© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

26. Harald Kylin: Über die Befruchtung und Reduktionsteilung bei Nemalion multifidum.

(Mit 7 Abbildungen im Texte.)

(Eingegangen am 19. April 1916.)

Während der letzten zehn Jahre haben mehrere Forscher sich eifrig mit Untersuchungen über die Cytologie der Florideen beschäftigt, und zwar in erster Linie, um nachweisen zu können, wo die Reduktionsteilung stattfindet, und durch Untersuchungen über *Polysiphonia* (YAMANOUCHI, 1906), *Griffithsia* (LEWIS, 1909 und KYLIN, 1916), *Delesseria* (SVEDELIUS, 1911), *Nitophyllum* (SVEDELIUS, 1914) und *Rhodomela* (KYLIN, 1914) ist mit voller Evidenz bewiesen worden, daß bei denjenigen Florideen, die Tetrasporen besitzen, eine Reduktionsteilung bei der Bildung dieser Sporen vorkommt. Über die Reduktionsteilung der nicht tetrasporenbildenden Florideen liegt eine jüngst erschienene Arbeit von SVEDELIUS (1915) vor, in welcher dieser in bezug auf *Scinaia furcellata* nachgewiesen hat, daß die Reduktionsteilung bei der ersten Teilung des befruchteten Eikerns vonstatten geht.

Über *Nemalion multifidum*, eine nicht tetrasporenbildende Floridee, liegt eine Untersuchung von WOLFE (1904) vor. Er hat die Reduktionsteilung dieser Alge nicht nachweisen können, nimmt aber aus gewissen Gründen an, daß sie unmittelbar vor der Karposporenbildung stattfindet. DAVIS (1910, S. 530) bezweifelt aber die Richtigkeit der Resultate WOLFEs, und vermutet, daß die Reduktionsteilung in den Zeitpunkt des Keimens der Karpospore verlegt ist. Nach den vorzüglichen Untersuchungen von SVEDELIUS über *Scinaia* scheint es mir aber, als ob man schon von vornherein ziemlich sicher sein könnte, daß die Reduktionsteilung bei *Nemalion* unmittelbar nach der Befruchtung eintritt in ähnlicher Weise wie bei *Scinaia*; der Zweck meiner Untersuchung ist demnach in erster Linie gewesen, die Kern- und Zellteilungen, die im Zusammenhang mit der Reduktionsteilung stehen, bei *Nemalion* und *Scinaia* vergleichen zu können.

Das Material dieser Untersuchung ist an der schwedischen Westküste in der Nähe der zoologischen Station Kristineberg eingesammelt worden. Als Fixierungsflüssigkeiten habe ich folgende Mischungen gebraucht: die schwächere und stärkere FLEMMINGsche Flüssigkeit, Mischungen von Chromsäure und Essigsäure in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

denselben Proportionen wie in den FLEMMINGschen Flüssigkeiten aber ohne Osmiumsäure, das JUELsche Gemisch von Zinkchlorid-Alkohol-Essigsäure (2 g Zinkchlorid, 2 ccm Eisessig, 100 ccm 50proz. Alkohol), und die Flüssigkeit von CARNOY. Von diesen haben sich die Flüssigkeit von CARNOY und das stärkere Gemisch von Chromsäure und Essigsäure als nicht verwendbar erwiesen. Die FLEMMINGschen Gemische scheinen mir die besten Resultate gegeben zu haben, ich kann aber nicht behaupten, daß das eine dieser beiden Gemische besser sei als das andere. Die schwächere Mischung von Chromsäure und Essigsäure und das JUELsche Gemisch haben auch gute Resultate gegeben. Die reifen Spermatien sind in dem JUELschen Gemisch besonders gut fixiert worden. Die Präparate sind mit HEIDENHAINs Eisenhämotoxylin gefärbt worden; bisweilen sind sie mit Lichtgrün oder mit Safranin nachgefärbt worden. Einige Präparate wurden nur mit Safranin gefärbt.

In anatomischer Hinsicht ist *Nemalion multifidum* schon gut bekannt, und brauche ich deshalb nur auf die algologischen Handbücher hinzuweisen.

Die Zellkerne des vegetativen Systems sind sehr klein, kaum 3 μ im Durchmesser. Sie enthalten einen großen Nukleolus und scheinen übrigens beinahe inhaltsleer. Die Kernteilungen habe ich nicht untersuchen können. Die Kerne der Gonimoblastenzellen sind etwas größer als die des vegetativen Systems, ungefähr 3 μ im Durchmesser. Diese erscheinen auch ziemlich inhaltsleer, wenn man von dem großen Nukleolus absieht. Beim Eintreten des Prophasenstadiums vergrößert sich der Kern, und man beobachtet das Auftreten einer Menge kleiner Körnchen, die sich aber nur sehr schwach färben lassen. Von einem Kernnetz ist kaum etwas zu sehen. Die Körnchen werden weniger zahlreich und diejenigen, die schließlich übrig sind, sind größer geworden, erscheinen aber noch ziemlich klein und lassen sich nicht besonders stark färben. Sie stellen aber sicher Chromosomen dar, deren Zahl ich jedoch nicht sicher bestimmen konnte. Sie scheinen aber nicht in besonders großer Anzahl vorhanden zu sein. Die Zahl 10 scheint mir viel wahrscheinlicher als die Zahl 20. — Die Gonimoblastenzellen sind immer mit einem sehr dichten Plasma gefüllt, welches sich stark färbt, und die Vorgänge bei der Kernteilung sind deshalb sehr schwierig zu untersuchen. — In der Metaphase beobachtet man an den Polen der Kernspindel kleine, stark gefärbte Plasmaanhäufungen, die wahrscheinlich Centrosomen darstellen. Die Kernspindel, in welcher die Spindelfasern gut zu beobachten sind, liegt in dem körnigen, stark gefärbten Plasma eingebettet.

Soweit ich habe finden können, verlaufen die Kernteilungen bei *Nemalion* in ähnlicher Weise wie bei *Rhodomela* und *Griffithsia*, welche Algen ich früher untersucht habe. Die Zellkerne sind aber bei jener Alge viel inhaltsärmer als bei den beiden letzteren. Nach WOLFE hätten wir bei *Nemalion* einen Chromatinnukleolus; ich kann mich dieser Ansicht nicht anschließen, verweise aber übrigens auf das, was ich in meinem Aufsatz über *Griffithsia* in bezug auf den Chromatinnukleolus gesagt habe (S. 103 und S. 119). WOLFE behauptet, daß die Kernspindel bei *Nemalion* intranukleär

