

## 49. G. Lopriore: Über die Vielkernigkeit der Pollenkörner und Pollenschläuche von *Araucaria Bidwillii* Hook.

Mit Tafel XV.

Vorläufige Mitteilung.

Eingegangen am 28. Juli 1905.

Im botanischen Universitätsgarten zu Catania wächst ein prächtiges, etwa 50 Jahre altes Exemplar von *Araucaria Bidwillii*, welches erst seit 7—8 Jahren begonnen hat, Blüten und Früchte zu tragen.

Die männlichen Zapfen bilden sich in der Anzahl von 2—3 an der Spitze einjähriger Zweige. Während diese über die Zapfen hinauswächst, nehmen letztere je nach ihrer Anzahl eine ungefähr opponierte oder quirlige Stellung ein, indem sie von 6—7 spiralig angeordneten kleinen Blättern getrennt werden. Die ursprünglich zylindrische Gestalt wird auch nach vollendetem Längenwachstum des Zapfens beibehalten, wobei dieser die beträchtliche Länge von 15—20 *cm* erreicht. Mit der Reife nimmt die dem Licht zugewendete Seite in Zusammenhang mit der Anhäufung von Gerbsäure eine ausgesprochene rötliche Rostfarbe an und krümmt sich stark nach aussen, während die innere Schattenseite grün bleibt.

Die männlichen Zapfen bestehen aus zahlreichen Sporophyllen, welche in spiraliger Stellung an der Achse einander folgen und an ihrer Unterseite eine wechselnde Anzahl, meist 13, Pollensäcke tragen. Sie sind bedeutend zahlreicher als die weiblichen Zapfen, welche sehr spärlich an den obersten Zweigen vorkommen und dadurch nicht leicht zu sammeln sind. Mit der Reife vertrocknen die Sporophylle und werden dadurch voneinander entfernt, während der Pollen durch die an der freien, äusseren Seite der Pollensäcke gebildeten Längsrisse reichlich ausgestreut wird.

Die Pollensäcke haben eine zusammengedrückte, polyedrische oder zylindrische Gestalt und zeigen auf dem Querschnitte eine aus fast palissadenförmigen Zellen gebildete Epidermis, deren Aussenwand bogenartig hervorgewölbt ist, ferner ein schwammiges, mehrschichtiges Fasergewebe, ein meist dreischichtiges Wandgewebe von tangential gestreckten Elementen und nach innen zu ebenfalls tangential gestreckte Tapetenzellen. Das sporogene Gewebe erfüllt zuerst gleichmässig die Höhlung der Pollensäcke. Sowie aber die aus ihm hervorgegangenen Archesporozellen zuerst Tetraden und dann Mikrosporen bilden, entstehen viele Intercellularen, welche die Entleerung der Pollensäcke zum Teil begünstigen.

Die Palissadenzellen gehen allmählich in der Nähe der präformierten Dehiszenzlinie in ein kleinzelliges Gewebe über, dessen Elemente sehr dünnwandig bleiben und dadurch das Öffnen der Pollensäcke mittels der Längsrisslinie erleichtern.

Im Fasergewebe liegen Harzgänge, welche auch in anderen Organen dieser Pflanze vorkommen<sup>1)</sup>, und eigentümliche, einfache oder verästelte, mit Kristallen von oxalsaurem Kalk übersäte Idioblasten von langer Gestalt, welche parallel zur Längsachse der Pollensäcke liegen, mitunter an den Enden der letzteren auch quergestellt sind. Infolge ihrer mächtigen Entwicklung und grossen Härte werden diese Idioblasten durch die Schneide des Mikrotommessers oft aus dem Gewebeverband herausgerissen und finden sich teils ganz, teils in Bruchstücken im Präparate zerstreut, wo sie dadurch störend wirken.

Mit der Reife der Pollensäcke kollabieren die Zellen des Faser- und Wandgewebes, während die Tapetenzellen resorbiert werden. Es findet zugleich eine auffallende Verdickung der Radialwände der Epidermiszellen statt, während die Aussenwand dünn bleibt und sich faltet. Diese eigentümliche Verdickung erinnert lebhaft an die der Zellen des Annulus des Sporangiums einiger Farne, und wie bei diesen, wird sie wahrscheinlich eine biologische Rolle in dem Mechanismus des Öffnens der Pollensäcke spielen.

Die Pollenkörner sind von kugelige Gestalt, und nur selten behalten sie die ursprüngliche, gerundet-tetraëdrische oder längliche Form.

Exine und Intine sind durch verschiedene Farbe und Mächtigkeit deutlich von einander unterschieden. Erstere zeigt eine gelbe, letztere eine blass-bräunliche Farbe.

Die Exine besitzt keine besondere Skulptur und keine präformierte Öffnung für den Durchtritt des Keimschlauches. Bei der Keimung wird sie von der Intine nicht geschieden, wie es etwa bei einigen Coniferen und *Ephedra*-Arten geschieht<sup>2)</sup>. Nur bei Pollenkörnern, die mehrere Keimschläuche gebildet haben, wird sie an der Basis derselben in Schuppen abgeschieden. Bei der Keimung tritt sehr oft eine Sonderung in zwei Schichten deutlich hervor.

Die Intine kann doppelt so dick sein als die Exine, lässt eine deutliche Schichtung erkennen und zeigt einen inneren welligen Umriss.

Mit einer frischen Chlorophylllösung behandelt lassen die Pollenkörner eine sehr deutliche Differenzierung der Exine und Intine erkennen. Die erstere färbt sich intensiv grün, die letztere blassgrün. Auch mit Sudan ist die Differenzierung sehr deutlich; denn die Exine

1) BORZÌ, Biologia della germinazione dell'*Araucaria Bidwilli*. Estratto Contr. Biol. veg. Vol. III. 1905, p. 6.

2) CAVARA, Sulla germinazione del polline nelle *Ephedra*. Boll. Accad. Gioenia, Catania, maggio 1904, p. 3—9.

färbt sich weinrot, die Intine gelb. In der ersteren ist sogar eine äussere, tiefer gefärbte und eine innere, blassere Schicht zu erkennen.

Diese Reagentien sowohl wie die GRÜBLER'sche Alkannatinktur dienen zur Identifizierung der von der Exine ausgeschiedenen Harztropfen, welche sich mit letzterer innerhalb 1—2 Stunden braun färben. Diese weinrote Färbung zeigt sich auch in der äussersten Schicht der Exine, welche wahrscheinlich mit Harz durchtränkt ist, ebenso wie in der innersten Schicht der Intine. Werden die Pollenkörner erst mit Alkohol, dann mit Alkannatinktur behandelt, so findet keine Bräunung der Tropfen und der Exine mehr statt. Ein ähnliches Verhalten gegenüber den oben genannten Reagentien zeigen auch die grossen von den Zweigen ausgeschiedenen Harztropfen.

Die Pollenkörner sind vollgepfropft mit Stärkekörnern, welche die Beobachtung stören. Bei Pollenkörnern, die bei künstlicher Keimung in Kulturflüssigkeiten angeschwollen sind, wird der Inhalt mit Jodjodkalium sofort intensiv blau gefärbt. Bei trockenen Pollenkörnern tritt die Färbung erst langsam ein.

Die Keimung erfolgt am besten im Dunkeln bei einer Temperatur von 25—30° C. entweder in Birnendekokt oder in einer 12prozentigen Rohrzuckerlösung, der ein Kristallsplitter Zitronensäure zugesetzt ist, wodurch die Keimung sehr gefördert wird<sup>1)</sup>. Die Nährlösung darf nur in sehr dünner Schicht aufgetragen werden.

Die Pollenkörner keimen erst am dritten bis fünften Tage ihres Verweilens in der Nährlösung und bilden gerade, zylindrische Keimschläuche, die erst nach 8—10 Tagen ihre grösste Länge erreichen. Der Keimschlauch ist vom ersten Hervorbrechen an so dick wie im späteren Stadium. Kurze, blasenförmige Schläuche sind anormal und erinnern, wenn sie vorkommen, an die für einige Pinaceen abgebildeten Pollenschläuche. Ob eine so grosse Regelmässigkeit sich auch bei dem Durchtritt des Pollenschlauches durch das Nucellargewebe zeigt, werden spätere Untersuchungen feststellen.

Normale, zylindrische Pollenschläuche erreichen eine Länge, die das 17—20fache des Durchmessers des Pollenkornes beträgt. Wenn mehrere Keimschläuche zugleich gebildet werden, erreicht ihre gesamte Länge höchstens das 12—15fache des Pollenkorndurchmessers.

Die Bildung mehrerer Keimschläuche erfolgt successiv oder gleichzeitig. Dabei können einige an der Basis torulös werden, wenn die relativ kurze Keimungsdauer erlischt.

Im ersten Beginn der Keimung sind die jungen Keimschläuche mit Plasma und Stärkekörnern dicht gefüllt. Ersteres nimmt ausschliesslich die Spitze des Keimschlauches ein. Beim Fortwachsen

1) LOPRIORE, Azione di alcuni acidi organici sull'accrescimento della cellula vegetale vivente. Nuova Rassegna, Catania 1898.

derselben drängen die Stärkekörner teilweise nach der Spitze zu, die meisten bleiben an der Wand des Pollenkorns. Auch späterhin, wenn der Schlauch ein Viertel bis ein Drittel seiner normalen Länge erreicht hat, lassen einige Stärkekörner ihr Schichtungszentrum deutlich unterscheiden, die meisten sind aber klein und nehmen infolge ihrer Auflösung in einer Richtung längliche Gestalt an. Ihre Längsachse ist dann stets parallel mit der des Pollenschlauches.

