

## Die Bedeutung des Chloroplasten für die taxonomie von chlorococcalen Grünalgen

Význam chloroplastu pro taxonomii chlorokokálních řas

Tomáš Kalina

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

Prof. RNDr. B. Fott DrSc. zum 60. Geburtstag gewidmet

Eingegangen am 8. Mai 1968

**Abstrakt** — Es werden Resultate von morphologischen Untersuchungen chlorococcaler Chloroplasten im Lichtmikroskop vom Standpunkt taxonomischer Applikation gewertet. Die Form, Lage und Anzahl der Chloroplasten, die Beziehung zwischen der Anzahl der Chloroplasten und der Anzahl der Zellkerne, die während der Ontogenese verfolgt wurden, werden als wichtigste, taxonomisch verwertbare Angaben über die Morphologie der Chloroplasten erachtet. Aufgründ dieser Angaben wird ein Verfahren zur Klassifizierung von chlorococcalen Chloroplasten vorgeschlagen. Die gleichen Angaben werden bei Erwägungen bezüglich der Evolution der Chloroplasten bei den Arten der Ordnung *Chlorococcales* verwertet. Zum Schluss werden die Möglichkeiten einer taxonomischen Ausnützung der Morphologie der Chloroplasten in der Arten- und Gattungskategorie aufgezeigt.

Die Idee der taxonomischen Verwendung von Chloroplasten und Algenplastiden stammt von SCHMITZ (1882), der eine ganze Reihe von Erkenntnissen über die Morphologie von Algenplastiden brachte. Später haben viele Autoren diesen Gedanken bei der taxonomischen Bearbeitung einiger einzelligen und trichalen Grünalgen übernommen. Bei chlorococcalen Algen waren es insbesondere KORŠIKOV (1953), STARR (1955), FOTT (1964), GEITLER (1966), FOTT et NOVÁKOVÁ (1968) u. a. m. Alle betrachteten die Morphologie des Chloroplasten als wichtiges Arten- und Gattungsmerkmal. Während aber diese Autoren den Chloroplast nur im Lichtmikroskop untersuchten, versuchten BROWN et BOLDT (1964) zum erstenmal, die Ultrastruktur des Chloroplasten taxonomisch zu verwerten. Doch liegen in dieser Richtung vorläufig nur vereinzelt Erfahrungen vor und die weitere Entwicklung in ähnlicher Richtung ist nicht vorauszusehen.

Dagegen betrachten MILLER (1928) und MEYER (1962) die Morphologie des Chloroplasten als ein Kriterium der Kategorie der Klasse. Sie schlagen vor, den Stamm *Chlorophyta* in die Klassen *Centroplastophyceae* (mit einem centralen Chloroplasten) *Parietoplastophyceae* (mit einem parietalen Chloroplasten) und *Conjugatophyceae* (in der üblichen Verwendung) aufzugliedern. Im Widerspruch zu dieser Konzeption ist das Beibehalten der Klasse *Conjugatophyceae*, in welcher parietale Chloroplasten laufend vorkommen (TEILING 1952). So bildet MEYER durch Überschätzung des taxonomischen Wertes des Chloroplasten künstliche taxonomische Gruppen.

Die Voraussetzungen zu einer taxonomischen Verwertung des Chloroplasten ergeben sich aus einigen Tatsachen. Vor allem ist es die Auffälligkeit dieser Organelle, die oft den grössten Teil der Zelle ausfüllt, weiter ihre, bei allen einzelligen Grünalgen (*Volvocales*, *Tetrasporales*, *Chlorococcales*, *Desmi-*