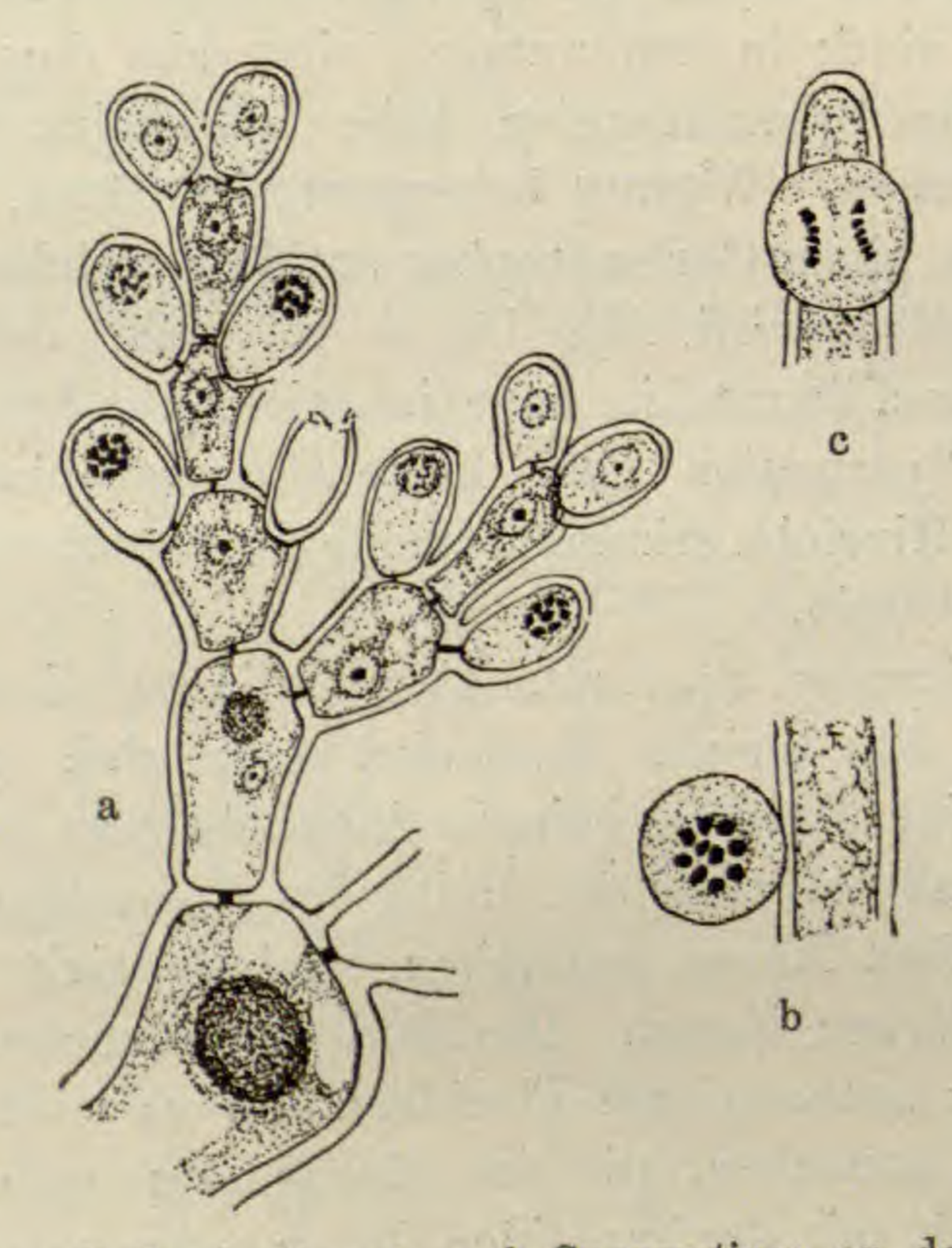

Abb. 1. a Zweige mit Spermatangien; b Spermatium an der Trichogyne angeklebt; c Spermatium an der Trichogynspitze angeklebt, mit Kern im Anaphasenstadium. Vergr.: a 1770mal; b—c 3000mal.

sei; ich kann diese Angabe nicht bestätigen; meiner Meinung nach liegt die Kernspindel frei im körnigen Protoplasma eingebettet. Die Centrosomen bei *Nemalion* sind schon von WOLFE beschrieben worden.

Die Geschlechtspflanzen von *Nemalion* sind im allgemeinen diözisch; die weiblichen Pflanzen sind größer als die männlichen. Nicht selten findet man auch Individuen, die monözisch sind, diese tragen aber eine viel geringere Menge Spermatangien als die rein männlichen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Spermatangienstände entwickeln sich aus den Endzellen der assimilierenden Zweigbüschel, und sie bestehen im allgemeinen aus 2—4 inhaltsreichen, im Leben nicht rot gefärbten Zellen, von denen jede einen Wirtel von 3—4 Spermatangien trägt. Wenn die untere Zelle des Spermatangienstandes einen Seitenast trägt, ist sie als eine Übergangszelle zwischen den Assimilationszellen und den eigentlichen Spermatangienmutterzellen zu betrachten (vgl. Abb. 1a).

In den Spermatangienmutterzellen sind farblose Chromatophoren oder vielleicht richtiger Chromatophorenanlagen vorhanden, die aber in den oberen Zellen der Spermatangienstände im allgemeinen kaum sichtbar sind; in den unteren sind sie dagegen gut nachweisbar. In den Spermatangien habe ich keine Chromatophoren nachweisen können. WOLFE behauptet allerdings, daß das junge Spermatangium einen Chromatophor enthält, welcher aber während der Reife aufgelöst wird. Es ist ja möglich, daß diese Angabe richtig sein kann, immerhin habe ich sie nicht bestätigen können. In den reifen Spermatien sind keine Chromatophoren vorhanden, und in dieser Hinsicht stimmen meine Beobachtungen mit denen von WOLFE überein.

In den jungen Spermatangien befindet sich der Kern im Ruhestadium. Ein kleiner Nukleolus läßt sich gut nachweisen, der Kern scheint übrigens beinahe inhaltsleer zu sein. Man beobachtet aber, daß während der Reife des Spermatiums eine Menge Körnchen in dem Kerne entstehen, welche sich mit Eisenhämatoxylin stark färben lassen. Die Zahl der Körnchen beträgt 8—10. Bei den bisher untersuchten Florideen hat es sich erwiesen, daß die Zahl der Körnchen, die im Kerne des reifen Spermatiums vorhanden sind, mit der haploiden Chromosomenzahl übereinstimmt, und es ist wohl anzunehmen, daß sich *Nemalion* in dieser Hinsicht ähnlich wie die übrigen untersuchten Florideen verhält. Ich betrachte es deshalb als sehr wahrscheinlich, daß *Nemalion multifidum* etwa 10 haploide Chromosomen besitzt. Nach WOLFE wäre die haploide Chromosomenzahl bei *Nemalion* 7—9, wahrscheinlich 8.

Das reife Spermatium besitzt außer dem Kerne auch etwas Protoplasma, welches sich mit Eisenhämatoxylin nur schwach färbt. Im Plasma der gut fixierten Spermatien sind keine Körnchen zu sehen. Bei der Entlassung tritt das Spermatium durch ein Loch in der Spitze des Spermatangiums als eine wahrscheinlich nackte Protoplasmamasse heraus, die sich aber bald mit einer dünnen Zellwand umgibt. Die Spermatangienwand bleibt an der Spermatangienmutterzelle sitzen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das Spermatium klebt sich an die Trichogyne des Karpogons an, und wie die Abbildung 1b zeigt, sind die Körnchen im Kerne noch zu sehen. Bald tritt aber eine Kernteilung ein; in Abb. 1c ist eine Teilung des Spermatiumkerns im Anaphasenstadium abgebildet worden. Nach der Teilung treten die beiden Tochterkerne in das Ruhestadium ein. Der eine, im allgemeinen aber beide, wandern in die Trichogyne hinein, dann durch die Trichogyne hinunter und bis zum Karpogonbauch, in welchen aber nur der

