

15. Harald Kylin: Über die Entwicklungsgeschichte von *Batrachospermum moniliforme*.

(Mit 7 Abbildungen im Texte.)

(Eingegangen am 17. Februar 1917.)

Durch die grundlegenden Untersuchungen von SIRODOT wissen wir, daß die Karposporen der *Batrachospermum*-Arten bei ihrer Keimung besondere Jugendformen, sogenannte *Chantransia*-Stadien, erzeugen, die sich mit Monosporen vermehren können. Aus reduzierten *Chantransia*-Stadien entstehen auf vegetative Weise *Batrachospermum*-Stadien, und diese vermehren sich, nachdem eine Befruchtung stattgefunden hat, mit Karposporen. Tetrasporen kommen bei den *Batrachospermum*-Arten nicht vor, und sie gehören demnach denjenigen Florideen an, die SVEDELIUS (1915, S. 42) als haplobiontisch bezeichnet hat.

Die Reduktionsteilung der haplobiontischen Florideen findet nach der vorzüglichen Untersuchung von SVEDELIUS über *Scinia* bei der ersten Teilung des Zygotenkerns statt, und in einem jüngst erschienenen Aufsatz über *Nemalion* habe ich nachweisen können, daß die erste Kernteilung nach der Befruchtung auch bei dieser Alge eine Reduktionsteilung darstellt. Es ist demnach zu erwarten, daß die Reduktionsteilung bei *Batrachospermum* ebenfalls unmittelbar nach der Befruchtung von statten geht.

In bezug auf die Kernteilungen, die im Zusammenhang mit der Befruchtung bei *Batrachospermum* vorkommen, finden wir aber in der Literatur sehr verschiedene Angaben. So behauptet DAVIS (1896), daß das Karpogon zweikernig sei, indem die Trichogyne einen eigenen Kern besitze. SCHMIDLE (1899) und OSTERHOUT (1900) konnten dagegen keinen Trichogynenkern nachweisen. Die Spermastien sind bei der Entlassung aus den Spermastangien ein-kernig, nach SCHMIDLE findet aber eine Kernteilung statt, nachdem sie sich an der Trichogyne angeklebt haben. DAVIS und OSTERHOUT konnten dagegen eine solche Kernteilung nicht nachweisen. Diese Angaben können natürlich nicht alle richtig sein, und es ist demnach notwendig, die *Batrachospermum*-Arten noch einmal zytologisch zu untersuchen.

Als Material für meine Untersuchung habe ich *Batrachospermum moniliforme* benutzt. Die Alge wurde in FLEMMINGS schwächerer

Flüssigkeit fixiert, und dann in gewöhnlicher Weise mikrotomisch geschnitten. Auf den Schnitten war es mir aber nicht möglich, die Entwicklung der Karpogone zu verfolgen, und eine andere Methode mußte deshalb verwendet werden. Ich arbeitete auf folgende Weise. Die fixierten Thallusteile wurden mit Wasserstoffsuperoxyd behandelt, um alle durch die Osmiumsäure der Fixierungsflüssigkeit geschwärzten Körnchen zu entfärben, und dann mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN gefärbt. Die gefärbten Stückchen wurden nach und nach in Glyzerin überführt, dann auf dem Objektträger in reines Glyzerin gelegt und unter einem Deckgläschen zerquetscht. Die Entwicklung der Karpogone und der Gonimoblasten ließen sich auf diesen Präparaten gut verfolgen. Die Entwicklung der Spermastien habe ich auf Mikrotomschnitten studiert.

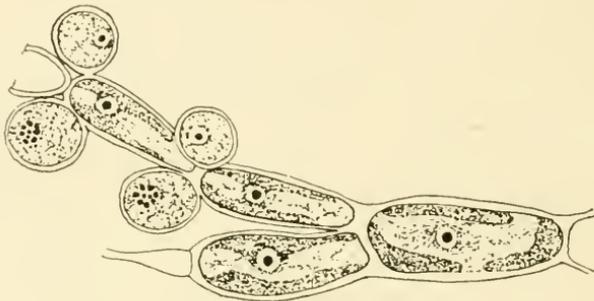


Abb. 1. Zellen mit Spermangien. Vergr. 1600 mal.

