

### 38. Bradley Moore Davis: Kerntheilung in der Tetrasporenmutterzelle bei *Corallina officinalis* L. var. *mediterranea*.

Mit Tafel XVI und XVII.

Eingegangen am 22. October 1898.

Die interessantesten Probleme der Kerntheilung sind in verschiedenen Typen der Pflanzenreiches während der letzten Jahre untersucht worden, aber die Florideen hat noch kein Forscher zum Gegenstand seiner Untersuchungen gemacht. Von allen mir bekannten Zellkernen der Florideen sind diejenigen in dem Befruchtungsorgane der *Corallinaceae* am schönsten. Als ich daher gutes Material für solche Studien wünschte, habe ich mich an die Entwicklungszustände der Tetrasporen bei *Corallina officinale* gemacht.

Das Material wurde in Neapel gesammelt, wo ich im Monat November 1897 in der zoologischen Station mit verschiedenen Fixierungsmitteln experimentirte. Weitere Untersuchungen, die hier vorliegen, wurden später im botanischen Institut zu Bonn ausgeführt.

Die Tetrasporen der *Corallina* sind in besonderen Conceptakeln enthalten und in verschiedenen Entwicklungszuständen dort aufzufinden: Die grosse Tetrasporenmutterzelle ist 4—5 mal länger als breit. Ihr ursprünglicher einzelner Kern erzeugt durch zwei successive Theilungen die vier Tochterkerne, die in dem Cytoplasma der Tetrasporenmutterzelle liegen. Zuletzt werden sie in einer Reihe dort so vertheilt, dass jedes Viertel der Tetrasporenmutterzelle seinen Kern besitzt. Drei parallele Querwände zwischen den vier Kernen und senkrecht zur Längsachse der Tetrasporenmutterzelle theilen den Inhalt zonenförmig bis zur Trennung der Tetrasporen. Um der Kerntheilung und der Tetrasporenbildung gut zu folgen, empfiehlt es sich, Längsschnitte durch das Conceptakel auszuführen.

Nach einer langen Reihe von Versuchen mit Fixierungsflüssigkeiten, so mit Pikrin-Essigsäure, Sublimat-Essigsäure, 1proc. Chrom-Essigsäure und dem FLEMMING'schen Gemisch hielt ich mich schliesslich, da es sich als bestes erwies, an das letztere. Das brauchbarste Material wurde in der folgenden Flüssigkeit erhalten: 90 ccm 1 proc. Chromsäure in Seewasser, 5 ccm Essig- und 5 ccm 1 proc. Osmiumsäure. In diesen Mischungen wurde der Kalk, welcher die Conceptakel einschliesst, aufgelöst und die Zellen gut fixirt, ohne sie stark zu schwärzen.

Die Conceptakeln wurden in Paraffin eingebettet und für gewöhn-

lich in  $3\ \mu$  dicke Schnitte zerlegt. Darnach erfolgte eine Färbung der Präparate entweder mit Safranin-Gentianviolett oder mit HEIDENHEIN'schem Eisen-Haematoxylin. Die erste Färbungsmethode gab eine schöne Differenzirung des Chromatins, die letzte vortreffliche Bilder der Centrosphären.

Ein besonderes Interesse erwecken die Kerntheilungsfiguren bei *Corallina* durch die eigenthümliche Differenzirung des Kinoplasmas in zwei merkwürdig geformte Körper, welche in der Metakinese an den beiden Polen der Spindel sich befinden. Zum Verständniss dieser Körper sollen die Figuren 8—12 dienen. In Fig. 8 (Taf. XVI) sieht man die Spindel in beginnender Metaphase, in Fig. 9 in der späteren Metaphase, Fig. 10 zeigt weiter die Zustände bald nach der Spaltung der Kernplatte. Diese Figuren gehören der ersten Kerntheilung an, während in Fig. 11 eine Spindel der zweiten Kerntheilung dargestellt ist. Die Fig. 12 *abc* (Taf. XVII) sind einer Serie von fünf Schnitten entnommen, die senkrecht zu der Längsachse einer Spindel geführt wurden. In Fig. 12 *a* sieht man den centrosphärenähnlichen Körper von oben, mit vielen dunkel gefärbten Punkten, entsprechend den Stellen, an welchen die Spindelfasern an dessen unterer Seite enden. Fig. 12 *c* giebt eine Ansicht der Kernplatte von oben, und in Fig. 12 *b* liegt ein Schnitt zwischen dem centrosphärenähnlichen Körper und der Kernplatte vor. Die durchgeschnittenen Spindelfasern sind als sehr kleine schwarze Punkte sichtbar.

