

Bohuslav F o t t — Jiří L u d v í k:

Elektronenoptische Untersuchung der Kieselstrukturen bei *Chrysophaerella* (*Chrysomonadineae*).

(Von der Lehrkanzel für Botanik der Karls-Universität in Prag und aus dem Laboratorium für biologische Elektronenmikroskopie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Prag.)

Seit L a u t e r b o r n s (1899) Beschreibung von *Chrysophaerella longispina* ist bekannt, dass die Zellen dieser zarten Chrysomonade an den apikalen Enden mit Kieselschuppen bedeckt sind, von denen einige kleine becherförmige Ansätze tragen, in denen je ein langer hohler am Ende zweizähliger nadelartiger Kieselstab eingesetzt ist. Diese Kieselborsten stehen radiär ab und sind beweglich. K o r s h i k o v (1941) fügte weitere Einzelheiten zu: er beschrieb die elliptische Struktur an der Schuppenoberfläche und eine weitere Art *Chrysophaerella brevispina*. Diese Art hat flache elliptische Schuppen und kürzere Borsten (höchstens 18 μ lang).

Bei der elektronenoptischen Untersuchung des Materials von *Synura* und *Mallomonas* aus den Torfstichen bei Meyerbach (Überschwemmungsgebiet von Lipno in Südböhmen) fanden wir opake Kieselschuppen und kurze Kieselborsten, die offensichtlich einer *Chrysophaerella*-Art gehörten, allem Anscheine nach der dritten bisher bekannten Art *Chrysophaerella Rodheii* S k u j a. Diese Art ist dadurch gekennzeichnet, dass die Basis ihrer Kieselborsten im Gegensatz zu *Chrysophaerella brevispina* aus einem kieseligen Doppeldiscus besteht.

Das Vorkommen einer submikroskopischen Struktur der Chrysomonadenkieselschuppen von *Mallomonas* und *Synura* ist erst unlängst erwiesen worden (F o t t 1955, M a n t o n 1955). Diese Schuppen, die dachziegelartig angeordnet sind und einen zusammenhängenden Panzer bilden, sind stets von zahlreichen Poren durchlöchert, die zusammen mit den verschiedenen Verdickungsleisten ein kompliziertes System schaffen.

Demgegenüber ist für die Kieselplättchen von *Chrysophaerella* charakteristisch, dass sie völlig opak sind und keine Poren oder Durchbohrungen aufweisen. An der Schuppe lassen sich verschiedene Strukturen unterscheiden, deren Andeutung schon K o r s h i k o v (l. c. p. 33) im Lichtmikroskope beobachtet und gezeichnet hat. An elektronenoptischen Lichtbildern ist ganz deutlich zu sehen, dass der Rand der Schuppen mit einem engen, erhöhten und soliden Wall festgemacht ist. Es lassen sich keine Merkmale einer dachziegelartigen Anordnung der Schuppen feststellen. Dass die Schuppen nicht wie die Dachziegel aneinandergesetzt sind, konnte schon S k u j a (l. c. p. 276) am lebendigen Materiale beobachten. Meistens sind die Schuppen ellipsoidisch, ihre Länge beträgt 2,7 bis 3 μ , ihre Breite 1,6 bis 1,9 μ ; ausnahmsweise weisen sie eine runde Form mit einem Durchmesser von 2,5 μ auf. Parallel mit dem Rande der Schuppe erhöht sich ein massiver ellipsoidischer Kamm, der aus

bogenartigen Teilstücken zusammengesetzt ist. Diese mondsichelförmigen Segmente verlängern sich zentrifugal zu kurzen speichenartigen Ausläufern. Das Innere der Schuppe ist ohne jedwede Struktur, offensichtlich leicht schüsselartig vertieft.

In diese flache Vertiefung ist die bauchige siegelstempelförmige Basis der Kieselborste gelenkartig eingesetzt. Das zweite von Skuja (l. c. p. 276) angegebene becherartige Gebilde scheint in der Tat ein breites einfaches Schraubengewinde zu sein, das nur den Eindruck eines Bechers macht. Die lange und hohle Borste endet mit 2 kleinen Zähnen und ist fest mit dem basalen Gewinde vereinigt. Die Länge der ganzen Borste beträgt ungefähr 10 μ .

