

Morphologie und systematische Eingliederung der Art *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE (*Chlorococcales*)

Morfologie a systematické zařazení druhu *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE
(*Chlorococcales*)

Tomáš Kalina

Botanisches Institut der Karls-Universität, Benátská 2, Praha 2

Eingegangen am 1. Februar 1966

Abstrakt — Der Verfasser hat die morphologische Variabilität der Art *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE im Naturmaterial, sowie auch in Kulturen und auch mit Hilfe von cytologischen Verfahren studiert. Er hat festgestellt, dass die untersuchte Art, deren Existenz in der Natur mit Sicherheit nicht nachgewiesen worden ist, zur Gattung *Scenedesmus* MEYEN gehört und hat ermittelt, inwieweit sich diese Alge von der morphologisch nahen Gattung *Enallax* PASCHER und weiteren autosporinen Algen mit ähnlicher Zellwandstruktur unterscheidet.

Die Art *Scenedesmus costatus* gehört zur taxonomisch und nomenklatorisch schwierigen Gruppe der coenobialen Algen mit spindelförmigen Zellen, deren Membran mit meridionalen Rippen versehen ist. Obzwar diese Art sehr eingehend beschrieben und mehrmals beobachtet wurde, blieb die Frage ihrer Existenz in der Natur stets ungeklärt. Diese Tatsache ist auf die sich sukzessive häufenden Erfahrungen über die Existenz einer ganzen Reihe von chlorococcalen Algen mit ähnlich ausgebildeten Zellenmembranen (Gattung *Scotiella* F. E. FRITSCH, *Chloropteris* PASCHER, *Enallax* PASCHER und einige Arten der Gattung *Scenedesmus*) zurückzuführen, welche sich bei der nur auf Naturmaterial beschränkten Untersuchung schwierig unterscheiden liessen. Über die angeführte Algengruppe bestand ein äusserst unklares Verhältnis zwischen der Art *S. costatus* und den Arten der Gattung *Enallax* PASCHER.

Das untersuchte Material stammt aus dem Naturschutzgebiet „Břehyně“ bei Doksy in Nordwestböhmen (leg. P. J a v o r n í c k ý, September 1963). Das lebende Material wurde in einem beleuchteten Kühlschrank aufbewahrt; in einem Zeitraum über einem Jahr blieb es bei einer Temperatur von 5—8° C erhalten. Durch den Isolationsversuch konnten zwar aus dem Material eine Reihe von unerwünschten Algen (*Microthamnion*, *Chlorococcum* sp., *Stichococcus bacillaris*, *Chlorhormidium flaccidum* u. ä.) beseitigt werden, das Material blieb aber doch von feinen Chlorellen und anderen Scenedesmen verunreinigt. Bei der Züchtung in durchlüfteten Kulturen mit Bristollösung hat sich die Erhöhung der Konzentration des Torfextraktes (20 ml/l bei pH 5) als gut erwiesen. Wurde die Konzentration von Dekokt weiter erhöht, konnte bei der Zellenteilung eine ebensolche Verzögerung verzeichnet werden, wie bei dessen völliger Ausscheidung aus der Nährlösung. Die Morphologie der Zellen wurde an lebenden sowie auch an den nach Nawaschin fixierten und mit Eisen-Hematoxylin gefärbten Zellen studiert. In anderen Fällen wurden die Zellen nach dreifacher Färbung nach FLEMMING (G. M. SMITH 1914) oder nach der Nuklealreaktion nach FEULGEN untersucht. Die Oberflächenstruktur der Membran wurde mit wasserlöslichem Nigrosin gefärbten Ausstrichen studiert.

Die Zellen von *Scenedesmus costatus* sind spindelförmig bis fast oval, (11)—15—(17) μ lang, (5)—7—(10) μ breit, an den Polen zugespitzt, abge-

