

Temperaturbedingte morphologische Variabilität bei drei *Phormidium*-Arten (*Cyanophyceae*) in Kulturen

Morfologická variabilita tří druhů rodu *Phormidium* (*Cyanophyceae*) v kulturách,
vyvolaná změnami teploty

Jiří Komárek

KOMÁREK J. (1972): Temperaturbedingte morphologische Variabilität bei drei *Phormidium*-Arten (*Cyanophyceae*) in Kulturen. — Preslia, Praha, 44 : 293—307. — Unter definierten Kultivierungsbedingungen wurde die morphologische Variabilität von 10 Stämmen (3 Arten) der Gattung *Phormidium* Kütz. ex Gom. 1892, die zusammenhängende Bewüchse an verschiedenen Substraten in fließenden und stehenden Gewässern bilden, untersucht. Es wurden sowohl die konstanten als auch variablen Merkmale in Abhängigkeit von der Temperatur festgestellt; die Ergebnisse wurden vom taxonomischen Standpunkt ausgewertet. Eine morphologische und physiologische Verschiedenheit in der Variabilität verschiedener Stämme derselben Art konnte nachgewiesen werden. — *Botanisches Institut der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Abteilung für Hydrobotanik, Dukelská 145, Třeboň, Tschechoslowakei.*

Einleitung

Einige Arten der Gattung *Phormidium* gehören zu den wesentlichsten Bestandteilen der benthischen Mikroflora in fließenden und stehenden Gewässern. Zu dieser ökologischen Gruppe gehören besonders Typen aus dem Umkreis der Art *Phormidium autumnale*. Diese Typen bilden oft ausgedehnte Bewüchse auf dem Substrat und machen sich besonders bei Selbstreinigungsprozessen in fließenden Gewässern geltend. Oft werden sie auch als Indikatoren der Verunreinigungsstufe des Wasser betrachtet, obwohl ihre Autökologie bisher nur wenig bekannt ist.

Die meisten dieser Arten besitzen eine recht breite ökologische Valenz (Vorkommen in Gebirgsquellen bis zu verunreinigten Flüssen in Tiefebene, Retentionsbehälter in Kläranlagen, Thermalquellen, feuchter Boden). Das ruft eine beträchtliche morphologische Variabilität hervor, auf Grund derer zahlreiche Ökomorphosen als selbstständige Taxone beschrieben wurden.

Im Zusammenhang mit dem wachsenden Bedarf von Ausarbeitungen biologischer Methoden zur Abwasserreinigung zeigte sich in der letzten Zeit auch die Notwendigkeit, die erwähnten *Phormidium*-Typen einer taxonomischen Revision zu unterwerfen. Es wurden daher die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten und gleichzeitig auch ihre morphologische Variabilität sowohl am Naturmaterial als auch in Kulturen untersucht. Einige Autoren sind bereits zu übereinstimmenden Ergebnissen gekommen, auf deren Basis schon einige Schlussfolgerungen veröffentlicht wurden (BOSLI-PAVONI 1970, KANN et KOMÁREK 1970 u. a.). In der nun vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse von Untersuchungen der durch Temperaturänderungen hervorgerufenen morphologischen Variabilität einiger Stämme von 3 Arten der Gattung *Phormidium* (*Ph. autumnale*, *Ph. subfuscum*, *Ph. ambiguum*) vorgelegt.

Tab. 1. — Verzeichnis der untersuchten Stämme

Art	Stamm	Medium	Lokalität
<i>Ph. autumnale</i>	HINDÁK 1963/163	L—C	Ägypten, Charga-Oase, Boden
	HINDÁK 1967/41	L—C	Rumänien, Agigea bei Constanța, Psammon-Wasser mit höherer Salinität, Botanisches Schutzgebiet
	HINDÁK 1963/157	Cy—A	Tschechoslowakei, Belaner-Tatra-Gebirge, Boden (Triscarka-Tal)
	MARVAN 1966/10	L—C	BRD, Hamburg, Periphyton in dem Bach Ammersbek
	MARVAN 1966/20	L—C	BRD, Hamburg, Periphyton aus Altwasser (Alte Süder Elbe)
	MARVAN 1963/4	Cy—A	Tschechoslowakei, Topolčany, Periphyton aus Oxydationsteich
	HINDÁK 1967/4	Cy—A	Tschechoslowakei, Brno, Periphyton aus Abwasserreinigungsteich
	MARVAN 1967/15	L—C	BRD, Hamburg, Periphyton aus dem Fluss Alster
	HINDÁK 1963/159	L—C	Tschechoslowakei, Hohe-Tatra-Gebirge, Detritus aus Sommerschneefeldern (Velká Zmrzlá dolina)
	HINDÁK 1965/33	L—C	Cuba, Isla de Pinos, Periphyton aus Wasserquelle (Santa Fé)
<i>Ph. subfuscum</i>	MARVAN 1967/12	L—C	BRD, Hamburg, Periphyton aus Altwasser (Alte Süder Elbe)
	HINDÁK 1966/23	L—C	Tschechoslowakei, Namestovo, Periphyton aus der Mineralquelle (Slaná Voda)
<i>Ph. ambiguum</i>	HINDÁK 1965/117	Cy—A	Cuba, Oriente, Littoral des Flusses Rio Bayamo

Material und Methodik

Alle untersuchten Stämme stammen aus der Kulturensammlung des Algologischen Laboratoriums in Třeboň, ihr Verzeichnis ist in der Tab. 1 zu finden (cf. HINDÁK 1970). Als Nährlösung wurde entweder das L—C Medium nach BOURRELLY (1948) oder der Cyanophyceen-Agar (Cy—A) nach STARR (1964), sowohl als flüssige Lösung als auch mit 1% Agar versetzt, benützt. Das

