

12. K. Miyake: Über die Spermatozoiden von *Cycas revoluta*¹⁾.

Mit Tafel VI.

Eingegangen am 17. Februar 1906.

Im Jahre 1896 hat IKENO²⁾ die Spermatozoiden bei *Cycas revoluta* entdeckt. Damals aber gelang es ihm nicht die Spermatozoiden im lebenden Zustande zu sehen, und er hat ausschliesslich nur fixierte Exemplare beobachtet und beschrieben. Seitdem ist, was diese merkwürdigen Spermatozoiden anbelangt, unsere Kenntnis nach keiner Richtung hin gefördert worden. Deshalb beabsichtigte ich schon lange eine Reise nach dem südlichen Teile von Japan, der Heimat von *Cycas revoluta*, um dort die lebendigen Spermatozoiden zu untersuchen. Es konnte dieselbe erst im September dieses Jahres angetreten werden. Zuerst bin ich nach Kagoshima ($31^{\circ} 35' N.$) in der Provinz Satsuma in Kiushiu gefahren, und weil es dort für die für die Spermatozoidenbeobachtung befindlichen *Cycas* etwas zu früh war, fuhr ich weiter südlich nach Oshima ($28^{\circ} - 28^{\circ} 30' N.$), der nördlichsten Insel der Riukiu-Gruppe. Obgleich die Befruchtungszeit von *Cycas* dort schon beinahe vorbei war, glückte es mir dennoch in den Samenanlagen eines weiblichen Baumes mehrere lebendige Spermatozoiden zu beobachten³⁾. Ich untersuchte nun weiter an etwa fünfzig Exemplare, und da ich kein einziges Spermatozoid mehr finden konnte, kehrte ich wieder nach Kagoshima zurück. Während meines zweiwöchentlichen Aufenthaltes in Kagoshima nun habe ich mehrere hundert lebendige Spermatozoiden beobachtet.

Die reifen Spermatozoiden findet man in Kagoshima und seiner Umgebung von Anfang bis Mitte Oktober. Am 11. Oktober habe ich Kagoshima verlassen, und weil damals die verschiedenen dort befindlichen *Cycas*-Exemplare noch vor der Befruchtungszeit waren, habe ich mehrere hundert Samenanlagen nach Kyoto mitgenommen und dort in meinem Laboratorium weiter untersucht. In verhältnismässig kühlem Raume habe ich dann zehn Tage lang mehrere Spermatozoiden in lebhafter Bewegung beobachtet.

Die Spermatozoiden von *Cycas* haben die Form einer an einem

1) Die japanische Mitteilung findet man in The Botanical Magazine, Tokyo. Vol. XIX, Okt. 1905.

2) Die Spermatozoiden von *Cycas revoluta*. (Japanisch.) Bot. Mag., Tokyo. Vol. X, Nov. 1896. — Vorläufige Mitteilung über die Spermatozoiden bei *Cycas revoluta*. Bot. Centralbl. Bd. LXIX, 1897.

3) Es war am 22. September 1905.