Die Morphologie der Borste ist ein verlässliches Merkmal zur Unterscheidung der Arten. Sie lassen sich auf Grund der folgenden Merkmale unterscheiden:

- a. Borste mit einfacher, becherförmiger Basis
- b. Borste 25–50 μ lang ... *Ch. longispina* Lauterborn
- bb. Borsten höchstens 18 μ lang ... *Ch. brevispina* Korshikov
- aa. Borste mit doppelter becherförmiger Basis ... *Ch. Rodheii* Skuja

Chryso-sphaerella Rodheii wurde bisher nur in Schweden gefunden, und zwar häufig in den Frühjahrsmonaten. Unser Vorkommen im August 1955 wurde nur auf Grund von Schuppen- und Borstenfunden festgestellt. Die kieseligen Elemente wurden in einem Materiale zusammen mit *Synura*- und *Mallomonas*-Schuppen gefunden. Die lebendigen Kolonien konnten nicht beobachtet werden. Die gefundenen Kieselemente sind jedoch so charakteristisch, dass das Vorkommen von *Chryso-sphaerella Rodheii* in Torfstichen Südböhmens dadurch sichergestellt ist.

Das Material zu elektronenoptischen Untersuchungen wurde durch Zentrifugieren von Wasserproben aus Torfstümpfen gewonnen und im Formalin fixiert. Durch dreitägige Aufbewahrung in starker kalter Salpetersäure wurden die organischen Substanzen teilweise verbrannt und durch wiederholtes Waschen in destilliertem Wasser beseitigt. Durch vorsichtiges Zentrifugieren gelang es eine Suspension der kieseligen Bestandteile von *Synura*- und *Mallomonas*-Arten zu gewinnen, denen die Kieselemente von *Chryso-sphaerella* beigemischt waren. In dieser Weise gereinigtes Material wurde auf eine mit einer Kollodiumfolie bedeckte Netzscheibe übertragen und schräg mit Chrom- und senkrecht mit Beryllium im Hochvakuum metallbedampft. Die Präparate wurden unter dem Elektronenmikroskop RCA EMU studiert.

Křemité struktury rodu *Chryso-sphaerella* (*Chryso-monadineae*) v elektronovém mikroskopu.

(Souhrn)

Elipsoidní šupiny rodu *Chryso-sphaerella* jsou opakní, t. j. bez otvorů a perforací. Tím se liší od křemitých šupin rodu *Mallomonas* a *Synura*, které vždy jsou perforovány jemným systémem porů a někdy opatřeny i otvory. Šupiny rodu *Chryso-sphaerella* se navzájem nepřekrývají, nýbrž leží vedle sebe a tvoří souvislý krunýř. Podle morfologického utváření křemitého ostnu lze rozeznávat 3 druhy rodu. Pozorované křemité struktury náležejí rodu *Chryso-sphaerella Rodheii* Skuja, popsanému ze Švédska. Náš materiál pochází z rašelinných tůněk u Meyerbachu v zátopovém území přehrady u Lipna a byl získán při algologickém výzkumu této oblasti, prováděném s podporou Státního památkového ústavu v Praze.

Кремнистые структуры р. *Chryso-sphaerella* (*Chryso-monadineae*) в электронном микроскопе.

Резюме

Эллипсоидные чешуи р. *Chryso-sphaerella* непрозрачные, т. е. без отверстий и перфорации. Этим они отличаются от кремнистых чешуй родов *Mallomonas* и *Synura*, которые всегда перфорированы тонкой системой пор, а иногда снабжены и отверстиями.

Чешуи р. *Chrysophaerella* взаимно не перекрещиваются, но расположены рядом и не образуют сплошного панциря. По морфологическому строению кремнистого шипа можно различать 3 вида этого рода. Наблюдаемые кремнистые формы относятся к виду *Chrysophaerella Rodhei* S k u j a, описанного в Швеции. Наш материал происходит из торфяных водоемов у Майербаха, из затопляемой платиной территории у Лишна и был приобретен при альгологическом исследовании этой области, произведенного с помощью Государственного института в Праге по охране исторических памятников.

Schriftenverzeichnis:

- A s m u n d, B. (1955): Electron microscope observations on *Mallomonas caudata* and some remarks on its occurrence in four danish ponds. — Bot. Tidsskrift 52 : 163—168.
- F o t t, B. (1955): Scales of *Mallomonas* observed in the electron microscope. — Preslia 27 : 280—282.
- K o r s h i k o v, A. A. (1941): On Some New or Little Known Flagellates. — Archiv für Protistenkunde 95 : 22—44.
- L a u t e r b o r n, R. (1899): Flagellaten aus dem Gebiete des Oberrheins. — Z. Zool. 65 : 369.
- M a n t o n, I. (1955): Observations with the electron microscope on *Synura caroliniana* W h i t f o r d. — Proc. of the Leeds Philosophical Society VI : 306—316.
- M a t v i e n k o, A. M. (1954): Zolotistyje vodorosli. — Opređ. presnovodnych vodoroslej SSSR, vyp. 3 : 1—188. Moskva 1954.
- S k u j a, H. (1948): Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. — 1—399. Uppsala 1948.

Erklärungen zur Taf. XV.

Die Maßstäbe auf den Bildern bezeichnen 1 μ .