Nicht selten platzen die Pollenkörner in den Kulturen, und zwar entweder am Beginn der Keimung oder nach Vollendung derselben. Im ersten Fall tritt aus der kuppelförmigen Spitze des Pollenschlauches der fast nur aus Stärkekörnern gebildete Inhalt langsam heraus. Nicht selten aber tritt ein vielfach gewundener Plasmaknäuel auf, zwischen dessen Windungen Stärkekörner liegen. Im allgemeinen sind die missbildeten Pollenkörner diejenigen, die zuerst platzen und die je nach der Grösse der Spaltrisse entweder nur das Plasma oder mit diesem auch die Stärkekörner heraustreten lassen.

Was die Technik anbelangt, so wurden die zu untersuchenden Sporophylle aus den mittleren Partien der Zapfen entnommen, welche täglich oder einen Tag um den anderen und zwar zu verschiedener Zeit — von Mitternacht bis 5 Uhr morgens ausgenommen — gesammelt worden waren.

Die isolierten Sporophylle wurden in verschiedene Fixierungsflüssigkeiten wie die von MERKEL, von HERMANN und in Alkoholsublimatessigsäure gebracht. Letztere lieferte die besten Resultate und wurde deshalb den anderen vorgezogen. Mit der Zeit stellte es sich heraus, dass die innersten Pollensäcke im Vergleich zu den äusseren mangelhaft fixiert worden waren, sodass ich es für gut hielt, sobald die Pollensäcke grössere Dimensionen erreicht hatten, sie von der Schuppe zu befreien und direkt in die Fixierungsflüssigkeit zu bringen, wo sie meist 24 Stunden verblieben.

Die Färbung der Schnitte erfolgte entweder unter Anwendung von HEIDENHAIN's Eisenalaun-Hämatoxylin oder mit Gentianaviolett nach BIZZOZERO's<sup>1)</sup> Methode, welche eine gute Differenzierung, besonders der Chromosomen, gestattet und zugleich die Nucleolen gut färbt. Diese Methode besteht bekanntlich darin, dass die mit absolutem Alkohol zuletzt behandelten Mikrotomschnitte 5—10 Sekunden in EHRlich's Gentianalösung (Gentianaviolett 1, Alkohol 15, Anilinöl 3, Wasser 80) gebracht werden, dann schnell mit absolutem Alkohol gewaschen, 30—40 Sekunden in 0,1 pCt. Chromsäurelösung gebracht und dann wieder mit absolutem Alkohol gewaschen werden. Überfärbte

1) BIZZOZERO, Nuovo metodo per la dimostrazione degli elementi in cariocinesi nei tessuti. Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. III, 1896, S. 24.

Präparate können erst mit Alkohol, dann 30 Sekunden mit Chromsäurelösung behandelt werden. Zuletzt werden sie durch Nelkenöl, das zugleich differenzierend wirkt, in Kanadabalsam eingeschlossen. Dieses von BIZZOZERO später angegebene Verfahren wurde seinem dem GRAM'schen entsprechenden ersten (Jod- anstatt Chromsäurelösung) vorgezogen, um nicht zugleich die massenhaft vorhandene Stärke blau zu färben und so störende Farbentöne zu vermeiden.

Mit den Feinheiten der Technik machte mich mein verehrter Freund und Kollege Herr Prof. Dr. FRIDIANO CAVARA, Direktor des botanischen Instituts zu Catania, vertraut, dem ich für die freundliche Überlassung von Material und Mitteln, ebenso für die kollegiale Teilnahme und Unterstützung meinen tiefsten Dank hier ausspreche.

Die aus dem Archespor hervorgegangenen Pollenmutterzellen bleiben nur kurze Zeit in dem Ruhestadium, bevor sie zur heterotypischen Teilung schreiten. In Übereinstimmung mit der Beobachtung von CHAMBERLAIN<sup>1)</sup> und Miss FERGUSON<sup>2)</sup> an den Pollenmutterzellen verschiedener *Pinus*-Arten treten auch bei *Araucaria Bidwillii* die verschiedenen Synapsisstadien sehr deutlich hervor. Durch Anwendung der HEIDENHAIN'schen Methode wird allerdings nicht selten der wandständige Teil des zusammengezogenen Kerns überfärbt, wenn die Präparate in den färbenden und differenzierenden Lösungen lange in derselben vertikalen Stellung liegen bleiben. Da aber auch mit Gentianaviolett gefärbte Präparate sehr schön die Synapsisstadien zeigen, so kann man von Artefakten nicht reden. Die perlschnurartigen aus Chromatinkörnchen gebildeten Fäden erheben sich wie Bündel von Fadenalgen aus der Kernwand und senden in den freien Teil der Kernhöhle mehrere parallel und eng aneinander gereihte Fäden (Fig. 1). Aus dem Fadenbündel wird gewöhnlich der eine von den zwei Nukleolen in die Kernhöhle ausgestossen.

In dem darauf folgenden Knäuelstadium sind die Fäden nicht mehr perlschnurartig, sondern homogen und dicker. Sie erstrecken sich bogenartig in die Kernhöhle und zeigen einige Diskontinuitäten. Das könnte zur Annahme veranlassen, der Knäuel wäre nicht aus einem einzigen, kontinuierlichen Faden, sondern aus wenigen Fäden zusammengesetzt. Diese haften gewöhnlich an den zwei nebeneinander liegenden Nukleolen.

Gleichzeitig oder bald danach tritt nicht selten das sogenannte Sichelstadium der Nukleolen ein, in welchem der eine von ihnen an

1) CHAMBERLAIN, Winter characters of certain sporangia. Bot. Gaz. XXV, 125.

2) FERGUSON, Contributions to the knowledge of the life history of *Pinus* etc. Proc. Wash. Acad. Sci. VI, 1894, p. 21, und XVI, 1904, p. 1—202.

der Kernwand abgeplattet erscheint, während der andere neben ihm liegt, ohne mit ihm zu verschmelzen.

Dass hier und da durch Anlagerung von Chromatinkörnern Sammelpunkte — „Gamozentren“ nach STRASBURGER<sup>1)</sup> — entstehen, kann ich wohl hervorheben, kann aber nicht behaupten, dass sie der normalen Zahl der Chromosomen entsprechen. Jene Anzahl ist manchmal grösser, manchmal kleiner, nur selten fällt sie mit letzterer zusammen.

Am Ende des diakinetischen Stadiums sind die zigarrenförmigen Chromosomen eng aneinander in der Kernplatte angereiht, fangen aber an, ihre Form zu ändern, sobald sie von den Spindelfasern erfasst und nach den Polen gezogen werden. Liegt die Fassungstelle kurz unterhalb ihres freien Endes, so nehmen sie etwa die Form einer seitlich zusammengedrückten 3 an, deren Schenkel durch den zu starken Zug oft sehr dünn und knotig erscheinen. Ein solches Verhalten tritt besonders deutlich hervor, wenn die punktförmigen Verdickungen der Chromosomen in der Äquatorialplatte aneinander greifen und sich anscheinend schwer voneinander lösen können. Werden dagegen die Chromosomen etwas weiter von ihrem freien Ende erfasst, so nehmen sie in ihrer oberen Hälfte die Form eines Hammers oder eines Spatens an (Figg. 2 und 2a). Beide Formen gehen allmählich in diejenige eines Y über, welches an den Polen eine verkehrte Stellung annimmt und den unteren Schenkel verliert.

Bei ihrer Wanderung längs den Zugfasern fangen die Chromosomen schon an, sich längs zu spalten, sodass sie an den Polen längsgespaltene V in Form vierbeiniger Gestelle darstellen (Fig. 3). Bei Polansicht und auf durch die Mitte des Bündels dieser V gehenden optischen Querschnitten hat man so viele würfel- oder vierpunktförmige Figuren, wie Chromosomen vorhanden sind (Fig. 4). Es gelang auf diese Weise, aus der Anzahl der würfelförmigen Figuren die Zahl der Chromosome festzustellen, welche sich auf 12 belaufen dürfte.

In der Anaphase ist die Teilfigur tonnenförmig und zeigt plattgedrückte, sichelförmige Tochterkerne, welche nach den Polen der ebenfalls tonnenförmig gestalteten Pollenmutterzelle gedrängt werden. Die breite, zwischen den Kernen liegende Zone wird bald von Stärke eingenommen, welche besonders im frischen Zustand der Pollenmutterzellen sich tiefblau mit Jodjodkalium färbt und als eine scharf begrenzte Mittelzone auffällig hervortritt.

In der Telophase spreizen die Schenkel der doppelt V-förmigen Chromosomen immer mehr auseinander und verteilen sich in den scharf konturierten Tochterkernen, welche bald danach einen Nukleolus zeigen und in den Ruhezustand übergehen.

1) STRASBURGER, Typische und allotypische Kernteilung. PRINGSHEIM's Jahrbücher, XXXII. Bd. 1905, S. 37.

Die homöotypische Teilung erfolgt kurz nach der heterotypischen und zeigt zwei längliche, mit der vorangehenden sich kreuzende und miteinander entweder parallel oder senkrecht stehende Spindeln. Der Vorgang ist im wesentlichen derselbe und führt zur Bildung von vier Zellen, welche nach innen zu ihre Wand allmählich verdicken.