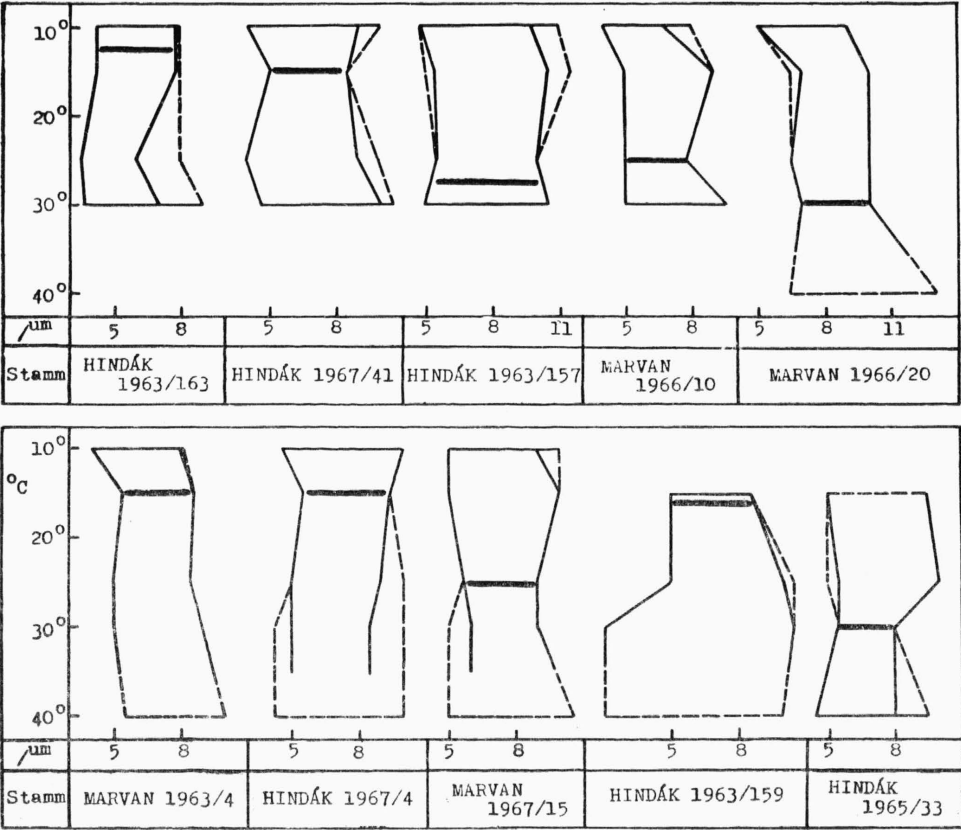


Abb. 1. — Variabilität der Fadenbreite bei einzelnen Stämmen von *Ph. autumnale* in Abhängigkeit von der Temperatur.

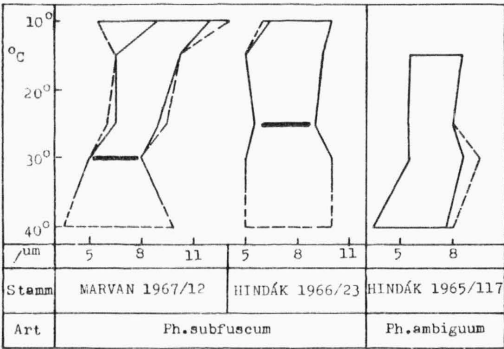


Abb. 2. — Variabilität der Fadenbreite bei zwei Stämmen von *Ph. subfuscum* und eines Stammes von *Ph. ambiguum* in Abhängigkeit von der Temperatur.

Tab. 2. — Variabilität der Merkmale bei 10 Stämme

Stamm	Merkmale	10 °C	15 °C
HINDÁK 1963/159	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	kein Wachstum	gelbgrün 5,0—8,6 μm 1,8—7,0 μm farblos, zerfliessend blaugrün bis gelblich (+)
HINDÁK 1965/33	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	sehr schwaches Wachstum	braun 5,0—9,5 μm 1,5—10,0 μm farblos bis gelblich, fest hell graublau bis gelblich (+)
MARVAN 1963/4	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	blaugrün bis gelbgrün 4,0—8,2 μm 1,5—8,0 (8,4) μm farblos, zerfliessend hell blaugrün bis gelblich —	gelbgrün 5,4—8,6 μm 1,5—4,0 (8,0) μm farblos, schwach zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)
MARVAN 1966/20	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	blaugrün 5,0—9,0 μm 1,2—6,5 μm farblos, zerfliessend hell blaugrün (+)	blaugrün (6,5) 7,0—10,0 μm 2,0—5,5 (8,0) μm farblos, fest blaugrün (+)
HINDÁK 1967/4	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	gelbbraun 4,6—8,5 (10,0) μm (1,0) 3,0—8,0 μm farblos, zerfliessend hell blaugrün —	gelbgrün 5,5—9,5 μm 1,5—8,0 (11,0) μm farblos, zerfliessend hell graublau bis gelblich (+)
MARVAN 1967/15	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	blaugrün 5,0—9,0 (10,0) μm 1,0—6,0 μm farblos, zerfliessend hell blaugrün (+)	gelbgrün 5,0—10,0 μm 1,5—9,0 (10,0) μm farblos, zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)
HINDÁK 1963/157	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	gelbbraun 4,8—9,8 (11,0) μm (2,0) 2,6—6,5 (14,0) μm farblos, zerfliessend hell gelbgrün (+)	gelbgrün bis blaugrün (5,0) 5,4—10,5 (11,5) μm 1,0—8,0 (10,0) μm farblos, zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)