Dass die an den Polen der Spindel vorhandenen Körper einer Centrosphäre vergleichbar sind, scheint mir klar, und ich werde sie so nennen, obwohl es noch zweifelhaft ist, ob sie ein dauerndes Organ der Zelle darstellen. Wie die Figuren zeigen, stellt die Centrosphäre während der Metaphasen eine ziemlich grosse, abgesonderte Region des Kinoplasmas, von der Gestalt einer Kugel, dar; häufig ist sie an den beiden Enden etwas abgeplattet. Sie nimmt immer eine dunklere Färbung als das umgebende Cytoplasma an und zeigt sich deutlich begrenzt. Im Innern ist sie ganz homogen und dicht. Ich habe niemals Körnchen gesehen und allem Anschein nach fehlt ein Centrosom.

Die Enden der Spindelfasern erreichen die Centrosphäre, ohne aber in dieselbe hineinzuwachsen. Viele andere Fäden laufen in das Cytoplasma fort, wo sie sich bald unter den Körnchen und Vacuolen verlieren. Sie scheinen, gleich den Spindelfasern, aus derselben Art von Protoplasma wie die Centrosphäre gebildet zu sein.

Jetzt müssen wir die weiteren Schicksale der Centrosphäre vor und nach der Metakinese verfolgen. Im Zustand der Ruhe enthält der fast kugelförmige Kern der Tetrasporenmutterzelle (Taf. XVI, Fig. 1, 2 und 3) einen einzigen Nucleolus und eine wechselnde Zahl von Chromatinkörnern. Ueber das Verhalten dieser Elemente des Kerns werde ich später berichten. Die junge Tetrasporenmutterzelle (Fig. 1)

enthält zahlreiche grosse Vacuolen, später füllt sie sich gänzlich mit Cytoplasma an. Der Bau des Cytoplasmas ist schwammartig, das heisst, er weist grössere und kleinere Höhlen auf, die unregelmässig in einander übergehen. Eine schaumige Structur im Sinne BÜTSCHLI's scheint hier nicht vorzuliegen. Um den Kern bemerkt man eine dichtere Schicht, die sehr dünn sein kann. In dieser Schicht, ebenso wie in allen Maschen des Cytoplasmas, finden sich zahlreiche Körnchen, kleine scheibenförmige Chromatophoren und extranucleare Kernkörperchen. Diese letzteren nehmen meist Safranin auf und sind dann dunkelroth gefärbt.

In dem den ruhenden Kern umgebenden Cytoplasma vermochte ich Centrosphären nicht zu erkennen. Es hält zwar schwer, die Frage nach ihrem Vorhandensein oder Fehlen endgültig zu entscheiden, doch müssten sie, falls vorhanden, von sonstigen Körnchen nicht verschieden sein. Das erste Erscheinen der Centrosphären erfolgt in der Prophase der Karyokinese. Wenn der Kern sich verlängert hat (Fig. 4, 5, 6 und 7) bemerkt man ein stufenweises Ansammeln von dichtem Protoplasma an dessen Enden. Zuerst ist diese Ansammlung kaum bemerkbar (Fig. 4) und anderen dichten Stellen im Cytoplasma ganz ähnlich. Später werden aber die Ansammlungen grösser und färben sich tiefer, so dass man sie schliesslich als Centrosphären und als Kinoplasma bezeichnen darf (Fig. 5). Zuletzt treten auch zahlreiche Fäden auf, die in dem Cytoplasma zwischen den Körnchen verlaufen (Fig. 6).