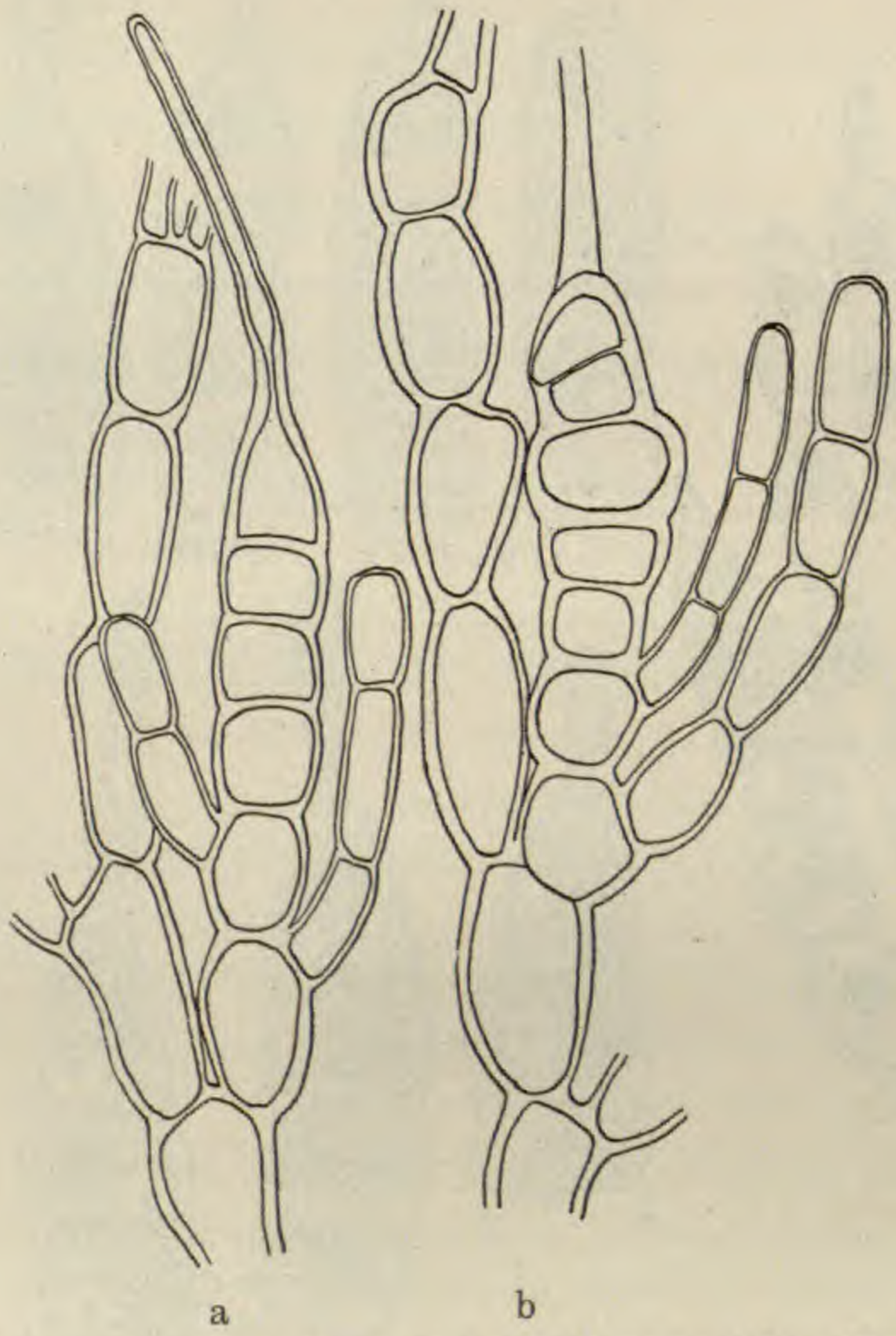

Abb. 2. a Karpogonast mit noch nicht befruchtungsreifem Karpogon; b Karpogonast nach der ersten Teilung des Karpogons. Nach einem Glyzerinpräparat gezeichnet. Vergr.: 800 mal.

eine hineindringt. Nachdem ein männlicher Kern eingedrungen ist, wird das Protoplasma des Karpogonbauchs von demjenigen der Trichogyne zuerst durch eine Plasmamembran, dann durch eine Zellwand abgegrenzt. Die beiden Geschlechtskerne befinden sich bei ihrer Verschmelzung im Ruhestadium (vgl. Abb. 3).

Das eigentümliche Aussehen des Kerns des reifen Spermatiums ist schon von WOLFE beobachtet und vollkommen richtig abgebildet worden. Er bemerkt, daß der Kern eine auffallende

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ähnlichkeit mit einem Prophasenstadium besitzt. Dieses Stadium wäre aber nicht als eine Prophase zu deuten, und zwar deshalb, weil der Kern, nachdem das Spermatium sich an die Trichogyne angeklebt hat, wieder in das Ruhestadium eintreten würde. Er vermutet, daß die erwähnten Körnchen im Kern des reifen Spermatiums ein Ernährungsmaterial darstellen, das wenigstens teilweise

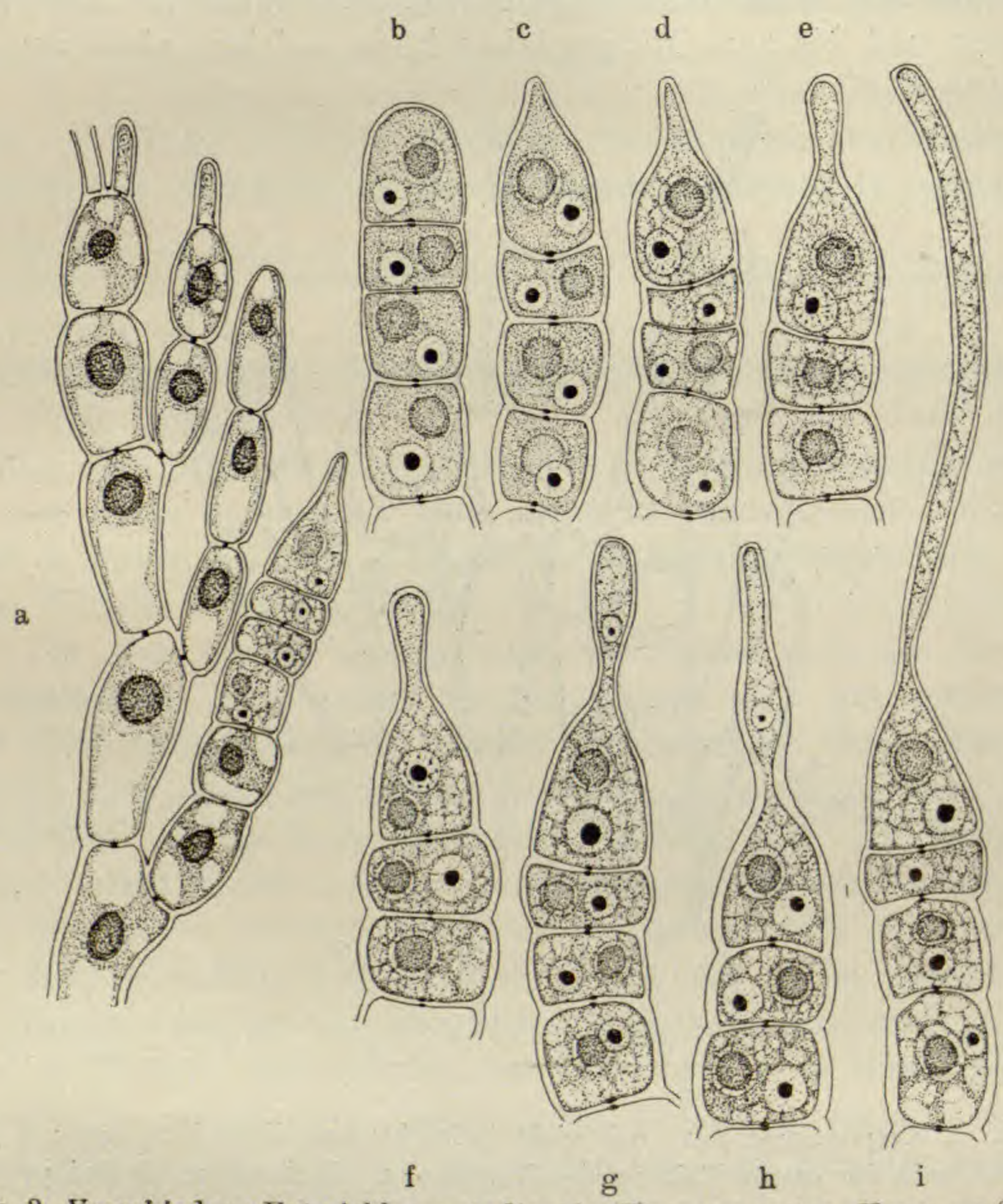

Abb. 3. Verschiedene Entwicklungsstadien des Karpogonastes. Vergr.: a 800mal; b—i 1200mal.

aus dem Chromatophoren entstanden sei. WOLFE schreibt (a. a. O. S. 616): As to the origin of these granules, it seems more reasonable to suppose that they represent food material, a part of which at least is derived from the chromatophore, and is now passing into the nucleolus."