*diales*) auffällige Mannigfaltigkeit der Form, die die Entwicklung des Chloroplasten sichtbar macht. Nicht weniger wichtig ist die nachträglich bestätigte Kontinuität der Chloroplastenform. In diesem Sinne sind die Beobachtungen von SCHMITZ (1882) über die Stetigkeit der Form von Algenplastiden, weiter die Beobachtungen von RENNER (1934), SAGER et RAYN (1961) und BROWN et BOLDT (1964) grundlegend. Sie setzen voraus, dass die Erblichkeit der Chloroplasten den Mendelschen Gesetzen nicht unterliegt und dass ihr Mechanismus unmittelbar im Chloroplasten liegt. BROWN et BOLDT sind der Ansicht, dass dieser Mechanismus im Pyrenoid liegt, dessen Teilung der Zellkernteilung ähnelt. Die Beobachtung der genetischen Autonomie des Chloroplasten stimmt interessanterweise mit den Vorstellungen über ihren endosymbiotischen Charakter überein (MERESCHKOWSKI, 1906; SCHNEFF, 1966).

## 1. Welche taxonomisch verwendbaren Angaben bietet die Morphologie der Chloroplasten chlorococcaler Grünalgen?

Vor allem ist es die Lage des Chloroplasten in der Zelle und seine Form; er kann das Zellinnere ausfüllen (zentraler Chloroplast) oder er bildet eine verschiedenförmige, der Zellwand anliegende Schicht (parietaler Chloroplast). Bei einigen chlorococcalen Grünalgen kann man eine Veränderung der Form und Lage der Chloroplasten während der Ontogenese beobachten. Z. B. wandelt sich ein ursprünglich parietaler Chloroplast junger Zellen in einen zentralen Chloroplast in erwachsenen Zellen. Solche Chloroplasten müssen als sekundär zentral und von parietalen Chloroplasten abgeleitet betrachtet werden [*Spongiochloris spongiosa* (VISCHER) STARR 1955, u. a. m.].

Die Form des Chloroplasten ist nach seiner Lage in der Zelle zu beurteilen. Für die Bezeichnung der Form gibt es nur wenige Termini, und da vorwiegend nur für parietale Chloroplasten (topf-, mulden-, scheiben-, bandförmig usw.). Für die Form zentraler Chloroplasten gibt es noch weniger Bezeichnungen (asteroid, labyrinthisch — KALINA 1965), obwohl zwischen ihnen genügend grosse Unterschiede bestehen. Der zentrale Chloroplast wird manchmal axialer Chloroplast genannt. Diese Bezeichnung ist jedoch nur für diejenige Chloroplastenform berechtigt, die einem Rotationskörper mit einer bestimmten Rotationsachse ähnlich ist. Solche Chloroplasten kommen bei *Desmidiaceen* vor (TEILING 1952). Bei chlorococcalen Algen wurden sie jedoch bisher nicht beschrieben. In vielen Fällen kann die Chloroplastenform nur schwer definiert werden, insbesondere dann, wenn man die Formänderung während der Ontogenese in Betracht zieht. Für den sekundär zentralen Chloroplast von *Spongiochloris* wurde die Bezeichnung spongiformer Chloroplast (FORT 1964) geprägt. In der Mehrzahl neuerer Arbeiten wird lieber eine passende Beschreibung als die Einführung eines neuen Terminus gewählt. Doch äussert sich der Nachteil langer Beschreibungen ungünstig bei Zusammenstellung von Bestimmungsschlüsseln und Diagnosen.

Die innere Differenzierung des Chloroplasten umfasst Angaben über die Anwesenheit und Morphologie eines Pyrenoids, bei Zoosporen und Hemi-zoosporen über die Anwesenheit und Form eines Stigmas. Beim Pyrenoid beobachtet man seine Lage und Morphologie. Mittels eines optischen Mikroskopes kann man die Gestalt der Stärkehülle, durch zytologische Methoden einige Details im pyrenoidalen Körper (BOLDT 1931, GEITLER 1926) feststellen. Viele solcher Angaben (CHADEFAUD 1941) werden jedoch vom Elektronenmikroskop nicht bestätigt (DRAWERT et MIX 1962). Die Beziehungen der pyrenoidalen Struktur zum physiologischen Zustand der Zelle wurden bisher noch nicht verfolgt. Trotz der von Algologen dem Pyrenoid gewidmeten erhöhten Aufmerksamkeit ist seine Bedeutung und die taxono-

nomische Verwendbarkeit seines inneren Baues bisher unklar. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass der Bau der Stärkehülle des Pyrenoids kein stetes Merkmal bietet. Es ist gleichfalls notwendig, mehr Angaben über die Existenz des sog. nackten Pyrenoids zu gewinnen, das SCHMITZ (1882) beschrieb und als physiologischen Zustand ansah. Die Beobachtungen des Pyrenoids bei *Chlorokybus atmophyticus* GEITLER 1942 stehen bisher vereinzelt da.