Pole mehr oder weniger eiförmig zugespitzten Kugel (Fig. 5—9). Sie gleichen sehr denen von *Zamia* und sind nur ein wenig kleiner. An einem Pole des Spermatozoidenkörpers, welcher der Kopf genannt wird, findet man ein Spiralband, an welchen viele Cilien entspringen. Das Spiralband, welches ganz in Cytoplasma eingebettet ist, umrollt ungefähr die Hälfte des Körpers, und die Zahl der Windungen, so weit ich konstatieren konnte, beträgt zwischen $5\frac{1}{2}$ und 6 (Fig. 8 bis 12). Die Zahl $5\frac{3}{4}$ habe ich am häufigsten getroffen. Ob diese Zahl immer konstant bleibt oder variiert, je nach dem Individuum, konnte ich nicht feststellen (Fig. 12). Nach IKENO¹⁾ beschreibt dieses Band bei *Cycas* fast 5 Windungen, und WEBBER²⁾ gibt die Zahl für *Zamia* als 5 bis 6 an. Die Windungen, von oben gesehen und von der Spitze ausgehend, verlaufen von rechts nach links, d. h. umgekehrt wie der Uhrzeiger (Fig. 10). Die Grösse der Spermatozoiden variiert mehr oder weniger bei verschiedenen Individuen. Nach den Messungen an über hundert Spermatozoiden habe ich gefunden, dass der Durchmesser der Spermatozoiden zwischen $180\ \mu$ und $210\ \mu$ variiert. Sie sind etwas grösser als die Angabe IKENO's³⁾, nach welchem sie $160\ \mu$ lang und $70\ \mu$ breit sind. Den Unterschied könnte man vielleicht dadurch erklären, dass die Messung von IKENO an durch Fixierung mehr oder weniger zusammengezogenen und an noch nicht voneinander getrennten Spermatozoiden gemacht wurden. Nach WEBBER⁴⁾ sind die Spermatozoiden von *Zamia* $222\ \mu$ bis $332\ \mu$ lang und 222 bis $306\ \mu$ breit. Ich selbst habe vor drei Jahren in Amerika Gelegenheit gehabt mehrere Dutzend *Zamia*-Spermatozoiden im lebenden Zustande zu untersuchen, und obgleich ich damals die Grösse der lebenden Spermatozoiden nicht gemessen habe, so habe ich nach der Messung der fixierten Spermatozoiden in meinen Präparaten gefunden, dass sie den Durchmesser von 210 bis $250\ \mu$ besitzen. Also die Spermatozoiden von *Cycas* sind etwas kleiner als die von *Zamia*.

Die *Cycas*-Spermatozoiden enthalten grosse Kerne. Der Kern ist beinahe kugelig und sein Durchmesser beträgt 140 bis $170\ \mu$ (Fig. 11). Er ist nicht immer leicht im lebenden Zustande zu erkennen. Wenn die Spermatozoiden ihre Bewegung eingestellt haben und nach und nach zu Grunde gehen, kommt oft die Kontour des Kernes deutlich zum Vorscheine, und in den toten Spermatozoiden kann man den Kern, welcher jetzt dunklere Farbe angenommen hat,

1) Untersuchung über die Entwicklung der Geschlechtsorgane und der Vorgang der Befruchtung bei *Cycas revoluta*. Journ. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Vol. XII, 1898, p. 182. (Dieselbe Arbeit wurde in den „Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXXII, 1898“ veröffentlicht.)

2) Spermatogenesis and Fecondation of *Zamia*. Bulletin No. 2 Bureau of Plant Industry; U. S. Dept. Agr. 1901 p. 50.

3) l. c., S. 185.

4) l. c., S. 56.

immer deutlich unterscheiden. Der von IKENO¹⁾ beschriebene Schwanz ist nicht vorhanden, und habe ich bei mehreren hundert von mir beobachteten Spermatozoiden keinen einzigen Fall gesehen, wo dieselben Schwänze getragen hätten.

Je zwei Spermatozoiden findet man in jedem Pollenschlauche und zwar am proximalen Ende desselben. Vor ihrer Bewegung bilden die zwei Spermatozoiden eine Kugel, welche mit dem sogenannten Doppelzylinder²⁾ in Verbindung stehen. Jedes Spermatozoid ist also halbkugelig mit dem Kopf nach der Anssenseite gerichtet (Fig. 1). Nach IKENO³⁾ sind die beiden Spermatozoiden ganz nackt, und dasselbe will WEBBER⁴⁾ auch bei *Zamia* gesehen haben. Dagegen sind sie bei *Ginkgo* mit einer festen gemeinsamen Membran umhüllt, wie FUJII⁵⁾ und ich⁶⁾ schon festgestellt haben.

Ich habe auch bei *Cycas* eine sehr dünne Membran um die zwei Spermatozoiden gesehen, doch konnte ich nicht mit Sicherheit feststellen, ob diese Membran den Spermatozoiden angehört oder etwa nur der Hautschicht des im Pollenschlauche befindlichen Protoplasmas zuzurechnen ist.