Der Kleinheit der Kerne wegen ist es mir aber nicht möglich gewesen, die zytologischen Einzelheiten so gut zu verfolgen, wie erwünscht gewesen wäre. Ich möchte aber meine Beobachtungen zusammenstellen und sie mit denjenigen Angaben vergleichen, die wir in bezug auf die Entwicklung der Florideen der Literatur entnehmen, und ich hoffe, daß es dadurch möglich werde, den in zytologischer Hinsicht wahrscheinlichsten Entwicklungsverlauf der *Batrachospermum*-Arten zu treffen.

Alle Zellen sind bei *Batrachospermum moniliforme* einkernig. Auch in den großen Zellen der Zentralachse habe ich nie mehr als einen Kern beobachtet. Die Kerne enthalten einen großen Nukleolus, scheinen aber im übrigen beinahe inhaltsleer zu sein.

Die Tragzellen der Spermastien, d. h. die sogenannten Spermastienmutterzellen, unterscheiden sich nicht von den vegetativen Zellen (Abb. 1). Sie stellen ganz einfach vegetative, assi-

milierende Zellen dar. Bei den übrigen Florideen gibt es im allgemeinen einen bestimmten Unterschied zwischen den Spermatangienmutterzellen und den vegetativen Zellen, und sogar bei *Nemalion multifidum* ist ein Unterschied vorhanden (vgl. KYLIN 1916, S. 259). Diese Tatsache zeigt, daß sich *Batrachospermum* auf einer niedrigen Stufe der Entwicklung befindet.

Es ist schon von DAVIS (1896, S. 56), SCHMIDLE (1899, S. 128) und OSTERHOUT (1900, S. 111) nachgewiesen worden, daß die jungen Spermatangien schwache Reste eines parietalen Chromatophors besitzen, daß aber in den reifen Spermatangien keine Chromatophoren vorhanden sind. Sie sind in diesem Stadium vollkommen farblos. Durch die Untersuchungen dieser Forscher wissen wir auch, daß die reifen Spermastien als nackte Protoplasmamassen aus den Spermatangien entleert werden, und daß sie dann einen einzigen Kern besitzen.

Bei allen näher untersuchten Florideen befindet sich der Kern des jungen Spermatangiums im Ruhestadium, während der Reifung tritt er aber in ein Stadium ein, das als ein Prophasenstadium gedeutet worden ist (vgl. KYLIN 1916, S. 263), und befindet sich bei der Entlassung in einem spätern Prophasenstadium. Er enthält dann eine Anzahl Körnchen, die der haploiden Chromosomenzahl entspricht. Von vornherein ist ja zu erwarten, daß *Batrachospermum* in dieser Hinsicht mit den übrigen Florideen übereinstimmt. Es ist mir auch gelungen nachzuweisen, daß das junge Spermatangium einen kleinen Zellkern besitzt, in welchem man einen Nukleolus und um ihn herum einen lichten Hof beobachtet, daß aber in dem reifen Spermastium dieser Hof fehlt, und daß es jetzt scheint, als ob der Kern aus einer Anzahl Körnchen bestände. Aus diesen Beobachtungen muß ich den Schluß ziehen, daß sich der Kern des reifen Spermastiums in ähnlicher Weise wie bei den übrigen Florideen in einem spätern Prophasenstadium befindet. Die Anzahl der Körnchen genau zu zählen ist der Kleinheit des Kerns wegen nicht möglich, ich habe sie aber auf etwa 10 geschätzt.