Eine weitere wichtige Angabe ist die Anzahl der Chloroplasten und ihre Veränderungen während der Ontogenese. Im Hinblick auf Anzeichen einer bestimmten Interaktion zwischen der Chloroplasten- und Zellkernteilung erachte ich die Verfolgung der Änderung der Anzahl von Chloroplasten und Zellkernen während der Zellenentwicklung als sehr wichtig. Es treten folgende Kombinationen auf:

- a) ein Chloroplast — ein Zellkern,
- b) ein Chloroplast — mehrere Zellkerne; mit der Erhöhung der Anzahl der Zellkerne erhöht sich manchmal die Gliederung des Chloroplasten (*Actinochloris*, Ettl 1964),
- c) einige Chloroplasten — ein Zellkern,
- d) einige Chloroplasten — einige Zellkerne, entsprechend der Anzahl der Chloroplasten,
- e) viele Chloroplasten (bis einige hundert) — ein Zellkern.

Die zwischen den beiden ersten Kombinationen (a, b) bestehenden Unterschiede können nicht als wesentlich angesehen werden, da noch bei derselben Art die Zellen nur einkernig oder mehrkernig sein können. Deshalb werden beide Kombinationen nicht weiter unterschieden.

## 2. Übersicht der Chloroplasten chlorococcaler Grünalgen

Nach den bereits angeführten Gesichtspunkten kann man unter den chlorococcalen Grünalgen mehrere Möglichkeiten der Anordnung des Assimilationsapparates unterscheiden. Sie seien hier in einer Übersicht, die weiteren Studien der Morphologie von Chloroplasten, insbesondere der Bearbeitung ihrer Terminologie dienen könnte, gegeben:

### I. Zellen mit einem Chloroplasten, mit einem oder mehreren Zellkernen

a. Der primär zentrale Chloroplast enthält im Mittelteil ein Pyrenoid und radial gerichtete Stränge, die sich am peripheren End in Plättchen erweitern. Die Zellkerne werden oft durch den Chloroplast an die Zellperipherie verschoben (*Nautococcus* KORŠIKOV, JAVORNICKÝ 1963; *Trebouxia* PUYMALY, STARR 1955; *Oonephris* FOTT, KALINA 1965; *Actinochloris* KORŠIKOV, Ettl 1964).

b. Der parietale Chloroplast liegt dicht der Zellwand an und nimmt einen, in Einzelfällen unterschiedlichen Teil der inneren Zelloberfläche ein. Das Pyrenoid liegt in der Verdickung des Chloroplasten. Der Zellkern oder mehrere Zellkerne nehmen den Mittelraum der Zelle ein, als dieser nicht von einer Vakuole ausgefüllt ist. Der Chloroplast kann in Form einer hohlen Kugel mit einer Öffnung fast geschlossen sein (*Chlorococcum* MENEGHINI, STARR 1955; *Dicranochaete* HIERON., KALINA noch nicht veröffentl.; *Polyedriopsis* SCHMIDLE, KORŠIKOV 1953), er kann topfförmig (*Fernandinella* CHODAT, Ettl 1955), in einige meridionale Lappen (*Botryosphaera sudetica* LEMM., KORŠIKOV 1953, KALINA noch nicht veröffentl.) oder durch einen tiefen Einschnitt in zwei Halbkugeln geteilt (*Myrmetia incisa* REISIGL 1964, KALINA

noch nicht veröffentl.), je nach der Form der Zelle schüssel- oder muldenförmig (*Chlorella vulgaris* BEIERINCK, FOTT et NOVÁKOVÁ 1968) oder bandförmig sein (*Chlorella luteoviridis* CHODAT, FOTT et NOVÁKOVÁ 1968, *Jaagichlorella* REISIGL 1964 usw.).