Das distale Ende des Pollenschlauches ist fein verzweigt und dringt in das Nucellusgewebe wie eine Wurzel ein (Fig. 6). Kurz vor der Befruchtung verlängert sich das proximale Ende des Schlauches, und man findet um die Befruchtungszeit den Schlauch an dünnem Nucellusgewebe in der Archegonialhöhle⁷⁾ aufgehängt. Die Länge des an dem Nucellusdache herabhängenden Pollenschlauches ist gewöhnlich $1-1\frac{1}{2}$ mm, und man kann den Schlauch mit unbewaffneten Augen als winziges Tröpfchen erkennen. Mit der Lupe konnte man die Form und Gestalt des Schlauches deutlich erkennen, und kann man gleichzeitig die am proximalen Ende des Schlauches befindlichen Spermatozoiden als weisse Punkte wahrnehmen. Die Zahl der Pollenschläuche in einer Samenanlage variiert zwischen 1 bis über 20. Ich habe einmal in einer Samenanlage 24 Pollenschläuche beobachtet. Die Zahl 5—10 scheint am häufigsten vorzukommen.

Um die Spermatozoiden zu untersuchen, legt man ein Stück vom Nucellusgewebe mit Pollenschläuchen in Zuckerlösung auf den Ob-

1) l. c., S. 185.

2) HIRASE, Étude sur la fécondation et l'embryogénie du *Ginkgo biloba*. (Second Mémoire). Journ. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Vol. XII, 1898, p. 109.

3) l. c., S. 178 ff.

4) l. c., S. 51 ff.

5) On the Morphology of the Spermatozoid of *Ginkgo biloba*. (Japanisch). Bot. Mag., Tokyo, Vol. XIII, 1899.

6) On the Spermatozoid of *Ginkgo*. (Japanisch.) Bot. Mag., Tokyo, Vol. XII, 1898. — The Spermatozoid of *Ginkgo*. Journal of Applied Microscopy, Vol. V, 1902.

7) Cavité endospermique nach WARMING, Endospermhöhle nach IKENO (l. c., S. 191) und Archegonial chamber, nach WEBBER (l. c., S. 63).

jektträger und schneidet die Schläuche sorgfältig mit dem scharfen Messer von dem Nucellus ab. Die Beobachtung kann am besten in 10prozentiger Rohrzuckerlösung ohne Deckglas geschehen. Wenn die Spermatozoiden ganz reif sind, fangen sie bald an sich zu bewegen und trennen sich voneinander, um sich gleich im Pollenschlauche hin und her zu bewegen (Fig. 2—4). Ich habe oft beobachtet, dass die Spermatozoiden im Pollenschlauche eine bis drei Stunden ihre Bewegung fortsetzten. In einem Pollenschlauche habe ich zwei Spermatozoiden gesehen, die ihre Bewegung lebhaft 3 Stunden und 40 Minuten fortsetzten, dann wurde diese etwas langsamer, und eins von den beiden stellte nach einer weiteren Stunde seine Bewegung völlig ein, während das andere die langsame Bewegung noch weiter fortsetzte und erst nach 6 Stunden und 20 Minuten ganz bewegungslos wurde. Ich habe noch ein anderes Spermatozoid beobachtet, dessen Bewegung etwa $5\frac{1}{2}$ Stunde dauerte. Wie lange die aus dem Pollenschlauch herauskommenden Spermatozoiden in Zuckerlösung ihre Bewegung fortsetzen können, habe ich nicht festgestellt, weil ich sie meistens gleich zu verschiedenen Versuchen gebraucht habe. Ich habe jedoch solche Spermatozoiden wenigstens 20 Minuten in Bewegung beobachtet.

Während der Befruchtung sieht man die Spermatozoiden oft aus der Schnittstelle des Pollenschlauches herauskommen. Ich habe auch einigemal gesehen, dass die Spermatozoiden aus dem Proximalende des Schlauches plötzlich durch Explosion herauskommen. Die letztere Erscheinung ist wahrscheinlich dasjenige, was wirklich bei der Befruchtung stattfindet.