von *Ph. autumnale* in Abhängigkeit von der Temperatur

25 °C	30 °C	40 °C
gelbgrün 5,0–10,0 (10,5) μm 2,2– 8,0 μm farblos, zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)	blaugrün 2,0–10,5 μm 1,5–10,0 μm farblos, stark zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)	gelblich braun 2,0–10,0 μm 2,0– 5,0 μm stark zerfliessend gelb
gelbgrün (5,0) 5,5–10,0 μm 2,0–11,5 μm farblos, schwach zerfliessend hell graublau bis gelblich (+)	orange 5,5–8,0 μm 1,2–6,5 μm farblos, fest gelbgrün —	gelbgrün 4,5–8 (9,4) μm 1,6–7,2 μm farblos, fest gelbgrün —
blaugrün 5,0–8,5 μm 1,5–8,0 μm farblos, schwach zerfliessend blaugrün (+)	blaugrün bis gelblich 5,0–9,0 μm 1,5–8,0 μm farblos, zerfliessend blaugrün bis gelblich (+)	gelblich braun 5,5–10,0 μm — sehr schwaches Wachstum
blaugrün 6,5–10,0 μm 1,5– 6,5 μm farblos, fest blaugrün (+)	blaugrün 7,0–10,0 μm 1,5– 6,5 μm farblos, schwach zerfliessend blaugrün +	gelblich 6,5–13,0 μm — sehr schwaches Wachstum
hell blaugrün 5,0–9,0 (10,0) μm 2,0–6,5 μm farblos, schwach zerfliessend hell blaugrün +	blaugrün (4,2) 5,0–8,5 (10,0) μm 1,5–4,0 – 9,0 μm farblos, zerfliessend blaugrün bis gelblich (+)	hell grün (4,2) 5,0–8,5 (10,0) μm 1,6–7,5 μm farblos, zerfliessend gelbgrün —
blaugrün (4,2) 5,5–9,0 μm 1,5–8,5 μm farblos, zerfliessend blaugrün (+)	blaugrün (5,0) 6,0–9,0 μm 2,0–4,0–8,0 μm farblos, zerfliessend blaugrün —	gelblich (5,0) 6,0–10,0 (10,5) μm sehr schwaches Wachstum
gelbgrün bis blaugrün 5,5–10,0 μm 1,5–10,0 μm farblos, schwach zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)	gelbgrün bis blaugrün 5,0–10,5 μm 1,0–10,0 (13,0) μm farblos, zerfliessend blaugrün bis gelblich (+)	kein Wachstum

Stamm	Merkmale	10 °C	15 °C
MARVAN 1966/10	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	gelbbraun bis blaugrün 4,0–6,8 (8,0) μm (1,2) 2,5–8,0 (10,0) μm farblos, zerfliessend hell gelbgrün (+)	blaugrün 5,0–9,0 μm 1,5–4,0–6,5 μm farblos, zerfliessend hell blaugrün (+)
HINDÁK 1963/163	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	gelbgrün bis blaugrün 4,2–7,8 (8,0) μm (1,0) 1,6–7,5 μm farblos, zerfliessend hell gelbgrün bis blaugrün (++)	blaugrün 4,2–7,8 (8,0) μm 1,2–5,0 (8,0) μm farblos, schwach zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)
HINDÁK 1967/41	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	gelbbraun 4,2–9,0 (10,0) μm 1,0–4,5 (5,5) μm farblos, schwach zerfliessend hell gelbgrün (+)	gelblich blaugrün 5,0–8,5 μm 1,0–6,5 μm farblos, zerfliessend hell gelbgrün bis blaugrün (+)

Kultivieren wurde in Eprouvetten vorgenommen, die in temperierte Wasserbäder von 10°, 15°, 25°, 30° und 40° ($\pm 0,2$ °C) eingetaucht waren. Die Belichtung der Kulturen war konstant, 21 W/m², und nur zur Orientierung haben wir auch Kultivierungen bei niedrigeren Beleuchtungsintensitäten (ab 3,5 W/m²) vorgenommen. Zum Kultivieren haben wir die von RŮŽIČKA (1971) beschriebenen Apparaturen benutzt.

Nach dem Einimpfen wurden die Kulturen erst 5–10 Tage im Tageslicht bei Zimmertemperatur gehalten, nachher wurden sie in die Apparatur in die entsprechende Temperatur übertragen und dort weitere 10 Tage adaptiert. Von diesem Zeitpunkt an wurden in 5-tägigen Abständen bis zur stationären Phase der Kultur die Ausmasse der Fäden und Zellen regelmässig gemessen und es wurde die Morphologie der Fäden untersucht.

Ergebnisse

1. Eine Übersicht der Variabilität der Fadenbreite in Abhängigkeit von verschiedenen Temperaturen ist in der Tab. 2–3 und Abb. 1–2 angeführt. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die fadenförmigen Blaualgen eine etwas andere Abhängigkeit der morphologischen Veränderungen von der Temperatur aufweisen, als z. B. von RŮŽIČKA (1971) für einzellige Grünalgen (*Chlorococcales*, *Desmidiaceales*) nachgewiesen wurde. Die Temperaturänderungen machen sich durch eine allgemein geringere Variabilität bemerkbar. Sie verursachen keine kontinuierliche Vergrösserung oder Verkleinerung der durchschnittlichen Grössen der Zellen in der Population in Abhängigkeit von der steigenden oder sinkenden Temperatur, sondern eine Verengung oder Erweiterung der Variabilität der Fadenbreite. Die geringste Variabilität in einer Klonkultur ist mit dem schnellsten Wachstum, der höchsten Biomassenproduktion und mit bestimmten Veränderungen des physiologischen Zustandes (z. B. Verhältnis der Menge der Assimilationspigmente zu der Menge der Karotenoide) verbunden.

