

## ***Porphyra yezoensis* bei Helgoland – eine entwicklungsgeschichtliche Studie\***

P. Kornmann

*Biologische Anstalt Helgoland (Meeresstation); D-2192 Helgoland,  
Bundesrepublik Deutschland*

**ABSTRACT: *Porphyra yezoensis* at Helgoland – a developmental study.** A *Porphyropsis*-like epiphytic specimen found in the harbour of Helgoland was grown in culture and proved to be identical with the Japanese *Porphyra yezoensis*. Life history studies on this economically important alga resulted in some interesting and hitherto unknown details. The variability of the adult frond is fundamentally determined by the pattern of spore germination. Settled on *Chaetomorpha* filaments, monospores elongate within 20 minutes; the epiphytic germlings are attached to the substrate by a typical basal cell and give rise exclusively to elongated fronds provided with a cuneate base. Unattached spores, however, germinate into buds with rhizoids; they develop into elongated elliptical to oval fronds provided with round or cordate bases. Only plants with male areas were observed in the cultures, but *Conchocelis* was abundantly produced from cells of aged thalli. Grown in mussel-shells, the filamentous phase liberated conchospores for a long time.

### EINLEITUNG

Am 10. Oktober 1984 sammelte Herr Sahling Algenproben von einem Reibepfahl aus dem Südhafen Helgolands. Unter den Epiphyten auf *Ceramium rubrum* fiel ihm eine zarte flächige Alge auf, die einer *Porphyropsis* ähnlich, aber violett gefärbt war. Das ohne nähere Prüfung in eine Kulturschale gebrachte Exemplar erwies sich schon nach 12 Tagen als ein bemerkenswerter Fund: es war von *Porphyra*-Keimlingen umgeben, die nur aus Monosporen entstanden sein konnten. In der inzwischen recht überständig gewordenen Probe des Ausgangsmaterials wurden noch sechs gleichartige Pflänzchen gefunden und getrennt aufgezogen.

Nach sechs Wochen waren die Keimlinge des zuerst isolierten Pflänzchens zu 3 bis 4 cm langen zungenförmigen Thalli herangewachsen. Aus den Randzellen ihrer apikalen Region wurden Monosporen entleert; zwischen den Monosporangien waren Spermantogonien einzeln oder in kleinen Gruppen eingestreut (Abb. 4 A). Eine *Porphyra*-Art mit solchen Merkmalen war von Helgoland noch nicht bekannt. Der Vergleich mit den von Kurogi (1959, 1961, 1972) eingehend beschriebenen und abgebildeten japanischen Arten führte zu ihrer Identifizierung mit *Porphyra yezoensis*.

---

\* Herrn Paul-Heinz Sahling zum 75. Geburtstag gewidmet, mit Anerkennung und Dank für 50jährige Zusammenarbeit.

## KULTURMETHODE

Bei der großen wirtschaftlichen Bedeutung von *Porphyra* als Nahrungsmittel in Japan (Miura, 1975) befassen sich zahlreiche Arbeiten mit den Methoden ihrer Aufzucht im Laboratorium und in der Praxis. Es sei hier nur die Arbeit von Imada et al. (1972) genannt, in der optimale Kulturbedingungen für die Entwicklung und das Wachstum der heteromorphen Generationen angegeben werden. Unsere seit vielen Jahren erprobte Kulturmethode erscheint primitiv im Vergleich zu den mehr auf praktische Belange abgestellten Verfahren; sie bewährte sich aber auch bei der Aufzucht der zunächst noch unbekanntes *Porphyra*-Art.

Einem Liter Nährlösung nach Provasoli wurden 25 ml Erdabkochung zugefügt. Als Kulturgefäße dienten anfangs Plastikschalen von 5 cm, später wurden wenige Pflanzen in Glasschalen von 7 cm, mitunter auch 15 cm Durchmesser übertragen. Die Nährlösung wurde in den ruhigstehenden Kulturen nicht regelmäßig, sondern nach Ermessen ergänzt oder erneuert. Die Raumtemperatur schwankte wenig um 15 °C. Bei 14 Stunden täglicher Belichtung standen je nach der Entfernung von einer weißen Leuchtstoffröhre Lichtstärken zwischen 400 und 2000 Lux zur Wahl.

Unter diesen Bedingungen wurden die Thalli in ungefähr 8 Wochen etwa 8 cm lang und bildeten Monosporen; sie waren bei geringem Lichtgenuß kräftig violett gefärbt, in hellerem Licht wurden sie zunehmend bräunlich bis gelblich. Auch das *Conchocelis*-Stadium entwickelte sich unter denselben Bedingungen sowohl in freier Kultur als auch in dünnen Kalkschalen zur Sporenreife.

## VERSUCHSERGEBNISSE

## Der vegetative Thallus

*Die Keimung der Monosporen*

Auf dem Boden von Plastikschalen keimende Monosporen bilden einreihige Fäden mit einem dünnen, oft recht langen Rhizoid (Abb. 1, E, F). Anders, aber mehr den natürlichen ökologischen Gegebenheiten entsprechend, entwickeln sie sich im Kontakt mit einem lebenden Substrat, zum Beispiel auf *Chaetomorpha*-Fäden. Diese Methode hatte sich schon in früheren Untersuchungen mit den Monosporen von *Erythrotrichopeltis* (Kornmann, 1984) und *Erythrotrichia* (Kornmann & Sahling, 1985) als zweckmäßig erwiesen, um eine rasche und gleichmäßige Keimung zu erzielen.

Frisch entleerte, in der Nährlösung suspendierte *Porphyra*-Sporen setzen sich erstaunlich schnell auf *Chaetomorpha*-Fadenstücken fest. Schon nach wenigen Sekunden leichter Bewegung haben sich zahlreiche Sporen an den Fäden angeheftet und lösen sich auch nach kräftigem Schütteln nicht mehr von dem Substrat. Offenbar bewirkt die Schleimhülle der membranlosen Sporen das feste Haften. Völlig überraschend war die Veränderung, die innerhalb der nächsten 20 Minuten erfolgte: anstatt der erwarteten kugeligen Sporen saßen den *Chaetomorpha*-Fäden längliche, bipolar differenzierte Keimstadien auf. Dieser Vorgang ließ sich im mikroskopischen Präparat direkt beobachten. Abbildung 1 A wurde 10 Minuten nach Versuchsbeginn aufgenommen; drei Sporen sind noch kugelig, nur die am rechten Ende aufsitzende hat sich schon etwas verlängert. Etwa 10 Minuten später (B) trägt der Faden drei längliche Keimlinge

und eine noch kugelige Spore. Auch diese hat sich in dem 2 Stunden alten Präparat gestreckt, und die Keimlinge sind von einer zarten Hülle umgeben (C). Die Abbildung 1 D entstand 19 Minuten nach Beginn eines anderen Versuchs.

Die Keimung der Monosporen wird offenbar durch den reichlich ausgeschiedenen Schleim stark gefördert. In einer unbewegten Kulturschale sinken die Sporen auf den Schalenboden und bilden einen mehr oder weniger dichten, mit bloßem Auge erkennbaren Fleck. In solchen Haufen keimen die Sporen leicht, bilden aber keine Haftscheibe, sondern ein Rhizoid (Abb. 1 E, F). Durch Schütteln verteilte oder nach Aufsaugen mit einer Kapillare in eine andere Schale übertragene Sporen keimen nur sehr verzögert oder überhaupt nicht. Die Ursache dürfte in dem Verlust der Schleimhülle zu suchen sein. Der Kontakt mit einem Substrat ist keine notwendige Voraussetzung für die Keimung; die Sporen keimen auch in einem Schleimfaden oder in den aufgewölbten Schleimkissen.