Von SCHMIDLE (1899, S. 130) ist behauptet worden, daß der Spermastienkern, nachdem sich das Spermastium an der Trichogyne angeklebt hat, eine Teilung durchmacht. Ich habe mich bemüht zu untersuchen, ob diese Angabe wirklich richtig ist oder nicht, und ich habe gefunden, daß man oft in den an den Trichogynen angeklebten Spermastien zwei oder mehrere Körnchen beobachtet, die möglicherweise Kerne darstellen. Da ich aber die Kernteilung nicht direkt beobachtet habe, weiß ich nicht, ob das Auftreten von zwei kernähnlichen Körnchen in den an der Trichogyne angeklebten

Spermatien (vgl. Abb. 2e) auf eine wirkliche Kernteilung hindeutet, oder seinen Grund nur in einem Zerfall des Kerns (einer Kernfragmentation) hat. Auf Grund anderer Beobachtungen glaube ich aber, daß in den entleerten Spermatien wirklich eine mitotische Kernteilung von statten geht.

Die Verschmelzung der beiden Geschlechtskerne im Karpogonenbauch habe ich in meinen Präparaten mehrmals beobachtet. Beide Kerne befinden sich dabei im Ruhestadium (Abb. 2d). Der Kern des Spermatiums steht aber bei der Entlassung aus dem

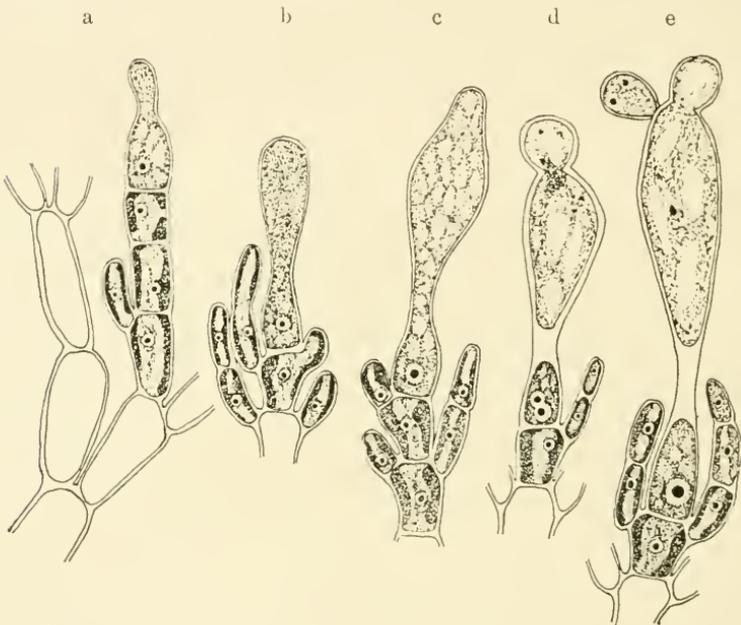


Abb. 2. Die Entwicklung des Karpogons. Vergr. 1200 mal.

Spermatangium auf einem spätern Prophasenstadium, der männliche Kern bei der Befruchtung dagegen im Ruhestadium. Diese Tatsache scheint mir aber nichts anderes zu erklären, als daß zwischen diesen Zeitpunkten eine Kernteilung stattgefunden hat. Ich glaube also, daß die Beobachtung von SCHMIDLE, daß in den Spermatien eine Kernteilung nach der Entlassung aus den Spermatangien von statten geht, wirklich richtig ist. — Man vergleiche weiter die Auseinandersetzung, die ich früher (1916, S. 264) in bezug auf die Ein- oder Zweikernigkeit der Florideenspermatien gegeben habe.

Die Entwicklung des Karpogonastes und des Karpogons ist in der Abbildung 2 zu sehen. Der Chromatophor des Karpogonenbauchs streckt sich in die Trichogyne hinauf, was schon vorher von DAVIS und OSTERHOUT bei *Batrachospermum*-Arten beobachtet worden ist. Der Chromatophor ist am besten an lebendem Materiale zu sehen.