Die Trennung dieser Pollenzellen geht langsam vor sich, während der Kern ein relativ langes Ruhestadium durchmacht und eine beträchtliche Menge Stärkekörner um sich sammelt. Wenn er sich zur Teilung anschickt, werden letztere zum Teil aufgelöst.

Bei der Teilung des Primordialkernes des Pollenkorns sind die Chromosomen im Vergleich zu denen der homöotypischen Teilung bedeutend dünner und zeigen bei ihrer Wanderung nach den Polen das eine freie Ende etwas gekrümmt, aber nicht so verdickt wie bei dieser Teilung.

Nach erfolgter Zweiteilung bleiben die Tochterkerne nur kurze Zeit in Ruhe. Der eine, der wandständige liegt in einem spindelförmigen, der Wand anliegenden Plasmabelag eingebettet und ist von dem inneren durch eine deutliche Scheidewand getrennt (Fig. 5).

Nach der ersten Teilung können zwei Fälle eintreten. Entweder teilt sich nur der innere oder mit diesem auch der wandständige Kern. Im ersten Fall superponiert sich dem letzteren einer der zwei Teilkerne in Form einer konkaven Linse, während der andere Teilkerne kugelige Gestalt annimmt und in den Ruhezustand übergeht (Fig. 6). Im zweiten Fall treten fast gleichzeitig die zwei Kerne in Teilung ein und zwar derart, dass die zwei Spindeln der Teilungsfiguren senkrecht zueinander stehen. Von den vier so entstandenen Kernen liegen die beiden zentralen (Fig. 7) kalottenförmig übereinander, während die beiden anderen sich unter ihnen nebeneinander der Wand anlegen. Von den zentralen Kernen teilt sich gewöhnlich der mittlere nochmals in paralleler Richtung zu der vorigen Teilungswand, während der andere in den Ruhezustand übergeht und kugelige Gestalt annimmt (Fig. 8).

Auf diese Weise sind aus dem primären und aus den Tochterkernen 2, 3, 4, 5 Teilkerne successiv entstanden und voneinander durch deutliche Scheidewände getrennt (Figg. 5—8). Die zwei wandständigen teilen sich nun mit zur Aussenwand des Pollenkornes senkrechten Spindeln (Fig. 9), und so geht die Teilung der daraus entstandenen Kerne oder der vorhergehenden fort, bis etwa die Anzahl von 15 erreicht ist. Später pflegen anstatt zweier drei Kerne in Teilung zu treten, so dass die zuerst fast vorwiegend ungerade Zahl bald eine gerade, bald eine ungerade, sehr rasch aber eine grosse wird und sich nicht mehr genau verfolgen lässt.

Die zuerst entstandene Pyramide von übereinander liegenden Zellen verliert allmählich ihre Regelmässigkeit, indem die zuletzt

entstandenen Kerne nach einer peripherischen Lagerung streben und durch ihre von der Mitte nach der Wand graduell zunehmende Aufnahmefähigkeit für Gentianaviolett ihre successiv erfolgte Teilung erkennen lassen (Fig. 10).

Die Zellen behalten ihre Membran solange, bis etwa 15 Kerne vorhanden sind, dann verschwindet sie, und es sind nun die Kerne isoliert im Plasma zu sehen.

In den zwei ersten zentralen Kernen habe ich keine weitere Teilung beobachten können. Ich nehme an, dass sie in den Ruhezustand übergehen und einen rein vegetativen Charakter annehmen. Vor den übrigen Kernen zeichnen sich diese beiden durch Lage, Grösse, Struktur, Form und Tinktionsfähigkeit aus. Sie liegen nämlich immer nebeneinander, können bis doppelt so gross als die übrigen werden, zeigen eine schon zeitig auftretende Neigung, sich von den übrigen zu isolieren, sind im Vergleich zu diesen von kugeligem Gestalt und lassen sich wahrscheinlich infolge ihrer lockeren Struktur nicht so intensiv färben.

Der eine von ihnen wird später mit einer Hülle von Stärkekörnern umsäumt (Fig. 11 in der Mitte); der andere entbehrt dieser. Die Stärkehülle entspricht mehr oder weniger der konzentrischen oder exzentrischen Gestalt des Kernes und ist bald scharf nach aussen begrenzt, bald aufgelockert. Sie ist aus verhältnismässig kleineren — im Querschnitt bis zehn — Stärkekörnern zusammengesetzt, welche im Plasma eingekapselt liegen. In dem Masse wie die Stärke aufgelöst wird, nimmt die Hülle an Dicke ab und wird schwammig. Sie deutet jedenfalls auf einen Ruhezustand des Kernes hin und spricht gerade nicht zugunsten seiner leichten Beweglichkeit. Auch die übrigen Kerne bleiben in Ruhe, behalten ihre undurchsichtige Struktur bei, lassen keine Scheidewand mehr zwischen sich erkennen und bleiben nun ganz frei im Pollenkorn liegen (Fig. 11).

Um Anknüpfungspunkte für das Verhalten der Kerne während der Keimung zu gewinnen, wurden Kulturen angestellt, in verschiedenen Entwicklungsstadien fixiert und in Paraffin eingebettet. Obwohl bei diesem Verfahren die Serien sehr schwer zu rekonstruieren sind, konnten doch einige Einzelheiten der Kernveränderungen besser beobachtet werden.

Die Kerne verlieren während der Keimung mit ihrer fast polyedrischen Form ihre grobe, undurchsichtige Struktur, werden heller und lassen in ihrem Gerüstwerke eine Anzahl kleiner kugeligem Körnchen erkennen. Diese Struktur würde dem Vergleich entsprechen, den STRASBURGER<sup>1)</sup> zwischen den Knotenpunkten ruhender Kerne und Bakterienkolonien gibt, „die in Gallertmasse eingebettete Einzel-

1) STRASBURGER, a. a. O. PRINGSHEIM's Jahrb. XXXII, 1905, S. 12.



bakterien, etwa runde Kokken, führen“. Letztere würden die Chromatinkörnchen, die Gallertmasse das Wabenwerk darstellen.

Diese Strukturänderung zeigt sich in allen Kernen nicht zu gleicher Zeit. Die zuletzt aus der Teilung entstandenen, sich sehr stark färbenden Kerne nehmen wahrscheinlich erst später die durchsichtige Struktur an. Bei ihrer Wanderung vom Pollenkorn in den Pollenschlauch nehmen die Kerne eine ovale Gestalt an, sind an den Enden zugespitzt und von Plasma umhüllt (Fig. 12).

Es ist nun sehr auffallend, dass die Kerne während ihrer Umwandlung und Wanderung in den Pollenschlauch den gleich nach ihrer Teilung so deutlich hervortretenden Nukleolus verlieren und aus groben kugeligen, fast gleich grossen und gleichmässig verteilten Körnchen bestehen. Nur die zwei grossen, vermeintlich vegetativen Kerne behalten den allerdings kleiner gewordenen Nukleolus bei (Fig. 13).

Ein solches Verhalten würde dem entsprechen, was von ROSEN<sup>1)</sup> bei *Scilla sibirica* beobachtet worden ist. Der vegetative Kern des Pollenkorns dieser Pflanze zeigte sehr grosse Nukleolen und ein feines, aus unregelmässigen Maschen zusammengefügtes Kerngerüst, während der generative Kern nur kleine Nukleolen enthielt, die später ganz zu verschwinden scheinen.

Über die wahre Natur der zwei grossen, sich von den kleineren so deutlich unterscheidenden Kerne können nur spätere, sich auf ihr Verhalten im Befruchtungsakt beziehende Untersuchungen Aufschluss geben. Während der Keimung sind sie die ersten, die aus einem dichten in einen lockeren Knäuelzustand übergehen. Später verhalten sie sich sehr verschieden; denn es bleiben bald einer von ihnen, bald alle zwei in der Höhlung des Pollenkornes zurück, bald befindet sich einer von ihnen an der Spitze oder in der Mitte der in den Schlauch wandernden Reihe.

Nur einmal konnte ich an der Spitze eines ausgebildeten Pollenschlauches, welcher anscheinend fast kein Cytoplasma mehr enthielt, zwei kugelige hintereinander folgende Kerne erkennen, welche durch Lage, Dimension, Form und Struktur sich deutlich von den übrigen, eine einzige Reihe bildenden Kernen unterschieden und lebhaft an die zwei grossen, oben beschriebenen Kerne des Pollenkorns erinnerten (Fig. 13). Nach Analogie mit den Befunden von JUEL<sup>2)</sup> zu schliessen, der an den Pollenschläuchen von *Cupressus* einen mehrzelligen Komplex beobachtete, könnte man die zahlreichen kleinen Kerne als Spermato- oder Generativkerne, die zwei grossen als vegetative Kerne auffassen.

In jungen kurzen Schläuchen lassen sich zwei bis drei Plasmastränge wahrnehmen, längs denen die Kerne gestreckt sind, während

1) ROSEN, Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenzellen. COHN's Beiträge. V. Bd. S. 443–458.

2) JUEL, Über den Pollenschlauch von *Cupressus*. Flora Bd. XCIII, 1904, S. 56–62.

an der Schlauchspitze dicke Plasmaanhäufungen sich zeigen, in welchen die dem Scheitel nächsten Kerne verborgen sind. In langen ausgebildeten Schläuchen ist nur ein Strang vorhanden, in dem die Kerne regelmässig gereiht liegen (Fig. 12). Nach vollendeter Keimung verdünnt sich dieser Plasmastrang derart, dass man den Eindruck gewinnt, als lägen die Kerne ganz frei.