25 °C	30 °C	40 °C
blaugrün 5,0—6,5—7,8 μm 2,0—8,0 μm farblos, zerfliessend hell blaugrün bis gelblich (+)	blaugrün 5,0—9,5 μm 1,5—5,0 (8,0) μm farblos, stark zerfliessend hell blaugrün bis gelblich +	kein Wachstum
gelbbraun 3,5—6,0 (8,0) μm 1,2—5,0 (7,0) μm farblos, schwach zerfliessend gelbgrün ((+))	gelbbraun bis orange 3,6—7,0 (9,0) μm (2,0) 2,6—9,6 μm farblos, fest gelbgrün —	kein Wachstum
gelbgrün 4,0—9,0 (10,0) μm 2,0—6,5 (9,0) μm farblos, schwach zerfliessend hell gelbgrün bis blaugrün (+)	gelbgrün bis blaugrün 4,6—10,0 (10,5) μm (1,5) 1,8—15,6 μm farblos, zerfliessend gelbgrün bis blaugrün —	kein Wachstum

2. Einzelne Stämme ein- und derselben Art, die von Lokalitäten recht verschiedenen Charakters isoliert wurden, weisen auch verschiedene Grenzen ihrer morphologischen Variabilität auf. Nicht einmal in zwei Fällen konnten identische Reaktionen auf die Temperaturveränderungen des Milieus festgestellt werden. Unterschiede machen sich z. B. in der Verschiebung der Temperaturoptima, in der Gestalt der die Variabilitätsgrenzen festlegenden Kurven (Abb. 1, 2) und in den absoluten Grenzen der Variabilität (Tab. 4) bemerkbar. Es konnte nicht eindeutig bewiesen werden, dass diese Abhängigkeiten die Folge einer Adaptation an die Aussenbedingungen wären.

Für die Taxonomie ergibt sich aus dieser Feststellung, dass nicht einmal aus den Variabilitätsgrenzen einer Population auf Grössengrenzen der Art geschlossen werden kann. Ausserdem geht daraus hervor, dass quantitative Äusserungen eines Merkmales nicht zur taxonomischen Wertung benutzt werden können. Dagegen können einzelne Populationen oder Klone recht einheitlich und morphologisch uniform sein, soweit sich die ökologischen Faktoren nicht beträchtlicher ändern.

3. In einigen morphologisch ausgeprägten Naturpopulationen kommt manchmal ein kleiner prozentualer Anteil von Fäden vor, die morphologisch mit den übrigen übereinstimmen, aber dem Grossteil der Population gegenüber deutlich grösser oder kleiner sind. Manchmal besteht hier sogar ein statistisch beweiskräftiger Hiatus. Wir fanden diese Erscheinungen auch in Kulturen, besonders in denen, die an die gegebenen Kultivierungsbedingungen nicht adaptiert waren. Es ist wahrscheinlich, dass die Entstehung dieser Erscheinungen durch plötzliche Veränderungen der Morphologie eines Teiles der Population bedingt ist, wobei diese Morphologieänderungen durch veränderte Kultivierungsbedingungen hervorgerufen wurden (cf. RŮŽIČKA 1971 : 169); dabei bleibt ein Teil der sich nicht weiter entwickelnden Fäden

Tab. 3. — Variabilität der Merkmale bei 2 Stämmen von *Ph. subfuscum*

<i>Ph. subfuscum</i>			
Stamm	Merkmale	10 °C	15 °C
MARVAN 1967/12	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	gelbbraun (5,5) 9—12,0 (13,0) μm 1,2—4,0—4,5 μm farblos, zerfließend gelblich (++)	gelbgrün 6,5—10,2 μm 1,0— 3,0 (4,5) μm farblos, fest gelbgrün (++)
HINDÁK 1966/23	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	blaugrün bis gelbbraun (6,0) 6,5—10,0 μm (1,0) 1,5— 6,5 (10,0) μm farblos, zerfließend hell blaugrün bis gelbgrün (+)	blaugrün 5,0—9,5 μm 1,5—4,5 (7,0) μm farblos, fest hell blaugrün bis gelblich (+)
<i>Ph. ambiguum</i>			
Stamm	Merkmale	10 °C	15 °C
HINDÁK 1965/117	Farbe des Lagers Breite der Fäden Zellenlänge Scheide Zellenfarbe Einschnürung an Querwänden	kein Wachstum	blaugrün 5,5—8,5 μm 2,0—4,5 (9,5) μm farblos, zerfließend blaugrün +

morphologisch unverändert. Diese Erscheinung war besonders bei *Ph. autumnale*, Stamm MARVAN 1967/15, auffällig.

4. Die Länge der Zellen steht teilweise in Korrelation zur Fadenbreite. Es macht sich jedoch auch eine Abhängigkeit von geeigneten Kultivierungsbedingungen bemerkbar; es kommt dann zu einer schnelleren Zellteilung, wodurch sich die durchschnittliche Zellenlänge verkürzt (Tab. 2).

5. Die Kalyptra, die als ein wichtiges taxonomisches Merkmal angesehen wird, kam bei allen Stämmen von *Ph. autumnale* und *Ph. subfuscum* vor und zeigte in Abhängigkeit von der Temperatur keine markanten Änderungen. Es kam jedoch zu Frequenzänderungen im Vorkommen der Kalyptren; die Frequenz wird sowohl in schlecht wachsenden und sich in schlechtem Zustand befindenden Populationen kleiner, als auch in reichlich wachsenden Populationen mit häufiger Fadenteilung und reicher Bildung von Hormonien. In beiden Fällen ist jedoch die Fähigkeit, eine Kalyptra zu bilden, als taxonomisches Merkmal anzusehen, nicht aber deren aktuelle An- oder Abwesenheit. Der Einfluss der untersuchten Faktoren machte sich nie in der Gestaltung der Kalyptra bemerkbar, nur bei einigen Stämmen von *Ph. au-*