Abb. 1—2. — Die elliptischen Kieselschuppen von *Chrysophaerella* sind opak, ohne Porationen. Der Rand der Schuppen ist mit einem engen erhöhten Wall festgemacht. Paralell mit dem Rande erhöht sich an der Schuppe ein ellipsoidischer aus bogenförmigen Teilen zusammengesetzter Kamm, dessen Segmente zentrifugal in kurze Speichen auslaufen.

Abb. 3. — Eine Kieselborste von *Chrysophaerella*. Sie besteht aus einer bauchigen siegelstempelförmigen Basis, die in der Mitte der Schuppe eingesetzt ist, aus einem breiten Schraubengewinde, das im lichtoptischen Bilde den Eindruck eines Bechers macht, und aus einem langen und hohlen Stab, der mit 2 Zähnen endet. Die Länge des ganzen Gebildes ist 10 μ .

Abb. 4. — Einzelheiten der Borstenbasis.

Abb. 5. — Das zweispitzige Ende einer Kieselborste.

Bohuslav F o t t — Jiří L u d v í k:

Über den submikroskopischen Bau des Panzers von *Ceratum hirundinella*.

(Von der Lehrkanzel für Botanik der Karls-Universität in Prag und aus dem Laboratorium für biologische Elektronenmikroskopie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Prag.)

Bekanntlich besteht die panzerartige Hülle von *Ceratum hirundinella* aus 24 Teilplatten, von denen 4 den Apikalplatten, 5 den Praeäquatorialplatten, 4 der Quersfurche, 5 den Postäquatorialplatten, 4 dem Längsfurchenfelde und 2 der Antiapikalplatte gehören. Schon bei der Untersuchung im Lichtmikroskope lassen sich an den Teilstücken des *Ceratum*-Panzers feine Areolen unterscheiden, die in der Mitte einen hellen Punkt, augenscheinlich eine Pore aufweisen.

Die elektronenoptischen Lichtbilder erlauben, weitere Einzelheiten der Panzerstruktur festzustellen. Alle Platten des Panzers sind von zahlreichen feinen Poren durchlöchert, die in den dicken Teilen des Panzers die Form

einer kurzen zylindrischen Röhre annehmen können. In den Poren ist keine feine Siebmembran. Mit solchen Poren sind nicht nur die Äquatorialplatten, sondern auch die Apikalplatten, ja sogar die Querfurchenplatten ausgestattet. Durch das Vorkommen von tatsächlichen Poren unterscheidet sich die Panzerhülle der Dinoflagellaten vom Panzer der Desmomonadinen, da bei den letzteren nur scheinbare Poren vorhanden sind. Durch Vertiefung der Hüllenschicht entsteht bei den Desmomonadinen ein optischer Effekt, welcher den Eindruck einer Durchlöcherung hervorruft (T a i and S k o g s b e r g 1934). Solche Tüpfelerscheinungen, bei denen die Vertiefung des Panzers nicht durchlöchert wird, kommen ausnahmsweise auch bei *Ceratium* vor (Tafel XVI, Fig. 2).

Am deutlichsten ist die Areolierung der Hülle auf den Äquatorialplatten ersichtlich (Tafel XVII, Fig. 6, 8, 9). Die Areolen sind 4- bis 7-eckig, im Lichtmikroskope mit stäbchenförmigen Kanten begrenzt. Diese lineare Begrenzung der einzelnen polygonalen Felder wird auf den elektronenoptischen Lichtbildern undeutlich und die Areolen erscheinen dann wie halbkugelige oder grubchenförmige Vertiefungen, deren Grund von einer Pore durchlöchert ist. Auf den Apikal- und Antiapikalplatten sind solche areolenartige Vertiefungen nur an der Basis der Platte vorhanden; auf dem distalen Ende werden die Grübchen allmählich undeutlich und verschwinden.

Die Teilstücke der Querfurchen besitzen 2 Reihen von Poren an beiden Rändern der reifenförmigen Furche. Die regelmässige Verteilung der Poren über das gesamte Panzergerüst der Dinophyceanprotoplasten unterstützt die Vermutung von S c h ü t t, dass eine extramembranöse dünne Plasmaschicht die Panzerhülle bedeckt. Mittels der zahlreichen Poren steht diese dünne Plasmaschicht mit dem Protoplasten im Zellinnern in Verbindung. Die Porenhülle soll auch beim Stoffwechsel des Protoplasten, besonders bei der heterotrophen Ernährung von Bedeutung sein.