rundet, meistens schnabelförmig abschliessend. Die Zellen bilden 4—8—16-zellige, meistens zweireihige lückenlose Coenobien. Es wurden niemals zweizellige Coenobien beobachtet; die 16-zelligen Coenobien sind nur aus Kulturen bekannt. Bei den am meisten vorkommenden achtzelligen Coenobien sind zwei Typen zu unterscheiden: 1. mit alternierenden Zellen in zwei übereinander flach angeordneten Reihen und 2. mit kreis- oder traubenförmig verwachsenen Zellen. Die Zweireihigkeit und Lückenlosigkeit blieb dabei fast immer erhalten. Im Material aus der Natur ist die Frequenz von Coenobien des zweiten Types höher als in Kulturen, selbst wenn es sich um durchlüftete Kulturen handelt. Die mehrschichtige Zellenmembran ist vor allem bei alten Zellen sehr stark. An der Oberfläche können 4—6 und auch mehr meridional verlaufende, verschieden auffallende niedere bis flügelartige Rippen mit glatter oder feinzahniger Oberfläche beobachtet werden. Die Rippen bilden sich nur an der äusseren, wahrscheinlich pektinösen Membranschicht. An der Oberfläche der leeren Muttermembran bei denen es wahrscheinlich zur Auflösung der Aussenschicht kommt, sind die Rippen nicht feststellbar (zum Unterschied z. B. von *Coelastrella costata* (KORSCHIKOW) KALINA = *C. coelastroides* (SCHMIDLE) KALINA 1964]. Der mukose Charakter der Aussenschicht der Membran macht sich auch durch die Zusammenklebung von Coenobien bemerkbar. Der Chloroplast ist parietal, bei jungen Zellen muldenförmig. Bei reifen Zellen besteht er aus einzelnen gewölbten Teilstücken, die von einem dünnen parietalen Wandbelag in das Zellinnere hineinragen; die grösste von diesen Chloroplastenverdickungen enthält ein, in den meisten Fällen seitliches Pyrenoid. Von oben beobachtet erscheint der Chloroplast als eine Anzahl kleiner, polygonaler Plättchen, die in der Tat nur die verdickten Teilstücke darstellen. Das kugelförmige Pyrenoid ohne jede Innenstruktur hat zwei bis drei oder auch mehr Stärkesegmente an der Oberfläche. Es wurde keine Teilung des Pyrenoids beobachtet. Die Dauerzellen sind gelbbraun. Der Kern ist kugelförmig und beinhaltet einen Nukleolus. In vierzelligen Coenobien befinden sich die Kerne rund um die Coenobienmitte, in achtzelligen Coenobien sind sie in der Nähe der oberen und unteren Zellenreihe. Vor der Teilung kommt es zu einer Verschiebung der Kerne in die Zellenmitte. Bei jungen Zellen ist das Protoplasma feinkörnig, bei reifen Zellen granulös und vakuolisiert. Es scheint, dass der Vakuolisierungsgrad von den Kultivationsbedingungen abhängt und in gewissem Masse den physiologischen Zustand der Zellen charakterisiert. Die Vermehrung vollzieht sich mit Hilfe von 4—8—16-zelligen Autocoenobien, deren Entstehung die Kernteilungen vorangehen. Die erste Kernteilung tritt bei achtzelligen Coenobien nach der Kernverschiebung aus der polaren in die Mittellage ein. Die Ebene der ersten Teilung steht zur Längsachse der Zelle vertikal. Unmittelbar nach der ersten Teilung folgt die zweite Kernteilung, deren Ebene parallel zur Längsachse der Zelle steht. Nach der zweiten Teilung konnte in einigen Zellen die Querteilung des Protoplasten beobachtet werden. In einigen Zellen kann eine Kernteilung festgestellt werden, bei welcher acht Tochterkerne, die eine enge Ansammlung bilden, entstehen. Zur Verschiebung von Tochterzellen innerhalb der Muttermembran kommt es erst nach der vollständigen Protoplastenteilung. Während der Kernteilung bleibt das Pyrenoid erhalten und verschwindet erst bei der Protoplastenteilung. In den Tochterzellen wird er „de novo“ gebildet. In vierzelligen Coenobien teilen sich alle Zellen zur gleichen Zeit. In achtzelligen Coenobien reifen die einzelnen Zellen unregelmässig und infolgedessen existiert dabei keine Gesetzmässigkeit. Auf Grund der geschilderten Tatsachen unterscheidet sich die Bildung der

Autocoenobien bei der Art *S. costatus* von quadricanda, wie sie von G. M. SMITH (1914) beobachtet und beschrieben wurde, doch nähert sie sich ziemlich dem Entstehen von Autocoenobien bei *S. obtusus* nach den Untersuchungen desselben Verfassers. Die Coenobien werden durch Längsspaltung der Muttermembran frei.