Parietale Chloroplasten sind am Querschnitt oft, insbesondere an der Lagestelle des Pyrenoids, unregelmässig verdickt. Bei einigen Grünalgen ist die Oberfläche des geschlossenen parietalen Chloroplasten in ziemlich regelmässig polygonale Verdickungen zerteilt, die in Aufsicht wie viele einzelne Chloroplasten erscheinen [*Coelastrella costata* (KORŠIKOV) KALINA 1966; *Scotiella* cf. *laevicostata* GOLLEBER., KORŠIKOV 1953, KALINA noch nicht veröffentl.; *Scenedesmus costatus* SCHMIDLE, KALINA 1966]. Falls in diesen Chloroplasten ein Pyrenoid vorhanden ist, so liegt es in der grössten Verdickung, die oft tief ins Zellinnere reicht. Es hat den Anschein, als ob das Pyrenoid ausserhalb des Chloroplasten läge (KORŠIKOV 1953, p. 245).

c. Sekundär zentrale Chloroplasten ändern während der Entwicklung der Zelle ihre Form und Lage. In jungen Zellen ist der Chloroplast parietal, z. B. topf-, schüssel- oder bandförmig mit einem seitlichen Pyrenoid oder ohne Pyrenoid. Junge Zellen haben einen zentralen Zellkern, in erwachsenen Zellen sind in der Regel mehrere Zellkerne vorhanden, die durch den wachsenden Chloroplast aus der zentralen Lage verdrängt werden. In älteren Zellen ist der Chloroplast dreidimensional und füllt die ganze Zelle mit einem komplizierten Strangsystem aus. In erwachsenem Zustand unterscheidet sich so ein Chloroplast weder durch seine Lage noch oft durch seine Form von primär zentralen Chloroplasten [*Spongiochloris spongiosa* (VISCHER) STARR 1955, KALINA 1965; *Dictyochloris fragans* VISCHER, STARR 1955; *Dictyochloropsis* GEITLER 1966 und *Chlorella saccharophilla* (KRÜGER) MIGULA var. *ellipsoidea* (GERNECK) FOTT et NOVÁKOVÁ 1968], der etwas in das Zellinnere verschoben ist.

II. Zellen mit einigen parietalen Chloroplasten und etwa gleicher Anzahl von Zellkernen

d. Zahlreiche parietale, plattenförmige, scheibenförmige oder anders geformte Chloroplasten mit oder ohne Pyrenoid. Junge Zellen enthalten einen Chloroplast und einen, in der Regel zentralen Zellkern. Während der Entwicklung der Zellen erhöht sich die Anzahl der Chloroplasten und der Zellkerne. Die Kerne liegen in der Zellmitte [*Bracteacoccus minor* (CHODAT) PETROVÁ, STARR 1955; *Planktosphaeria* sp., STARR 1955; *Dictyococcus* GERNECK, STARR 1955].

Ähnliche Verhältnisse können bei geringerer Anzahl von Chloroplasten (4—8) von einer gewissen verspäteten Zellkernteilung nach der Chloroplastenteilung begleitet sein (*Siderocellis* FOTT, KORŠIKOV 1953, HEYNIIG 1961; *Oocystis marssonii* LEMM., TSCHERMAK-WOESS 1942; *Ankistrodesmus* CORDA, DÜRINGER 1964). Einige dieser Arten stellen Übergänge zu einer weiteren Gruppe dar.