#### *Die Entwicklung des flächigen Thallus*

Keimlinge mit Basalzelle und solche mit Rhizoid entwickeln sich zu verschiedenartigen Thallusformen. Diese Zusammenhänge werden im Abschnitt „Ontogenie und Thallusform“ näher behandelt. Ausführlich wird in Abbildung 2 die Entwicklung epiphytischer Keimlinge dargestellt; die eingetragenen Ziffern geben das Alter der Kultur an. Ein Tag nach dem Festsetzen sind die Keimlinge auf *Chaetomorpha* zweizellig, ihre Basalzelle ist die längere und über der schon deutlich erkennbaren Haftscheibe etwas verjüngt. Am nächsten Tage haben sich beide Zellen wieder geteilt; auch im vierzelligen Stadium ist die basale Zelle länger als die anderen. An den zwei bis vier Tage alten Keimlingen wurde eine bemerkenswerte Beobachtung gemacht: einige trugen apikal ein äußerst zartes Häutchen. Auf diese Erscheinung aufmerksam geworden, wurden auch die Keimlinge am Schalenboden genauer untersucht. Das Ergebnis war überraschend: den meisten dreizelligen Keimlingen saß deutlich sichtbar ein dünnhäutiges Käppchen auf, mitunter lagen die Hüllen abgelöst daneben (Abb. 1 F). Manchmal bleibt das Häutchen auch umgestülpt auf der Apikalzelle haften. Offensichtlich handelt es sich um eine primäre Membran des Keimlings, die nahe der Basis abreißt und als Kappe abgeschoben wird. Solche Hauben treten nur an den jüngsten Keimlingsstadien auf, bei älteren Keimlingen wiederholt sich dieser Vorgang nicht.

Drei Tage alte Epiphyten sind achtzellige einreihige Fädchen, sechs flache Fadenzellen liegen zwischen der langen Basalzelle und der halbkugeligen Apikalzelle. Am vierten Tage treten in einzelnen breiteren Fäden schon Längswände auf. Die meisten fünf Tage alten Keimlinge sind oberhalb der Basalzelle zweireihig, oft ist auch die Apikalzelle längsgeteilt. Die Bilder vom 6. und 7. Tage zeigen zufällig dieselbe Gruppe von drei Keimlingen, viele junge Thalli sind jetzt vierreihig. Der 9 Tage alte Thallus verbreitert sich besonders im oberen Drittel und wird elliptisch; in der basalen Region teilen sich die Zellen langsamer. Noch haftet der Thallus allein mit der Basalzelle, zwei Tage später beginnen die Zellen der basalen Region rhizoidartig auszuwachsen und sich auf dem Substrat zu einem Haftorgan auszubreiten.

Nach 16 Tagen waren die Thalli 0,5–0,6 mm, nach 19 Tagen ungefähr 1 mm, nach 23 Tagen knapp 2 mm und nach 27 Tagen schon durchschnittlich 5 mm lang. Die 5 Wochen alten Pflanzen waren schmal bandförmig und etwas wellig, bis 15 mm lang und 2–2,5 mm breit. In größere Schalen übertragen, wuchsen sie während der folgenden 3 bis 4

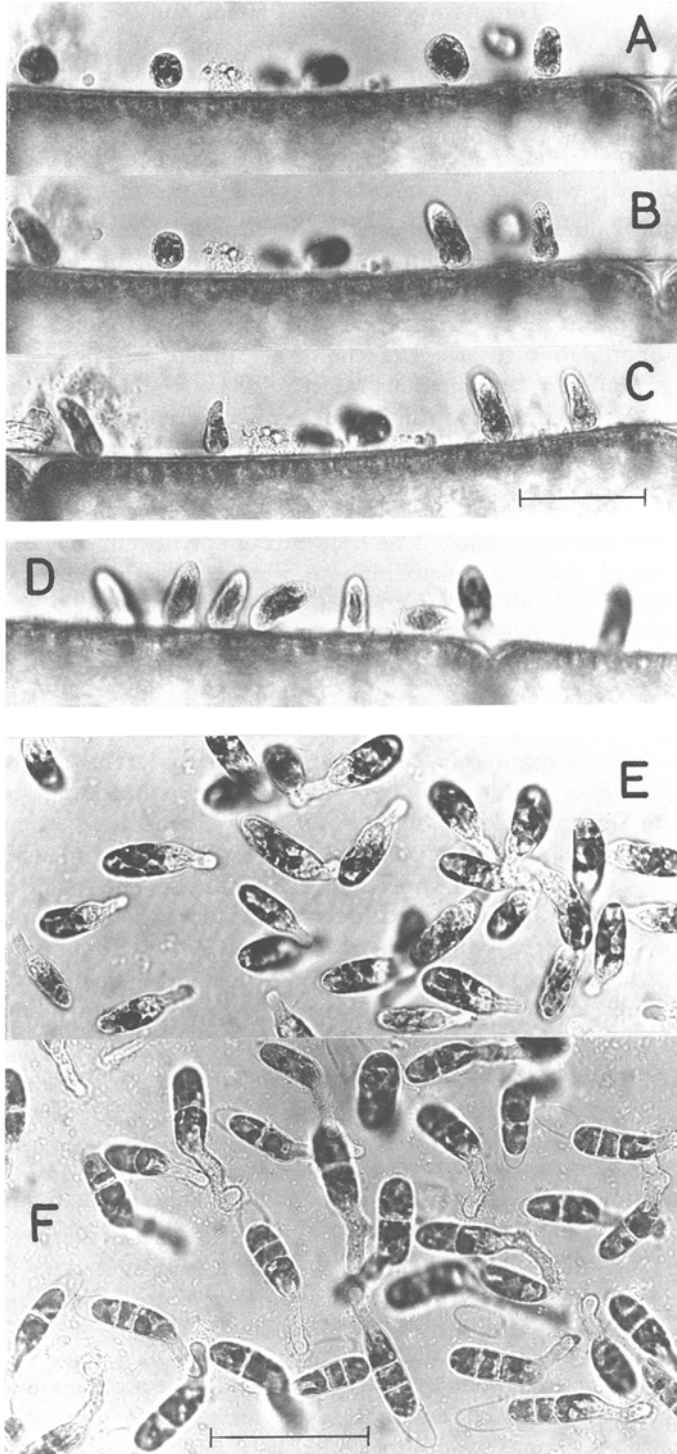


Abb. 1. *Porphyra yezoensis*. A–C, D Monosporen auf *Chaetomorpha* keimend. A–C im mikroskopischen Präparat 10 Minuten, 20 Minuten und 2 Stunden nach Versuchsbeginn aufgenommen, D mit Tauchimmersion nach 19 Minuten. E, F Monosporen-Keimlinge auf dem Schalenboden, ein bzw. zwei Tage alt, letztere mit aufsitzenen oder schon abgeschobenen Membrankappen. Maßstrecken; A–C = 50  $\mu$ m, D–F = 50  $\mu$ m