Die Art *Scenedesmus costatus* wurde von W. SCHMIDLE (1895) aus den Tiroler Alpen beschrieben. Der Verfasser beobachtete und trug 4 und 8-zellige Coenobien mit je zwei flach aneinandergereihten Zellenreihen ein. Auf der Membran hat er etwa 6 meridionale Rippen eingezeichnet. Die Zellen waren spindelförmig, 8–12 μ breit, 20–22 μ lang. In der Anmerkung zur lateinischen Diagnose wurden vom Verfasser einige Einzelheiten über den Chloroplast angeführt: „Das Chlorophyll ist parietal und scheint aus kleinen Körnchen zu bestehen, die eng aneinander liegen (l. c. p. 305). Achtzellige Coenobien wurden nur zweimal beobachtet. Für die Variabilität der Coenobien spricht die Anmerkung: „Dann und wann sieht man auch vierzellige Coenobien, deren Zellen nicht kreuzweise verwachsen sind und in einer Ebene liegen, sondern sich zu anderen Formen fest miteinander verbunden haben. So waren z. B. einmal die vier Zellen mit ihren Längsseiten zu einem soliden Zylinder verwachsen, jedoch so, dass die an den Grundflächen des Zylinders mit ihren Enden verschieden weit hervorragten“ (l. c. p. 305–306). LEMMERMAN (1896) hat meistens vierzellige Coenobien von kleinerer Grösse als SCHMIDLE beobachtet (Zellen 7–8 μ breit, 13–15 μ lang, Coenobien etwa 21 μ breit, 26 μ lang) und hat eine neue Varietät var. *sudeticus* LEMMERMAN beschrieben. Seine unvollständige Beschreibung hat er jedoch mit keinen Abbildungen ergänzt, so dass es leider unmöglich ist, den taxonomischen Wert der Varietät festzustellen, es kann nicht einmal gesagt werden, um welche Art es sich handelt. Im Jahre 1898 wurde von K. BOHLIN eine ähnliche Alge aus den torfinoosigen Tümpeln in Nordschweden studiert. Von ihm wurden 2–4 und achtzellige Coenobien von spindelförmigen Zellen mit vier sichtbaren Rippen auf der Membran eingezeichnet und beschrieben. Die vierzelligen Coenobien hatten ein tetraedrisches Aussehen; in den achtzelligen waren die Zellen unregelmässig verwachsen und bildeten ein „coelastroides“ Gebilde. Von Bohlin wurde diese Alge für eine neue Varietät der Art *Scenedesmus costatus* gehalten und als β -*coelastroides* BOHLIN n. var. bezeichnet. Die ausschliesslich räumliche Zellenanordnung in den Coenobien beweist jedoch die Zugehörigkeit dieser Alge zur Gattung *Enallax* PASCHER, deswegen wurde BOHLINS Varietät von SKUJA (1964) in diese Gattung übertragen [*E. coelastroides* (BOHLIN) SKUJA]. CHODAT (1902) hat *S. costatus* in den Alpen gefunden und in Kulturen studiert. Seine Angaben über die Morphologie der Coenobien stimmen meinen Beobachtungen überein: „Coenobia solida e cellulis 4 vel octo parenchymatice aggregatis, nec in seriem linearem dispositis, vel modo Coelastri connexis, latere visis rhombicis vel lancelolato-rhombicis apice membrana celerum crassa tuberculata, sectione optica polygona, pentagona subpentagona, costis sat prominentibus obtuse dentata, longitudinaliter costata. Cellulae adultae 8–12 μ latae, 20–22 μ longae. Species praesertim alpicola cellulia saepius oleo luteo vel luteo-rubro repletis“ (Fig. 157 l. c. p. 216). Im Jahre 1909 wurde von CHODAT die Art *S. costatulus* CHODAT beschrieben. Der Abbildung und der Beschreibung nach (CHODAT 1909, p. 102, tab. 13 : A–B) sehen die Coenobien dieser Art den Coenobien von *S. costatus* sehr ähnlich. Vom Verfasser werden 4–16-zellige, meistens zweireihige, flache aber auch „coelastroide“ Coenobien beschrieben. Von den Rippen auf der Membran fehlt aber jede Erwähnung, auch sind diese nicht eingezeichnet. Die Sichtbarkeit der Rippen ist aber nicht immer die gleiche. Falls deren Anwesenheit nachgewiesen worden ist, müsste *S. costatulus* für ein Synonymum von *S. costatus* gehalten werden. GUTWINSKI (1909) fand in einer Reihe von Lokalitäten in der Hohen Tatra die Art *S. costatus*. Neben den typischen Coenobien wurden von ihm auch die den der var. *coelastroides* BOHLIN ähnlichen Coenobien mit grösseren Zellen (33 μ $\times$ 17,6 μ) beschrieben. An den Rippen wurden von ihm gewisse Poren beobachtet, daher das Epitheton var. *poriferus* GUTWINSKI. Auf grund einer einzigen abgebildeten Zelle und der ungenügenden Beschreibung war eine genauere Bestimmung seiner Befunde unmöglich. SMITH (1916) führt in seiner Monographie der Gattung *Scenedesmus* einige weitere Literaturangaben über die Beobachtung der Art *S. costatus* SCHMIDLE an. Bei der Bewertung dieser Angaben in den ursprünglichen Arbeiten habe ich festgestellt, dass die Mehrzahl von ihnen mit kleiner Beschreibung, Anmerkung oder Abbildung versehen ist (zitiert nach SMITH 1916, p. 457–458: SCHMIDLE 1900A, DALLA TORRE & SARNTHEIN 1901, SIMMER 1901, WEST W. & WEST G. S. 1901B, BOHLIN 1902, LEMMERMAN 1902, WEST G. S. 1904B, BERGE 1907A, SELK 1907, GUTWINSKI 1909, CHODAT 1913). Einige Verfasser übernahmen die Beschreibung, sowie die Abbildung von SCHMIDLE 1895 (z. B. MIGULA 1907, BRUNTHALER 1913). In keinem der angeführten Fälle ist es möglich, diese Angaben zu überprüfen und die Bestimmungen zu identifizieren. WOLOSZYŃSKA (1917) führt *S. costatus* aus Latvia an. Von ihr wurden zwei- bis achtzellige Coenobien (l. c. tab. 14 : 23–27), die der var.

coelastroides Bohlin auffallend ähnlich sehen, gezeichnet. In diesem Falle dürfte kein Zweifel über die Bestimmung der Algen als *Enallax coelastroides* (BOHLIN) SKUJA bestehen.