Die Anzahl der Kerne ist sehr schwankend. Die grösste, die ich — allerdings in seltenen Fällen — konstatieren konnte, ist 44, die mittlere, die am häufigsten vorkommt, 36, die kleinste 20. Sie lässt sich eher in gekeimten als in ungekeimten Pollenkörnern bestimmen. Daher erscheint sie bei jenen grösser als bei diesen.

Bei einer so grossen Vielkernigkeit ist kaum anzunehmen, dass die Zahl der Kerne eine bestimmte sei; vielmehr wird sie von dem Entwicklungszustand des Pollenkornes und von den Ernährungsverhältnissen der Pflanze abhängig sein.

Eine Vermehrung der Kerne während der Keimung glaube ich nicht annehmen zu dürfen, denn es glückte mir nie, Kernteilungen im keimenden Korn oder im Schlauche zu beobachten, obwohl ich eifrig danach suchte, sowohl bei Objekten, die in vivo, wie bei solchen, die nach der Fixierung gefärbt waren.

Die von ZOPF<sup>1)</sup> neulich mit Flechtensporen versuchte Lebendfärbung mittels sehr stark verdünnter wässriger Methylenblaulösung erwies sich als ungeeignet; denn sobald die Keimschläuche etwa die Länge des Pollenkorndurchmessers erreicht hatten, platzten sie und liessen den Inhalt austreten. Mit Methylgrünlösung war das Resultat ebenfalls ein negatives, obwohl sich die Kerne von fixierten Pollenschläuchen sehr schön smaragdgrün mit dieser Lösung färbten und sich vom übrigen Plasma gut unterscheiden liessen. Auch bei fixierten und eingebetteten Pollenkulturen in verschiedenen Keimungsstadien glückte es nicht, Kernteilungen im Pollenschlauche wahrzunehmen.

Was die gleichmässige Verteilung der Kerne in einer Längsreihe betrifft, so ist es am wahrscheinlichsten, dass sie durch Plasma-bewegung bedingt wird. Ich konnte aber trotz langen Suchens zu verschiedener Tageszeit und bei verschiedener Beleuchtung keine Plasmaströmung wahrnehmen, so dass ich vermute, dass die Kerne entweder sehr langsam — so langsam wie die Keimung geschieht — oder vielleicht nur bei Lichtabschluss wandern.

Dass die Kerne in regelmässigem Abstand von einander liegen, erinnert lebhaft an die Erscheinung, welche GERASSIMOW<sup>2)</sup> und später VAN WISSELINGH<sup>3)</sup> in mehrkernigen Zellen von *Spirogyra* be-

1) ZOPF, Vielkernigkeit grosser Flechtensporen. Diese Berichte 1905, S. 121.

2) GERASSIMOW, Über den Einfluss des Kerns auf das Wachstum der Zelle. Moskau 1901, S. 198.

3) VAN WISSELINGH, Über mehrkernige Spirogyrazellen. Flora 1900, S. 378.

obachtet haben, in denen gleichfalls der Kernabstand bestimmten Gesetzen zu gehorchen scheint.

Eine Desorganisation der Kerne, wie etwa bei *Pinus*<sup>1)</sup> und *Taxus*<sup>2)</sup>, konnte ich nicht feststellen. Biologisch wie teleologisch ist auch nicht anzunehmen, dass einer so grossen Kernvermehrung eine Kernreduktion oder Bildung steriler Kerne vorangeht.

Dass die hier beschriebene Erscheinung auf parasitische Organismen zurückzuführen ist, scheint ausgeschlossen, da die Bildung der Kerne sich schrittweise verfolgen liess. Es wäre nun weiter zu untersuchen, ob ein ähnliches Verhalten auch bei anderen *Araucaria*-Arten und verwandten Formen vorkommt.

Die zuerst von HOFMEISTER<sup>3)</sup> an Taxineen und Juniperineen, dann von STRASBURGER<sup>4)</sup> an *Juniperus virginiana* bestätigte Bildung von 4—6 freien, sphärischen „Zellen“ bzw. Kernen im unteren Ende des Pollenschlauches beim Herannahen des Zeitpunktes der Befruchtung, ferner die Beobachtung JUEL's von einem mehrzelligen Komplex im Pollenschlauche bei *Cupressus Goveniana* dürfen nun nicht mehr als allein dastehende Tatsachen gelten, sondern erfahren durch die von mir bei *Araucaria* beobachtete Vielkernigkeit der Pollenkörner eine Erweiterung. So dürfte auch SLUDSKY's<sup>5)</sup> neue Angabe, es seien diese mehrzelligen Komplexe bei *Cupressus* „auf ein krankes Material zurückzuführen“, unbegründet sein.

Indem ich mir die Aufgabe vorbehalte, das Verhalten dieser vielkernigen Pollenschläuche im Nucellus zu verfolgen und ihre biologische Bedeutung bei der Befruchtung zu untersuchen, scheint es mir schon jetzt nicht als ungerechtfertigt, die bei der Mikrosporenceimung der *Araucaria* auftretende Zell- und Kernteilung als Antheridienbildung aufzufassen. Die Entdeckung WEBBER's<sup>6)</sup> von — allerdings nur zwei — Antherozoiden im Pollenschlauche von *Zamia floridana* lässt erwarten, dass durch spätere Untersuchungen meine Annahme sich als richtig herausstellen dürfte. Zugunsten dieser Annahme würde auch der Umstand sprechen, dass die Kerne der *Araucaria* keinem festen Zellkomplexe angehören, sondern nackt, deshalb

1) COULTER and CHAMBERLAIN, Morphology of Spermatophytes. 1903, S. 91.

2) BELAJEFF, Zur Lehre von dem Pollenschlauche der Gymnospermen. Diese Berichte 1903, S. 197.

3) HOFMEISTER, Neuere Beobachtungen über Embryobildung bei Phanerogamen. PRINGSHEIM's Jahrbücher, I, 173—175. Cf. Fig. 7—8 auf Tafel IX.

4) STRASBURGER, Coniferen und Gnetaceen. Jena 1872, S. 280. Über Befruchtung und Zellteilung. Jena 1878, S. 17. Cf. Fig. 29—31, Taf. I. Zellbildung und Zellteilung. Jena 1880, S. 49. Cf. Fig. 162—165, Taf. VI.

5) SLUDSKY, Über die Entwicklungsgeschichte des *Juniperus communis*. Diese Berichte 1905, S. 214.

6) WEBBER, The development of the antherozoids of *Zamia*. Bot. Gaz. 24: 16—22. 1897.

beweglicher und zur Wanderung besser geeignet sind: Noch günstiger für meine Auffassung scheint die Deutung OLIVER's<sup>1)</sup> zu sein, nach welcher das mehrzellige Gebilde des Pollenkornes der fossilen Cordaiten ein „Spermogon“ oder besser ein „Antheridium“ darstellt, in dem jede Zelle ein Spermatozoid erzeugt. In der Tat zeigen die Cordaiten<sup>2)</sup> viele Beziehungen einerseits zu den Cycadeen, andererseits zu den Coniferen, spezieller zu den Ginkgoaceen und Taxaceen.

Fernere Untersuchungen werden nun zeigen, welche Stufe die Araucarieae in Bezug auf die Entwicklung ihres männlichen Prothalliums in der systematischen Gliederung der Gymnospermen einnehmen und ob sich der normale, zweikernige Typus aus dem vielkernigen, generativen Komplex entwickelt hat oder umgekehrt.