und bei 1 Stamm von *Ph. ambiguum* in Abhängigkeit von der Temperatur

25 °C	30 °C	40 °C
gelbgrün (6,0) 6,5 – 9,0 (9,5) µm 1,5 – 4,0 µm farblos, fest gelbgrün ((+))	blaugrün 5,0 – 8,0 µm 1,0 – 3,2 µm farblos, fest hell blaugrün bis gelblich (+)	gelblich 3,6 – 9,8 µm — schwaches Wachstum
blaugrün 5,5 – 9,0 µm 1,0 – 4,5 µm farblos, fest blaugrün bis gelblich (+)	blaugrün 5,0 – 10,0 µm 1,0 – 6,5 µm farblos, schwach zerfließend hell blaugrün bis gelblich (+)	gelbbraun 5,0 – 10,0 µm — schwaches Wachstum
25 °C	30 °C	40 °C
blaugrün 5,5 – 8,0 µm (1,5) 3,5 – 4,5 (6,0) µm farblos, zerfließend blaugrün (+)	blaugrün 5,5 – 8,5 (9,5) µm (1,0) 1,5 – 4,5 (8,0) µm farblos, fest blaugrün bis gelbgrün +	blaugrün bis gelbgrün 3,4 – 7,6 (8,0) µm 1,5 – 4,0 µm farblos, fest gelbgrün (+)

tumnae zeigte sich bei höheren Temperaturen eine höhere Frequenz von kegeligen Kalyptren gegenüber den halbkugeligen in niedrigeren Temperaturen. Bei *Ph. subfuscum* konnte eine ähnliche Abhängigkeit nicht festgestellt werden. Bei *Ph. ambiguum* kommt es niemals zur Kalyptra-Bildung, nur die Aussenseite der Apikalzelle ist manchmal verdickt.

6. Vom taxonomischen Standpunkt aus kann ähnlich wie das Vorkommen der Kalyptra auch die Verjüngung der Fadenenden gewertet werden. Bei *Ph. autumnale* sind die Enden allmählich verjüngt und manchmal leicht spiralig gebogen, bei *Ph. subfuscum* kurz verjüngt, bei *Ph. ambiguum* nicht verjüngt. Die Verjüngung kommt nur an voll entwickelten Fäden vor und nur die Frequenz des Vorkommens dieser verjüngten Enden ist von den Aussenfaktoren abhängig. Die Unterschiede in der Fadenverjüngung bei *Ph. autumnale* und *Ph. subfuscum* wurden von KANN et KOMÁREK (1970) beschrieben.

7. Die Einschnürung an den Querwänden kam bei *Ph. ambiguum* immer vor, bei den übrigen zwei Arten nur fakultativ und schwach entwickelt. Es

Tab. 4. — Grenzen der morphologischen Variabilität bei 10 Stämmen von *Phormidium autumnale*. In der Tabelle sind Grenzwerte angegeben, die beim Kultivieren in verschiedenen Temperaturen (10°–40° C) und bei verschiedenen Lichtintensitäten (3,5–21 W/m²) festgestellt wurden. (An einem Stamm wurden 900–1200 Messungen unternommen)

Stamm	Grenzen der Fadenbreite (μm)	Zellenlänge (μm)	Granulation an Querwänden	Fadenbreite (μm)
MARVAN 1967/15	(1,6) 5,0–10,0 (10,5)	1,0–10,0	– bis +	4–12
HINDÁK 1963/159	2,0–10,5	1,2–10,0	+	
HINDÁK 1963/163	3,5–7,8 (9,0)	1,0–9,6	–	
MARVAN 1966/10	4,0–9,5	1,5–8,0	–	
MARVAN 1963/4	4,0–9,0 (10,0)	1,5–8,4	– bis (+)	
HINDÁK 1967/41	4,0–10,0 (10,5)	1,0–15,6	– bis +	
HINDÁK 1967/4	(4,2) 5,0–9,5 (10,0)	1,0–11,0	– bis (+)	
HINDÁK 1965/33	4,5–10,0	1,2–11,5	– bis (+)	
HINDÁK 1963/157	4,8–10,5 (11,5)	1,0–14,0	– bis (+)	
MARVAN 1966/20	5,0–10,0 (13,0)	1,2–8,0	(–) bis +	

konnte keine Abhängigkeit dieses Merkmals von den untersuchten Aussenbedingungen festgestellt werden.

8. Die Granulation an den Querwänden hängt von der Konzentration der Nährlösung ab und verschwindet in älteren Kulturen. Die beobachteten, durch physikalische Faktoren hervorgerufenen Veränderungen waren im Bereich der untersuchten Werte nicht beweiskräftig.

9. Nach den experimentellen Ergebnissen zeigen sich *Ph. subfuscum* und *Ph. autumnale* aus mehr kälte liebende Typen, *Ph. ambiguum* hingegen als mehr wärmeliebend. Das könnten auch die öfteren Funde von *Ph. ambiguum* in tropischen und subtropischen Gebieten beweisen. Diese Charakteristik hat jedoch keine absolute Geltung, und das nicht einmal für die kleine Zahl von untersuchten Stämmen. Besonders *Ph. autumnale* zeigt sich anpassungsfähiger an verschiedene Temperaturen. Für 10 untersuchte Stämme von *Ph. autumnale* zeigte sich die Temperatur von 10 °C nur bei zwei Stämmen als $\pm$ limitierend, dagegen limitierte die Temperatur von 40 °C das Wachstum von 4 Stämmen und bei 3 weiteren wurde das Wachstum wesentlich behindert. Beide Stämme von *Ph. subfuscum* wuchsen bei 40 °C sehr schlecht, bei niedrigeren Temperaturen (10 °C) hingegen wurde das Wachstum nur ganz gering behindert. Es ist jedoch zu bedenken, dass *Ph. autumnale* sowohl aus Thermalquellen (ANAGNOSTIDIS 1961 u. a.), als auch aus kühlen Hochgebirgsquellen und Bächen (Hohe Tatra, Alpen; cf. KANN et KOMÁREK 1970) angegeben wird. Es ist interessant, dass sich hier nur eine ganz geringe Korrelation zwischen der thermalen Adaptation der einzelnen Stämme und den Tem-