Das junge Karpogon enthält in seinem unteren Teil einen deutlichen Zellkern. Die Spitze des Karpogons streckt sich und bildet die Trichogyne, die sich durch ihre stark angeschwollene Form von den fadendünnen Trichogynen der übrigen Florideen unterscheidet. Das Karpogon ist reichlich mit Protoplasma gefüllt, und im allgemeinen findet man vor der Befruchtung keine Körn-

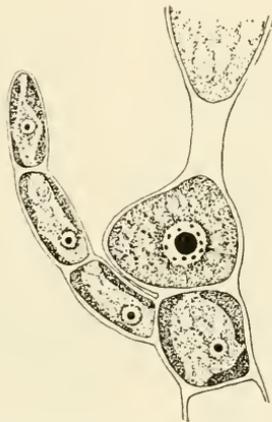


Abb. 3. Zygotenkern im Diakinesenstadium. Vergr. 2000 mal.

chen, die sich mit Eisenhämatoxylin stark färben, und Zellkerne vortäuschen können. Ich habe besondere Aufmerksamkeit der Frage zugewendet, ob ein Trichogynenkern vorhanden ist oder nicht, ich habe aber nichts gefunden, was auf das Vorkommen eines solchen Kerns hindeutet, und zwar trotzdem ich Gelegenheit gehabt habe, eine reichliche Menge Trichogynen in verschiedenen Entwicklungsstadien zu untersuchen. In den vegetativen Zellen ließen sich die Kerne leicht nachweisen, der Eikern im Karpogonenbauch war immer sehr deutlich, in der Trichogyne konnte ich aber keinen Zellkern nachweisen. Nach DAVIS (1896) soll aber bei den *Batrachospermum*-Arten ein Trichogynenkern vorhanden sein; zwei andere Forscher, SCHMIDLE (1899) und OSTERHOUT (1900), konnten aber einen solchen Kern nicht nachweisen.

Nach den Untersuchungen zu urteilen, die während der letzten zehn Jahre von verschiedenen Forschern über die Cytologie der Florideen gemacht worden sind, scheint es, als ob die Trichogyne dieser Algen normal einen Zellkern enthalte (vgl. KYLIN 1916, S. 266). Die *Batrachospermum*-Arten würden demnach eine Ausnahme von dieser Regel darstellen und vielleicht ist dies dadurch zu erklären, daß sich diese Florideengattung auf einer besonders niedrigen Entwicklungsstufe befindet. Es ist wohl wahrscheinlich, daß sich die Trichogyne der Florideen aus solchen trichogynenähnlichen Bildungen, die bei den Bangiaceen vorkommen, entwickelt

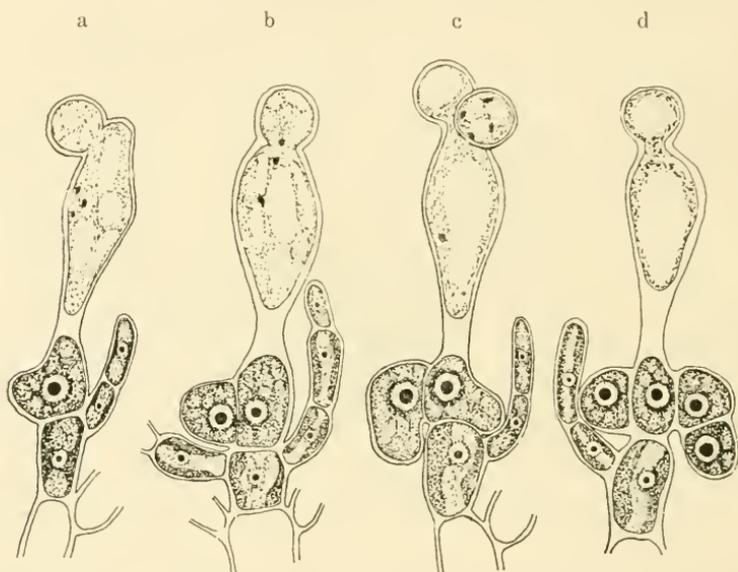


Abb. 4. Die jüngeren Entwicklungsstadien des Gonimoblasten. Vergr. 1200 mal.

hat (vgl. JOFFÉ 1896, S. 143), und daß sie auf dieser Primärstufe einen besonderen Zellkern entbehrte. Das Vorkommen eines Trichogynenkerns würde demnach auf eine höhere Entwicklung deuten.