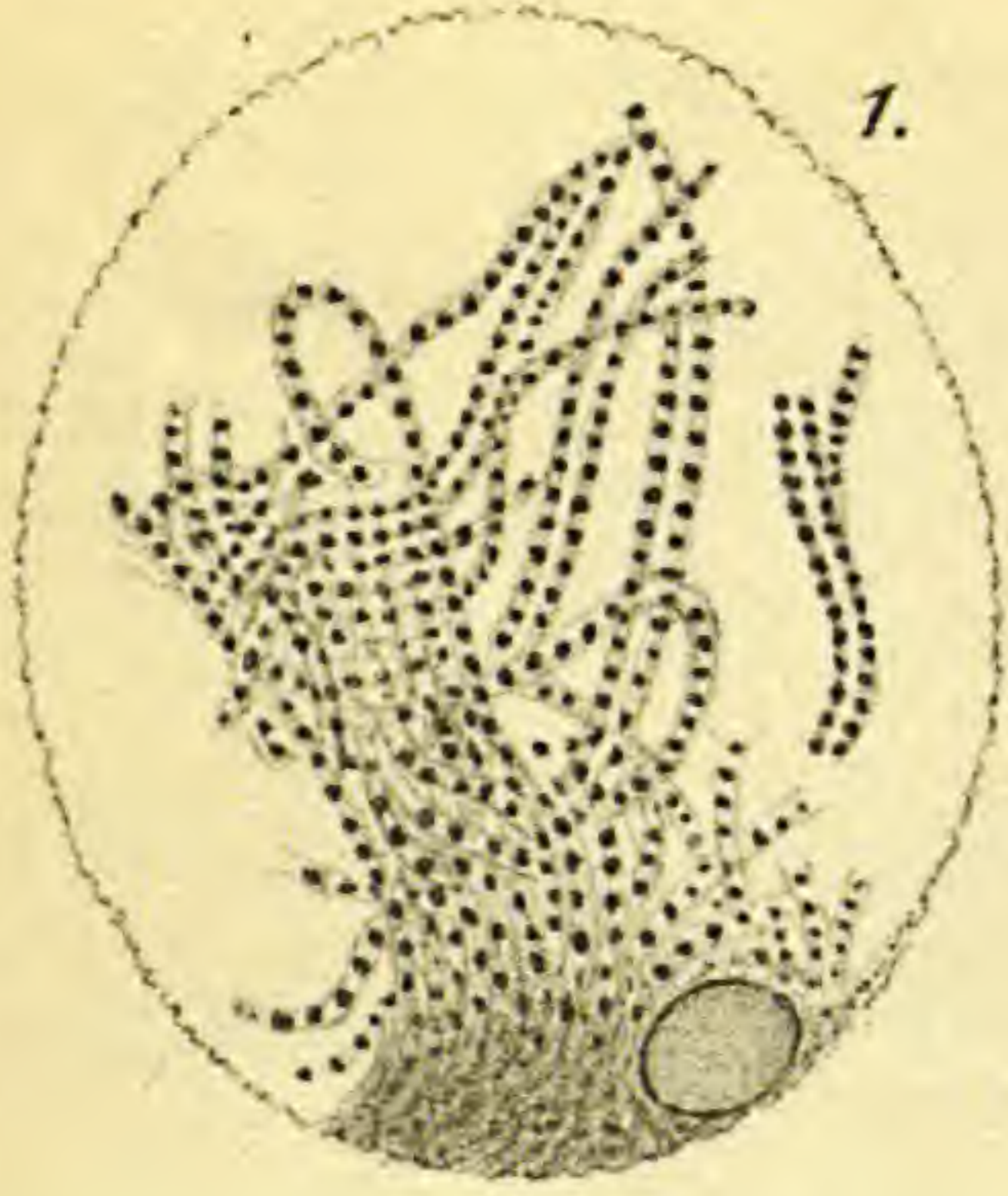
### Erklärung der Abbildungen.

Sämtliche Figuren mit Ausnahme der beiden letzten wurden nach Mikrotomschnitten mit Hilfe der ABBE'schen Camera lucida gezeichnet, unter Anwendung der ZEISS'schen apochr. homog. Imm. 2,0 mm und Comp.-Okular 8; Vergr. 1000.

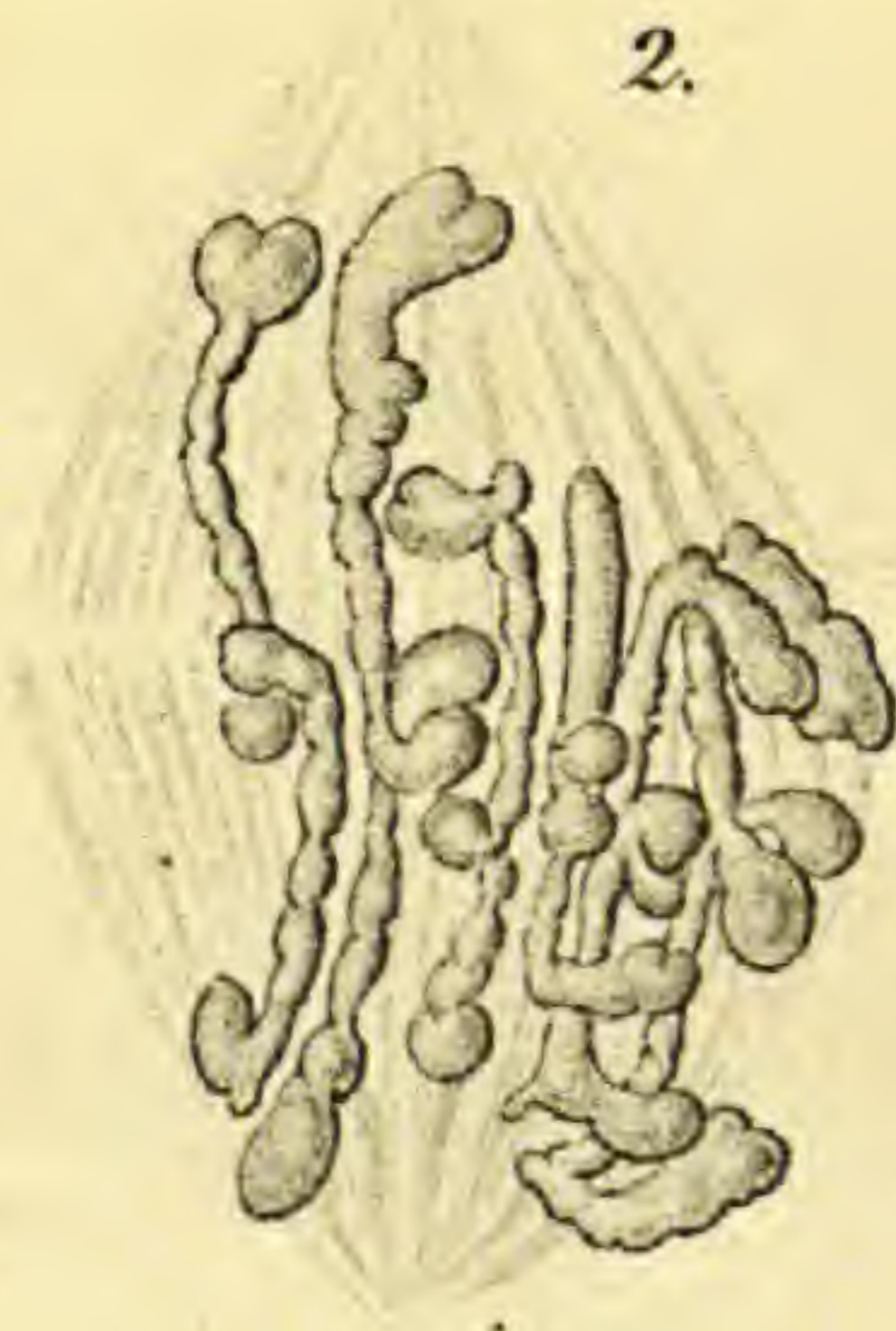
- Fig. 1. Kern einer Pollenmutterzelle in Beginn des Synapsisstadium. Aus dem Bündel der perlschnurartigen Fäden erheben sich mehrere parallel und eng nebeneinander laufende Fäden. Rechts liegt ein derartiger Doppelfaden isoliert, der später voraussichtlich zu einem einzigen verschmelzen wird.
- „ 2. Heterotypische Teilung. Längsschnitt durch die in der Kernplatte liegenden Chromosomen. Die äusseren Chromosomen sind auf der Wanderung nach den Polen begriffen, haften noch aneinander und verdicken ihren oberhalb der Fassungstelle der Zugfasern liegenden Teil, während das unterliegende Stück verdünnt und ausgezogen erscheint.
- „ 2 a. Querschnitt oberhalb der Kernplatte, 12 Paare Chromosomen zeigend.
- „ 3. Schief längsgeschnittenes Diaster. Die Chromosomen der am Ende der Metaphase befindlichen Tochterkerne sehen wie vierbeinige Gestelle aus.
- „ 4. Gleiches Stadium wie 3 im Querschnitt. Die längsgespaltene Chromosomen eines Tochterkernes von der Teilungsebene aus gesehen erscheinen würfelförmig.
- „ 5—10. Successive Teilungsstadien des Primordialkernes und der aus ihm hervorgegangenen Tochterkerne. Der voraussichtliche „Vegetativkern“ hält sich nach den ersten Teilungsstadien von den übrigen abgesondert. Die als helle Linien erscheinenden Zellwände lassen sich wegen der massenhaft vorhandenen Stärke oft nicht genau verfolgen.
- „ 11. Querschnitt durch ein fertiges, mit Stärke vollgepfropftes Pollenkorn. Ein „Vegetativkern“ liegt in der Mitte, von einer Stärkehülle umsäumt. Die umliegenden Kerne zeigen eine grobe undurchsichtige Struktur.
- „ 12. Gekeimtes Pollenkorn. Im Pollenschlauch liegen die Kerne in einer einzigen Reihe. Fünf von ihnen sind an der Spitze im Plasma verborgen. Vergr. 80.
- „ 13. Spitze eines Pollenschlauches mit zwei terminalen runden „Vegetativkernen“ und vier in gleichem Abstand liegenden „Spermakernen“. Vergr. 350.

1) OLIVER, The ovules of the older Gymnosperms. Ann. of Bot., 1903, S. 458.

2) POTONIÉ, Lehrbuch der Pflanzenpaläontologie. Berlin 1899, S. 270.



1.



2.