Tab. 5. — Vergleich der ergänzten morphologischen Merkmale der drei untersuchten *Phormidium*-Arten

Taxon	<i>Ph. autumnale</i> (Abb. 3)	<i>Ph. subfuscum</i> (Abb. 4)	<i>Ph. ambiguum</i> (Abb. 5)
Merkmal			
Farbe des Lagers	(orangebraun), gelbgrün, blaugrün bis schwarz	gelbbraun, gelbgrün, blaugrün	(braungrün), blaugrün
Verjüngung an den Fadenenden	+ (allmählich verjüngend; an entwickelten Fäden)	(+) (kurz; an entwickelten Fäden)	—
Kalyptra	+ (nur an entwickelten Fäden)	(+) (nur an entwickelten Fäden)	— (nur verdickte apikale Zellwand)
Einschnürung an Querwänden	(+), kann unter bestimmten Bedingungen fehlen	— bis (+)	+ (manchmal schwach entwickelt)
Breite der Trichome	(1,6) 3,5—10,0 (13,0) μm	(3,6) 5,0—12,0 (13,0) μm	3,4—9,5 μm
Zellenlänge	1,2—15,6 μm	2,0—6,5 μm	(1,0) 1,5—4,5 (9,5) μm
Verhältnis Länge/Breite der Zellen	isodiametrisch, kürzer oder länger als breit	kürzer als breit	kürzer als breit
Farbe des Protoplasten	blaugrün, selten schwach lila	braungrün bis blaugrün	blaugrün
Granulation an Querwänden	(+)	(+)	(+)

peraturbedingungen an den ursprünglichen Standorten erwiesen hat. Stämme, die bei 10 °C kein Wachstum zeigten, wurden aus Kuba, aber auch aus der Hohen Tatra (!) isoliert. Dagegen zeigte ein Stamm, der aus dem Boden in der Oase Charga (Ägypten) isoliert wurde, bereits bei 40 °C kein Wachstum. Es sei jedoch bemerkt, dass es sich in unseren Experimenten um langfristige Kultivierung bei dauernd hoher oder niedriger Temperatur handelte.

10. Aus den experimentellen Ergebnissen haben sich gewisse Daten über die Variabilität aller drei Arten der Gattung *Phormidium* ergeben, und es ist notwendig, deren Beschreibungen mit diesen Daten zu ergänzen (Tab. 5); (cf. DESIKACHARY 1959, GEITLER 1932, KONDRATEVA 1968, STARMACH 1966).

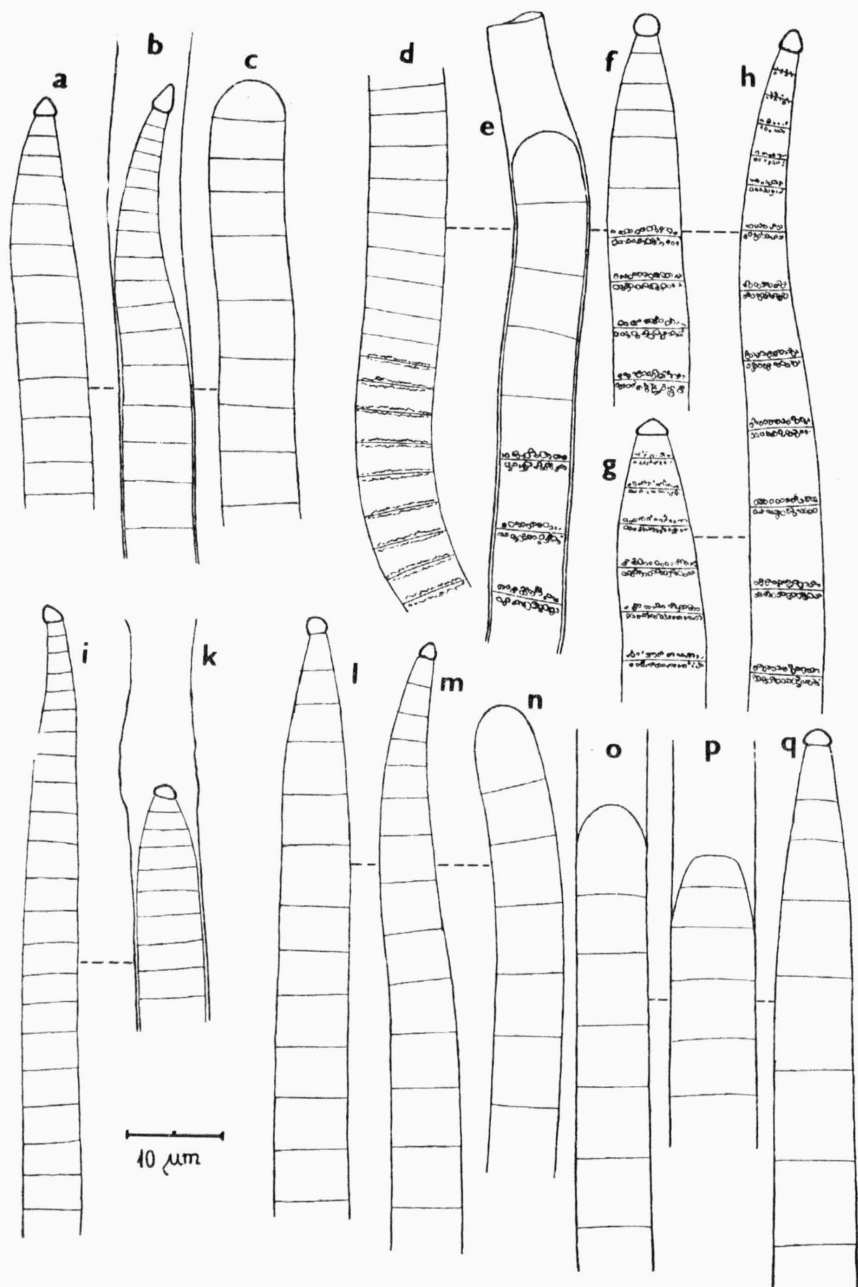


Abb. 3. — Variabilität der Fäden verschiedener Stämme von *Ph. autumnale* bei verschiedenen Kultivierungstemperaturen: a—c: Stamm HINDÁK 1967/41, 15 °C; d—h: Stamm HINDÁK 1967/41, 30 °C; i—k: Stamm HINDÁK 1963/163, 10 °C; l—n: Stamm HINDÁK 1965/33, 40 °C; o—q: Stamm HINDÁK 1963/163, 30 °C.