Unmittelbar nach der Befruchtung wird die enge Passage zwischen dem Karpogonenbauch und der Trichogyne durch eine Zellwandverdickung geschlossen, und bald darnach entwickelt der Karpogonenbauch eine seitliche Ausbuchtung, die dann durch eine Zellwand abgetrennt wird (vgl. die Abb. 4a und 4b). Jede der so gebildeten Zellen enthält einen Zellkern.

Die erste Teilung des Zygotenkerns habe ich etwas näher zu verfolgen versucht. Nach der Verschmelzung der beiden Geschlechtskerne vergrößert sich der Zygotenkern ein wenig, scheint aber noch immer sehr inhaltsleer zu sein, und von den Prophasenstadien habe ich nichts sehen können, bevor der Kern sich in dem Stadium befindet, das ich als das Diakinesenstadium einer Reduktionsteilung gedeutet habe (Abb. 3). Die Zahl der Chromosomen (Doppelchromosomen) scheint 10 zu sein. Die haploide Chromosomenzahl bei *Batrachospermum* würde demnach dieselbe sein wie bei *Scinaia* nach SVEDELIUS und bei *Nemalion* nach KYLIN.

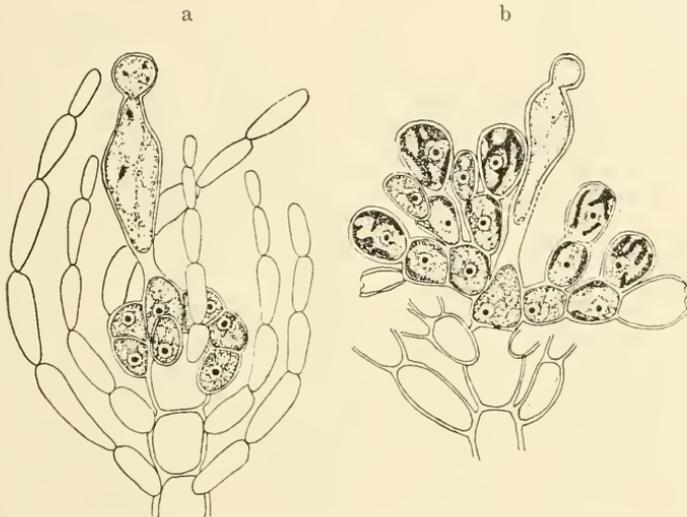


Abb. 5. a Junges Entwicklungsstadium des Gonimoblasten.
b Teil eines reifen Gonimoblasten. Vergr. 900 mal.

In den Abbildungen 4c und 4d ist die zweite Teilungsphase nach der Befruchtung dargestellt worden. Ist die Deutung der ersten Teilungsphase als eine heterotypische Teilung richtig, so wäre diese zweite Phase die homöotypische, und die vier Zellen in der Abb. 4d wären mit den vier Tetrasporen, die nach einer Reduktionsteilung entstehen, homolog. Aus diesen vier Zellen entwickelt sich der Gonimoblast und die weitere Entwicklung dürfte aus den Abbildungen 5a und 5b leicht zu entnehmen sein.

Vergleichen wir die erste Zellteilung nach der Befruchtung bei *Batrachospermum* und bei *Nemalion* (KYLIN 1916), so finden wir, daß bei jener Art die erste Zellwand longitudinal ist, und daß

beide neue Zellen an der Ausbildung des Gonimoblasten teilnehmen; bei dieser dagegen ist die erste Zellwand transversal, und von den beiden neuen Zellen nimmt nur die obere an der Entwicklung des Gonimoblasten Teil; die untere Zelle stellt eine Stielzelle dar.

Bei *Batrachospermum* verschmilzt der Karpogonenbauch während der Entwicklung des Gonimoblasten nicht mit der hypogynen Zelle (Abb. 5b); bei *Nemalion* treten aber dabei das Karpogon, die Stielzelle und die hypogyne Zelle in offene Verbindung miteinander.