Die Vorwärtsbewegung der Spermatozoiden ist stets mit einer Rotation um die Hauptachse des Körpers, die von oben gesehen wie der Uhrzeiger geht, verbunden, und kann man sie wohl als Schraubebewegung oder Helicoidalbewegung bezeichnen. Oft bewegen sich die Spermatozoiden in einer geraden Linie, und daher kann man die Geschwindigkeit sehr leicht feststellen. Ich habe verschiedene Male die Zeit gemessen, die ein Spermatozoid braucht, um das Gesichtsfeld des Mikroskopes zu durchwandern. Ich habe gefunden, dass die Spermatozoiden im günstigen Falle die Geschwindigkeit von $0,7\text{ mm}$ per Sekunde zeigten, d. h. sie bewegen sich in einer Sekunde drei und ein halbmal soviel vorwärts als ihre Körperlänge beträgt.

Ich habe auch einige Versuche über die Chemotaxis der Spermatozoiden ausgeführt. Bei diesen Versuchen kam die bekannte PFEFFER'sche Kapillarmethode zur Anwendung. Die Durchmesser der benutzten Glaskapillaren waren etwa $250\text{--}300\ \mu$. Die an einem Ende zugeschmolzene und mit Versuchslösung gefüllte Kapillare wurde in die Zuckerlösung hineingeschoben, um dieses offene Ende nahe an die in der Lösung schwimmenden Spermatozoiden zu

bringen. Zuerst habe ich apfelsaures Natron in verschiedenen Konzentrationen, nämlich $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$ Mol. Lösung angewendet, ohne eine bemerkenswerte Wirkung zu konstatieren. Bei $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{500}$ Mol. Lösungen von Apfelsäure zeigten die Spermatozoiden auch keine Reaktion. Die $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{200}$ Mol. Lösungen von maleinsaurem Natrium, $\frac{1}{200}$ Mol. Lösung von fumarsaurem Calcium und $\frac{1}{100}$ Mol. Lösung von weinsaurem Natrium waren auch wirkungslos geblieben. Die zwei Alkalisalze, nämlich Kaliumchlorid und Calciumchlorid in $\frac{1}{20}$ Mol. Lösungen ergaben auch keine Reaktion. Zuletzt habe ich zwei Alkaloidsalze, nämlich schwefelsaures Atropin und salzsaures Chinin, je in $\frac{1}{100}$ Mol. Lösung angewendet, aber auch ohne Erfolg.

Die neuen Ergebnisse über die Untersuchungen von fossilen Cycadofiliceen (Pteridospermeen) haben die Verwandtschaft zwischen Farnen und Cycadeen deutlich gezeigt.¹⁾ Andererseits erkennt man aus den neuen Untersuchungen über die Chemotaxis von Pteridophytenspermatozoiden, dass die Apfelsäuresalze nicht nur für die Spermatozoiden echter Farne, sondern auch für die von *Salvinia*²⁾, *Isoëtes*³⁾ und *Equisetum*⁴⁾ spezifische Reizmittel sind. Deshalb denkt man auch in diesem Falle unwillkürlich an Apfelsäuresalze als spezifische Reizmittel. Aus den negativen Resultaten aber, welche ich erhalten habe, lässt sich nichts Bestimmtes schliessen, weil meine Versuche noch mangelhaft sind, weswegen wir noch weiterer Untersuchungen bedürfen.