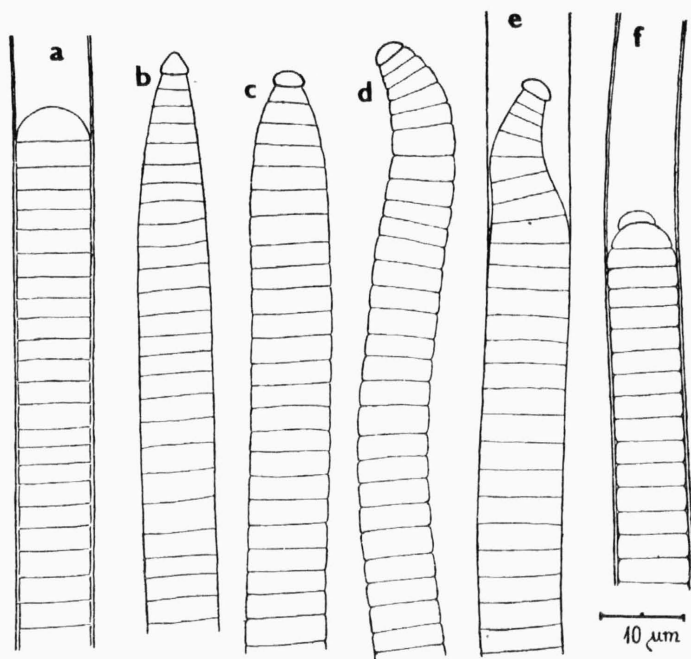


Abb. 4. — Variabilität der Fäden bei zwei Stämmen von *Ph. subfuscum* bei verschiedenen Kultivierungstemperaturen: a, b, e Stamm MARVAN 1967/12, 15 °C; c, d, f Stamm HINDÁK 1966/23, 30 °C.

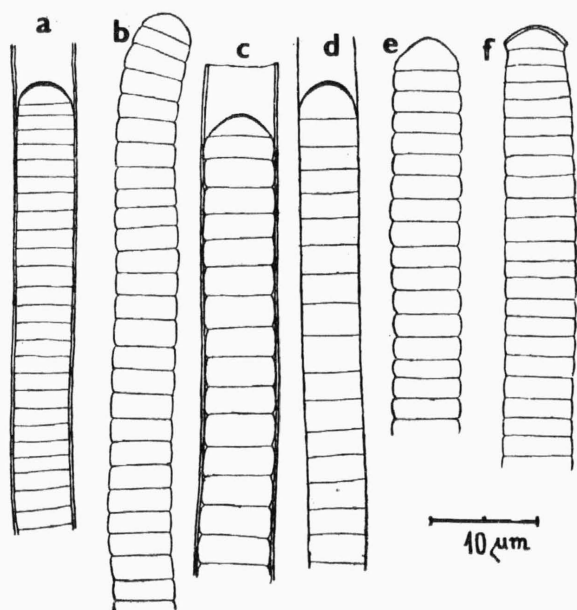


Abb. 5. — Variabilität der Fäden bei *Ph. ambiguum* (Stamm HINDÁK 1965/117) bei verschiedenen Kultivierungstemperaturen: a—b: 25 °C; c—f: 40 °C.

Některé druhy r. *Phormidium* Kürz. ex Gom. patří k důležitým složkám benthické mikroflóry tekoucích a stojatých vod. Tyto sinice tvoří často rozsáhlé povlaky na substrátu, hrají důležitou roli v procesu samočištění toků a často jsou označovány jako indikátory různého stupně znečištění vody. Většina těchto druhů má širokou ekologickou valenci a značnou morfologickou variabilitu, která je dosud málo známá. V souvislosti s narůstajícím významem biologických metod čištění odpadních vod vznikla potřeba taxonomické revize důležitých druhů r. *Phormidium* a znalosti jejich morfologické variability v závislosti na vnějších podmínkách. Proto byla studována v kulturách za definovaných podmínek morfologická variabilita 10 kmenů ze 3 příbuzných druhů z okruhu *Ph. autumnale*. Ukázalo se, že v závislosti na teplotě a ostatních kultivačních faktorech se mění zejména šířka vláken, délka buněk, granulace na přepážkách a obsah karotenoidů. Bylo též prokázáno, že jednotlivé přírodní populace, z nichž byly izolovány klonální kmeny, vykazují navzájem odlišnou morfologickou i fyziologickou variabilitu, s kvantitativně vyjádřitelnými rozdíly. Konstantními znaky se jeví morfologie konců vláken a v určité variační šíři tvar buněk („zaškrcování“ na přepážkách apod.).