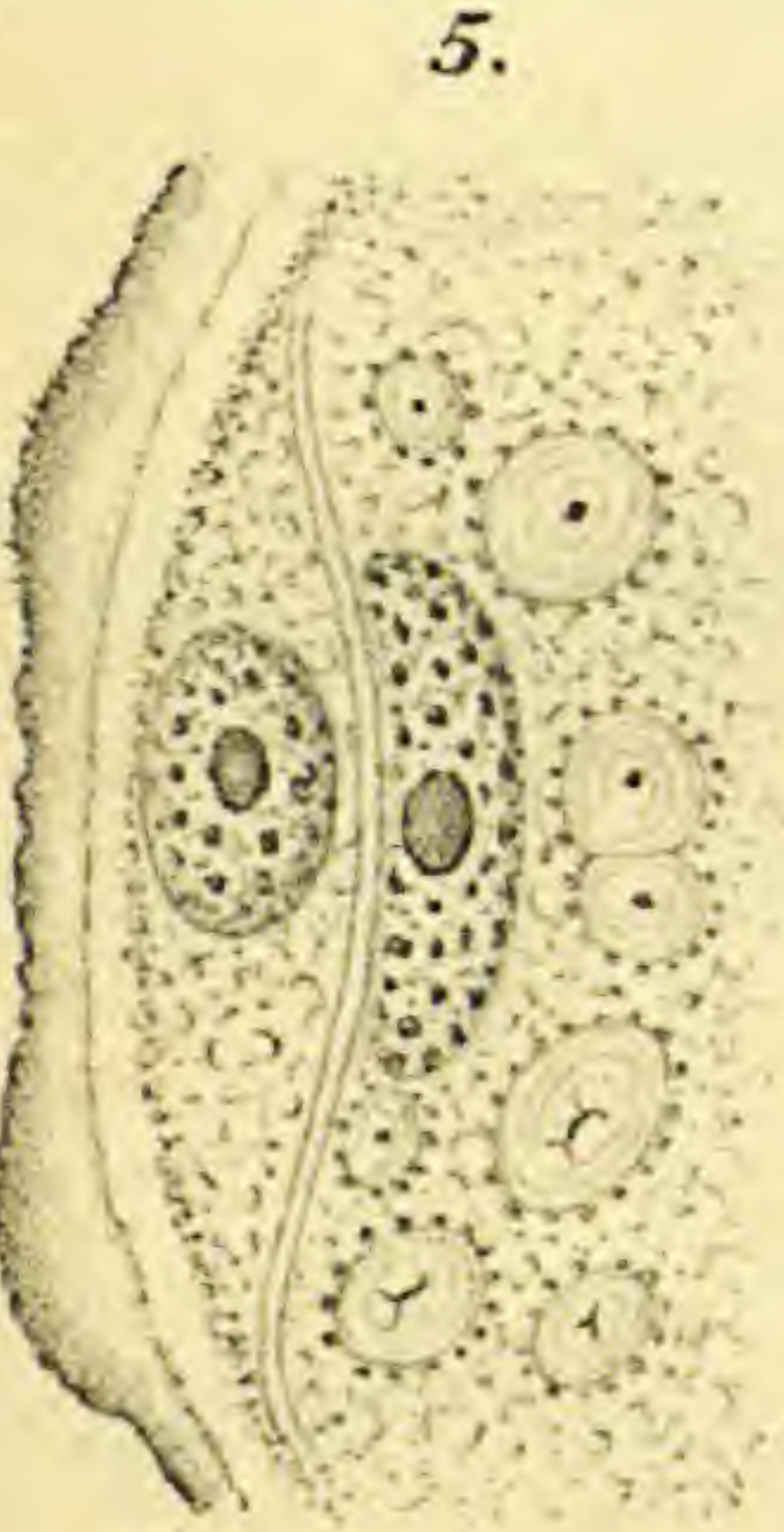
2a



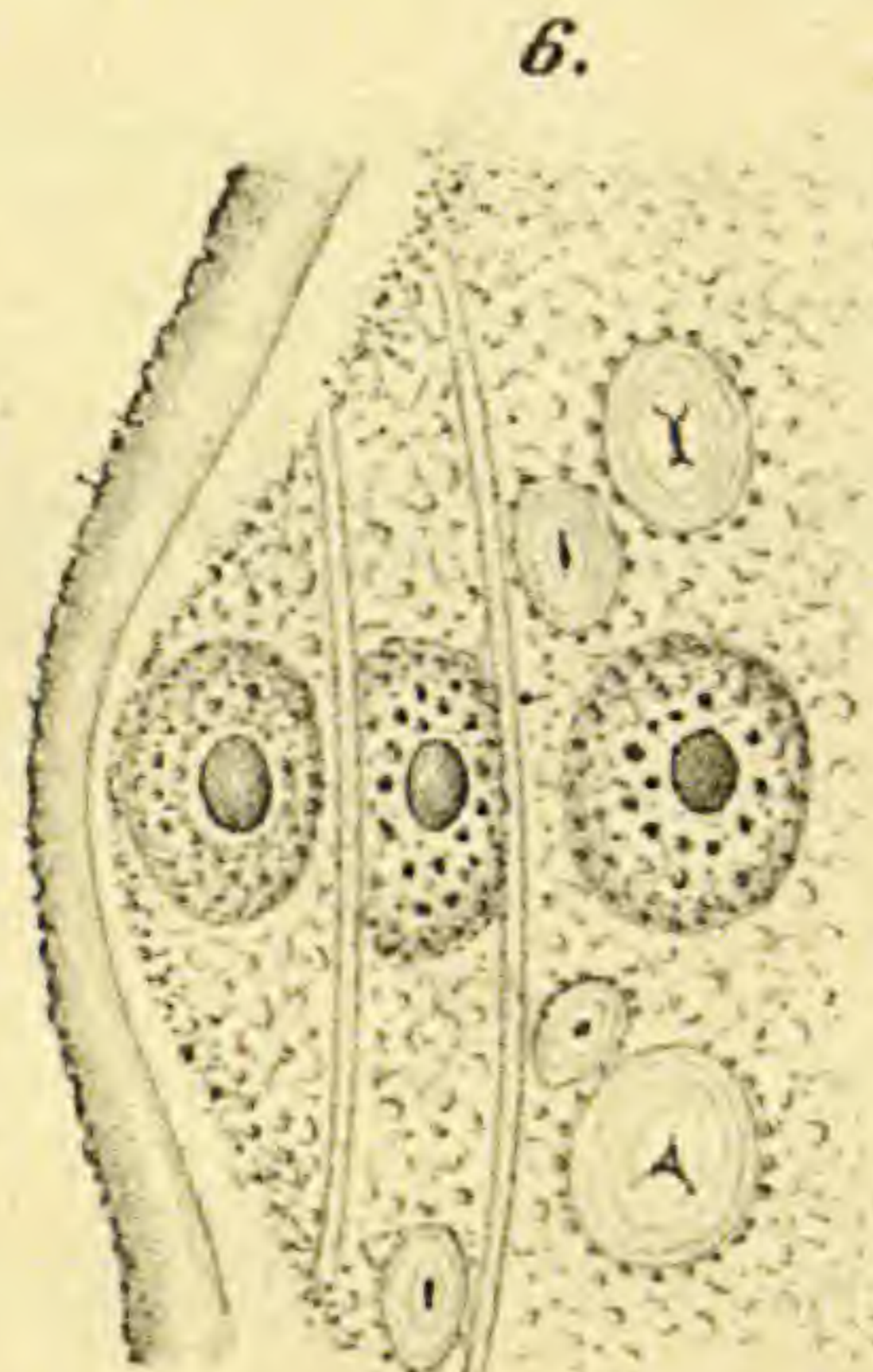
3.



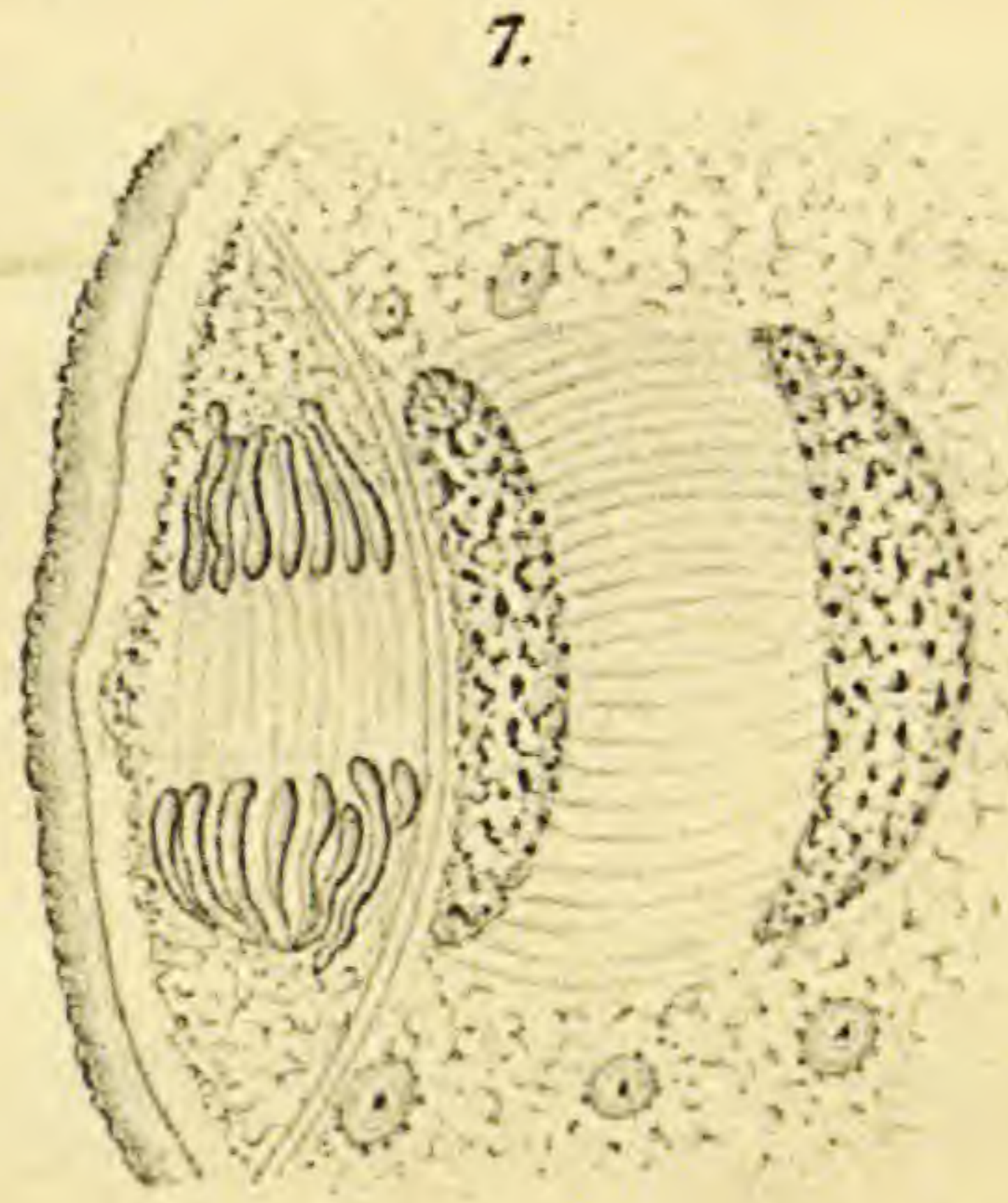
4.



