na desmidię. Natomiast z nielicznych informacji wynika, że może on być zarówno stymulujący jak i hamujący (porównaj [6, 7, 8]). Stymulujący jest szczególnie dla tych gatunków, których zwiększoną liczebność obserwuje się w jeziorach eutroficznych. Do takich gatunków spotykanych w jeziorach Pojezierza Kaszubskiego należy zaliczyć *Staurastrum chaetoceras*, który obok *Anabaena flos-aquae* i *Aphanizomenon flos-aquae* masowo występował w czasie letniego zakwitnięcia w jeziorze Charzykowskim w 1983 roku, oraz *Closterium pronum* i *Closterium aciculare* var. *variable*, które obok *Aphanizomenon flos-aquae* i *Gomphosphaeria naegeliana* były odpowiedzialne za jesienny zakwit w jeziorze Leśno w 1985 roku.

Podsumowanie

Przedstawione w bardzo skróconej formie, znane obecnie informacje i poglądy na temat miejsca i warunków występowania desmidii, niemal zupełnie eliminują tę grupę glonów w ujęciu całościowym jako wskaźnikową i przydatną w badaniach sanitarnych lub w określaniu trofii jezior. W świetle tych informacji metoda Nygaard i Thunmarka, używana do oceny wartości troficznej zbiornika, staje się bardzo trudna w zastosowaniu, a więc praktycznie nieprzydatna do rutynowych badań. Również te zastrzeżenia mogą dotyczyć wskaźnika troficzności Järnefelta [27], którego istota opiera się głównie na obecności gatunku w określonych typach siedlisk. Ponadto wskaźniki te budzą wątpliwość dlatego, że nie uwzględniają liczebności pojawu populacji danego gatunku, a która może być całkowicie odmienna w jakościowo różnych siedliskach.

Najważniejszym jednak powodem, na podstawie którego należy zmienić dotychczasowy pogląd na temat klasycznie rozumianej wartości wskaźnikowej tej grupy glonów jest fakt, że zdecydowanie bogatsza flora desmidii jest spotykana w siedliskach o raczej umiarkowanej zasobności w sole pokarmowe oraz w siedliskach litoralowych [12, 13, 14, 16, 33]. Jest to więc niezgodne z intencją wzorów Thunmark i Nygaard, że wraz ze wzrostem oligotrofii wzrasta bogactwo flory desmidii. Brook [8, 10] i Round [54] wykazali jednak, że istnieje pewna możliwość stosowania tych wskaźników oraz możliwość uzyskania powtarzalnych i porównywalnych wyników, lecz przy wielu bardzo ważnych zastrzeżeniach. Przede wszystkim należy stosować bardzo ograniczoną liczbę gatunków, wyłącznie euplanktonowych, przy doskonałej znajomości ich wymagań ekologicznych (porównaj również [12, 13, 14]). Czy w obecnej chwili posiadamy takie pełne i wyczerpujące informacje dla wszystkich gatunków desmidii? Niestety nie i niestety w praktyce obserwujemy postępowanie całkiem przeciwne. Postępowanie nieusprawdliwione tym bardziej, że jest to bardzo liczna w gatunki grupa glonów wciąż jeszcze jednoznacznie i precyzyjnie nieokreślona, zarówno pod względem wymagań ekologicznych poszczególnych gatunków, a także pod względem ich przynależności systematycznej [65]. Niektóre taksony uznawane za wskaźnikowe, np. *Staurastrum paradoxum* i *S. gracile*, są gatunkami zbiorczymi i często błędnie oznaczanymi [9, 44].