Bei der Art *S. costatus* kommen nach dem Zeugnis von SCHMIDLE und CHODAT, sowie auch nach meinen Untersuchungen zwei Typen von Coenobien vor: mit flach alternierender und mit räumlicher Zellenanordnung. In beiden Fällen handelt es sich meistens um zweireihige, lückenlose Coenobien. Die Merkmale, ebenso wie die Entstehung der Autocoenobien, sind für die Arten der Gattung *Scenedesmus* typisch, z. B. in verschiedenem Masse für die Arten *S. bijugatus*, *S. arcuatus*, *S. obtusus* u. ä. Am häufigsten wurden sie mit den Arten der Gattung *Enallax* PASCHER 1943 verwechselt. Die Typus-Art der Gattung *E. alpinus* PASCHER und die weitere Art *E. coelastroides* (BOHLIN) SKUJA hat ebenso spindelförmige Zellen, meridionale Rippen und einen parietalen Chloroplast mit einem Pyrenoid. Der Abbildung nach sind die Zellen von *E. alpinus* mässig heteropolar. Der wichtigste Unterschied besteht darin, dass beide Arten der Gattung *Enallax* und der Art *S. costatus* keine entscheidende Bedeutung und dient nur zur Ergänzung der Artbeschreibungen. Eine ähnliche Morphologie wie bei *S. costatus* zeigen auch die Chloroplasten von anderen chlorococcalen Algen, z. B. *Scotiella laevicostata* GOLLERB., *Coelastrella costata* (KORSCHIKOW) KALINA, *Fusola viridis* SNOW, sowie sicherlich auch eine Reihe weiterer Arten.

Zum Schluss führe ich die ergänzte Diagnose der Art *Scenedesmus costatus* an:

Scenedesmus costatus SCHMIDLE 1895

Scenedesmus costatus SCHMIDLE 1895, p. 305, tab. 14 : 5 a—b, 6 (Diagnose, icona prima); CHODAT 1902, p. 216, Fig. 141; CHODAT 1926, p. 252, Fig. 157, SKUJA 1964, p. 135.

Nomina dubia:

Scenedesmus costatus SCHMIDLE var. *sudeticus* LEMMERMAN 1896, p. 108.

Scenedesmus costatus SCHMIDLE var. *poriferus* GUTWINSKI 1909, p. 435, tab. 7 : 5.

Nomina excludenda:

Scenedesmus costatus SCHMIDLE var. *coelastroides* BOHLIN 1897, p. 519, Fig. 8 (= *Enallax coelastroides* (BOHLIN) SKUJA 1964, p. 139, tab. 23 : 14—15).

Scenedesmus coelastroides (BOHLIN) SCHMIDLE 1898 sensu SCHMIDLE 1898, p. 9, tab. 1 : 1 non orig. *S. costatus* SCHMIDLE var. *coelastroides* BOHLIN 1897, p. 519, Fig. 8 (= *Coelastrella costata* (KORSCHIKOW) KALINA comb. nova in ms. = *C. coelastroides* (SCHMIDLE) KALINA 1964, p. 145, Fig. 1—3).

Scenedesmus costatus SCHMIDLE sensu WOLOSZYŃSKA 1917, p. 127, tab. 14 : 23—26 (= *Enallax coelastroides* (BOHLIN) SKUJA).

Zellen spindelförmig bis oval, (11)—15—(17) μ lang, (5)—7—(10) μ breit. Coenobien 4—8—16-zellig, zweireihig, lückenlos mit flach alternierenden oder kreis- bis traubenförmig verwachsenen Zellen. Membran stark, im Alter teilweise verschleimt, mit 4—6 und auch mehr meridionalen glatten oder feinzahnigen Rippen. Parietaler Chloroplast, in der Jugend muldenförmig, bei reifen Zellen geschlossen, aus unregelmässigen polygonalen Verdickungen gebildet. Pyrenoid kugelförmig, parietal liegend, mit Stärkesegmenten. Kern kugelförmig mit einem Nucleolus. Vermehrung durch 4—8—16-zellige Auto-coenobien.

Vorkommen: Torftümpel Alpen (SCHMIDLE 1895, CHODAT 1902, 1926); Fjälgegend in Schweden (SKUJA 1964); Naturschutzgebiet Břehyně bei Doksy in Nordböhmen (JAVORNICKÝ 1963).