III. Zellen mit vielen auf einige hundert angewachsenen Chloroplasten mit einem Zellkern

e. Sehr zahlreiche, scheibenförmige oder langgestreckte Chloroplasten mit oder ohne Pyrenoid. In jungen Autosporen sind es sehr viele, in erwachsenen Zellen auch einige hundert. Die Chloroplasten liegen sowohl im parietalen Plasma als auch im inneren Cytoplasma. Falls in der Zelle Vakuolen vorhanden sind, die das Plasma in radiale Stränge aufgliedern, sind diese Stränge von Chloroplasten begleitet. Es wurden lichtbedingte

Migrationen der Chloroplasten zwischen der Peripherie und der Zellmitte beschrieben. (*Eremosphaera viridis* DE BARY, MAINX 1927, FOTT et KALINA 1962, KIES 1967; *Eremosphaera gigas* (ARCHER) FOTT et KALINA 1962; *Oocystis solitaria* WITTR., mit höchstens 32 Chloroplasten, ŘEHÁKOVÁ 1968, KALINA hoch nicht veröffentl.; *Oocystis gigas* ARCHER var. *incrassata* W. et G. S. WEST, SKUJA 1964).

### 3. Probleme bei der Untersuchung von Chloroplasten

Bestehende Schwierigkeiten hängen vornehmlich mit der aussergewöhnlichen Sensibilität des Chloroplasten zusammen. In den Diagnosen älterer Autoren sind die Beschreibungen der Chloroplasten oft ungenau oder es wird nur von einem „grünen Zellinhalt“ gesprochen. Natürliches Material bietet meistens wenige Gelegenheiten für eine genaue Beobachtung. Diese Umstände verringern ein wenig die Bedeutung der Chloroplasten bei der Bestimmung der Algen. Die Erreichung eines guten Zustandes des Chloroplasten in einer kulturgezüchteten Zelle ist in der Regel mit einer schwierigen Suche nach einem geeigneten Kultivationsmilieu und nach geeigneten Kultivierungsbedingungen verbunden. Die pH-Werte und eine geeignete Ionenstärke der Nährlösung müssen besonders beachtet werden. Diese Ionenstärke ist z. B. beim Medium von BOLDT (BBM, BOLD et BROWN 1964) etwa zehnmal grösser als in natürlichen Gewässern. Geringe Schwankungen der physikalisch-chemischen Faktoren des Milieus rufen eine Veränderung der Chloroplastenform hervor, wobei jedoch die Lage und Anzahl der Chloroplasten in geringer Masse beeinflusst werden. Eine noch weitere Verschlechterung der Kultivierungsbedingungen macht ein Studium der Morphologie der Chloroplasten fast unmöglich. Es ist beachtenswert, dass Zellen mit einem unserer Ansicht nach schlecht entwickelten Chloroplasten in der Teilung und Vermehrung fortschreiten. Weiter ist es interessant, dass gleichalte und unter gleichen Bedingungen lebende Zellen einen gleich schlecht oder gleich gut entwickelten Chloroplasten haben.

Die Veränderlichkeit der Chloroplastenform ist eine Quelle weiterer Schwierigkeiten. Der Beobachter weiss nämlich nicht, welche Chloroplastenform als typisch anzusehen ist.

Unter ungünstigen Bedingungen geht der Chloroplast in einen anabiotischen Zustand über, der von vielen biochemischen und strukturellen Veränderungen begleitet ist, die der Metamorphose des Chloroplasten höherer Pflanzen in einen Chromoplast ähnlich sind. Diese Metamorphose ist auch bei Algen reversibel.

### 4. Evolution des Chloroplasten chlorococcaler Grünalgen

Bei chlorococcalen Grünalgen findet man drei hauptsächliche Organisationsarten des Assimilationsapparates, bei denen der Chloroplast eine parietale oder zentrale Lage einnehmen kann und eine grosse Formenmannigfaltigkeit aufweist; diese drei Organisationsarten unterscheiden sich vor allem durch die Anzahl der Chloroplasten in der Zelle. Berücksichtigt man die Zellkernanzahl und die Veränderungen der Zellkernanzahl während der Ontogenese, so kann man sagen, dass in der Kombination des Zellkernapparates und Assimilationsapparates der Zelle grosse Zufälligkeit herrscht. Dasselbe gilt auch bezüglich der Art Vermehrung der Zellen.