Ponadto dyskutując rolę i charakter wskaźnikowy gatunku, co może dotyczyć

również organizmów z innych grup systematycznych, należy zastanowić się, czy jego obecność lub brak są wystarczającym dowodem istnienia określonych warunków siedliska. Jak wykazano w przypadku desmidii — organizmów zasiedlających głównie te strefy zbiorników, które pod względem liczebności nisz są bardzo liczne i urozmaicone jak np. litoral lub dno (porównaj [12, 14, 55]) — jest bardzo mało prawdopodobne, aby w takich siedliskach warunki troficzne były jednorodne i odpowiadały warunkom jednej niszy, na co mogłaby wskazywać obecność gatunku wskaźnikowego. Tak więc wiele kontrowersji budzi lista gatunków desmidii umieszczonych w systemie saprobów [36, 58, również 23] i uznawanych za wskaźniki oligo- lub b-mezosaprobii. Gatunki te są spotykane w bardzo różnorodnych siedliskach, przez wielu autorów traktowane są niejednakowo i uważa się je raczej za gatunki acidofilne [12]. Współczesne badania laboratoryjne wykazują, że używanie pojedynczego taksonu jako wskaźnikowego bardziej uzasadnione jest jedynie w przypadku przeprowadzania klasyfikacji wartości zbiorników na podstawie testów glonowych [1]. W oparciu o czystą kulturę i znajomość jej własności uzyskujemy większą pewność i porównywalność wyników oceniających potencjał troficzny wody danego siedliska.

Jak już wcześniej stwierdzono, nawet pobieżne porównanie znanych obecnie informacji o warunkach występowania desmidii nie pozwala przedstawić bardziej ogólnego poglądu na temat tych glonów, a jedynie można powiedzieć, że czynniki kontrolujące obecność desmidii działają kompleksowo. Kompleksów współzależności czynników występowania nie należy ograniczać tylko do parametrów fizykochemicznych, jako jedynie działających na poszczególne gatunki lub ich grupy, lecz należy również uwzględnić cały szereg biocenotycznych oddziaływań. Podobne stanowisko prezentuje Coesel [14], który stwierdzając kompleksowość działania czynników decydujących o florze desmidii uważa, iż bardziej prawidłowe jest odnoszenie flory desmidii do czynnika kompleksowego, którym może być wartość produkcji pierwotnej siedliska, niż odnoszenie jej do jednego czynnika (jak pH) lub nawet czynnika złożonego (jak przewodnictwo elektrolityczne wody). Autor ten, dyskutując również występowanie odmiennych gatunków desmidii w różniących się troficznie siedliskach, podkreśla istotność relacji pomiędzy potencjalnymi możliwościami reprodukcji gatunku a żyznością siedliska. Desmidie występujące w żyznych siedliskach należą głównie do rodzajów *Cosmarium*, *Closterium* i *Staurostrum*, natomiast gatunki znajdowane w siedliskach mniej żyznych należą do rodzajów *Micrasterias* i *Euastrum*. Organizmy z pierwszej grupy należą do glonów małych o szybkim tempie reprodukcji (1 podział w ciągu 24 godz.), zaś organizmy z grupy drugiej osiągają rozmiary bardzo duże i cechuje je bardzo wolne tempo dzielenia się (1 podział w ciągu kilku dni lub nawet tygodni). Rozwijając dalej swoją myśl konkluduje, iż organizmy wolno dzielące się nie wytrzymują konkurencji pokarmowej z gatunkami takich grup glonów, jak *Cynophyta*, *Chlorococcales* i *Bacillariophyceae*, które są lepiej przystosowane do warunków zwiększonej ilości pokarmu (szybkie tempo utylizacji pokarmu, szybka reprodukcja i tworzenie licznych, nowych pokoleń). Tak więc zjawiska biocenotycznych interakcji oraz genetyczne cechy gatunku mogą być bardziej przydatne w szukaniu odpowiedzi

na pytanie, czy w określonych warunkach dany gatunek może znaleźć optimum rozwoju. Przy rozpatrywaniu czynników, które mogą decydować o występowaniu roślin w jeziorach, nie można pominąć bardzo przekonującej koncepcji podanej przez Gessnera [62], a dotyczącej występowania *Lobelia dortmanna* w jeziorach skąpożywnych. Sugeruje on mianowicie, że jeziora skąpożywne wcale nie muszą stanowić optymalnego środowiska dla tej rośliny. Występuje ona w tych jeziorach, ponieważ panujące tam warunki są zupełnie nieodpowiednie dla roślin bardziej wymagających. W jeziorach bogatszych w składniki pokarmowe *Lobelia dortmanna* mogłaby również rosnąć, gdyby nie konkurencja roślin bardziej ekspansywnych. Taką interpretację można również zastosować dla wielu gatunków desmidii spotykanych w siedliskach skąpożywnych.