Gerade in der Befruchtungszeit findet man oft die Archegoniumhöhle mit Flüssigkeit gefüllt. IKENO⁵⁾ hat die Vermutung ausgesprochen, dass dieser Saft grossenteils aus dem weiblichen Organe her stammt. Dagegen meint WEBBER⁶⁾, dass er hauptsächlich aus dem Pollenschlauch her stamme. Nach meiner Beobachtung kann ich nur der Meinung von WEBBER zustimmen, und zwar deswegen. Dieser Saft zeigt deutliche Säurereaktion auf Lakmuspapier, und ebenso starke Säurereaktion findet man auch im Inhalt des Pollenschlauches. Der Inhalt des Archegoniums zeigt aber Alkalireaktion auf dem Lakmuspapier. Ich habe auch gefunden, dass, wenn dieser

1) Vergl. z. B. OLIVER and SCOTT, On the Structure of the Palaeozoic seed *Lagenostoma Lomaxi*, with a statement of the Evidence upon which it is referred to *Lyginodendron*. Phil. Trans. Roy. Soc. London. Ser. B, Vol. 197, 1904.

2) SHIBATA, Studien über die Chemotaxis der *Salvinia*-Spermatozoiden. Bot. Mag., Tokyo, Vol. XIX, 1905.

3) SHIBATA, Studien über die Chemotaxis der *Isoëtes*-Spermatozoiden. Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XLI, 1905.

4) SHIBATA, Über die Chemotaxis der Spermatozoiden von *Equisetum*. Bot. Mag., Vol. XIX, 1905. LIDFORSS, Über die Chemotaxis der *Equisetum*-Spermatozoiden. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XXIII, 1905.

5) l. c. S. 191.

6) l. c. S. 64.

Saft vorhanden ist, die sämtlichen Pollenschläuche oder wenigstens der grosse Teil derselben leer ist, und deshalb kann ich der Angabe IKENO's, der die Fälle angetroffen haben will, in denen bei intakten Pollenschläuchen eine Menge Saft schon in der Archegoniumhöhle vorhanden ist, nicht beistehen. Wenn auch dieser Saft grossenteils aus Archegonien herstammte, würde es nicht sehr wahrscheinlich sein, dass in diesem Saft schwimmende Spermatozoiden durch die Archegonien angelockt werden, weil die Untersuchungen von PFEFFER¹⁾, SHIBATA²⁾ u. a. gezeigt haben, dass bei der chemotaktischen Empfindlichkeit der Pteridophytenspermatozoiden das WEBER'sche Gesetz auch seine Gültigkeit bewährt, d. h., wenn in der Aussenflüssigkeit der Reizstoff schon vorhanden wäre, müsste die Anlockungslösung vielfach stärker sein, um die Spermatozoiden anziehen zu können³⁾.

Dashisha College, Kyoto.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Zwei Spermatozoiden auf dem „Doppelzylinder“ sitzend, am proximalen Ende des Pollenschlauches. Vergr. 66.
„ 2. Dieselben. Anfang der Bewegung. Vergr. 66.
„ 3. Trennung der Spermatozoiden voneinander und von dem „Doppelzylinder“, welcher jetzt zerrissen ist. Vergr. 66.
„ 4—7. Die freie Bewegung der Spermatozoiden im Pollenschlauch. Vergr. 66.
„ 8—9. Zwei Seitenansichten der Spermatozoiden. Vergr. 120.
„ 10. Spermatozoid von oben gesehen. Vergr. 120.
„ 11. Spermatozoid im optischen Schnitte. Vergr. 120.
„ 12. Spiralband von unten gesehen. Vergr. 120.

13. G. Tischler: Über die Entwicklung der Sexualorgane bei einem sterilen Bryonia-Bastard.

Mit Tafel VII.