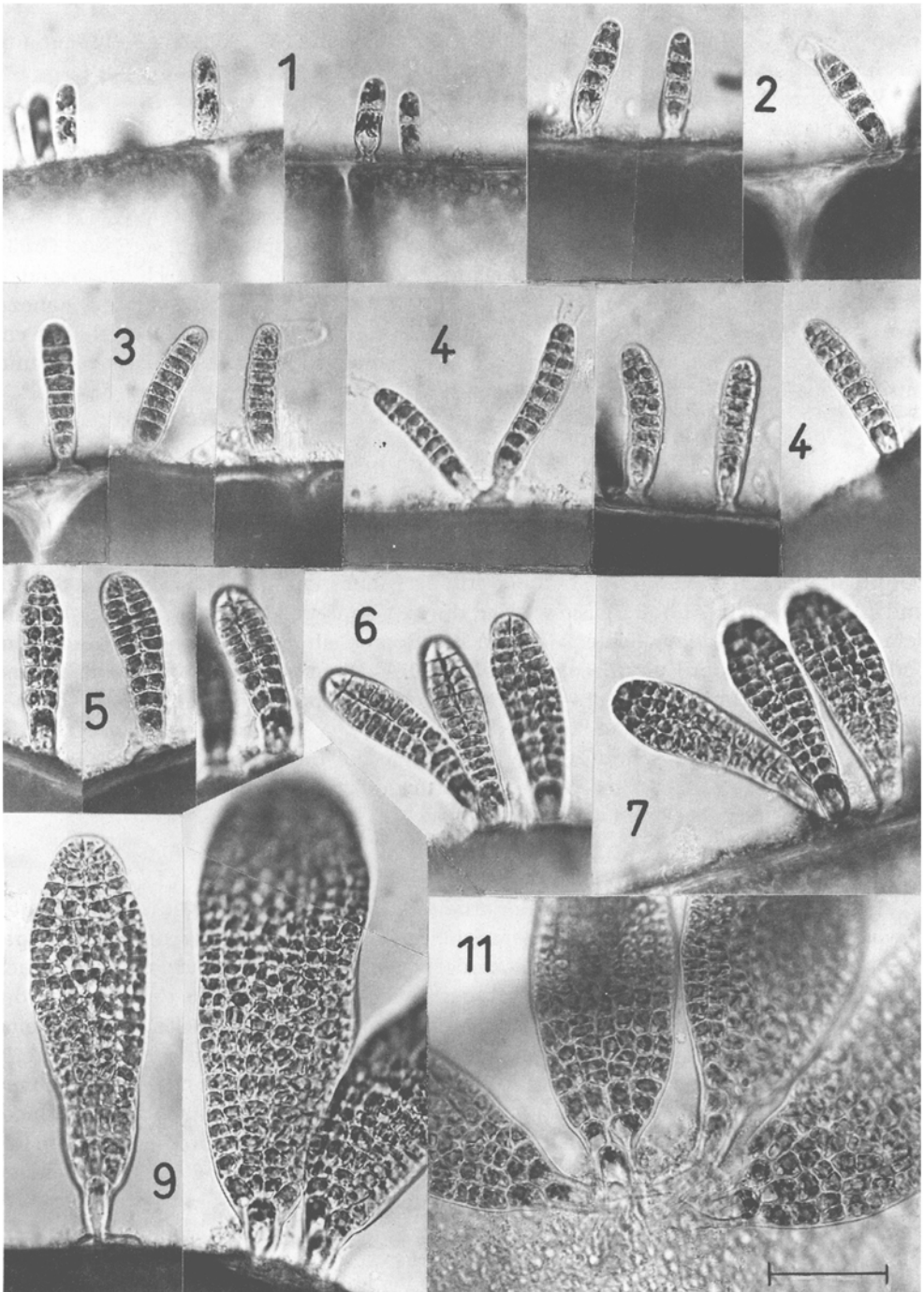


Abb. 2. *Porphyra yezoensis*. Entwicklung der epiphytischen Keimlinge während 11 Tagen, die eingetragenen Ziffern geben das jeweilige Alter an. Maßstrecke = 50  $\mu$ m

Wochen auf etwa 7 bis 8 cm heran. Mit der dann beginnenden Monosporenbildung in der Spitzenregion verringerte sich das Wachstum.

Wachstum und Färbung der Algen hängen stark von den Lichtverhältnissen, der Versorgung mit Nährstoffen und ihrem Alter ab. Junge rosafarbene Thalli können bei einer Lichtstärke von 500 Lux kräftig violett werden und im Alter einen bräunlichen Farbton annehmen. Bei 1500–2000 Lux kultiviert, werden die Pflanzen blaß und schließlich gelblich bis grünlich. Die gleichen Beobachtungen machte auch Suto (1972).

Dem Alter des Thallus und dem Teilungsrhythmus entsprechend variieren Größe und Anordnung der Zellen. Längsreihen sind besonders in dem rasch wachsenden Thallus erkennbar (Abb. 3 A), die Zellen sind hier kleiner als in den älteren, nahezu ausgewachsenen Pflanzen (B). Die Thallusdicke betrug im oberen Teil einer 9 cm langen Pflanze 25  $\mu\text{m}$  (C). Oberhalb der Basis sind die Zellen besonders groß und entsenden lange Rhizoide in das Haftorgan (D).

## Der fertile Thallus

### *Monosporen*

Die Monosporenbildung beginnt in den Randzellen des oberen Thallusabschnitts. Der Inhalt jeder Zelle verdichtet sich und tritt als Monospore aus. Die kugeligen Sporen sind 12–17  $\mu\text{m}$  dick (Abb. 3 E). Sie werden durch Verquellen der Zellmembran frei; mit dem reichlich gebildeten Schleim sinken die Sporen ab und sammeln sich auf dem Boden ruhigstehender Kulturschalen zu violetten Flecken oder Streifen an. Die äußerst dünne Kutikula (Hanic & Craigi, 1969) bleibt nach der Sporentleerung als unregelmäßig gefaltetes Häutchen erkennbar.

Die Sporenbildung schreitet von der Spitze zur Basis des Thallus fort. Durch tägliches Umsetzen in frische Nährlösung kann die ganze Fläche eines Thallus mit Ausnahme der basalen Region fertil werden.

### *Spermatangien*

Nur selten findet man in den Randpartien der unter günstigen Kulturbedingungen gewachsenen Thalli einzelne Spermatangien zwischen den Monosporangien eingestreut (Abb. 4 A). Größere unregelmäßige oder streifige, mit bloßem Auge ganz schwach erkennbare Spermatangien-Areale treten gern nach einer spontanen Veränderung der Versuchsbedingungen auf (Abb. 4 B). Eine Erneuerung der Nährlösung oder eine stärkere Belichtung begünstigen das Auftreten solcher Geschlechtspflanzen. Die streifigen Spermatangien sind in ein Gewebe aus inhaltsreichen Zellen eingelagert, die man ohne weiteres für Karpogone halten könnte. Es erfolgt aber offensichtlich keine Befruchtung und anschließende Teilung dieser Zellen, sondern ihr dichter Inhalt wird als Monosporen entleert (C, D). Dabei bleiben die Zellwände gut erhalten, sie verquellen nicht wie bei den primär gebildeten Monosporangien.