Pozostało jeszcze odpowiedzieć na jedno z najważniejszych pytań — czy skład florystyczny może być wskaźnikiem istnienia określonych warunków siedliska? Odpowiedź na to pytanie zawarta została w badaniach fitosocjologicznych, poczynając od twórców tego kierunku ze szkoły szwajcarsko-francuskiej aż do czasów współczesnych. Pojęcie asocjacji roślinnej, tj. zespołu organizmów o określonej strukturze przestrzennej i czasowej, charakterystycznej kombinacji gatunków i ich frekwencji wraz z gatunkami towarzyszącymi i przypadkowymi, które realizują się w określonych i powtarzających się warunkach siedliska, zostało najpierw wprowadzone w badaniach zespołów roślin naczyniowych a dopiero później przeniesione na grunt fykologii [2, 18, 35, 39, 40]. Myśl przewodnia tej szkoły, choć w czasach współczesnych krytykowana, jest coraz częściej akceptowana i rozwijana [3, 4, 5, 13, 54]. W przypadku desmidii badania prowadzone metodą fitosocjologiczną wykazały obecność tej grupy glonów w charakterystycznych kombinacjach w bardzo różnorodnych siedliskach, poczynając od oligotrofii aż do silnej hipertrofii [13]. Potwierdzono również wskaźnikowy charakter desmidii (w sensie fitosocjologicznym) jako pewnej kombinacji gatunków powtarzającej się w danych warunkach siedliska, a nie potwierdzono wskaźnikowego charakteru desmidii, jako dużej grupy glonów, wyłącznie dla warunków oligotrofii.

W badaniach fitosocjologicznych mikrofitów należy jednak pamiętać o tym, że o wiele łatwiej jest wykazać odmiennosć zespołów zasiedlających skrajnie przeciwstawne siedliska jak np. acidotrofia i eutrofia, a o wiele trudniej w siedliskach przejściowych. W tych ostatnich, stosowanie jednej grupy organizmów może być niewystarczające. Ponadto należy pamiętać również o pewnych faktach, które wynikają z porównania zbiorowisk desmidii opisanych przez Laporté [35], Messikommera [40], Coesela [13], Kowalskiego [34] i Wasylika [67]. Opisane przez tych autorów zespoły desmidii stwierdzono w różnych częściach Europy i nie można wyników tych badań bezkrytycznie transponować na grunt innych regionów geograficznych. W zależności od szeregu czynników geologicznych, klimatycznych, antropogenicznych, itp., te same gatunki mogą tworzyć odmienną kombinację i strukturę dominacji lub w bardzo zbliżonych warunkach siedliska mogą występować zupełnie odmienne zespoły (fykogeografia!).

Przedstawiona powyżej dyskusja pewnych własnych spostrzeżeń i danych z literatury na temat siedlisk i warunków występowania desmidii upoważnia do stwier-

dzenia, że desmidie są pod względem wymagań ekologicznych bardzo niejednorodną grupą glonów. Traktowanie desmidii jako glonów wskaźnikowych wyłącznie dla warunków oligotroficznycych lub siedlisk kwaśnych nie może być przyjęte i dalej utrwalane. Poszukiwanie organizmów wskaźnikowych dla danych warunków siedliska należy prowadzić drogą stosowania metod uwzględniających związki biocenotyczne. Jedną z takich metod może być metoda fitosocjologiczna, której teoretyczne założenia potwierdzają realnie istniejące i powtarzające się w podobnych sytuacjach zespoły organizmów. A nawet, jak wykazano ostatnio [4, 38], zespoły takie cechuje podobna sezonowa dynamika rozwoju, wielkość tworzonej biomasy i produkcji pierwotnej. Jednakże dopiero gruntowne opracowanie flory, a następnie zespołów glonów występujących na obszarze danego kraju lub kontynentu w odniesieniu do precyzyjnie określonych parametrów siedliska potwierdzi lub zaprzeczy możliwości zastosowania zespołów mikrofitów do badań i oceny jakości siedliska. Natomiast poszukiwanie pojedynczych gatunków, będących wskaźnikami określonej trofii lub stanu sanitarnego zbiornika czy cieku, należy głównie koncentrować na rozwijaniu metod testów glonowych, bądź też na poszukiwaniu gatunków, rzeczywiście posiadających bardzo wąską skalę wymagań ekologicznych.