Literatur

- BOHLIN K. (1898): Zur Morphologie und Biologie einzelliger Algen. — Öfversigt af k. vetenskaps-akademiens förhandlingar 507—530 p.
- GUTWINSKI R. (1909): Flora glonov tatranskich. — Bull. Acad. Sci. Cracovie, cl. sci., math. natur., 1909 : 415—419.
- CHODAT R. (1902): Algues vertes de la Suisse. — Materiaux flore cryptogam. Suisse 1 : 1—345.
- (1909): Etude critique et experimentale sur le polymorphisme des algues. — Memoire publie Univ. Genève, 165 p.
- (1926): Scenedesmus. — Z. Hydrobiol. 3 : 71—257.
- KALINA T. (1964): Taxonomie der Gattung Coelastrella Chodat (Chlorococcales). — Acta Univ. Carol., Biologica 1964 : 139—148.
- LEMMERMANN E. (1896): Zur Algenflora des Riesengebirges. — Forsch. Berichte Plön 4 : 88—133.
- PASCHER A. (1943): Alpine Algen I. — Beih. bot. Cbl. 62 : 176—196.
- SCHMIDLE W. (1895): Beiträge zur alpinen Algenflora. — Österr. bot. Z. 45 : 305—311.
- SCHMIDLE W. (1898): Über einige von K. Bohlin in Pitte Lapmarek und Vesterbotten gesammelte Süßwasseralgen. — Bih. Handl. svenska Vetesk Akad. 24, afd. 3, 8 : 71.
- SKUJA H. (1964): Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegend um Abisco in Schwedisch-Lappland. — Nova Acta Soc. Sci. upsal., ser. 4, 18 : 1—462.
- SMITH G. M. (1914): The cell structure and colony formation in Scenedesmus. — Arch. Protistenkunde 32 : 278—297.
- SMITH G. M. (1916): A monograph of the algal genus Scenedesmus, based upon pure culture studies. — Trans. Wis. Acad. Sci. Arts Lett. 18 : 422—529.
- WOŁOSZYŃSKA J. (1917): Beitrag zur Kenntnis der Algenflora Litauensis. — Bull. Acad. Sci. Cracovie, ser. B, 1917 : 123—130.

Erklärungen zu den Tafeln:

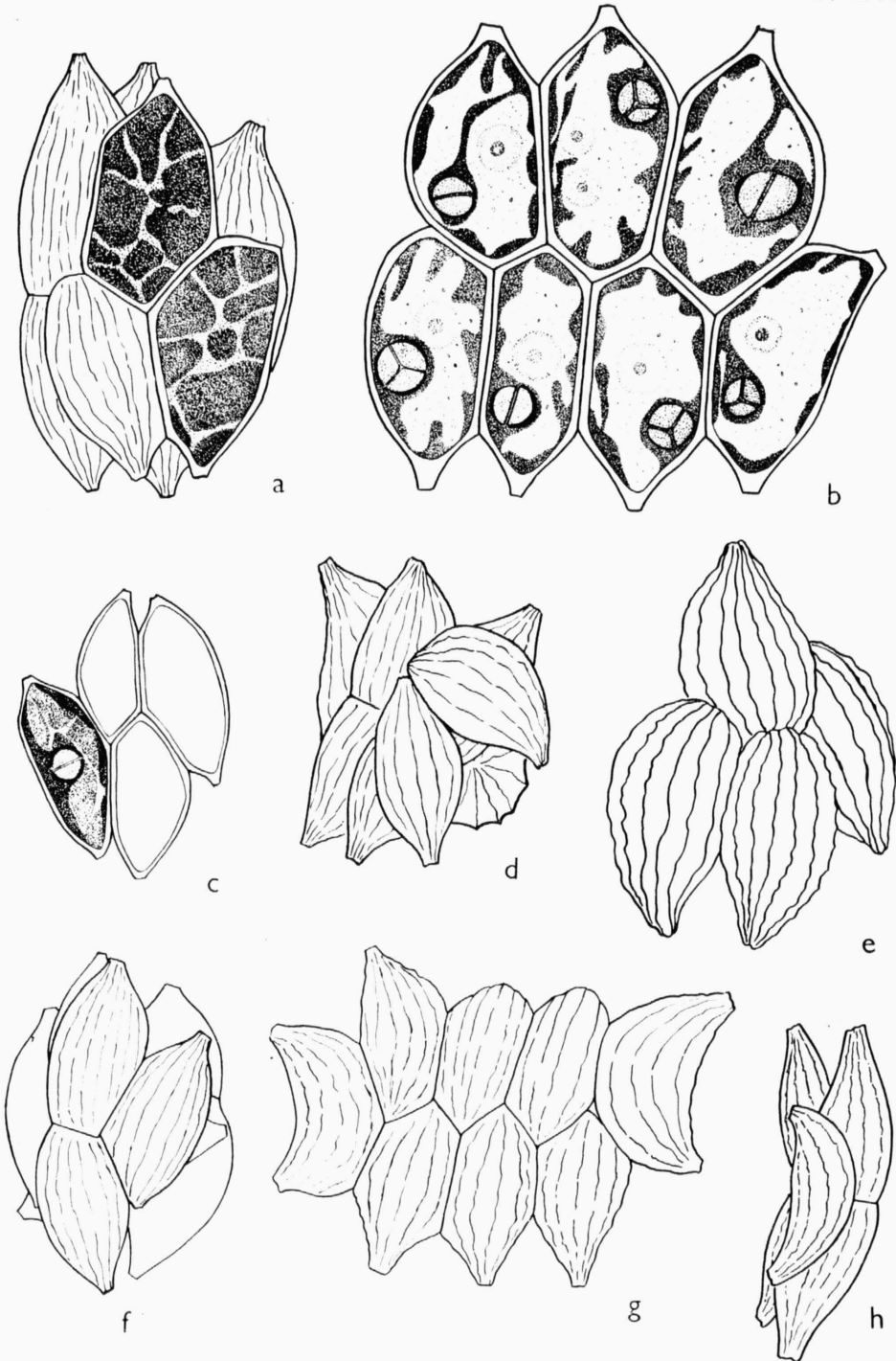
Tab. XVII.: *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE. a—h Variabilität der Coenobien im Naturmaterial. Vergrößerung 100 HI $\times$ 15, gezeichnet mit Zeichenapparat.