Bei einer nachweisbaren Uniformität der Photosynthese erscheinen Form, Lage und Menge der Chloroplasten in der Zelle als eine der möglichen Lösungen des physiologischen Gleichgewichtes der Zelle. Einen ähnlichen Charakter zeigen auch Veränderungen der Form, Lage und Zahl der Chloroplasten während der Ontogenese. Durch eine Änderung des Zellvolumens wird das physiologische Gleichgewicht gestört. So vergrössert sich z. B. bei den Arten der Familie *Chlorococcaceae* der Zellumfang bis 25fach. Die Vergrösserung der Chloroplastenoberfläche durch Teilung oder durch eine sekundäre Verschiebung in das Zellinnere (sekundäre Zentralisation) kann man als Erneuerung des physiologischen Gleichgewichtes erklären.

Der primär zentrale Chloroplast wird allgemein als ältester Chloroplastentyp angesehen. Durch seine direkte Entwicklung entstanden der parietale Chloroplast und durch Zerfall dieses entstanden viele kleine Chloroplasten in einer Zelle. Laut MEYER (1962) ging dieser Übergang rasch vor sich, weshalb sich Übergangstypen nicht erhalten haben. Es gilt wenige Beweise dieser Hypothese. Die sekundäre Zentralisation von parietalen Chloroplasten widerspricht einer diesbezüglichen Konzeption.

Die beim Studium der Morphologie der Chloroplasten verwendeten Gesichtspunkte führen bis zu einem gewissen Masse zu der Ansicht, dass man ein paralleles Entstehen von zentralen Chloroplasten, parietalen Chloroplasten und auch einer grösseren Anzahl von Chloroplasten in der Zelle annehmen kann. Diese hauptsächlich parallelen Entwicklungsrichtungen können Seitenzweige bilden, wobei sich die Chloroplastenformen verschiedener Seitenzweige sehr ähneln können. Als seitliche Entwicklungszweige werden hier die Reihen der zentralen oder parietalen Chloroplasten erachtet, die sich in Form und Gliederung unterscheiden. Bei primär zentralen Chloroplasten sind es z. B.: der wenig gegliederte Chloroplast-*Nautococcus*; der mehr gegliederte — *Trebouxia*; *Asterococcus*; der am meisten gegliederte Chloroplast — *Oonephris*. Bei parietalen Chloroplasten: ein Chloroplast in Form einer Hohlkugel mit einer Öffnung (*Chlorococcum*); ein topfförmiger Chloroplast — *Fernandinella*; ein durch meridionale Einschnitte gegliederter Chloroplast — *Botryosphaera*, ein schüsselförmiger Chloroplast — *Chlorella vulgaris* (die junge Zellen) usw. Es scheint, dass diese Entwicklungsreihen blind enden.

Es ist schwierig, über die Entwicklungsbedeutung des Pyrenoids Erwägungen anzustellen. Im Bereiche der chlorococcalen Algen bestehen ganz parallele Chloroplastenformen mit oder ohne Pyrenoid. Falls man das Pyrenoid als ein Analogon des Zellkernes ansieht (SCHMITZ 1882) oder es mit der Vererbung des Chloroplasten (BROWN et BOLDT 1964) zusammenbringt, entsteht die Frage: Welche Organelle besitzt diese Funktion beim Fehlen des Pyrenoids? Eine ähnliche Erwägung gilt auch für die Beurteilung der Ansicht über das Entstehen der Stärke ausschliesslich auf der Oberfläche des Pyrenoids (BISALPUTRA et WEIER 1964).

Falls man versucht, die Frequenz einzelner Chloroplasten bei chlorococcalen Grünalgen zu werten, so findet man am häufigsten parietale Chloroplasten.

## 5. Der taxonomische Wert des Chloroplasten bei chlorococcalen Grünalgen

Eine genaue Beschreibung des Chloroplasten ist ein wichtiger Teil der Artdiagnose. Die Beschreibung seiner Form, Lage, Anzahl und Entwicklung ist nur ein Teil des Merkmalskomplexes, durch den die Art gekennzeichnet ist (zu diesen gehören: Zellform, Morphologie der Zellwand, Angaben über den Kern, die Vermehrung, Kolonienbildung und ökologische Angaben). Eine unterschiedliche Morphologie des Chloroplasten ist in der Regel nicht das

einziges Merkmal bei der taxonomischen Wertung der Merkmale, es gibt meistens viele Unterscheidungsmerkmale.