Der Kern des an der Trichogyne angeklebten Spermatiums tritt nach WOLFE, wie schon oben erwähnt wurde, wieder in das

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ruhestadium ein. Dann teilt er sich aber, und es entstehen im Spermatium zwei Kerne, die beide in die Trichogyne eintreten können. Die Spermatien von *Nemalion* werden also nach WOLFE zweikernig, und wie aus dem oben angeführten hervorgeht, habe ich diese Angabe bestätigen können. Die Behauptung, daß der Kern des an die Trichogyne angeklebten Spermatiums zuerst in ein Ruhestadium eintrete, ist aber meiner Meinung nach nicht richtig. Bei der Entlassung des Spermatiums befindet sich der Kern in einem späten Prophasenstadium, welches nach dem Ankleben des Spermatiums an die Trichogyne in eine Kernteilung übergeht, wonach das Spermatium zweikernig wird. — KURSSANOW (1909. S. 326) konnte die Zweikernigkeit der Spermatien nicht nachweisen.

Die eigentümlichen Körnchen im Kern des reifen Spermatiums sind bei allen in zytologischer Hinsicht näher untersuchten Florideen beobachtet worden, aber ihre Natur wird von verschiedenen Forschern in verschiedener Weise gedeutet. Die Vermutung von WOLFE ist schon oben erwähnt. YAMANOUCHI (1906, S. 410) behauptet, daß bei *Polysiphonia violacea* die in Rede stehenden Körnchen Chromosomen darstellen, die nach der Entstehung des Spermatiumkerns bei der Teilung des Kerns der Spermatangienmutterzelle ihre Individualität behalten haben; der Kern müßte also auf einem frühen Telophasenstadium stehen bleiben. SVEDELIUS (1912, S. 259) schließt sich in bezug auf *Delesseria sanguinea* dieser Ansicht von YAMANOUCHI an. Er behauptet, daß der Spermatiumkern dieser Alge nie in ein Ruhestadium eintrete. Es wäre nach SVEDELIUS für den neugebildeten Spermatiumkern charakteristisch, daß er nicht wie andere Kerne in ein Ruhestadium zurückkehre.

In meiner Arbeit über *Rhodomela virgata* habe ich dagegen nachweisen können, daß der neugebildete Spermatiumkern dieser Alge wieder in das Ruhestadium eintritt. Nach einem Ruhestadium tritt der Kern aber in ein Stadium ein, das ich als ein Prophasenstadium gedeutet habe. Der Kern des reifen Spermatiums befindet sich in einem späten Prophasenstadium. In seiner Arbeit über *Scinaia furcellata* (1915, S. 21) hat sich SVEDELIUS meiner Ansicht in bezug auf die Spermatiumkerne der Florideen angeschlossen. Er sagt: „Jedes Spermatium von *Scinaia* hat bei der Reife einen großen Zellkern, der zurzeit des Ausschlüpfens ganz so wie die übrigen näher untersuchten Florideenspermatien in schönem Prophasenstadium sich befindet“.

In bezug auf *Griffithsia corallina* habe ich in einem jüngst

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

erschienenen Aufsatz (1916, S. 114) nachgewiesen, daß der Kern des reifen Spermatiums sich in einem prophasenähnlichen Stadium befindet, daß er aber, bevor dieses Stadium erreicht wird, ein Ruhestadium durchgemacht hat.

Die von WOLFE nachgewiesene Tatsache, daß die Spermatien bei *Nemalion*, nachdem sie sich an die Trichogyne angeklebt haben, zweikernig werden — eine Angabe, die sich durch meine Untersuchung bestätigt hat — scheint mir besonders interessant, da sie darauf hinweist, daß man im Rechte ist, wenn man das eigentümliche Aussehen der reifen Spermatiumkerne der Florideen als ein wirkliches Prophasenstadium deutet. Es kann dann auch nicht wundernehmen, daß die Körnchen der reifen Spermatiumkerne mit der haploiden Chromosomenzahl übereinstimmen; die Körnchen stellen eben Chromosomen dar, was ja schon von YAMANOUCHI behauptet wurde.

Zweikernige Spermatien sind zuerst von SCHMIDLE (1899) bei *Batrachospermum* beobachtet worden. Zur Zeit der Entlassung aus den Spermatangien sind sie aber auch bei dieser Art einkernig. *Batrachospermum* und *Nemalion* sind indessen die einzigen Arten, wo wir zweikernige Spermatien finden. Bei den übrigen in dieser Hinsicht untersuchten Florideen bleiben die Spermatien immer einkernig. Die einschlägigen Literaturangaben mögen kurz erwähnt werden.

Sichere Angaben darüber, daß der Spermatiumkern sich nicht wieder teilt, finden wir zum ersten Male bei YAMANOUCHI (1906) in bezug auf *Polysiphonia violacea*. Er hat den Befruchtungsvorgang dieser Alge verfolgt, und aus seinen Abbildungen ist mit Sicherheit zu entnehmen, daß der im Prophasenstadium stehende Spermatiumkern durch die Trichogyne hinunter wandert, und bei der Verschmelzung mit dem Eikern sich noch im Prophasenstadium befindet. Eine Teilung des Spermatiumkerns hat YAMANOUCHI bei *Polysiphonia* nie beobachtet. Von SVEDELIUS finden wir in bezug auf *Delesseria sanguinea* (1914, S. 18, Abb. 16) und *Scinaia furcellata* (1915, S. 29, besonders Fig. 160 S. 27) Angaben, die darauf hindeuten, daß die Spermatiumkerne dieser Algen sich nicht wieder teilen, und eine Beobachtung, die in ähnlicher Weise zu deuten ist, habe ich selbst in bezug auf *Griffithsia corallina* (1916, S. 109) mitgeteilt.

Bei den Florideen haben wir demnach zwei verschiedene Befruchtungstypen, indem der Spermakern bei der Verschmelzung mit dem Eikern entweder im Ruhestadium oder im Prophasenstadium sich befinden kann.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der erstere Fall deutet darauf hin, daß eine Kernteilung im Spermatium stattgefunden hat. Bei der Entlassung aus dem Spermatangium befindet sich der Kern des Spermatiums bei allen untersuchten Florideen im Prophasenstadium.

Das Hinunterwandern des Spermakerns durch die Trichogyne ist bei *Nemalion* zum ersten Male von WILLE (1894, S. 58) beschrieben und abgebildet worden. Er hat den männlichen Kern bis in den Karpogonbauch verfolgen können, und nach den Abbildungen zu urteilen, hat er in vollkommen richtiger Weise beobachtet, daß der Kern sich im Ruhestadium befindet. Die Arbeit von WILLE ist auch in der Hinsicht von besonderem Interesse, da dort zum ersten Male die Vereinigung des männlichen und des weiblichen Geschlechtskernes bei einer Floridee beschrieben worden ist.