LITERATURA

- [1] Bednarz, T., 1984. Oznaczania potencjału troficznego wód metodą testów glonowych. *Wiadomości Botaniczne* 28(3): 201—210.
- [2] Bohr, R., 1967. Zbiorowiska glonów peryfitonowych Polski północnej. *Zesz. Nauk. UMK, Nauki mat.-przyr.*, *Biologia* 10: 33—102.
- [3] Bohr, R., 1981. Do climax algal system exist? *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 21: 1481—1483.
- [4] Bohr, R., M. Luścińska, A. S. Oleksowicz, 1983. Phytosociological associations of algal periphyton. (in: R. G. Wetzel (ed.), *Periphyton of freshwater ecosystems*), *Develop. Hydrobiol.* 17: 23—30, Dr W. Junk Publish., Hague (Boston) Lancaster.
- [5] Boudouresque, C. F., 1971. Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Tethys* 3: 79—104.
- [6] Brook, A. J., A. V. Holden, 1957. Fertilization experiments on Scottish freshwater. I. Loch Kingdochy. *Sci. Invest. Freshwat. Fish. Soc.*, 17, 30 pp.
- [7] Brook, A. J., 1958. Changes in the phytoplankton of some Scottish hill lochs resulting from their artificial enrichment. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 13: 298—305.
- [8] Brook, A. J., 1959 a. The status of desmids in the plankton and determination of phytoplankton quotients. *J. Ecol.* 47: 429—445.
- [9] Brook, A. J., 1959 b. „*Staurastrum paradoxum*” Meyen and „*S. gracile*” Ralfs in the British freshwater plankton, and revision of the „*S. anatinum*” — group of radiate desmids. *Trans. Roy. Soc. Edin.* 3 (26): 589—628.
- [10] Brook, A. J., 1965. Planktonic algae as indicators of lake types with special reference to the *Desmidiaceae*. *Limnol. Oceanogr.* 19: 403—411.
- [11] Brook, A. J., 1971. The phytoplankton of Minnesota Lakes — preliminary survey. *Wat. Res. R. Centr. U. Minn. Bull.* 36, 12 pp.
- [12] Coesel, P. F. M., 1975. The relevance of desmids in the biological typology and evaluation of freshwaters. *Hydrobiol. Bull. (Amsterdam)*, 9 (3): 93—101.