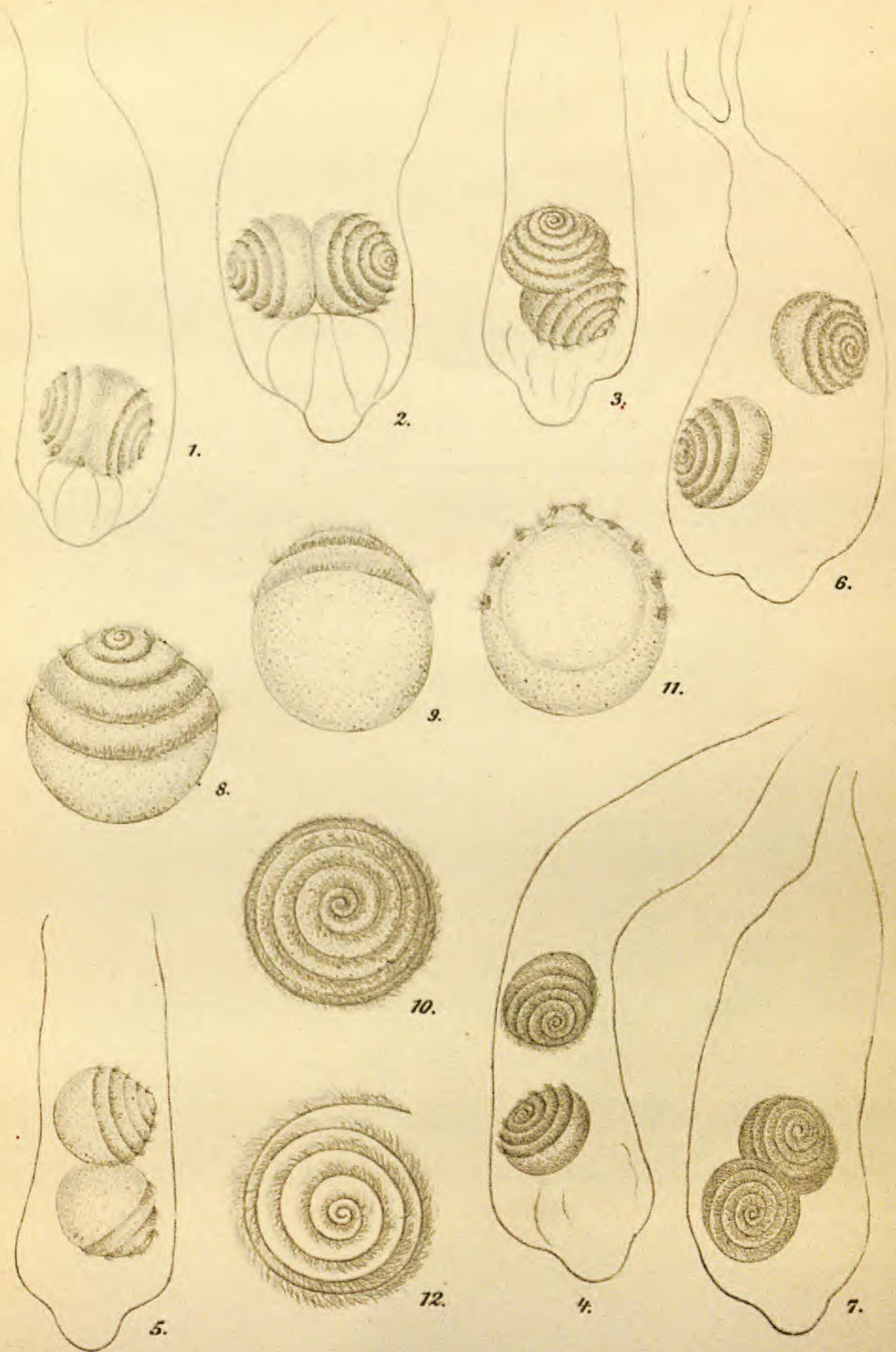
Eingegangen am 17. Februar 1906.

Während eines Aufenthaltes in Leipzig im August vorigen Jahres bot sich mir durch die Liebenswürdigkeit von Herrn Prof. CORRENS eine Gelegenheit dar, dessen seit Jahren gepflegte Hybridenkulturen in Augenschein zu nehmen. Mein Führer machte mich dabei nament-

1) Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Unters. aus dem Bot. Inst. Tübingen. Bd. I, 1884; Bd. II, 1888.

2) l. c.

3) Am Schlusse dieser Arbeit möchte ich nicht versäumen, den beiden Herren Dr. K. SHIBATA und Prof. S. IKEDA für ihre freundlichen Unterstützungen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.



K. Miyake gez.

E. Laue lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Miyake Kiichi

Artikel/Article: [Über die Spermatozoiden von *Cycas revoluta* 78-83](#)