Die Spindelfasern kommen erst zum Vorschein in den späteren Prophasen nach der Auflösung des Nucleolus. Die zwei Büschel der Spindelfasern entwickeln sich unabhängig von einander, jedes aus seiner Centrosphäre und nicht durchaus gleichzeitig. Oft bemerkt man breite lange Spindelfasern an einem Pole (Fig. 6) und überhaupt noch keine an dem anderen. Die Auflösung der Kernmembran beginnt an den Polen des verlängerten Kernes und begleitet das Wachsen der Spindelfasern.

Es bleibt jetzt noch übrig das Verhalten der Centrosphäre nach der Metakinese zu verfolgen. Die Chromosomen werden gegen die Pole der Spindel gezogen und liegen endlich ganz dicht bei der Centrosphäre. Fig. 13 (Taf. XVII) zeigt zwei auf einander folgende Schnitte durch denselben in Theilung befindlichen Kern. In Fig. 13*a* sieht man die Centrosphäre annähernd gut differenzirt, in Fig. 13*b* ist hingegen die scharfe Begrenzung verschwunden und nur noch eine etwas dichtere Ansammlung von Kinoplasma zu unterscheiden.

In den auf Fig. 13*b* folgenden Zuständen habe ich keine Centrosphäre mehr erkennen können. Die zuvor schön differenzierte Centrosphäre verwandelt sich in eine unregelmässig geformte Kinoplasmamasse.

Die Chromosomen sammeln sich nach der Anaphase zu einem

kleinen Ball, den ich als Chromatinkugel bezeichnen werde, und verschmelzen mit einander. Dieser Ball kommt in der Kinoplasmamasse zu liegen (Fig. 14), und um ihn wird die neue Kernmembran erzeugt (Fig. 15 und 16). Die übrigen Figuren (Fig. 16—20) erklären das weitere Schicksal der Chromatinkugel und die Entwicklung des Nucleus, auch sind sie interessant, weil sie zeigen, wie in dem um den Tochterkern verdichteten Kinoplasma (Fig. 15—17) später kleine Vacuolen auftreten und es Schwammstruktur annimmt (Fig. 18—22). Wie aus meinen Tafeln zu ersehen ist, wiesen die Figuren, mit Fig. 14 beginnend, keine Spur einer Centrosphäre mehr auf.

Dieses höchst interessante Verhalten der Centrosphäre bei *Corallina* ist sehr belehrend. Centrosphären sind auch in anderen Gruppen der Algen, so auch bei den Pilzen und den Lebermoosen, beobachtet worden.

STRASBURGER<sup>1)</sup> und FARMER<sup>2)</sup> haben bei *Fucus* und SWINGLE<sup>3)</sup> bei *Stypocaulon* die Anwesenheit dieser Gebilde festgestellt, und bei *Stypocaulon* muss man glauben, dass sie bleibende Organe der Zellen sind, da man ihre Theilung vollständig beobachten konnte. Die wunderschönen Centrosphären, die HARPER<sup>4)</sup> in den Asci der Ascomyceten gefunden hat, sind den meinigen ähnlich. Aber bei ihnen ergaben die Resultate, dass die zwei Centrosphären aus der Theilung einer ursprünglich einzelnen hervorgehen, wenn auch die aller ersten Zustände der Theilung noch nicht aufgefunden sind. Bei *Pellia* haben FARMER und REEVES<sup>5)</sup> an sich theilenden Kernen Centrosphären beschrieben, die in den ruhenden Zuständen des Kerns schwinden sollen.

So würde es sich auch bei *Corallina* nach meinen Untersuchungen verhalten. Wie solche Fälle mit jenen, bei welchen die Centrosphären bleibende Organe der Zelle darstellen, in Verbindung zu bringen sind müssen spätere Untersuchungen zeigen.