Das untersuchte Material von *Ceratium hirundinella* wurde im Teiche K u b o v in der Nähe der biologischen Station an den L n á ř e - Teichen bei B l a t n á mittels eines Planktonnetzes gesammelt. Die einzelnen Teilplatten des Panzers lösten sich bei Anwendung von Alkohol als Fixierungsmittel leicht voneinander. Dann wurde das Material mehrmals in dest. Wasser gewaschen, um den ausgeschwemmten Detritus zu beseitigen. Die einzelnen Teile des Panzergerüsts wurden dann auf eine mit einer Kollodiumfolie bedeckte Netzscheibe übertragen. Diese elektronenmikroskopischen Präparate wurden dann schräg mit Chrom und senkrecht mit Beryllium metallbedampft und unter dem Elektronenmikroskop RCA EMU beobachtet.

Submikroskopická stavba krunýře *Ceratium hirundinella*.

(Souhrn)

Jednotlivé části 24dílného pancíře *Ceratium hirundinella* jsou vesměs perforovány pravidelnou soustavou pórů. U ekvatoriálních částí jakož i na spodině apikálních desek jsou póry umístěny na dně jamkovité nebo miskovité prohlubeniny a ohraničené polygonálními 4 až 7bokými vyvýšeninami. Směrem k vrcholům výběžků tyto ohraničené prohlubeniny jsou stále mělčí, až se úplně ztrácejí. Obručovitě části příčné rýhy mají na každém okraji jednu řadu pórů. Perforace pancíře obrněnek má jistě význam pro látkovou výměnu organismu, zvl. při heterotrofní výživě.

Субмикроскопическое строение панцыря *Ceratium hirundinella*.

Резюме

Отдельные части 24-ти членистого панцыря *Ceratium hirundinella* сплошь перфорированы правильной системой пор. Поры в экваториальных частях, также как и на нижней части апикальных пластинок расположены на дне воронковидных или миско-

видных углублений, ограниченных полигональными 4—7-бокими возвышающимися краями. По направлению к вершинам выступов эти ограниченные углубления все мельчают, пока не исчезают совершенно. Кольцевидные части поперечного шва имеют на каждом краю по одному ряду пор. Перфорация панцыря панцырных жгутиконосцев имеет по всей вероятности значение для обмена веществ организма, особенно при гетеротрофном питании.

Literatur

- Hurst, C. T. — Strong, D. R. (1931): Studies on the plates of the fresh water *Ceratium*, the so called *Ceratium hirundinella*. Arch. f. Protist. 73 : 104—110.
- Kiselev, I. A. (1950): Pancyrnyje žgutikonosey. — Izdat. Akad. nauk SSSR Moskva, 1—280.
- Lindemann, E. (1928): *Peridineae* in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfam. 2. Aufl. Bd: 2, 1—105.
- Sebestyen, O. (1932): The number of plates of the apical horn of *Ceratium hirundinella*. — Arbeiten d. I. Abt. d. ung. biol. Forschungsinstitutes V : 110—111.
- Tai, L. S. — Skogsberg T. (1934): Studies on the *Dinophyseidae*, marine armored Dinoflagellates of Monterey Bay, California. Arch. f. Protist. 82 : 380—382.
- Werner, E. (1910): Der Bau des Panzers von *Ceratium hirundinella*. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 28 : 103—107.

Erklärungen zur Tafel XVI und XVII.

Die Maßstäbe auf den Bildern bezeichnen 1 μ .

Abb. 1 — Der distale Teil einer antiapikalen Platte. Bekanntlich besteht das antiapikale Horn aus 2 trogförmigen Platten, die so aneinandergefügt sind, dass ein konisches, röhrenförmiges, am Rande gezacktes und am Ende geschlossenes Gebilde entsteht. Jede Platte ist rinnenförmig, regelmässig durch schief gelegte röhrenförmige Poren durchlöchert, ohne Areolen, doch stellenweise getüpfelt.

Abb. 2. — Der proximale Teil eines antiapikalen Hornes. Die Löcher sind deutlich röhrenförmig schief orientiert. Die dicke Wand des Panzers ist tüpfelartig verdünnt und die Areolen beginnen sich zu bilden.

Abb. 3—4. — Teile einer apikalen Platte. Das apikale Horn ist vierteilig; die einzelnen Platten sind leicht gebogen (im Querschnitt bogenförmig), ohne Areolen, mit dünn zerstreuten Poren.

Abb. 5. — Teil eines trogförmigen Ringes der Quersfurche. An seinem Rande eine Reihe von Poren. Der Durchmesser der kreisförmigen Poren beträgt 0,5 μ .

Abb. 6—9. — Äquatoriale Platten. Sie besitzen 4- bis 7-eckige Areolen, die auf elektronenoptischen Lichtbildern als grubenförmige regelmässig verteilte Vertiefungen erscheinen. In jedem Grübchen befindet sich ein Loch, dessen Durchmesser 0,5 μ beträgt. Die Ränder der Platten sind mit einem soliden Wall versehen.