Die Karpogonäste entwickeln sich als Seitentriebe der assimilierenden Zweigbüschel (Abb. 2 und 3) und bestehen aus 4—7 Zellen, von denen die 3—4 oberen außer dem Kern je einen farblosen Chromatophor (Chromatophorenanlage) enthalten. Die anderen Zellen der Karpogonäste, deren Chromatophoren bald rot gefärbt werden, entwickeln im allgemeinen schon vor der Befruchtung einige Seitentriebe, die sich zu assimilierenden Fäden ausbilden. Die oberste Zelle des Karpogonastes entwickelt sich zum Karpogon; die zwei bis drei darunter folgenden spielen bei der Entwicklung des Gonimoblasten eine ernährungsphysiologische Rolle.

In der jungen Karpogonanlage liegt der Kern unterhalb des Chromatophors. Sobald sich aber die Trichogyne zu entwickeln beginnt, und eben eine Länge erreicht hat, die derjenigen der eigentlichen Karpogonzelle gleich ist, beobachtet man, daß der Kern oberhalb des Chromatophors liegt. Der Kern scheint auch jetzt etwas inhaltsreicher als vorher. Ich deute dies als ein Prophasenstadium einer Kernteilung. Etwas später findet man den Kern wieder unterhalb des Chromatophors. Eine Kernteilung hat, wie ich glaube, stattgefunden, der primäre Karpogonkern hat zwei neue Kerne erzeugt, der eine wandert in die Trichogyne hinauf, und stellt den Trichogynkern dar, der andere, der Eikern, wandert nach dem unteren Teile des Karpogons, und bleibt bis zur Zeit der Befruchtung unterhalb des Chromatophors liegen. Der Trichogynkern ist sehr klein und auch in den jungen Trichogynen nur mit Schwierigkeit nachweisbar. In den älteren Trichogynen ist er schon zugrunde gegangen. — Das Aufwärtswandern des primären Karpogonkerns, und das Auftreten eines Trichogynkerns ist schon von WOLFE beschrieben worden. KURSSANOW (1909,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

S. 325) konnte dagegen die Zweikernigkeit des Karpogons nicht nachweisen. Das Karpogon scheint bei den Florideen normal zweikernig zu sein (vgl. KYLIN, 1916, S. 108).

Wenn der Spermakern durch die Trichogyne hinunter wandert, wandert der Eikern im allgemeinen ihm entgegen, bleibt im oberen Teil des Karpogonbauches liegen und verschmilzt dort mit dem Spermakern (Abb. 4b). Bisweilen findet man aber, daß der Eikern im unteren Teil des Karpogonbauches ruhig liegen bleibt, und daß die Verschmelzung der beiden Geschlechtskerne dort vonstatten geht (Abb. 4e). — Das Hinaufwandern des Eikerns ist schon von

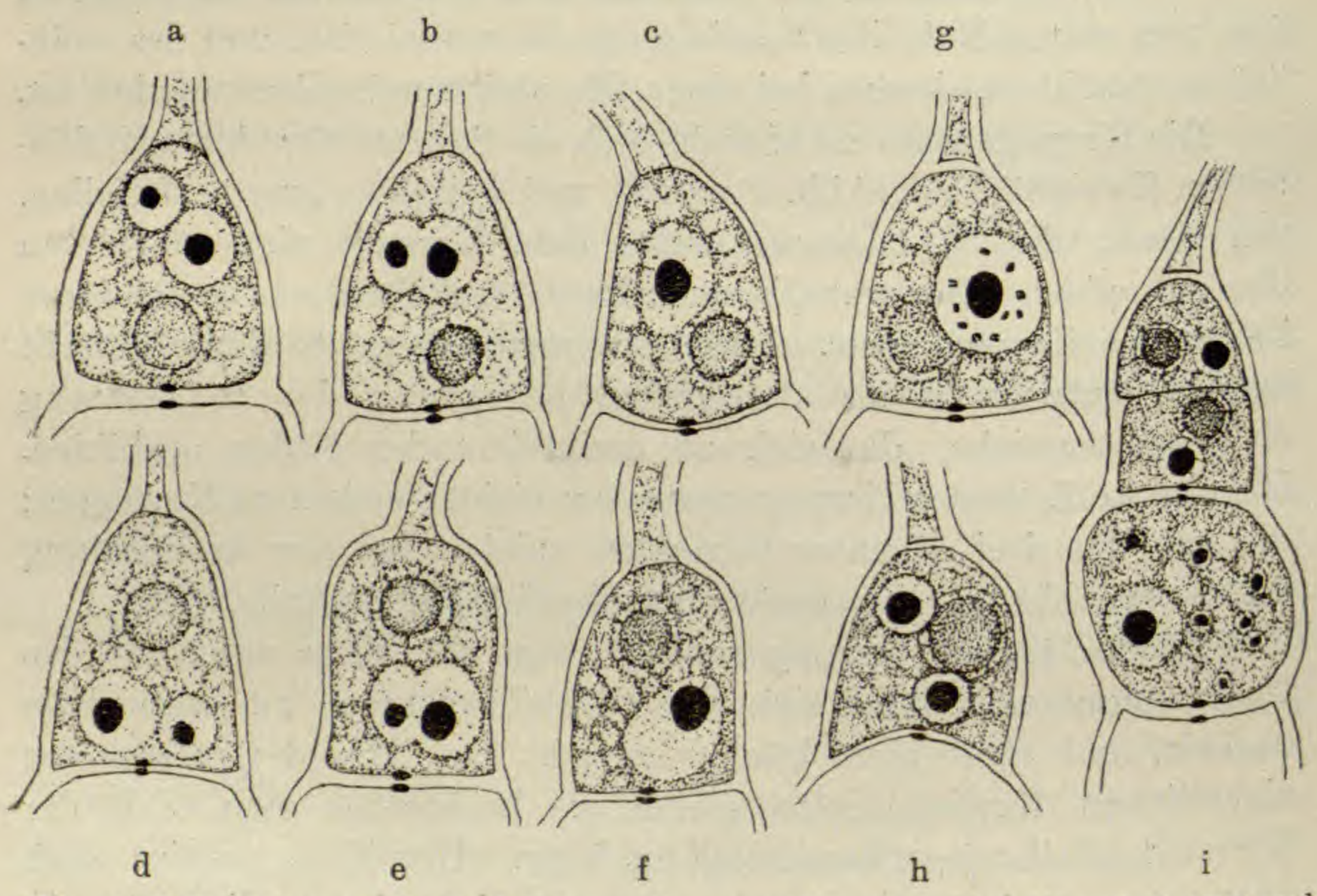

Abb. 4. Befruchtung und Reduktionsteilung. — Vergr.: a—h 1770mal; i 1200 mal.

WILLE und WOLFE beobachtet worden. Nach diesen Forschern wandert der befruchtete Eikern wieder nach unten. Dies ist wohl im allgemeinen der Fall, nicht selten findet man aber den Zygotenkern während der Prophasenstadien der ersten Kernteilung noch im oberen Teile des Karpogonbauches liegen.