Die oben erwähnten Verschiedenheiten in der Entwicklung des Gonimoblasten bei *Batrachospermum* und bei *Nemalion* deuten

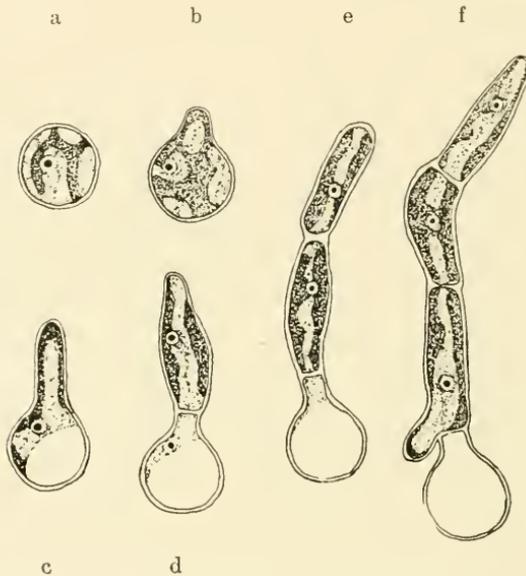


Abb. 6. Keimende Karposporen. Vergr. 1200 mal.

darauf hin, daß jene Art auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe steht.

Die Karposporen werden als nackte Protoplasmamassen entleert, aber bald werden sie mit einer Zellwand umgeben und beginnen zu keimen. Die Keimung tritt oft schon ein, während die Sporen zwischen den Zellfäden ihrer Mutterpflanze eingebettet liegen, und in meinen Präparaten habe ich gute Gelegenheit gehabt, die Keimung der Sporen zu verfolgen. Die Spore treibt einen Keimschlauch aus, und in diesen wandert die größte Menge des Inhalts hinein. Nach einer Kernteilung wird der Keimschlauch durch eine Zellwand abgeschieden und die ursprüngliche Spore

enthält jetzt nur einen Zellkern und eine sehr geringe Plasmenge. Bisweilen sieht man aber auch einige Chromatophorenfragmente. Diese Reste des Sporeinhalts degenerieren aber bald vollständig. Der Keimschlauch entwickelt sich zu einem Zellfaden, und diejenige Zelle, welche der Spore am nächsten liegt, entwickelt an ihrem unteren Ende eine rhizoidenähnliche Bildung. Die Keimung geschieht demnach nach dem Keimschlauchtypus (vgl. KYLIN 1917, S. 3). Nach diesem Typus keimen auch die *Nemalion*-Sporen. Die Keimung dieser Sporen hat LEWIS (1912, S. 154) von cyto-

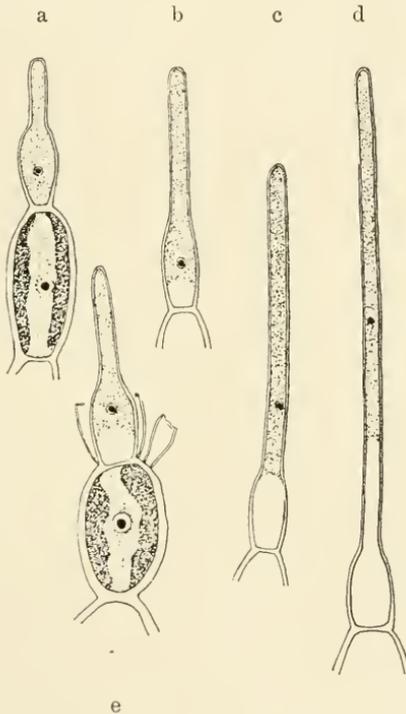


Abb. 7. Entwicklungsstadien der Haarbildungen. Vergr. 2000 mal.

logischer Seite untersucht, und er gibt an, daß der Kern bei seiner ersten Teilung wahrscheinlich 8 Chromosomen enthält, also eine Anzahl, welche der haploiden Chromosomenzahl entspricht. — Meiner Meinung nach ist es aber wahrscheinlicher, daß die haploide Chromosomenzahl bei *Nemalion* 10 beträgt (vgl. KYLIN 1916, S. 260).