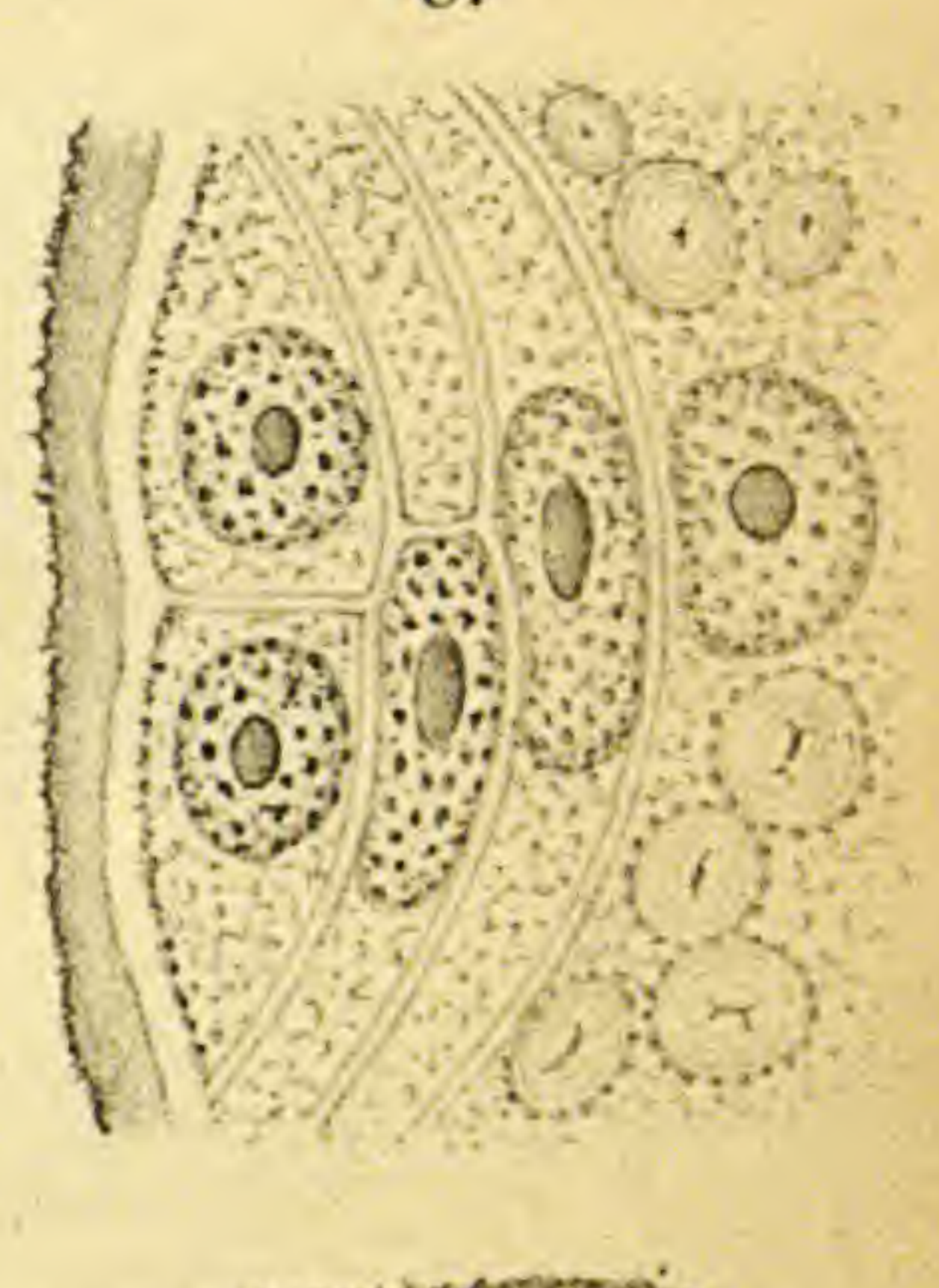
5.



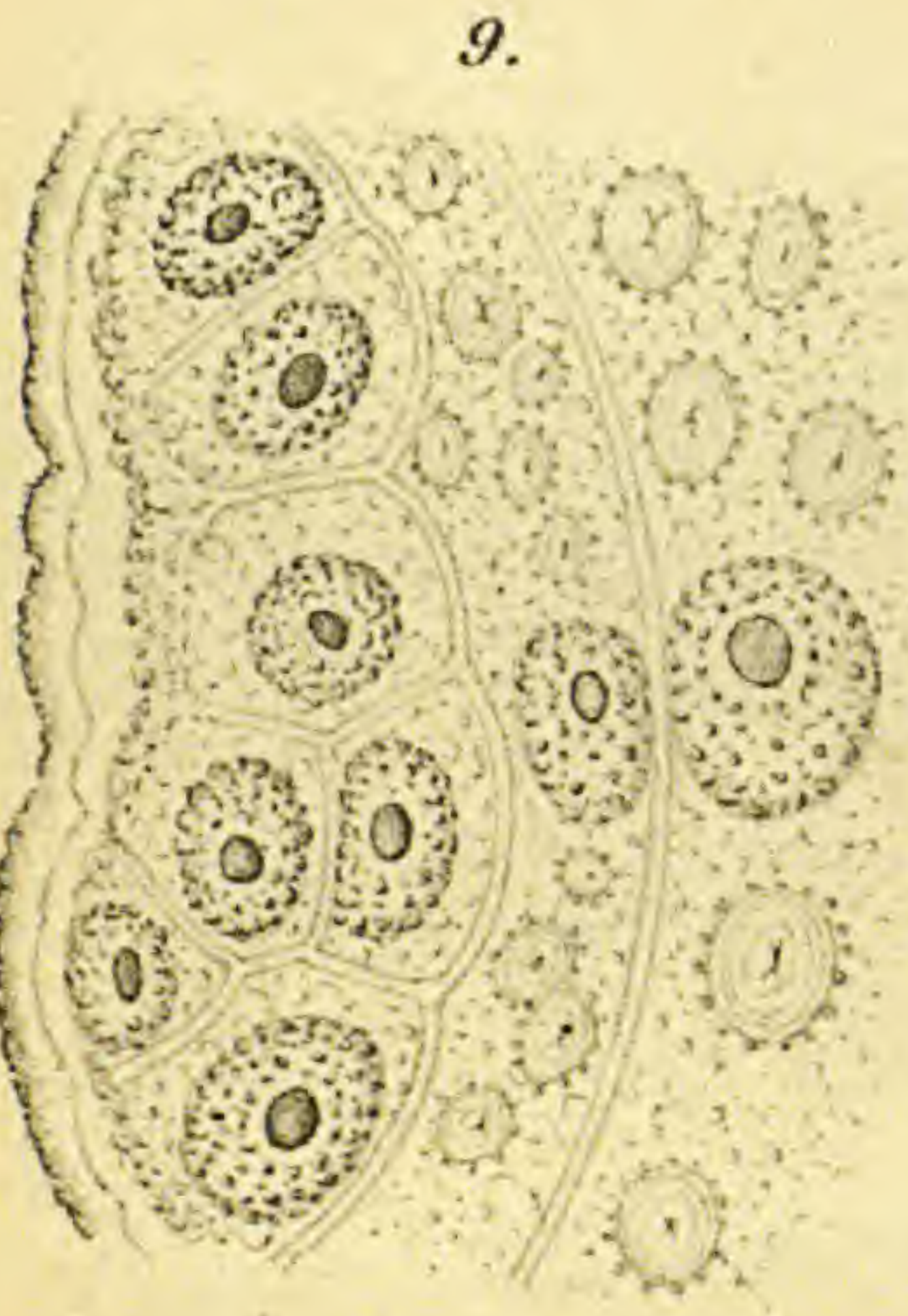
6.