Nun bleiben aber noch andere interessante Eigenthümlichkeiten der Kerne bei *Corallina* zu erörtern. Der fixirte Kernsaft mit aufgespeicherten Proteinstoffen weist einen ziemlich dichten homogenen Bau auf ohne sichtbare Zwischenräume. Ich habe ein differenzirtes Netzwerk von feinen Fasern nicht erkennen können. Jeder Kern ent-

1) STRASBURGER: „Kernteilung und Befruchtung bei *Fucus*“. Jahrbücher für wiss. Bot. Bd. XXX, 1897.

2) FARMER and WILLIAMS: „On Fertilization and Segmentation of the Spore in *Fucus*“. Annals of Botany, vol. X, Sept 1896, p. 479; auch Proc. of the Roy. Soc., vol. 60, 1896, p. 188.

3) SWINGLE: „Zur Kenntniss der Kern- und Zelltheilung bei den Sphaelariaceen“. Jahrbücher für wiss. Bot. Bd. XXX, 1897.

4) HARPER: „Beitrag zur Kenntniss der Kernteilung und Sporenbildung im Ascus“. Ber. der deutsch. bot. Ges., auch „Kernteilung und freie Zellbildung im Ascus“. Jahrbücher für wiss. Bot. Bd. XXX, 1897.

5) FARMER and REEVES: „On the Occurrence of Centrospheres in *Pellia epiphylla* Nees“. Annals of Botany. Vol VIII, June 1894.

hält einen besonders auffallenden Nucleolus. Das Chromatin ist durch eine je nach Zustand und Alter der Kerne grössere oder kleinere Zahl rundlicher Elemente vertreten. Diese Chromatinkörper sind in dem Kerninneren unregelmässig vertheilt, sie lassen sich eben so wie der Nucleolus sehr leicht mit Safranin und Gentianaviolett differenzieren, wobei sie dunkelpurpurn und der Nucleolus hellroth gefärbt werden. Diese Gebilde liegen in dem fixirten Kerninnern wie Körner in einer gestaltlosen dichten Substanz eingebettet.

In dem ruhenden Kerne kurz vor Beginn der Kerntheilung treten die Chromatinkörper besonders klar in Safranin - Gentianaviolett-Präparaten hervor. In mit Hämatoxylin gefärbten Schnitten (Fig. 4) können der Nucleolus und die Chromatinkörper nicht leicht unterschieden werden. Die Chromatinkörper lassen sich oft zählen, aber die Zahl derselben ist sehr veränderlich. So zeigen die drei in Fig. 2, 3 und 5 dargestellten Kerne in neun Schnitten annähernd 10, 46 und 28 Chromatinkörper.

Der Nucleolus wird vor der Metaphase aufgelöst, und sein Verschwinden ist in solchen Zuständen, wie sie meine Figuren 3 und 5 vorführen, leicht festzustellen. In der späteren Prophase (Fig. 6 und 7) enthält der Kern bloss die Chromatinkörper, welche die Chromosomen darstellen, an die später die Spindelfasern ansetzen. Das Wachsen der Spindelfasern greift scheinbar in die Ausbildung der Kernplatte ein, doch ist dieser Einfluss nicht leicht sicherzustellen; weitere Untersuchungen werden auch nöthig sein, um über die Verschiedenheit in der Zahl der Chromosomen Aufklärung zu schaffen.

Wie und wann wird der neue Nucleolus in dem Tochterkerne ausgebildet? Zunächst sind in dem jungen Tochterkerne nur die mit Gentianaviolett sich dunkel purpurn färbenden, aus der Verschmelzung der Chromosomen hervorgegangenen Chromatinkugeln vorhanden.

In Fig. 18 haben wir scheinbar eine frühe Entwicklungsstufe des Nucleolus vor Augen; vielleicht ist das Körnchen in Fig. 16 ein noch früherer Zustand; Fig. 20 und 19 zeigen je einen unzweifelhaften Nucleolus, der durch seine hellrothe Färbung mit Safranin ausgezeichnet ist; Fig. 22 weist die völlig entwickelten Nucleoli der zwei Tochterkerne auf mit den Fragmenten der Chromatinkugel, welche in dem Kerninnern zerstreut liegen.