### *Conchocelis*

Nur durch einen Zufall wurde auch *Conchocelis* beobachtet. Sie war in einigen Kulturen entstanden, die 8 Wochen lang nicht kontrolliert und während dieser Zeit recht überständig geworden waren. Die gut entwickelte *Conchocelis*-Generation wuchs auf

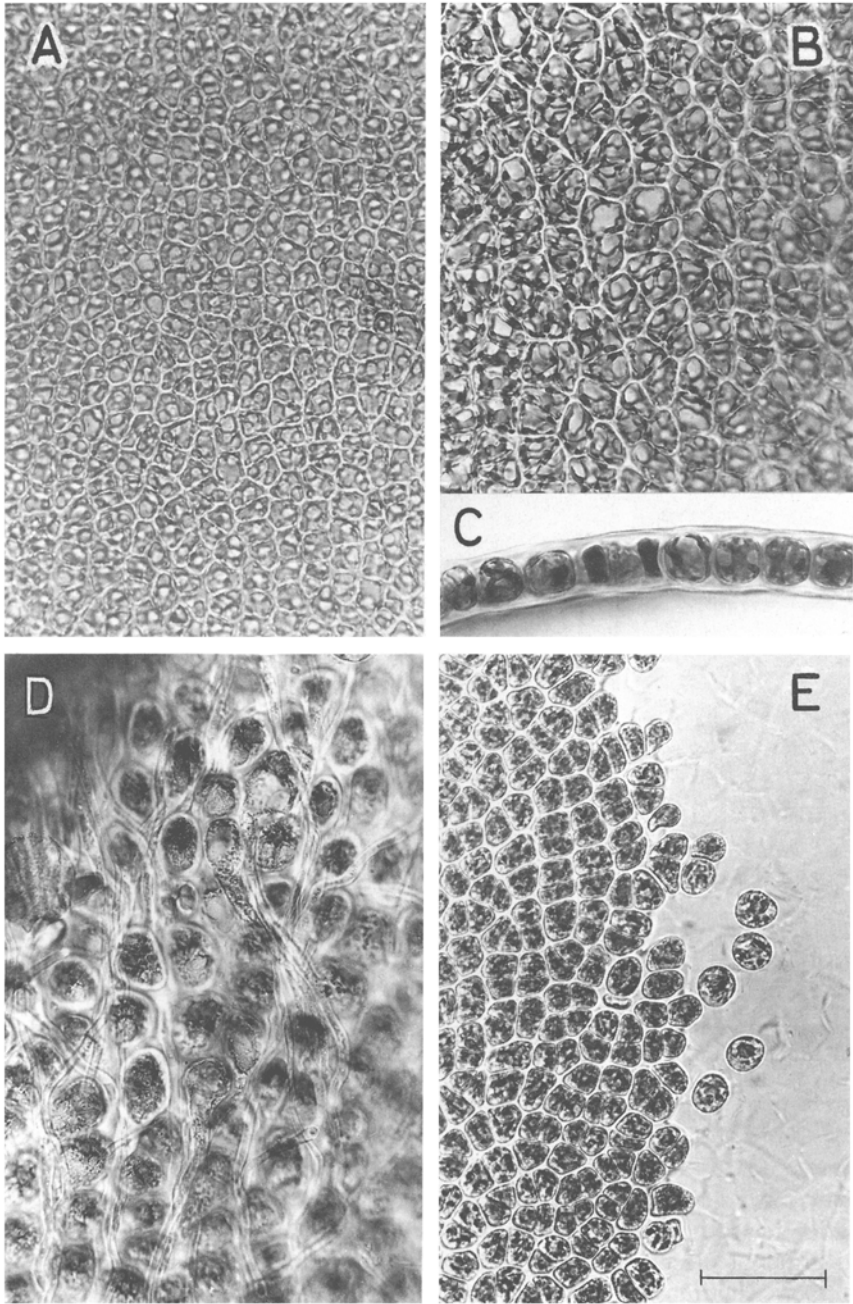


Abb. 3. *Porphyra yezoensis*. A Aufsicht auf einen lebhaft wachsenden, B einen ausgewachsenen Thallus, C Querschnitt. D Zellen aus der Basalregion. E Thallusrand mit Monosporen. Maßstrecke: A-E = 50  $\mu$ m

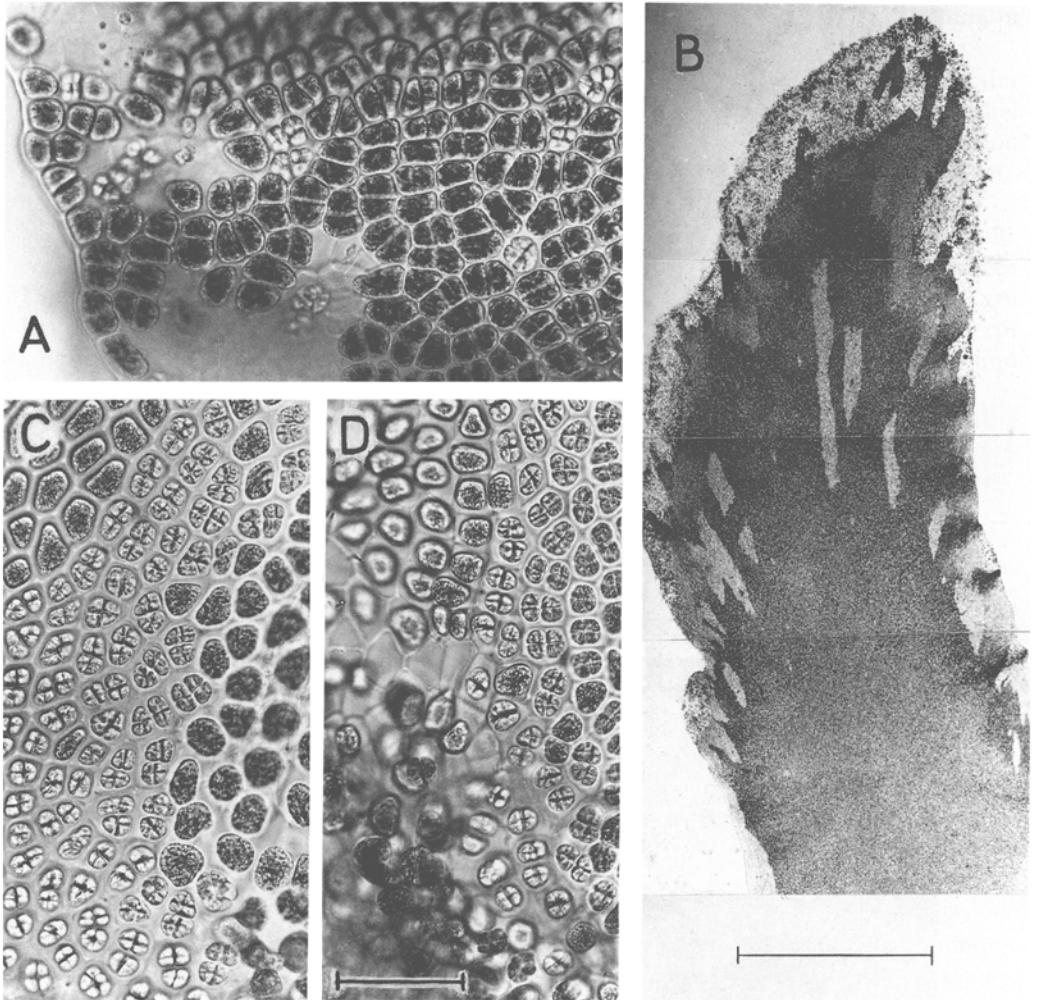


Abb. 4. *Porphyra yezoensis*. A Spermatangien einzeln oder in kleinen Gruppen am Thallusrand zwischen Monosporangien. B Thallus mit Monosporangien und Spermatangien-Streifen. C, D Details aus B, die Spermatangien werden von Monosporangien begrenzt. Maßstrecken: A, C, D = 50  $\mu$ m; B = 2 mm

dem Boden der Kulturschalen und auf der Oberfläche der schon verblaßten Thalli zusammen mit auffallend rundlichen *Porphyra*-Pflänzchen (Abb. 5). In frischer Nährlösung entleerten die *Conchoceleis*-Thalli nach wenigen Tagen zahlreiche Sporen.