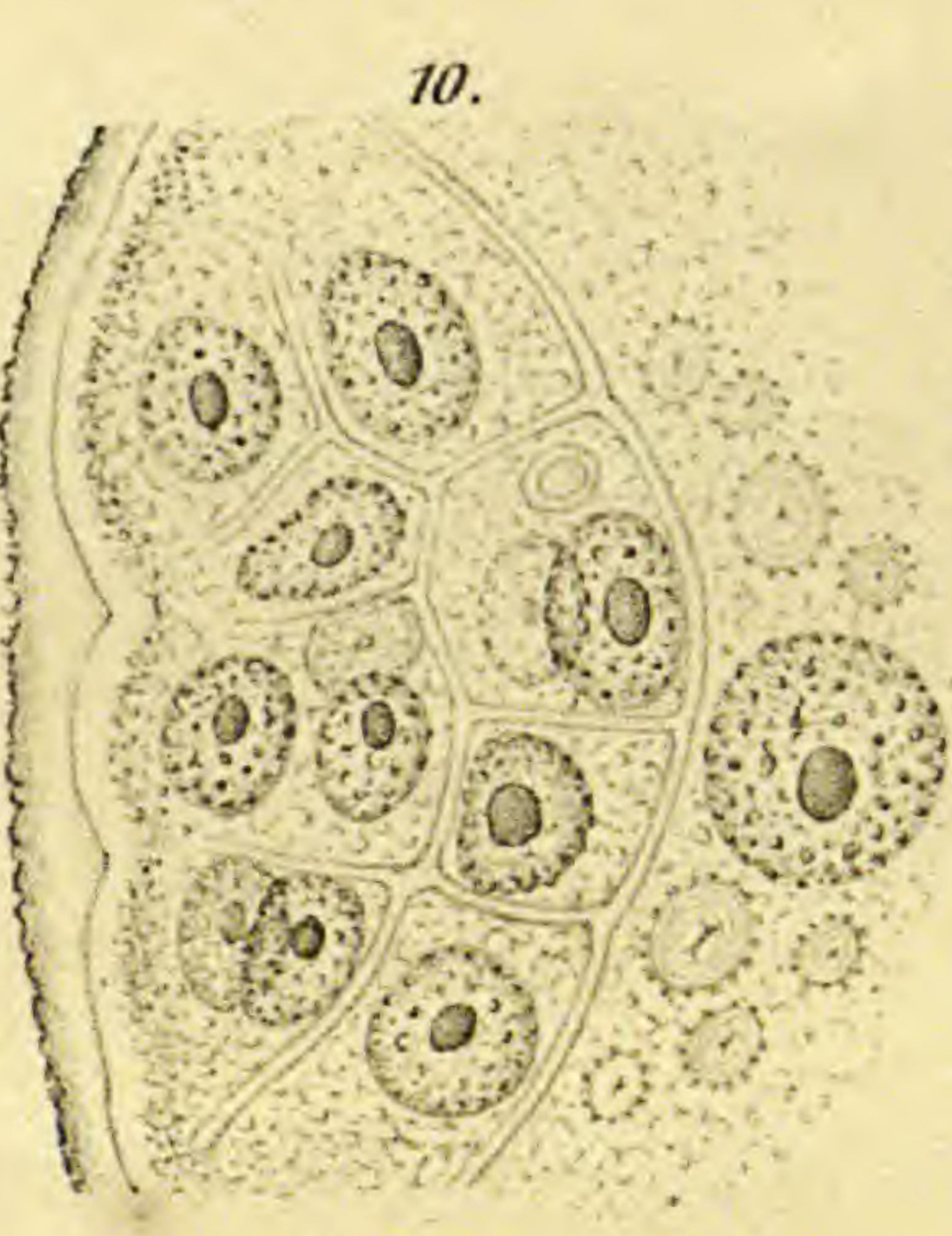
7.



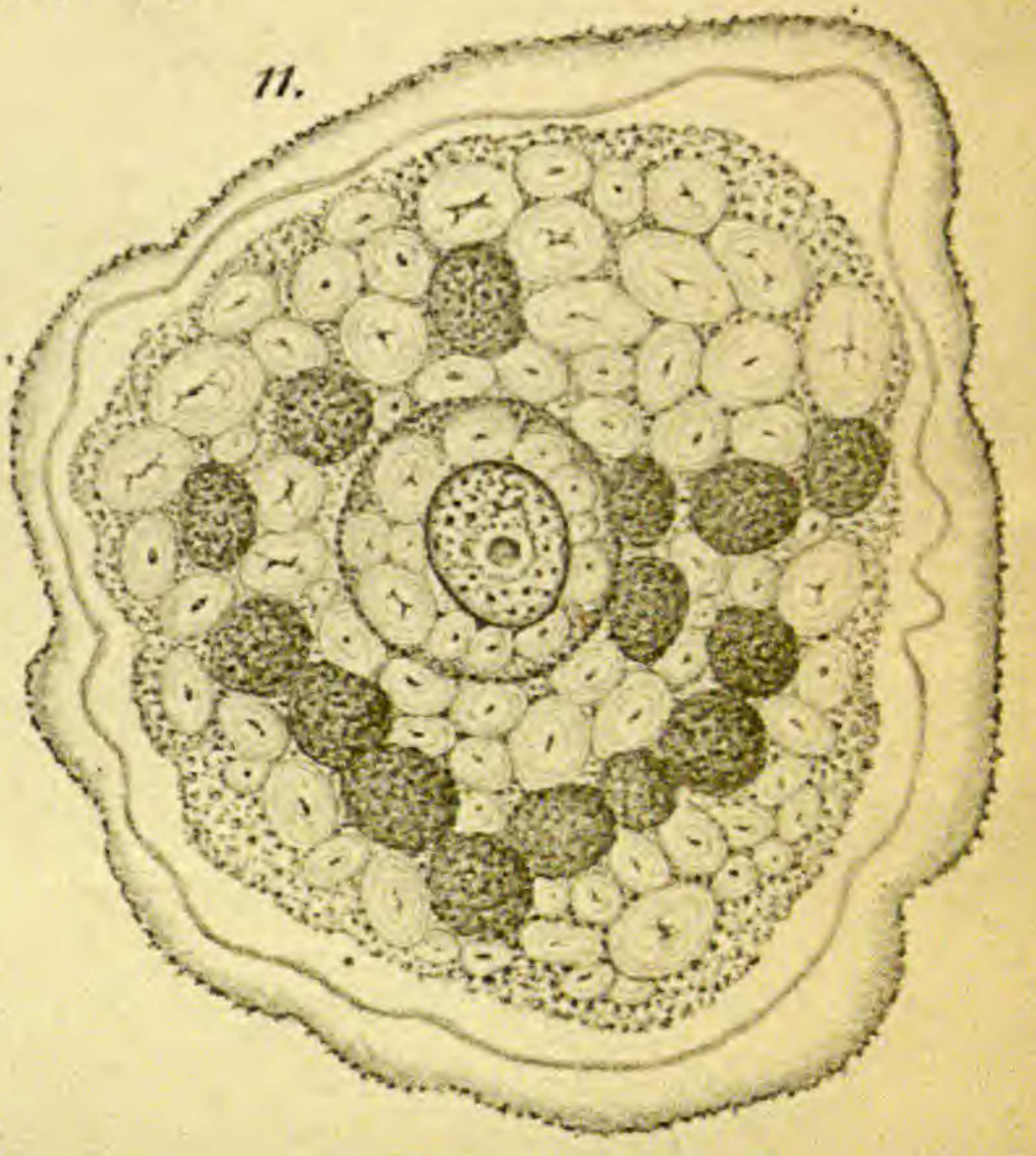
8.



9.



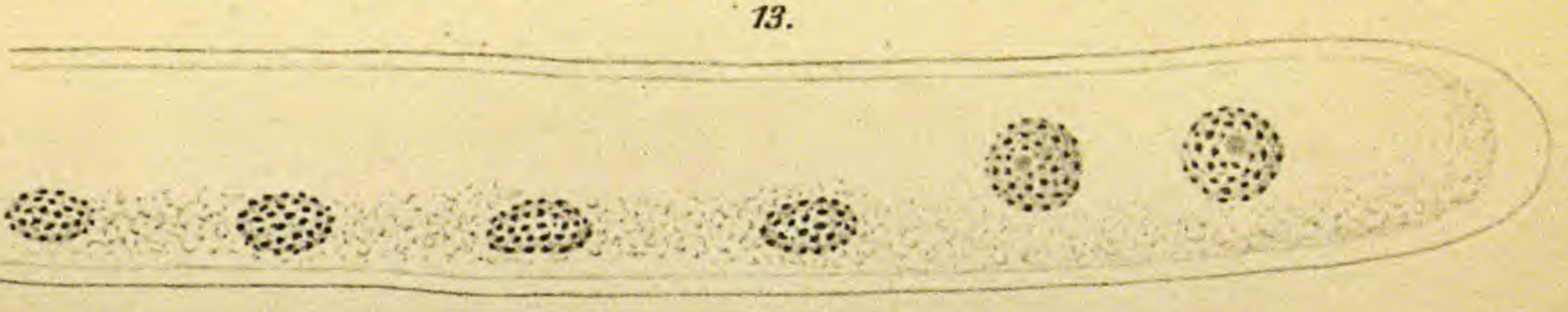
10.



11.



12.



13.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Lopriore Giuseppe

Artikel/Article: [Über die Vielkernigkeit der Pollenkörner und Pollenschläuche von Araucaria Bidwillii Hook. 335-346](#)