Tab. XVIII.: *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE. a—g Verschieden erwachsene Coenobien aus Kultur. Die Membranrippen in den Zeichnungen c—g sind nicht angeführt. Vergrößerung 100 HI $\times$ 15, gezeichnet mit Zeichenapparat.

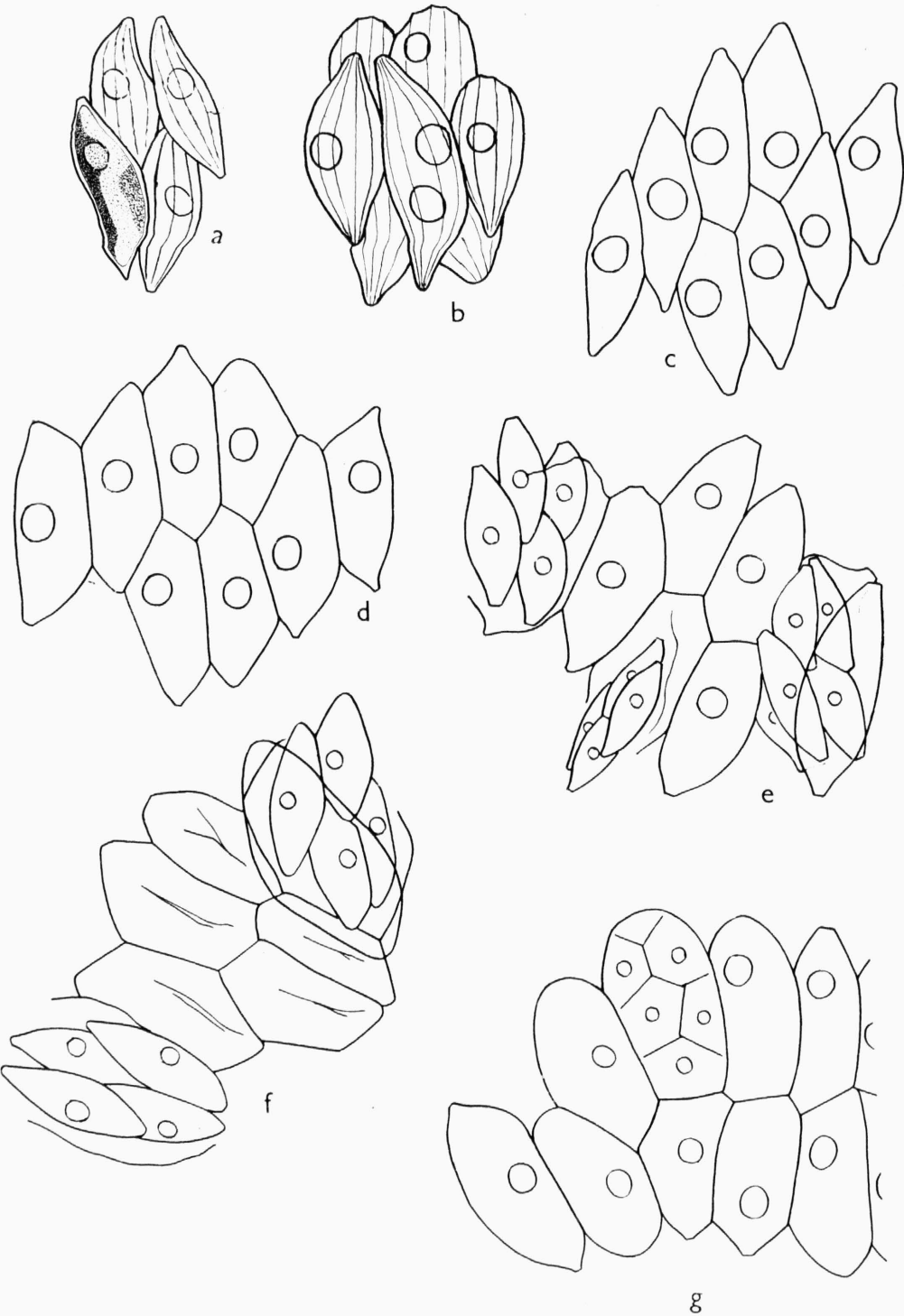
Tab. XIX.: *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE. a—i Verschieden erwachsene Coenobien aus Kultur. Gefärbt nach Feulgen. Die Kerne und ihre Lage in der Zelle sind sichtbar. Die Membranrippen sind nicht angeführt. Vergrößerung 100 HI $\times$ 15, gezeichnet mit Zeichenapparat.

Tab. XX.: *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE. a — Coenobien aus Kultur. b — Bildung von Auto-coenobien. Mikrophotografische Aufnahme, Vergrößerung 100 $\times$ 4,5.