Das Ergebnis dieses unbeabsichtigten Experiments ließ sich planmäßig reproduzieren. In allen Kulturen, in denen die Nährlösung nicht erneuert wird, wandeln sich zahlreiche Zellen zu Sporen um, die *Conchoceleis* erzeugen. Dieser Vorgang wird durch den Lichtgenuß wesentlich beeinflusst. Unter optimaler Beleuchtung bilden die Pflanzen zunächst ganz normal Monosporangien und Spermatangien. Nach 3–4 Wochen sind die Thalli blaß oder leicht grünlich geworden. Es werden keine Monosporen mehr gebildet,



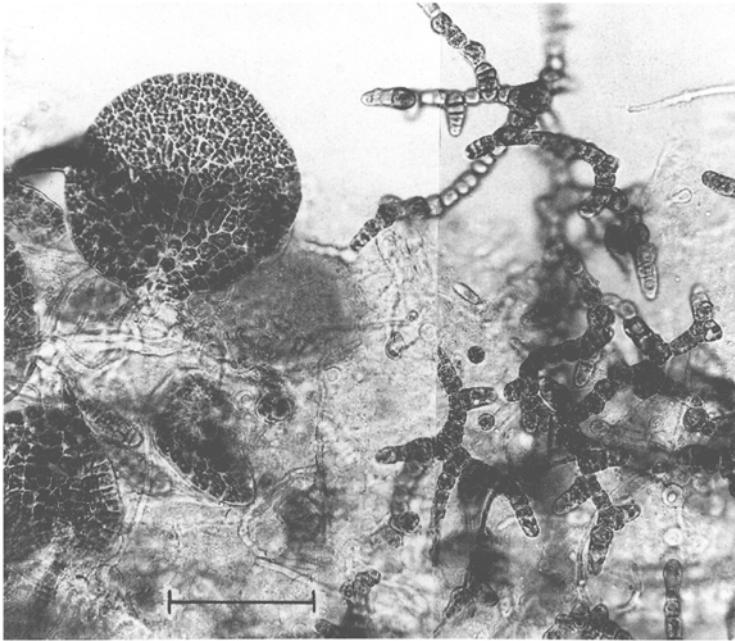


Abb. 5. *Porphyra yezoensis*. Überständiger Thallus mit *Conchocelis* und jungen *Porphyra*-Pflänzchen. Maßstrecke = 100  $\mu$ m

sondern der Inhalt vieler Zellen zieht sich bei weitgehend intakter Membranstruktur sporenartig zusammen (Abb. 6 A). Ein Teil dieser „Sporen“ wird entleert, viele keimen schon in den Zellen zu *Conchocelis* aus, einige entwickeln sich zu *Porphyra*-Keimlingen (B). Zur Basis hin nimmt deren Anteil in den weniger stark degenerierten Arealen zu, bis schließlich nur noch *Porphyra*-Keimlinge in den Zellen entstehen (C). Sie werden oft recht unregelmäßig aufgeteilt, aus ihnen gehen häufig rundliche oder auch gelappte Thalli hervor.

Den bei schwachem Licht alternden Kulturen fehlt diese Mannigfaltigkeit. Sie werden blaß und nahezu farblos, ohne Monosporen zu bilden. Die meisten Zellen degenerieren, aus den verbleibenden entwickelt sich in frischer Nährlösung unmittelbar *Conchocelis*.

Die Entwicklung der fädigen Generation ist in Abbildung 7 an Sporen dargestellt, die – aus dem Thallus entleert – auf dem Schalenboden keimten. Meist wird nur einseitig ein dünner Keimschlauch gebildet, gelegentlich zwei einander gegenüberliegende (A). Die dünnen Fäden verzweigen sich nicht oder nur wenig; schon eine Woche später knospen aus ihnen dickere Fäden, in denen die Conchosporen entstehen (B). Drei Wochen alte Thalli werden fertil und entleeren Sporen (C).

Während sich die freilebende *Conchocelis*-Generation nur spärlich entwickelt und mit der Sporenbildung erschöpft, breiten sich die Fäden in Muschelschalen rasch zu einem reichverzweigten Netz aus. Ein sehr dünnes Austernschalenfragment wurde 8 Tage lang auf *Conchocelis*-Keimlinge aufgelegt, wie sie in Abbildung 7 A dargestellt sind. Während dieser Zeit waren schon Fäden in das Substrat eingedrungen und hatten

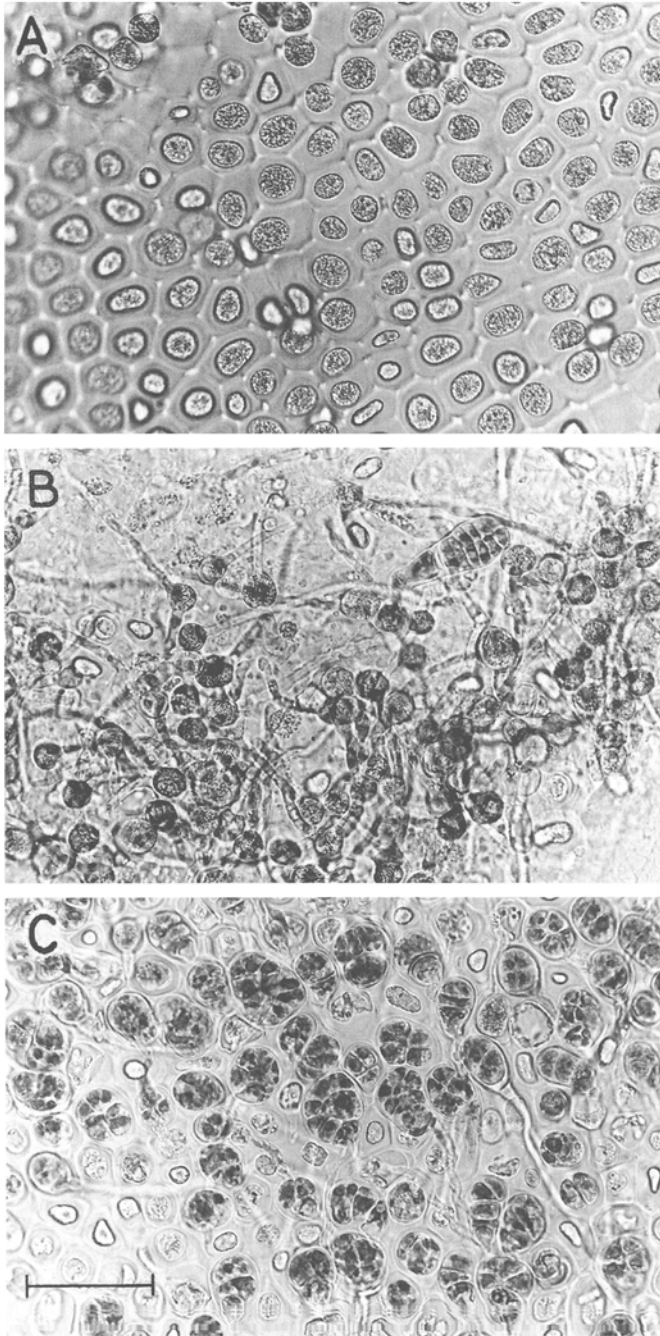


Abb. 6. *Porphyra yezoensis*. Ältere Thallusflächen, A in Sporenbildung; B Sporen zu *Conchoecelis* und *Porphyra*, C zu *Porphyra* ausgekeimt. Maßstrecke = 50  $\mu$ m