Die Chromatinkugel und ihr besonderes Verhalten sind sehr eigen thümlich. Dass die Chromosomen nach den Anaphasen so lange zu einem abgerundeten Körper vereint bleiben, ist ungewöhnlich. Selbst in den Figuren 19 und 20, welche ziemlich gross gewordene Kerne zeigen, finden wir noch eine einzige Chromatinkugel vor. In Fig. 20 ist diese Kugel auffallend gross. In Fig. 19 ist das gewöhnlichere Verhalten zu beobachten. In allen Fällen bemerkt man früher oder später zwei, mehrere oder viele Chromatinkörper an Stelle der ursprünglichen

Kugel, und sie sind aus deren Spaltung hervorgegangen. Fig. 21 führt das erste Stadium dieser Trennung vor, in Fig. 22 ist sie vollendet. Wie klein die Chromatinkörperchen auch sein mögen, sie färben sich immer dunkel purpurn, im Gegensatz zum hellrothen Nucleolus.

Die Vereinigung des Chromatins zu einem mehr oder weniger charakteristischen Körper ist in verschiedenen Fällen bei Thieren und Pflanzen schon beschrieben worden. Unter den Algen haben wir bei *Spirogyra*, nach den Schilderungen MEUNIER's<sup>1)</sup>, MOLL's<sup>2)</sup> und MITZKEWITSCH's<sup>3)</sup>, das Beispiel eines solchen Verhaltens. Dasselbe ist bei *Spirogyra* in Wirklichkeit noch wesentlich auffallender als bei *Corallina*, denn die in Einzahl auftretende Chromatinkugel bei *Corallina* ist nur eine vorübergehende Erscheinung, sie zerfällt alsbald in eine Anzahl von Körnchen, die sich im Kerninnern vertheilen.

Vielleicht wird dieses ganze Verhalten bei *Corallina* durch die Abwesenheit eines differenzirten Liniennetzwerkes bedingt.

Die Stelle des letzteren mag die in der Kernhöhle vertheilte, sich als homogene Grundsubstanz darstellende Masse vertreten. Auch über diese Verhältnisse wird uns hoffentlich die Untersuchung anderer verwandter Algen Aufklärung verschaffen.

University of Chicago, Chicago (Ill., U. S. A.).

### Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind mit Hilfe der ABBÉ'schen Camera lucida unter Anwendung des ZEISS'schen Apochromat 2 mm, Apert. 1.30 mit den Compensations-Ocularen gezeichnet. Fig. 1—8, 10 und 13—22 sind mit Ocular Nr. 12 1500 mal und Fig. 8, 9, 11 und 12 mit Ocular Nr. 18 2250 mal vergrößert.

Das mit Chrom-Osmium-Essigsäure fixirte Material wurde in 3  $\mu$  dicke Schnitte zerlegt. Gefärbt sind die in Fig. 1, 5, 6 und 16—19 dargestellten Präparate mit Safranin-Gentianaviolett, die in Fig. 2—4, 7—15 und 19—22 abgebildeten nach der HEIDENHAIN'schen Eisen-Haematoxylin-Methode.

### Tafel XVI.

- Fig. 1. Junge Tetrasporenmutterzelle.  
 „ 2. Ruhender Kern dreimal geschnitten: 10 Chromatinkörper, nicht alle sichtbar; ein einziger Nucleolus.  
 „ 3. Kern mit sich auflösendem Nucleolus: viele Chromatinkörper.  
 „ 4. Veränderter Kern mit vielen Chromatinkörper; schwache Ansammlung des Kinoplasmas an beiden Enden des Kerns.

1) MEUNIER, Le Nucléole des *Spirogyra*. La Cellule, t. III, p. 333, 1887.

2) MOLL, Observations on Karyokinesis in *Spirogyra*. Verhandl. d. K. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Deel I, No. IX, 1893.