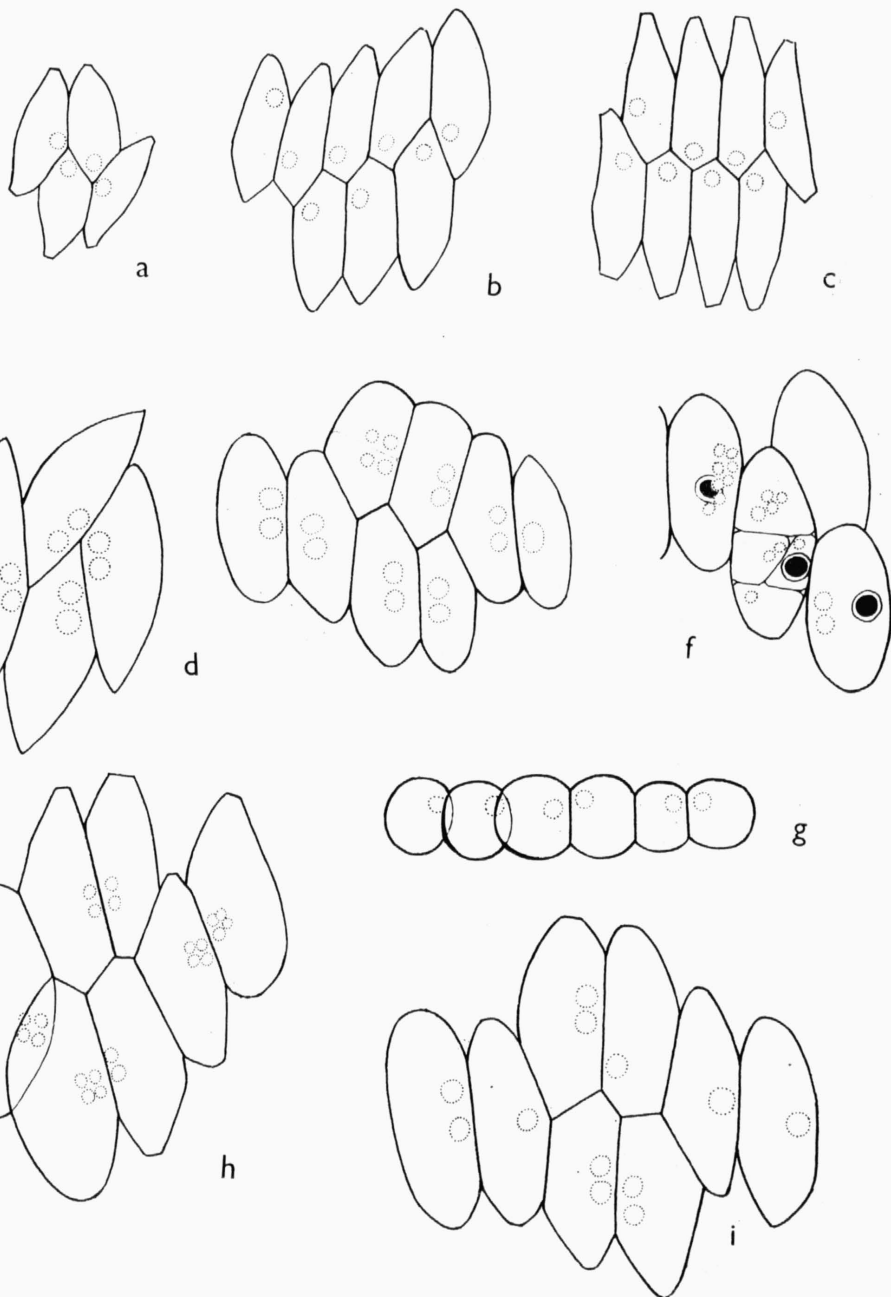
Tab. XXI.: *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE. a — b Meridionalrippen an der Membran. Ausstrich gefärbt mit wasserlöslichem Nitrosin. Mikrophotografische Aufnahme, Vergrößerung 100 $\times$ 4,5.