Nach einer Angabe von SCHMIDLE (1899, S. 134) sollen die einzelligen Haare von *Batrachospermum moniliforme* eines Zellkerns entbehren. Diese Angabe ist aber unrichtig. Jedes Haar besitzt

einen kleinen aber mit Eisenhämatoxylin leicht nachweisbaren Zellkern. Die Haare entwickeln sich aus besonderen kleinen Zellen, die sich an der Spitze fadenförmig verlängern. Während der Entwicklung wandert Protoplasma und Zellkern in die fadenförmige Verlängerung hinauf, und sie befinden sich immer im oberen Teile der Haarbildung. Die Haare sind an der Basis etwas angeschwollen. Die Auswellung repräsentiert die haarbildende Zelle. Die Tragzellen können zwei Haare tragen, die dann seitlich nebeneinander sitzen. Nach dem Abfallen eines Haares kann die Tragzelle eine neue haarbildende Zelle entwickeln, die dann anfangs von dem basalen Teil des alten Haares umschlossen wird (vgl. Abb. 7e).

Upsala, Botanisches Institut, im Februar 1917.

Literaturverzeichnis.

- BORNET, E. et THURET, G., Recherches sur la fécondation des Floridées. — Ann. des sc. nat., Botanique, S. 5, T. 7, Paris 1867.
- DAVIS, B. M., The Fertilization of *Batrachospermum* — Annals of Botany, V. 10, London 1896.
- JANCZEWSKI, ED. DE, Notes sur la développement du cystocarp dans les Floridées. — Mém. de la soc. des sc. nat. de Cherbourg, T. 20, Paris 1876.
- JOFFÉ, RACHEL, Observations sur la fécondation des Bangiacees. — Bull. de la soc. bot. de France, T. 43, Paris 1896.
- KYLIN, H., Studien über die schwedischen Arten der Gattungen *Batrachospermum* Roth und *Sirodotia* nov. gen — Nov. acta reg. soc. sc. Ups., S. 4, V. 3, Upsala 1912.
- —, Über die Befruchtung und Reduktionsteilung bei *Nemalion multifidum*. — Ber. der deutsch. bot. Ges., Bd. 34, Berlin 1916.
- —, Über die Keimung der Florideensporen. — Arkiv för Botanik, Bd 14, Stockholm 1917.
- LEWIS, J. F., The Germination of the Spore of *Nemalion multifidum*. — Science, N. S. Vol. 35, New York 1912.
- OSTERHOUT, W. J. V., Befruchtung bei *Batrachospermum*. — Flora, Bd. 87, Marburg 1900.
- SCHMIDLE, W., Einiges über die Befruchtung, Keimung und Haarinseration von *Batrachospermum* — Bot. Zeitung, Jahrg. 57, Leipzig 1899.
- SCHMITZ, FR., Untersuchungen über die Befruchtung der Florideen. — Sitz. Ber. der Akad. der Wiss. zu Berlin 1883:1.
- SIRODOT, S., Les *Batrachospermes*. Paris 1884.
- SOLMS-LAUBACH, H. Graf zu, Über die Fruchtentwicklung von *Batrachospermum*. — Bot. Zeitung, Jahrg. 25, Leipzig 1867.
- SVEDELIUS, N., Zytologisch-entwicklungsgeschichtliche Studien über *Sciniaia furcellata*, ein Beitrag zur Frage der Reduktionsteilung der nicht tetrasporenbildenden Florideen. — Nov. acta reg. soc. sc. Ups., S. 4, V. 4, Upsala 1915.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [35](#)

Autor(en)/Author(s): Kylin Harald

Artikel/Article: [Über die Entwicklungsgeschichte von *Batrachospermum moniliforme*. 155-164](#)