Die Geschlechtskerne befinden sich bei ihrer Verzchmelzung im Ruhestadium, sie erscheinen aber etwas inhaltsreicher als die vegetativen Kerne. Der Eikern ist etwas größer als der Spermakern und besitzt auch einen etwas größeren Nukleolus als dieser. Der Inhalt besteht, von dem Nukleolus abgesehen, aus einer

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Menge sehr kleiner Körnchen, die sich mit Eisenhämatoxylin nur unbedeutend färben. Nach der Vereinigung der Kerne verschmelzen die beiden Nukleolen, und dann ist der Zygotenkern fertig. Dieser ist im Vergleich mit den übrigen Kernen bei *Nemalion* sehr groß. Er besteht aus einem großen Nukleolus und zahlreichen, sehr schwach färbbaren Körnchen.

Die früheren Prophasenstadien der ersten Teilung des Zygotenkerns habe ich nicht verfolgen können. Im späten Prophasenstadium beobachtet man aber einige Körnchen, die sich mit Eisenhämatoxylin stark färben und deshalb gut hervortreten. Die Zahl dieser Körnchen habe ich nicht sicher bestimmen können, sie scheint aber etwa 10 zu sein. In einzelnen dieser Körnchen glaube ich auch eine Doppelheit beobachtet zu haben. Ein solches Stadium ist in Abb. 4g abgebildet worden; es stellt meiner Meinung nach das Diakinesenstadium einer Reduktionsteilung dar.

Es ist zu bemerken, daß die haploide Chromosomenzahl bei *Nemalion* etwa 10 beträgt. Wäre die erste Teilung des Zygotenkerns eine gewöhnliche somatische Teilung, so müßten dabei etwa 20 Chromosomen auftreten. Ich habe aber bei der ersten Teilung des Zygotenkerns immer nur etwa 10 zählen können. Diese Chromosomen sind demnach als Doppelchromosomen zu betrachten.

Nach der heterotypischen Kernteilung sind im Karpogon zwei Kerne vorhanden, die bedeutend kleiner als der Zygotenkern sind. Unmittelbar nach der Kernteilung teilt sich der Chromatophor, und dann folgt sofort eine Zellteilung. Das Karpogon wird durch eine Querwand in zwei Zellen zerlegt, von welchen jede einen Kern und einen Chromatophor besitzt. Aus der oberen entwickelt sich der Gonimoblast, die untere wird als Stielzelle bezeichnet, (WILLE, 1894, S. 60; WOLFE, 1904, S. 619).

Die beiden Tochterkerne, die durch eine Reduktionsteilung entstanden sind, teilen sich im allgemeinen noch einmal. Diese Teilung nennt man die homöotypische Teilung. Es wäre demnach zu erwarten, daß bei *Nemalion* sowohl der Kern der Gonimoblastenanlage als derjenige der Stielzelle unmittelbar nach der Teilung des Karpogons eine Kernteilung durchmachte. Die Teilung des Kerns der Gonimoblastenanlage läßt nicht lange auf sich warten. Der Kern der Stielzelle teilt sich aber, soweit ich habe finden können, nicht mehr. Man findet den Kern der Gonimoblastenanlage in der Prophase, der Kern der Stielzelle verharrt aber im Ruhestadium (Abb. 5a). Der erstere Kern teilt sich und unmittelbar darauf scheidet die Gominoblastenanlage seitlich eine kleine Zelle ab, der Kern der Stielzelle bleibt aber immer im Ruhestadium. Die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gonimoblastenanlage scheidet seitlich noch einige Zellen ab, in der Stielzelle ist aber nur ein Kern nachweisbar. Aus diesen Tatsachen glaube ich schließen zu können, daß der Kern der Stielzelle normal keine homöotypische Teilung durchmacht. In Ausnahmefällen könnte wohl aber eine solche Teilung eintreten. WOLFE (1904, S. 619) behauptet, er habe in einem Falle gesehen, daß die Stielzelle sich durch eine longitudinale Wand geteilt habe. Diese Zellteilung setzt natürlich eine Kernteilung voraus, und in diesem Falle hätte also der Kern der Stielzelle eine homöotypische Teilung durchgemacht.

Wegen der reichlichen Zugabe von Nahrung wird aber der Kern der Stielzelle in ähnlicher Weise wie die Kerne der beiden darunter liegenden Zellen des Karpogonastes stark vergrößert. Die

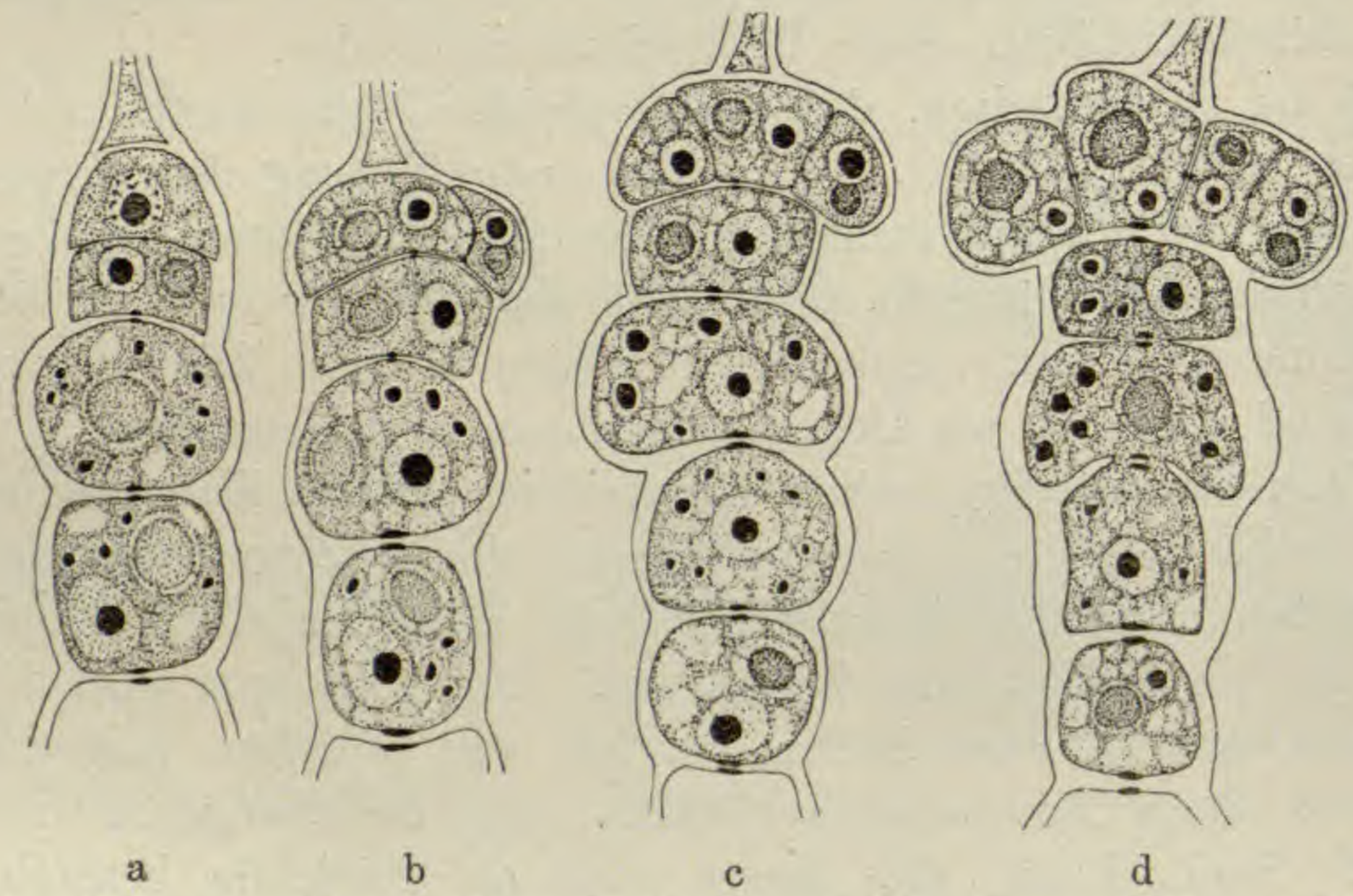

Abb. 5. Die ersten Entwicklungsstadien des Gonimoblasten. Vergr.: 1200 mal.