Bei Entscheidungen bezüglich der Einreihung in eine Art oder Gattung ist ein Vergleich mit dem nomenklatorischen Typus der Art oder Gattung am wichtigsten. Bei infraspezifischen Taxa sind kleine Formunterschiede des Chloroplasten zulässig, dessen Lage, Entwicklung und Zahl sich vom Typus nicht unterscheidet. Im Rahmen der Gattung gibt der Typus der Gattung die Lage, die Anzahl (in breiterem Umfange) und die Entwicklung der Chloroplasten an. Unterschiede zwischen Arten derselben Gattung können in der Chloroplastenform, in der Anwesenheit eines Pyrenoids und in unwesentlichen Abweichungen von der Art der Entwicklung des Chloroplasten beim Typus bestehen. Die Einreihung der Gattungen in Familien ist ziemlich subjektiv (FOTT 1967), und nach dem derzeitigen Stand hat die Morphologie der Chloroplasten im Rahmen der Familie keine taxonomische Bedeutung. Unterschiede in der Morphologie der Chloroplasten besitzen daher nur in der Kategorie der Gattung und Art einen taxonomischen Wert.

#### Souhrn

Zkušnosti, získané studiem morfológie chlorokokálních chloroplastů ve světelném mikroskopu, jsou hodnoceny z hlediska jejich taxonomického využití. Tvar, poloha a počet chloroplastů, vztah mezi počtem chloroplastů a počtem jader, sledovaný během ontogenese, jsou považovány za nejdůležitější, taxonomicky využitelné údaje o morfologii chloroplastu. Na základě těchto údajů je vypracován návrh klasifikace chlorokokálních chloroplastů. Stejně údaje jsou využity v úvaze o evoluci chloroplastů u druhů řádu *Chlorococcales*. Závěrem jsou formulovány možnosti taxonomického využití morfológie chloroplastů na druhové a rodové úrovni.

#### Literatur

- BISALPUTRA T. et WEIER T. E. (1964): The Pyrenoid of *Scenedesmus quadricauda*. — *Amer. J. Bot.* 51 : 881—892.
- BOLD H. C. (1931): Life History and Cell Structure of *Chlorococum infusum*. — *Bull. Torrey bot. Club* 57 : 577—604.
- BROWN R. M. et BOLD H. C. (1964): Comparative Studies of the Algal Genera *Tetracystis* and *Chlorococum*. — *Phycological Studies* 5, 213 p.
- DRAWERT H. et MIX M. (1962): Licht- und Elektronoptische Untersuchungen an Desmidiaceen IX. Mitteilung: Die Struktur der Pyrenoide von *Micrasterias rotata*. — *Planta* 58:50 — 74
- DÜRINGER I. (1959): Über die Verteilung epiphytischer Algen auf den Blättern wasserbewohnender Angiospermen, sowie systematisch-entwicklungsgeschichtliche Bemerkungen über einige grüne Algen. — *Österr. bot. Z.* 105 : 1—43.
- ETTL H. (1955): Příspěvek k poznání tetrakotních Chlorococcales (*Tetraciella* Pascher et Petrová). — *Preslia* 27 : 175—183.
- (1964): Der Zellbau und die systematische Stellung der Alge *Actinochloris* Korschikoff. — *Protoplasma* 59 : 298—309.
- FOTT B. (1957): Taxonomie drobnohledné flory našich vod. — *Preslia* 29 : 278—319.
- (1964): *Oenophris*, a new genus of coccoid green algae. — *Acta Univ. Carol., Biol.*, 2 : 129—157.
- (1967): *Smice a řasy*. — 515 p. — Praha.
- FOTT B. et KALINA T. (1962): Über die Gattung *Eremosphaera* De Bary und deren taxonomische Gliederung. — *Preslia* 34 : 348—358.
- FOTT B. et NOVÁKOVÁ M. (1968): A Monograph of the Genus *Chlorella*. *Freshwater Species*. — (Wird gedruckt).
- GEITLER L. (1926): Zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Pyrenoide. — *Arch. Protistenk.* 56 : 128—144.
- (1942): Morphologie, Entwicklungsgeschichte und Systematik neuer bemerkenswerter atmophytischer Algen aus Wien. — *Flora* 36 : 1—29.
- (1966): Die Chlorococcalen *Dictyochloris* und *Dictyochloropsis* nov. gen. — *Österr. bot. Z.* 113 : 155—164.