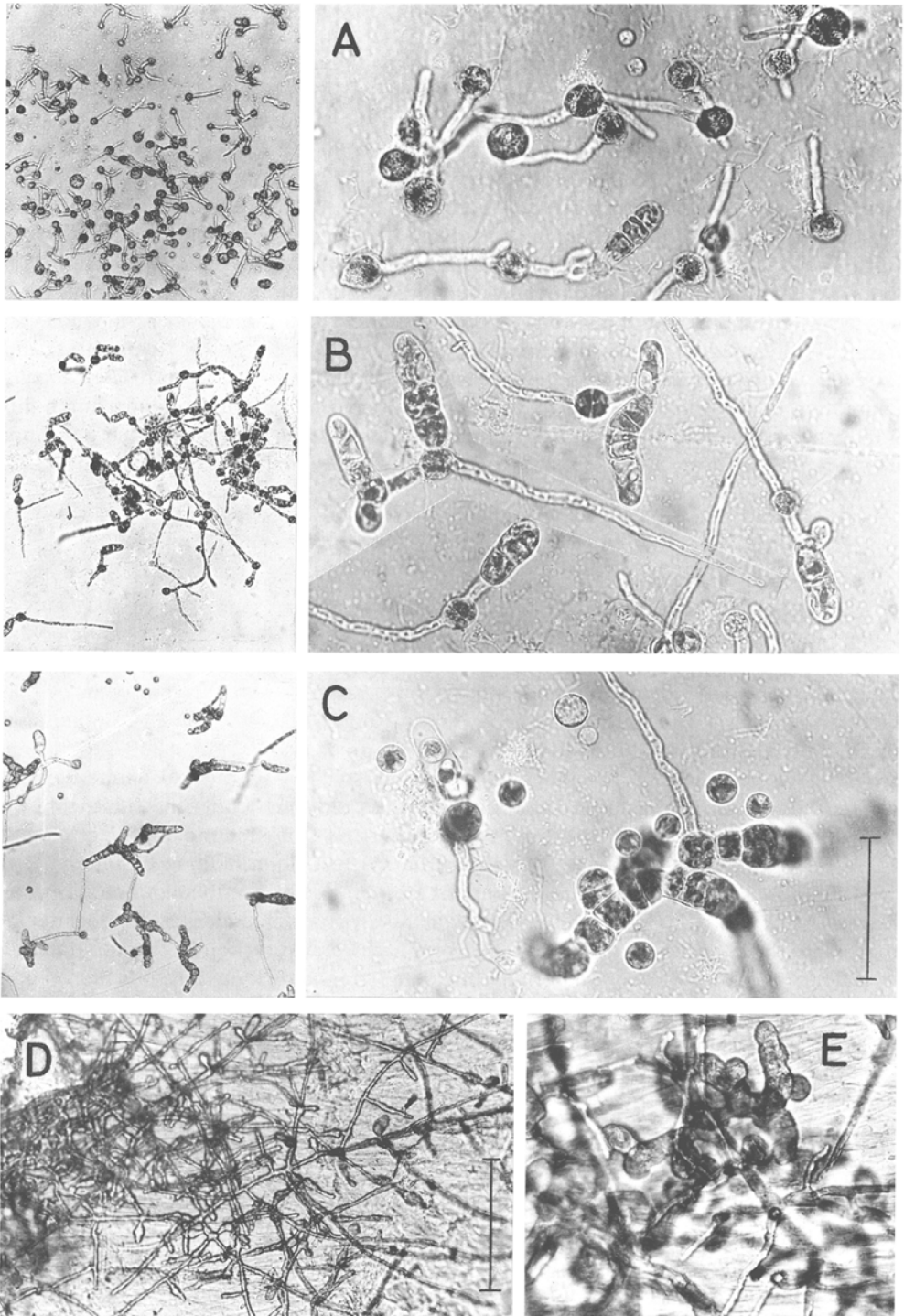


Abb. 7. *Porphyra yezoensis*. A–C *Conchocelis*-Entwicklung in freier Kultur, links Übersichtsbilder. D, E *Conchocelis* in einem dünnen Muschelschalen-Fragment; D bei beginnender, E bei fortgeschrittener Bildung conchosporangialer Zweige. Maßstrecken: A–C, E = 50  $\mu$ m, D = 100  $\mu$ m

sich ein wenig verzweigt. 17 Tage nach der Infektion entstanden an den dünnen Fäden die ersten dickfädigen, später fertil werdenden Zweige (Abb. 7 D, E). Die in Muschelschalen angesiedelte *Conchocelis*-Generation lieferte während längerer Zeit große Mengen von Conchosporen.

Über einen ähnlichen Fall der experimentellen Erzeugung von *Conchocelis* bei *Porphyra suborbiculata* forma *latifolia* berichteten Iwasaki & Sasaki (1972). Für ihre Versuche waren praktische Belange maßgebend. Diese Form bietet sich als wertvolle Kulturalge an, es sind aber keine Geschlechtspflanzen bekannt, daher fehlt die für die Sporenaussaat notwendige natürliche *Conchocelis*-Generation. In Kulturen von 20 °C und 14stündiger Belichtung mit 4000 Lux bildeten die Thalli *Conchocelis*. Sie wuchs gut in freier Kultur und wurde fertil, dagegen war ihr Wachstum in Kalkschalen nur gering.

Sehr wahrscheinlich unterscheidet sich die experimentell erzeugte *Conchocelis*-Generation von *Porphyra yezoensis* von der aus Karposporen entstandenen durch ihre nukleare Phase. Sie geht aus undeterminierten Monosporen hervor, die sich unter den jeweiligen Bedingungen zu *Conchocelis* oder unmittelbar zu *Porphyra* entwickeln können.

### Ontogenie und Thallusform

Wie die zahlreichen Abbildungen bei Kurogi (1961) zeigen, haben die *Porphyra*-Arten – mutatis mutandis – ihre charakteristische Form. *P. tenera* ist im allgemeinen elliptisch oder langgestreckt mit keilförmiger oder runder Basis. Die Thalli von *P. kuniedai* sind oval oder rund und oft gelappt, sie haben eine runde, herz- oder nabelförmige Basis. Der unterschiedliche Habitus dieser beiden Arten ist ontogenetisch durch die frühen Entwicklungsstadien bestimmt. Kurogi (1961, Tab. 20; 1972) hat seine und die entsprechenden Beobachtungen japanischer Autoren zusammengestellt. Danach hängt die Thallusform der adulten Pflanze entscheidend von der Anzahl der Zellen des einreihigen Keimlings bei Beginn der ersten Längsteilung ab. Sie erfolgt bei *P. kuneidai* im 4–6zelligen, bei *P. tenera* erst im 15–30zelligen fädigen Keimling.