Stielzelle verschmilzt mehr oder weniger mit der hypogynen Zelle und diese mit der darunter liegenden. Die Chromatophoren dieser Zellen werden bald aufgelöst und nach und nach werden auch die Zellkerne zerstört. Die vierte Zelle des Karpogonastes, von oben gerechnet, kann sich in solcher Richtung entwickeln, daß sie einer assimilierenden Zelle ähnlich wird, und trägt dann im allgemeinen einen oder einige assimilierende Zellfäden, nicht selten findet man aber, daß sie sich mit einem reichen protoplasmatischen Inhalt füllt, und sie dient dann in ähnlicher Weise wie die beiden darüber liegenden Zellen dem hervorwachsenden Gonimoblasten als Ernährungszelle.

Unmittelbar nach der Befruchtung findet man in den Ernährungszellen eine Menge Körnchen, die sich mit Eisenhämatoxylin

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sehr stark färben. Diese Körnchen sind wahrscheinlich eiweißartiger Natur und dienen den hervorwachsenden Gonimoblasten als Nahrung.

Körnchen, die sich mit Eisenhämatoxylin sehr stark färben, können schon vor der Befruchtung in den verschiedenen Zellen des Karpogonastes vorhanden sein. Sie sind oft kleinen Zellkernen täuschend ähnlich, und sind besonders lästig, wenn es gilt, den Spermakern im Karpogon oder den Trichogynkern nachzuweisen.

Die Entwicklung des Gonimoblasten ist in den Abb. 5 und 6 abgebildet. Die Gonimoblastanlage scheidet seitlich mehrere Zellen ab, die sich zu Zellreihen entwickeln, welche längs des Karpogonastes

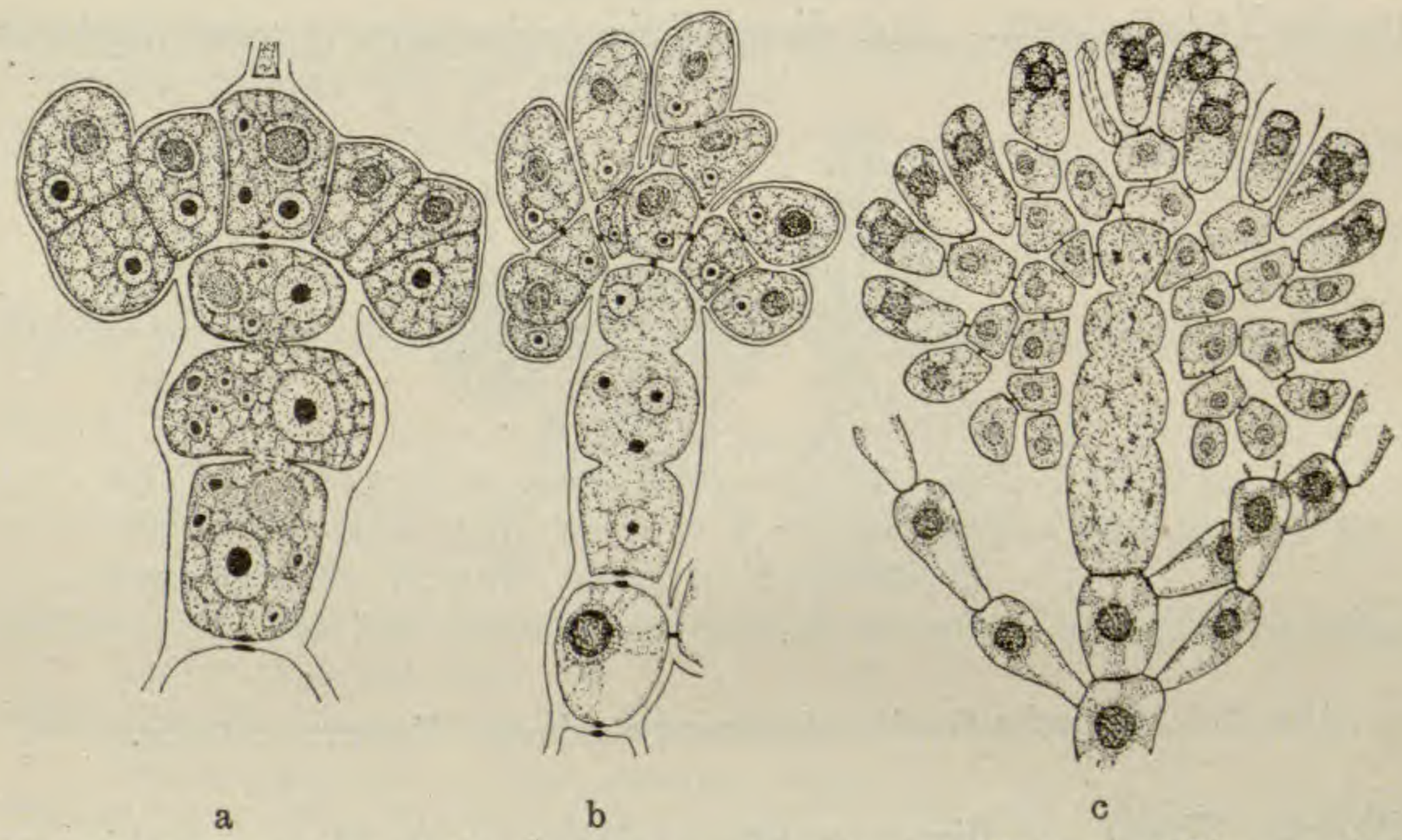

Abb. 6. Spätere Entwicklungsstadien des Gonimoblasten. (Abb. c etwas schematisiert.) Vergr.: a 1200 mal; b 800 mal; c 600 mal.

nach unten wachsen. Von diesen Zellreihen wachsen zweizellige, seltener dreizellige Zweige empor, deren Endzellen sich zu Karposporangien umbilden. Jede subterminale Zelle kann mehrere solcher Sporangien erzeugen. Jedes Karposporangium bildet eine Karpospore, die dadurch frei wird, daß die Sporangienwand oben zerquillt. Ob die Karpospore bei der Entlassung nackt ist oder sich schon mit einer dünnen Membran umgeben hat, habe ich nicht sicher entscheiden können.

Bisweilen findet man, daß die erste Zellwand der Gonimoblastenanlage eine Querwand ist und nicht wie im allgemeinen eine longitudinale Wand. Man bekommt dann zwei Gonimoblasten-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

anlagen, die beide Gonimoblastenfäden entwickeln können (Abb. 7). Diese Zellteilungsweise ist schon von WILLE beobachtet worden.

Bei der Keimung der Karposporen entwickeln sich nach CHESTER (1896) *Chantransia*-ähnliche Jugendstadien, welche dann die *Nemalion*-Pflanzen ausbilden.