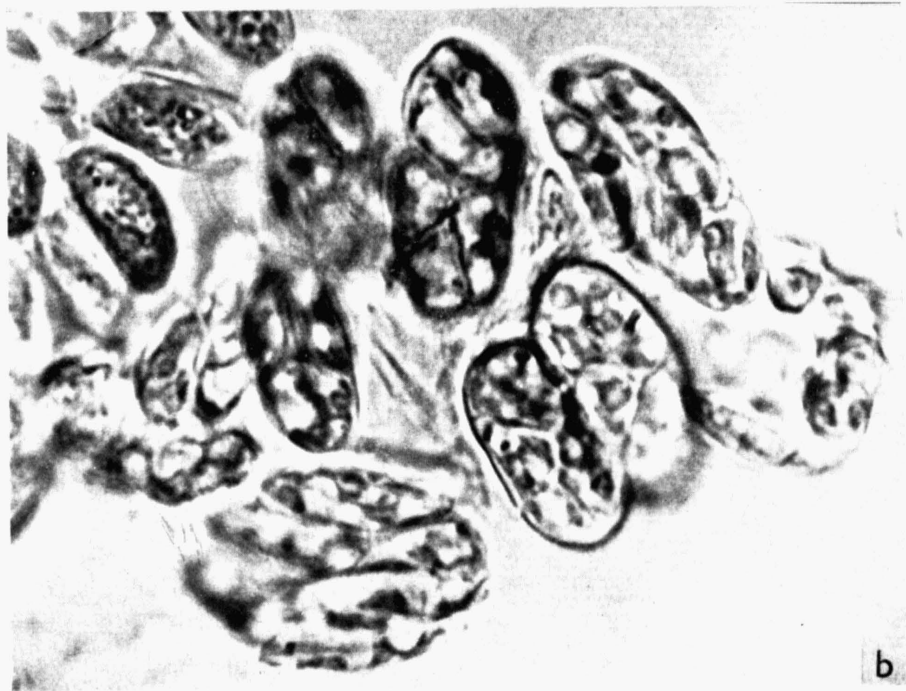
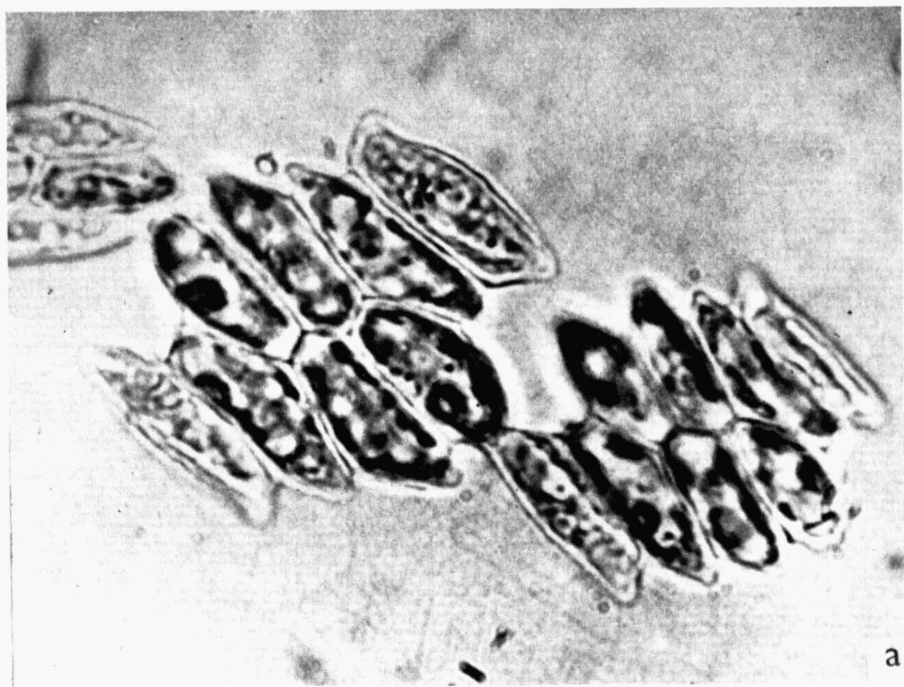
T. Kalina: Morphologie und systematische Eingliederung der Art *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE (*Chlorococcales*)



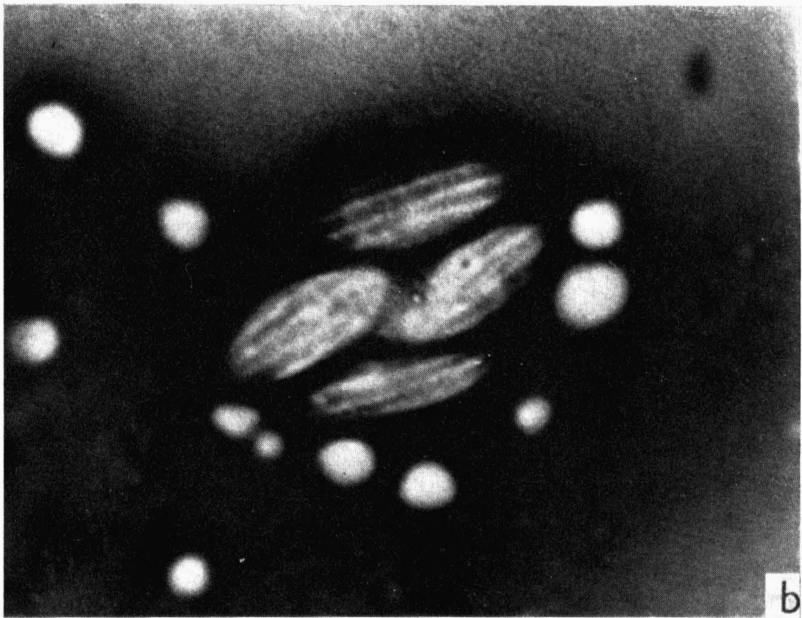
T. Kalina: Morphologie und systematische Eingliederung der Art *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE (*Chlorococcales*)



T. Kalina: Morphologie und systematische Eingliederung der Art *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE (*Chlorococcales*).



T. Kalina: Morphologie und systematische Eingliederung der Art
Scenedesmus costatus SCHMIDLE (*Chlorococcales*).



T. K a l i n a : Morphologie und systematische Eingliederung der Art
Scenedesmus costatus SCHMIDLE (*Chlorococcales*).