Die Thallusform von *P. yezoensis* variiert stärker als der Habitus der beiden vorher genannten Arten. Kurogis Abbildungen von Naturmaterial umfassen langgestreckte über ovale bis zu runden und gelappten Exemplaren. Entsprechend variieren auch die jeweiligen Basen: sie sind keilförmig bei den langgestreckten Formen, herz- oder manchmal auch nabelförmig bei den breiteren. Alle diese Formen kommen auch in unseren Kulturen vor (Abb. 9); sie könnten ohne weiteres zwischen die Abbildungen von Kurogi eingereiht werden, ohne als fremdartig zu erscheinen.

Nach Kurogis Untersuchungen sind die einreihigen Keimlinge von *Porphyra yezoensis* 6–8zellig, wenn die erste Längswand gebildet wird. Unsere Beobachtungen stimmen damit überein, jedoch ließ sich die Abhängigkeit der Thallusform von der „kritischen Zellenanzahl“ noch differenzieren. Thallusform und „kritische Zellenanzahl“ sind nämlich unter den Bedingungen des Experiments signifikant verschieden. Die epiphytischen Keimlinge sind einschließlich ihrer typischen Basalzelle stets 8zellig, wenn die erste Längswand gebildet wird. Aus ihnen entstehen nur langgestreckte Thalli mit keilförmiger Basis; aus Mono- und aus Conchosporen entstandene Epiphyten sind gleichartig (Abb. 2, Abb. 8 A, Abb. 9 A).

Anders als die epiphytischen Keimlinge haben die auf dem Boden der Kulturscha-

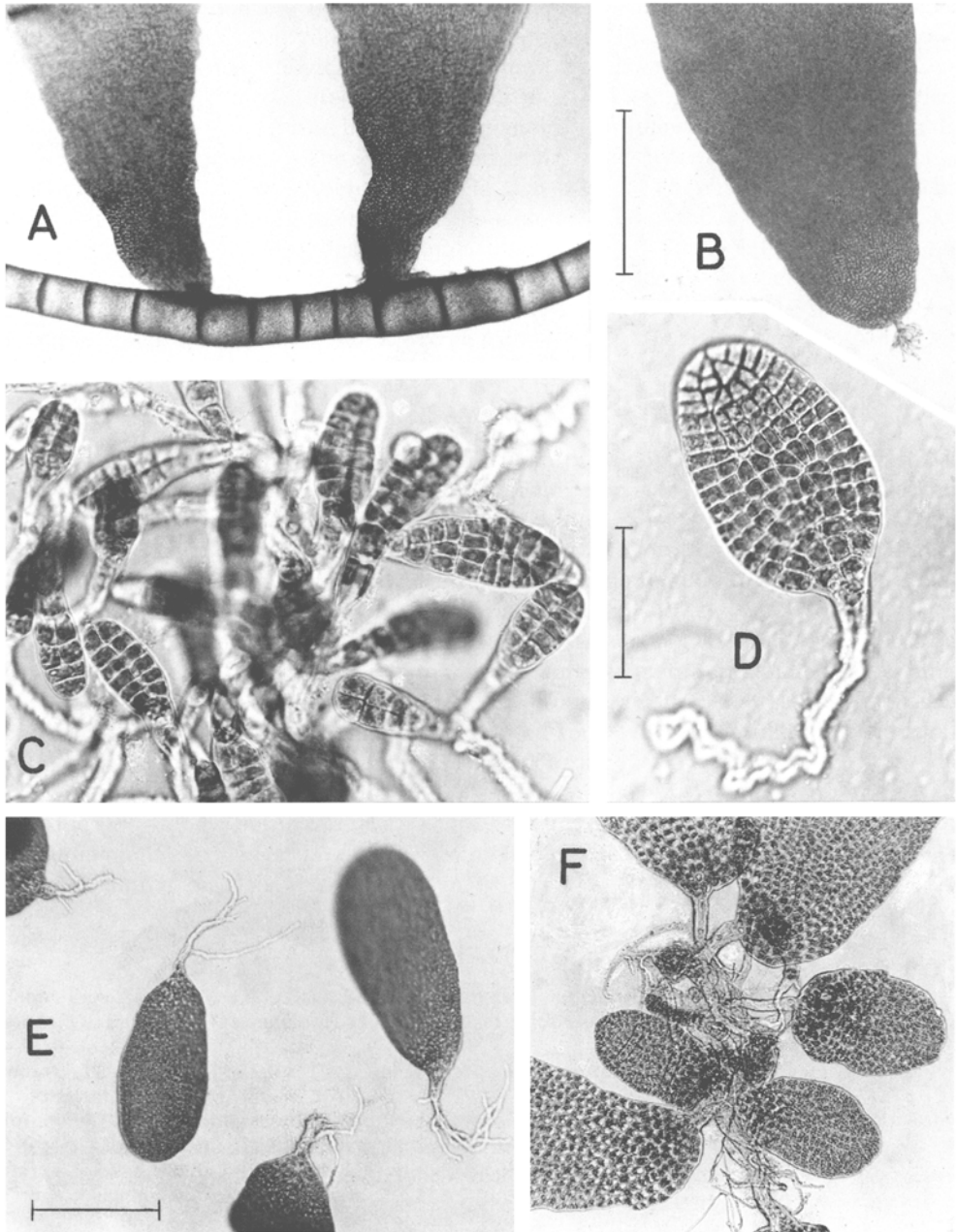


Abb. 8. *Porphyra yezoensis*. A Basis epiphytischer Pflanzen, 2 Monate alt. B Basis einer 24 Tage alten Pflanze aus einer Monospore. C, D Keimlinge aus Conchosporen. E 16 Tage altes Pflänzchen aus Monosporen. F Junge Thalli aus einem überständigen Thallus (vgl. Abb. 6 C). Maßstrecken: A, B, = 1 mm; C, D = 50  $\mu$ m; E, F = 200  $\mu$ m