- [13] Coesel, P. F. M., 1981. Distribution and ecology of desmids in a dutch broads area. Hugo de Vries Lab. Ed., Amsterdam, 198 pp.
- [14] Coesel, P. F. M., 1983. The significance of desmids as indicators of the trophic status of freshwater. Schweiz. Z. Hydrol. 45 (2): 388—393.
- [15] Dell'Uomo, A., F. Pedrotti, M. V. DiGiovanni, M. I. Taticchi, O. Tiberi, 1980. Studio idro-biologico de Lago Bianco. Quaderni Parco Naz. Stelvio 2: 69—95.
- [16] Flensburg, T., 1967. Desmids and other benthic algae of lake Kävnsjon and Store Mosse, SW Sweden. Acta Phytogeogr. Suec. 51: 1—132.
- [17] Förster, K., 1972. Die Desmidiaceen des Haloplanktons des Valencia-Sees, Venezuela. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 57: 409—428.
- [18] Golubič, S., 1967. Algenvegetation der Felsen. Die Binnengewässer 23, 183 pp.
- [19] Gough, S. B., 1972. The growth of selected desmid taxa at different calcium and pH levels. Am. J. Bot. 64: 1297—1299.
- [20] Griffiths, B., 1928. On desmids plankton. New Phytol. 27: 98—107.
- [21] Grönblad, R., 1956. A contribution to the knowledge of the algae of brackish water in some ponds in the Woods Hole region, USA. Memoranda Soc. Fauna Fl. Fenn. 31: 63—69.
- [22] Heinonen, P., 1980. Quantity and composition of phytoplankton in finish inland waters. Publ. Wat. Res. Inst. 37: 3—91.
- [23] Hindák, F. (ed.), 1978. Sladkovodné riasy. Slov. Pedagog. Naklad., Bratislava, 724 pp.
- [24] Hosiaisuoma, V., 1976. Effect of HCl and NaCl on the growth of *Netrium digitus* (*Desmidiales*). Ann. Bot. Fennici 13: 107—113.
- [25] Howell, E. T., G. R. South, 1981. Population dynamics of *Tetmemorus* (*Chlorophyta, Desmidiales*) in relation to a minerotrophic gradient on a Newfoundland fen. Br. phycol. J. 16: 297—312.
- [26] Hutchinson, G. E., 1967. A treatise on limnology. Vol. 2, Willey, N. York, 1115 pp.
- [27] Järnefelt, H., 1952. Plankton als Indikator der Trophiegruppen der Seen. Ann. Acad. Scient. Fennicae, A, 4 (18): 1—29.
- [28] Kadłubowska, J. Z., 1975. Zarys algologii. PWN, Warszawa, 509 pp.
- [29] Kolkwitz, M., M. Marsson, 1902. Grundzüge für die Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Kl. Mtt. Ugl. Prüfungsamt. Wasserversorg. Abwasserbereit. 1: 33—72.
- [30] Kolkwitz, M., M. Marsson, 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. dt. Bot. Ges. 26A, 505—515.
- [31] Kolkwitz, M., M. Marsson, 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. Internat. Rev. Hydrobiol. 2: 126—152.
- [32] Kossinskaja, C. C., 1960. *Flora plantarum cryptogamerum URSS. V. Conjugatae* (II) *Desmidiales*. 1., Izdat. Akad. N. SSSR, Mosqua/Leningrad, 706 pp.
- [33] Kõvask, V., 1973. On the ecology of desmids. II. Desmids and the mineral content. Izv. Akad. N. Estonsk. SSR., Ser. Biol., 22: 334—342.
- [34] Kowalski, W., 1977. Glony zbiorowisk roślinnych powodujących ładowienie jezior dystroficznych na Pomorzu Szczecińskim. Rozpr. Dokt. Inst. Ekol. i Ochr. Środ. AR, Szczecin, 130 pp.
- [35] Laporté, L. J., 1931. Recherches sur la biologie et systematique des Desmidiées. Encycl. Biol. 9: 1—147.
- [36] Liebmann, H., 1962. Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. I. Oldenburg, München, 588 pp.
- [37] Luścińska, M., A. S. Oleksowicz, 1984. Algae communities in five eutrophic lakes from the region of Tuchola Forests. Acta Univ. N. Copernici — Limnol. Papers, 14: 57—73.
- [38] Luścińska, M., A. S. Oleksowicz, 1986. Struktura i produkcja zbiorowisk glonów jezior z terenu Borów Tucholskich. Sprawozd. Probl. Res. R-III-15, Wyd. UMK w Toruniu (w druku).
- [39] Margalef, R., 1947. Limnosociologia. Monde Ceus. Modern 10, 93 pp.
- [40] Messikommer, E., 1942. Beitrag zur Kenntnis der Algenflora und Algenvegetation des Hochgebirges um Davos. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz. 24, 452 pp.
- [41] Mikulski, J. S., 1974. Biologia wód śródlądowych, PWN, Warszawa, 434 pp.
- [42] Moss, B., 1972. The influence of enviromental factors on the distribution of freshwater algae: an