Es erübrigt jetzt, einige Vergleichspunkte zwischen den Kern- und Zellteilungen, die im Zusammenhang mit der Reduktion der Chromosomen bei *Nemalion* und bei *Scinaia* stehen, hervorzuheben. Die Reduktionsteilung der letzteren Alge kennen wir durch die besonders sorgfältige Untersuchung von SVEDELIUS. Die hypogyne Zelle entwickelt bei dieser Alge seitlich vier große Zellen. Nach der Befruchtung wandert der Zygotenkern in eine dieser Zellen hinein, und dort findet zuerst die heterotypische, dann die homöotypische Teilung statt. Auf diese Weise erhalten wir vier haploide

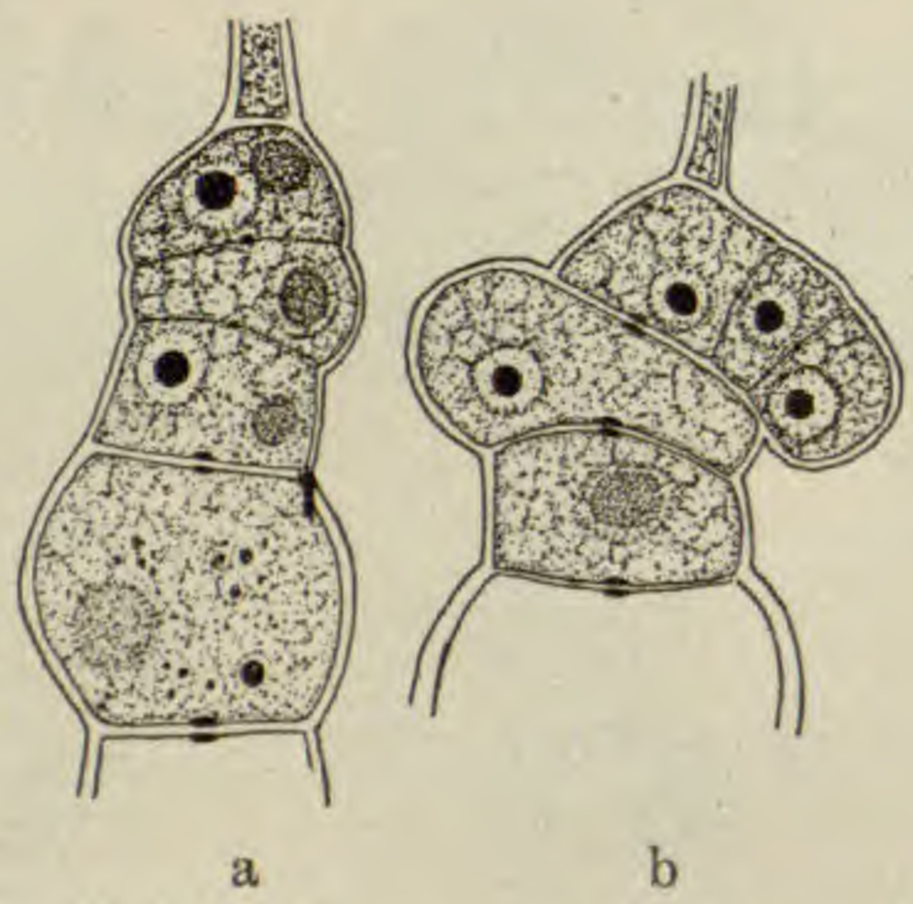

Abb. 7. Atypische Gonimoblastenentwicklung. Vergr.: 1200 mal.

Zellkerne. Einer von diesen wandert wieder in das Karpogon hinein, und dann treibt das Karpogon seitlich einen Zellfaden hervor, welcher sich zum Gonimoblasten entwickelt. Bei *Nemalion* bleibt dagegen der Zygotenkern im Karpogon liegen, und unmittelbar nach der heterotypischen Teilung wird das Karpogon durch eine Zellwand in zwei Zellen zerlegt. Nur der Kern der oberen (der Gonimoblastenanlage) macht eine homöotypische Teilung durch, indem er sich zum Gonimoblasten zu entwickeln beginnt, der Kern der unteren Zelle (der Stielzelle) teilt sich dagegen nicht weiter.

Die oben erwähnten Verschiedenheiten zwischen *Scinaia* und *Nemalion* stehen sicher damit im Zusammenhang, daß der Zygotenkern bei der ersteren in eine große Zelle hineinwandert, bei der letzteren dagegen in dem kleinen Karpogonbauch liegen bleibt. Es liegt in der Natur der großen Zelle, in welche der Zygotenkern bei *Scinaia* eingewandert ist, daß sie sich nicht weiter teilt, nud

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Zygotenkern macht ruhig die beiden Teilungen durch, die im allgemeinen mit einer Reduktionsteilung im Zusammenhang stehen. In der Natur des Karpogons bei *Nemalion* liegt es dagegen, daß es unmittelbar nach der Befruchtung einen Gonimoblasten entwickelt, und wir finden deshalb nach der ersten Kernteilung sofort eine Zellteilung. Die untere der so gebildeten Zellen, die Stielzelle, vermittelt nur den Zusammenhang zwischen der hypogynen Zelle und der Gonimoblastenanlage, und eine Kernteilung in der Stielzelle wäre zwecklos, nur in der oberen Zelle, die sich zum Gonimoblasten entwickelt, findet eine homöotypische Kernteilung statt.

Upsala, Botanisches Institut, im April 1916.

Literaturverzeichnis.

CHESTER, GR. D., Notes concerning the development of *Nemalion multifidum*, Bot. Gazette, Vol. 21, Chicago 1896.

DAVIS, B. M., The Fertilization of *Batrachospermum*. — Annals of Botany Vol. 10, London 1896.

— —. Nuclear Phenomena of sexual reproduction in Algae. — American Naturalist, Vol. 44, New York 1910.

KURSSANOW, L., Beiträge zur Cytologie der Florideen. — Flora, Bd. 99, Jena 1909.

KYLIN, H., Studien über die Entwicklungsgeschichte von *Rhodomela virgata* Kjellm. — Svensk Botanisk Tidskrift, Bd. 8, Stockholm 1914.

— —, Die Entwicklungsgeschichte von *Griffithsia corallina* (Lighif.) Ag. — Zeitschrift für Botanik, Jahrg. 8, Jena 1916.

LEWIS, J. F., The Life History of *Griffithsia bornetiana*. — Annals of Botany, Vol. 23, London 1909.

SCHMIDLE, W., Einiges über die Befruchtung, Keimung und Haarinsection von *Batrachospermum* — Bot. Zeitung. Jahrg. 57, Leipzig 1899.

SVEDELIUS, N., Über den Generationswechsel bei *Delesseria sanguinea*. — Svensk Botanisk Tidskrift, Bd. 5. Stockholm 1911.

— —, Über die Spermatienbildung bei *Delesseria sanguinea*. — Ebenda, Bd. 6, 1912.

— —, Über die Zystokarpienbildung bei *Delesseria sanguinea*. — Ebenda, Bd. 8, 1914.

— —, Über die Tetradenteilung in den vielkernigen Tetrasporangiumanlagen bei *Nitophyllum punctatum*. — Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. 32, Berlin 1914.

— —, Zytologisch-entwicklungsgeschichtliche Studien über *Scinaia furcellata*, ein Beitrag zur Frage der Reduktionsteilung der nicht tetrasporenbildenden Florideen. — Nova acta reg. soc. sc. Upsaliensis, Ser. 4, Vol. 4, Upsala 1915.

WILLE, N., Über die Befruchtung bei *Nemalion multifidum* (Web et Mohr) J. Ag. — Ber. d. deutsch. bot. Ges., Bd. 12, Berlin 1994.

WOLFE, J. J., Cytological Studies on *Nemalion*. — Annals of Botany, Vol. 18, London 1904.

YAMANOUCHI, S., The Life History of *Polysiphonia violacea*. — Bot. Gazette, Vol. 42, Chicago 1906.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: 34

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

Artikel/Article: Über die Befruchtung und Reduktionsteilung bei Nemalion multifidum. 257-271