- CHADEFAUD M. (1941): Les pyrénoides des algues et l'existence chez ces végétaux d'un appareil cinétique intraplastidial. — *Ann. Sci. nat., Bot. Ser.*, 11 : 1—41.
- JAVORNICKÝ P. (1963): A new record of the neustonic alga *Nautococcus pyriformis* Korshikov. — *Arch. Protistenk.* 106 : 437—441.
- KALINA T. (1964): Taxonomie der Gattung *Coelastrella* Chodat (Chlorococcales). — *Acta Univ. Carol., Biol.*, 2 : 139—148.
- (1965): Morphologie der Chloroplasten zweier chlorococcaler Grünalgen: *Oonophris obesa* (West) Fott und *Spongiochloris spongiosa* (Vischer) Starr. — *Österr. bot. Z.* 112 : 613—620.
- (1966): Morphologie und systematische Eingliederung der Art *Scenedesmus costatus* Schmidle (Chlorococcales). — *Preslia* 38 : 346—350.
- KLES L. (1967): Oogamie bei *Eremosphaera viridis* De Bary. — *Flora (Abt. B)* 157 : 1—12.
- KORŠIKOV A. A. (1956): *Pidklas Protokokovi*. — *Viznačnyk prsnovodnych vodorostej URSS* 5 : 1—436.
- MAINX F. (1927): Ernährung und Zellteilung bei *Eremosphaera viridis* DE BARY. — *Arch. Protistenk.* 57 : 1—13.
- MERESCHKOWSKY C. (1906): *Gesetze des Endochroms*. — 204 p., Kasan (nach *Bot. Cbtt.* 104 : 604).
- MEYER K. I. (1962): Über das phylogenetische System der grünen Algen (Chlorophycophyta). — *Preslia* 34 : 147—158.
- MILLER V. V. (1928): K fylogeničeskoj sistematike zelenych vodoroslej. *Dnevnik Vsesojuz. sjezda bot.*, Leningrad, p. 155—156 (nach K. I. Meyer, 1962).
- REISIGL H. (1964): Zur Systematik und Oekologie alpiner Bodenalgcn. — *Österr. bot. Z.* 111 : 402—499.
- RENNER O. (1934): Die pflanzlichen Plastiden als selbständige Elemente der genetischen Konstitution. — *Ber. math.-phys. Kl. Sächs. Akad. Wiss.* 86 : 241—266.
- ŘEHÁKOVÁ H. (1968): Die Variabilität der Gattung *Oocystis* in ČSSR. — (Wird gedruckt.)
- SAGER R. et RAYN F. (1961): *Cell Heredity*. — 463 p. — New York—London.
- SKUJA H. (1964): Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch Lappland. — Uppsala.
- SCHMITZ F. (1882): *Die Chromatophoren der Algen*. — 179 p. — Bonn.
- SCHNEFF E. (1966): Organellen-Reduplikation und Zellkompartimentierung. — in: *Probleme der biologischen Reduplikation*, 372—393. — Heidelberg.
- STARR R. C. (1955): A comparative Study of *Chlorococcum Meneghini* and other sphaerical zoospore producing genera of the Chlorococcales. — *Indiana Univ. Publ., Sci. Ser.*, 20 : 1—111.
- TEILING E. (1952): Evolutionary studies on the shape of the cell and of the chloroplast in Desmids, *Bot. Notis—*. 5 : 264—306.