- experimental study. I. Introduction and the influence of calcium concentration. *J. Ecol.* 60: 917—932.
- [43] Moss, B., 1973. The influence of environmental factors on the distribution of freshwater algae: an experimental study. II. The role of pH and the carbon dioxide-bicarbonate system. *J. Ecol.* 61: 157—177.
- [44] Naef, P. J., P. Bourrelly, P. Martin, D. Mack, 1978. Sur les *Staurastrum* du lac Léman. *Schweiz. Z. Hydrol.* 49 (1): 51—59.
- [45] Naumann, E., 1921. Einige Grundlinien des regionalen Limnologie. *Acta Univ. Lund* 17 (8): 1—21.
- [46] Nygaard, G. 1949. Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes. II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. *Dansk. Vid. Selsk. Biol. Skr.* 7: 1—293.
- [47] Nygaard, G., 1976. Desmids from an arctic salt lake. *Saertr. Bot. Tidsskr.* 71: 84—86.
- [48] Oleksowicz, A. S., 1980. Zbiorowiska glonów planktonowych i epifitonowych w trzech limnologicznie zróżnicowanych jeziorach z obszaru Borów Tucholskich. *Rozpr. Dokt. Wydz. BiNoZ UMK, Toruń*, 146 pp.
- [49] Pearsal, W. H., 1924. Phytoplankton and environment in the English Lake District. *Rev. Algol.* 1: 54—67.
- [50] Pearsal, W. H., 1930. Phytoplankton of the English Lakes. I. The proportions in the water of some dissolved substances of biological importance. *J. Ecol.* 18: 306—320.
- [51] Pearsal, W. H., 1932. Phytoplankton of the English Lakes. II. The composition of the phytoplankton in relation to dissolved substances. *J. Ecol.* 20: 241—263.
- [52] Rieczyńska, E., (ed.), 1976. Selected problems of lake littoral ecology. *Wyd. Univ. Warszawski, Warszawa*, 238 pp.
- [53] Reif, C. B., B. B. Smith, A. Case, 1983. The desmids and physical characteristics of 100 lakes in Northeastern Pennsylvania. *J. Freshwat. Ecol.* 2 (1): 25—36.
- [54] Round, F. E., 1984. The ecology of algae. *Cambridge Univ. Press., Cambridge*, 653 pp.
- [55] Schroevvers, P. J., 1970. De natuurlijke verscheidenheit van microphytengezelschappen in de Lindevallei, in het bijzonder in de overgangen tussen de Linde de polders. *Meded. Hydrobiol. Ver.* 4: 105—126.
- [56] Schumacher, G. J., 1960. Further notes on the occurrence of desmids in *Utricularia* bladders. *Castanea* 25: 62—65.
- [57] Shoesmith, E. A., A. J. Brook, 1983. Monovalent-divalent cation ratios and the occurrence of phytoplankton, with special reference to the desmids. *Freshwat. Biol.* 13: 151—155.
- [58] Šládeček, V., 1963. A guide to limnosaprobial organisms. *Sci. Papers Inst. Chem.-Technol., Prague, Technol. Water*, 7: 543—612.
- [59] Starmach, K., S. Wróbel, K. Pasternak, 1976. *Hydrobiologia-Limnologia*, PWN, Warszawa, 621 pp.
- [60] Straškraba, M., 1979. Problems of eutrophication, its impact, development and models of eutrophication. (in: P. Marvan, S. Přibil, O. Lhotsky — eds.). *Algal Assays and Monitoring Eutrophication*, 1—10, *Schweizbart'sche Verlagsbuchhandl., Stuttgart*.
- [61] Strom, K. M., 1921. The phytoplankton of some Norwegian lakes. *Vindensk. Selsk. Christiana Skr.*, I, *Mat.-naturv.*, KI, no 4.
- [62] Szmaj, Z., B. Szmaj, 1965. Badania hydrochemiczne jezior lobeliowych województwa gdańskiego i koszalińskiego. *Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wydz. mat.-przyrod.* 30 (1): 3—55.
- [63] Tassign, M., 1971. Action du calcium sur la croissance de Desmidiées axeniques. *Mitt. Internat. Ver. Theoret. Agew. Limnol.* 19: 292—313.
- [64] Thunmark, S., 1945. Zur Soziologie des Süßwasser-planktons. Eine methodologisch-ökologisch. Studie. *Fol. Limnol. Scand.* 3: 1—66.
- [65] Tomaszewicz, G. H., 1985. Zagadnienia dotyczące klasyfikacji desmidii. *Wiadomości Botaniczne* 28 (1): 35—40.
- [66] Wade, W., 1957. Studies on distribution of desmids in Michigan. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 76: 80—86.

- [67] Wasyluk, K., 1961. Glony torfowisk wysokich Kotliny Nowotarskiej ze szczególnym uwzględnieniem desmidii. *Fragm. Floristica et Geobot.* 7 (1): 215—288.
- [68] West, W., G. S. West, 1909. The British freshwater plankton with special reference to the desmid plankton and the distribution of British desmids. *Proc. Roy. Soc., B*, 81: 165—206.
- [69] Woelkerling, W. J., S. B. Gough, 1976. Wisconsin desmids. III. Desmid community composition and distribution in relation to lake type and water chemistry. *Hydrobiologia* 51: 3—32.

Dr A. S. Oleksowicz

Zakład Taksonomii, Ekologii Roślin i Ochrony Przyrody

Instytut Biologii Uniwersytetu M. Kopernika

ul. Gagarina 9

87-100 TORUŃ