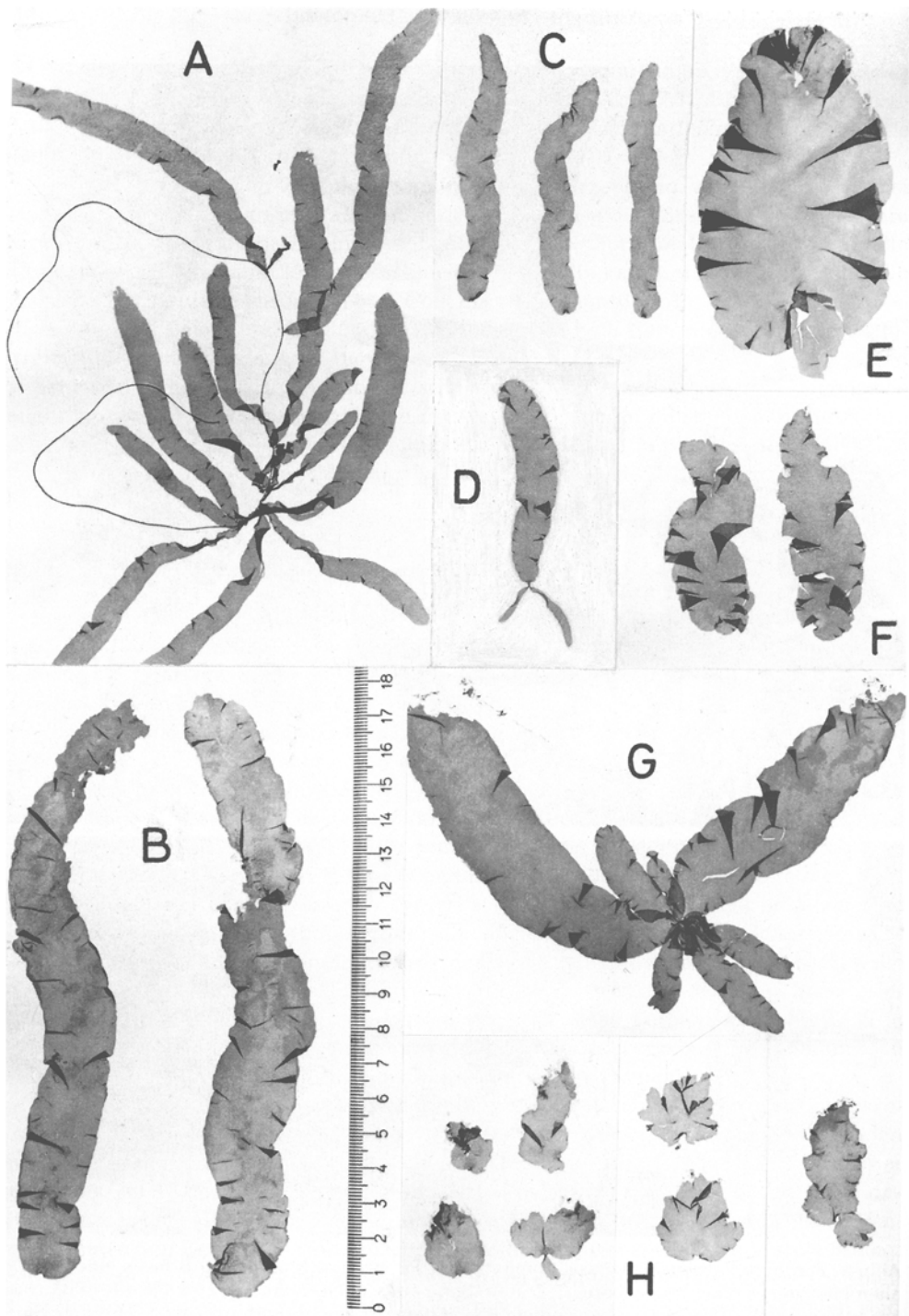


Abb. 9. *Porphyra yezoensis*. A 9 Wochen alte Thalli aus Conchosporen auf *Chaetomorpha linum*. B Aus Monosporen, etwa 7 Wochen alt. C, D Jüngere Thalli aus Monosporen. E–G Aus Conchosporen, E und G etwa 9 Wochen alt. H Pflanzen aus *Porphyra*-Keimlingen überständiger Thalli (vgl. Abb. 6 C, 8 F). – Der Maßstab (cm) bei B gilt für alle Photos

len sich entwickelnden keine Basalzelle, sondern ein mehr oder weniger langes Rhizoid (Abb. 1 E, F, Abb. 8 C, D). Während die zwei Tage alten Epiphyten schon vierzellig sind, bestehen die frei sich entwickelnden Keimlinge aus dem Rhizoid und ein bis zwei Fadenzellen. Diese Unterschiede wirken sich in doppelter Hinsicht morphogenetisch aus. Die Keimlinge mit Rhizoid haben im allgemeinen weniger als acht Zellen, wenn die erste Längswand entsteht (Abb. 8 C). Schon frühzeitig werden die jungen Pflänzchen oval bis rundlich (D). Aus ihnen entwickeln sich breitere Thallusformen mit zunächst abgerundeter und später herzförmig ausgebuchter Basis (Abb. 8 B, E, Abb. 9 B–G).

Keimlinge, die sich aus dem Zellinhalt überständiger Thalli entwickeln, sind nur ausnahmsweise fädig; meist teilen sich die mechanisch in ihrer Entwicklung behinderten Sporen zu ungeordneten Zellkomplexen (Abb. 6 C). Aus ihnen entstehen runde oder gelappte Thalli; sie wurden in den Kulturen frühzeitig fertil (Abb. 5, Abb. 8 F, Abb. 9 H).

#### SCHLUSSBEMERKUNG

Welche Erwartungen mag der Leser mit dem ungewöhnlichen Titel dieser Arbeit verbunden haben? *Porphyra yezoensis* ist bisher nur aus japanischen Gewässern bekannt. Die naheliegende Frage, wie *Porphyra yezoensis* nach Helgoland gelangt sein könnte, läßt sich nicht befriedigend beantworten. Die hydrographischen Verhältnisse schließen es nicht aus, daß sie hier wachsen könnte, kommen doch zwei Arten in Japan und in Europa vor: *P. umbilicalis* und *P. purpurea* (Kurogi, 1972).

Wie in der Einleitung näher ausgeführt wurde, ist der Nachweis von *P. yezoensis* bei Helgoland ein reiner Zufall. Leicht wäre das nur wenige Quadratmillimeter große, einer *Porphyropsis* ähnliche Pflänzchen übersehen worden oder unbeachtet geblieben. Die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung, die zu seiner Identifizierung mit *P. yezoensis* führte, ergab einige interessante, bisher noch unbekannte Einzelheiten über die Biologie dieser ihrer wirtschaftlichen Bedeutung wegen schon so eingehend untersuchten Alge. Es mag ein besonderer Vorzug dieser Studie gewesen sein, daß sie sich nicht auf eine Population, sondern nur auf einzelne Exemplare, vielleicht gleichen Ursprungs, gründen konnte.

#### LITERATUR

- Hanic, L. A. & Craigie, J. S., 1969. Studies on the algal cuticle. – J. Phycol. 5, 89–102.
- Imada, O., Saito, Y. & Teramoto, K., 1972. Artificial culture of laver. – Proc. int. Seaweed Symp. 7, 358–363.
- Iwasaki, H. & Sasaki, N., 1972. The *Conchocelis*-phase of *Porphyra suborbiculata* forma *latifolia*. – Proc. int. Seaweed Symp. 7, 364–367.
- Kornmann, P., 1984. *Erythrotrichopeltis*, eine neue Gattung der Erythropeltidaceae (Bangiophyceae, Rhodophyta). – Helgoländer Meeresunters. 38, 207–224.
- Kornmann, P. & Sahling, P.–H., 1985. Erythropeltidaceen (Bangiophyceae, Rhodophyta) von Helgoland. – Helgoländer Meeresunters. 39, 213–236.
- Kurogi, M., 1959. *P. yezoensis* Ueda at Muroan (Notes on *Porphyra* 1). – Bull. Tohoku reg. Fish. Res. Lab. 15, 43–51.
- Kurogi, M., 1961. Species of cultivated *Porphyras* and their life histories (Study of the life history of *Porphyra* II). – Bull. Tohoku reg. Fish. Res. Lab. 18, 1–115.
- Kurogi, M., 1972. Systematics of *Porphyra* in Japan. In: Contributions to the systematics of benthic marine algae of the North Pacific. Ed. by I. A. Abbott & M. Kurogi. Jap. Soc. Phycol., Kobe, 167–191.

- Miura, A., 1975. *Porphyra* cultivation in Japan. In: Advance of phycology in Japan. Ed. by J. Tokida & H. Hirose. Junk, The Hague, 273–304.
- Suto, S., 1972. Variation in species characters of *Porphyra* under culture conditions. In: Contributions to the systematics of benthic marine algae of the North Pacific. Ed. by I. A. Abbott & M. Kurogi. Jap. Soc. Phycol., Kobe, 193–201.