Literatur

- ANAGNOSTIDIS K. (1961): Untersuchungen über die Cyanophyceen einiger Thermen in Griechenland. — Thessaloniki. [322 p.]
- BOSLI-PAVONI M. (1970): Über die Verteilung von Phormidien in Modellfließgewässern. — Schw. Ztschr. Hydrol., Basel, 32/2 : 486. [Referat.]
- BOURRELLY P. (1948): L'Algothèque du Laboratoire de Cryptogamie de Museum. — Paris. [Mus. Nat. Hist.-Natur., 14 p.]
- DESIKACHARY T. V. (1959): Cyanophyta. — In: I.C.A.R. Monographs on algae. — New Delhi. [686 p.]
- GEITLER L. (1932): Cyanophyceae. — In: Rabenhorst's Kryptog.-Fl. Vol. 14. — Leipzig. [1196 p.]
- HINDÁK F. (1970): Culture collection of algae at Laboratory of Algology in Třeboň. — Arch. Hydrobiol., Suppl. 39, Algolog. Stud. 2/3 : 86—126.
- KANN E. et J. KOMÁREK (1970): Systematisch-ökologische Bemerkungen zu den Arten des Formenkreises „Phormidium autumnale“. — Schw. Ztschr. Hydrol., Basel, 32/2 : 495—518.
- KONDRATEVA N. V. (1968): Sino-zelení vodorostí — Cyanophyta. Pars 2. [Vizn. prsnov. vodor. URSR 1.] — Kiev. [523 p.]
- RŮŽIČKA J. (1971): Morphologische Variabilität der Algen, hervorgerufen durch Kultivierungsbedingungen. — Arch. Hydrobiol., Suppl. 39, Algolog. Studies, Stuttgart, 4 : 146—177.
- STARMACH K. (1966): Cyanophyta — sinice. — In: Flora slodkowodna Polski. Tom. 2. — Warszawa. [807 p.]
- STARR R. C. (1964): The culture collection of algae at Indiana University. — Amer. J. Bot., Lancaster, 51 : 1013—1044.

Eingegangen am 27. October 1971
 Recenzent: B. Pott

Photobiology of Microorganisms

Wiley-Interscience, London, New York, Sydney et Toronto 1970, 479 str., 68 obr., cena ne-
vedena. (Kniha je v knihovně ČSBS.)

„Za bilion let vývoje života na Zemi žádný faktor nepůsobil pronikavěji na formování orga-
nismů nežli sluneční záření. Ve vodě, na zemi, kdekoliv existuje život, tam všude nacházíme
vtisknuty stopy slunečních paprsků...“ tak začíná jedna z kapitol pozoruhodné knihy, v níž
Per Halldal shromáždil příspěvky četných odborníků z různých odvětví fotobiologie mikro-
organismů. Studium fotosyntézy mikroorganismů, tj. fyotosyntetických bakterií, sinic a jedno-
buněčných řas, mělo rozhodující úlohu v objasnění jejího mechanismu. Právě tak v poznání
podstaty škodlivých účinků krátkovlnného záření staly se mikroorganismy velmi užitečnými
pokusnými objekty. Pomohou mikroorganismy stejně účinně k exaktnímu vysvětlení povahy
ostatních reakcí živých bytostí na záření? Tak lze charakterizovat vedoucí myšlenku, jíž se řídil
výběr kapitol knihy, která zaujme promyšlenou koncepcí v několika směrech.

Především byla záměrně vyloučena podrobná pojednání o těch odvětvích fotobiologie, která
jsou z moderního pohledu dostatečně zpracována v jiných monografiích: o mechanismu foto-
syntézy a o vlivu záření na dědičnou informaci. Toto omezení je vyváжено hutným přehledem
dnešního stavu vědění o fotosyntéze bakterií (CH. SYBESMA) a svérázným pojednáním o foto-
syntéze řas od vydavatele svazku P. HALLDALA, v němž se klade důraz na vztahy mezi struk-
turou a funkcí fotosyntetického aparátu a na jeho adaptivní aschopnosti. Druhým přitažlivým
rysem Halldalova výběru je zaujetí pro otázky, které nepatří mezi populární současná biofyziki-
kální témata a přesto jsou neobyčejně významné pro poznání fotobiologických principů. Za-
stoupení nejrozumnějších typů mikroorganismů v mnohých kapitolách knihy dává dobrou možnost
srovnávat a vystopovat obecně se uplatňující mechanismy. Třetí a snad nejvýznamnější před-
ností knihy je, že ač ji píše především biologové a pro biology, klade se důraz zejména na exaktní
objasnění mechanismu všech pochodů, které odpovídá současným interpretačním možnostem
biofyziky a biochemie. Kniha má ještě řadu dalších kladů jako rovnoměrné zastoupení evropských
a amerických autorů, hojné a aktuální odkazy na literaturu (v průměru 120 na kapitolu), pře-
hledné uspořádání látky v kapitolách, k níž usnadňují přístup obsahy kapitol, autorský, taxono-
mický a věcný rejstřík, pečlivou výpravu atd.

Pro botaniky je kromě již zmíněných kapitol zvlášť zajímavý stručný přehled fotobiologie-
kých principů a metod (L. N. M. DUYSENS) a dále oddíly pojednávající o těchto otázkách: vliv
záření na transport iontů a řas (W. WIESSNER) a na glycidový a bílkovinný metabolismus řas
(W. KOWALLIK), světlem navozené pohyby fotosyntetických mikroorganismů a jejich vztah
k fotosyntéze (W. NULTSCH), pohyby chloroplastů v řasách ovládané světlem (W. HAUPT
a E. SCHÖNBOHM) a vyčerpávající přehled novějších prací využívajících pro studium fyziologie
řas synchronních kultur (H. LORENZEN). Ti, kdož se zabývají fotoperiodismem vyšších rostlin,
uvítají pro srovnání přehledy o fotoperiodických dějích u řas, hub a bakterií (M. J. DRING)
a o světlem řízených rytmech u prvoků (C. F. EHRET a J. J. WILLE). Také ostatní kapitoly, ať
již jejich tematika je více biochemická nebo fyziologická, přinesou nejen podnět pro další
studium. Pojednávají o vlivu světla na metabolismus organických substrátů u řas (W. WIESSNER),
o metodických přístupech k experimentální analýze fototaxe a fotokinezy u bičíkovců (W. B.
HAND a D. DAVENPORT) a o bioluminiscenci bakterií, hub a prvoků (R. L. AIRTH, G. E. FOERSTER
a R. HINDE).

I. Šetlík