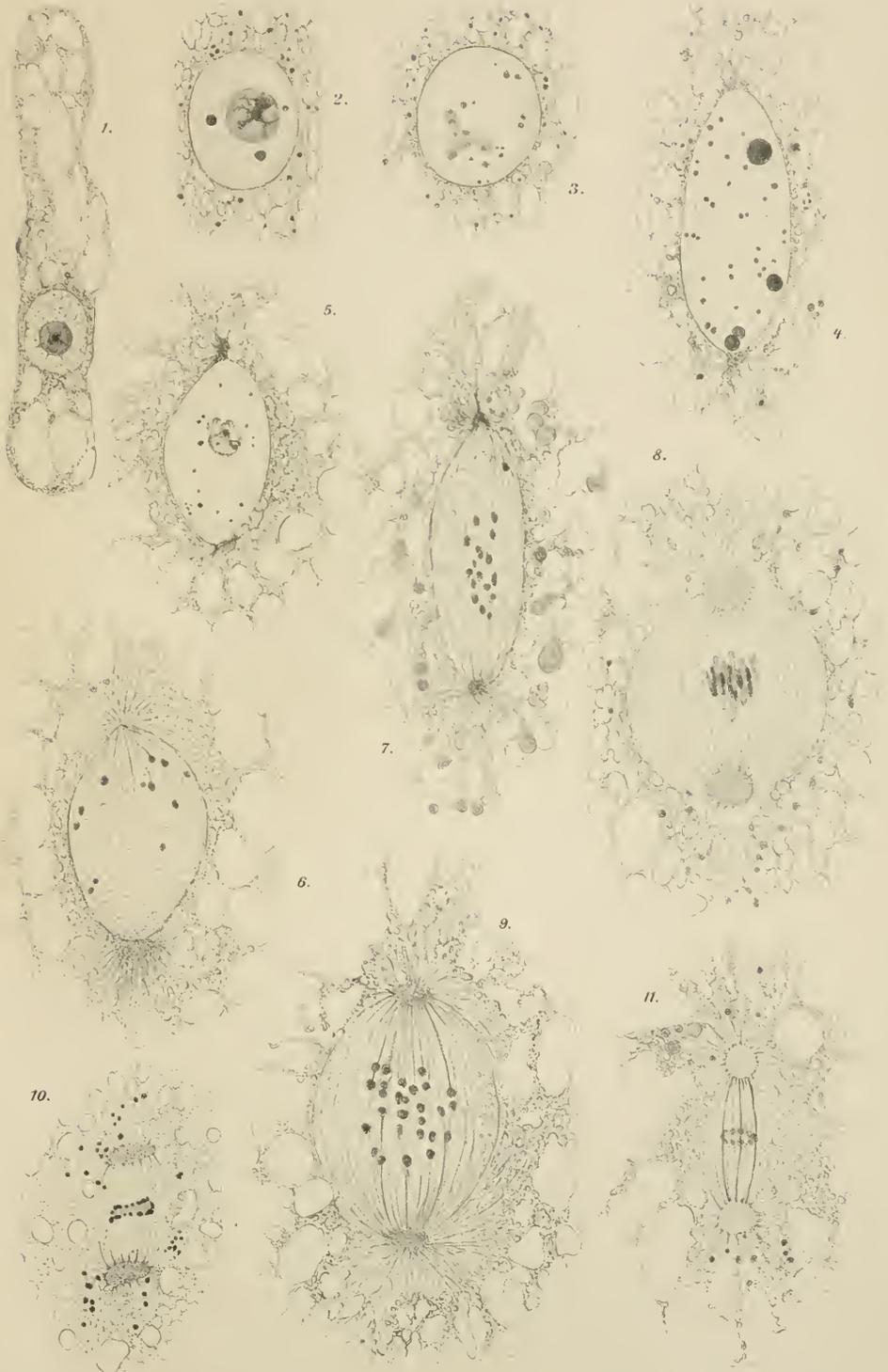
3) MITZKEWITSCH, Ueber die Kerntheilung bei *Spirogyra*. Flora, Bd. 85, 1898.

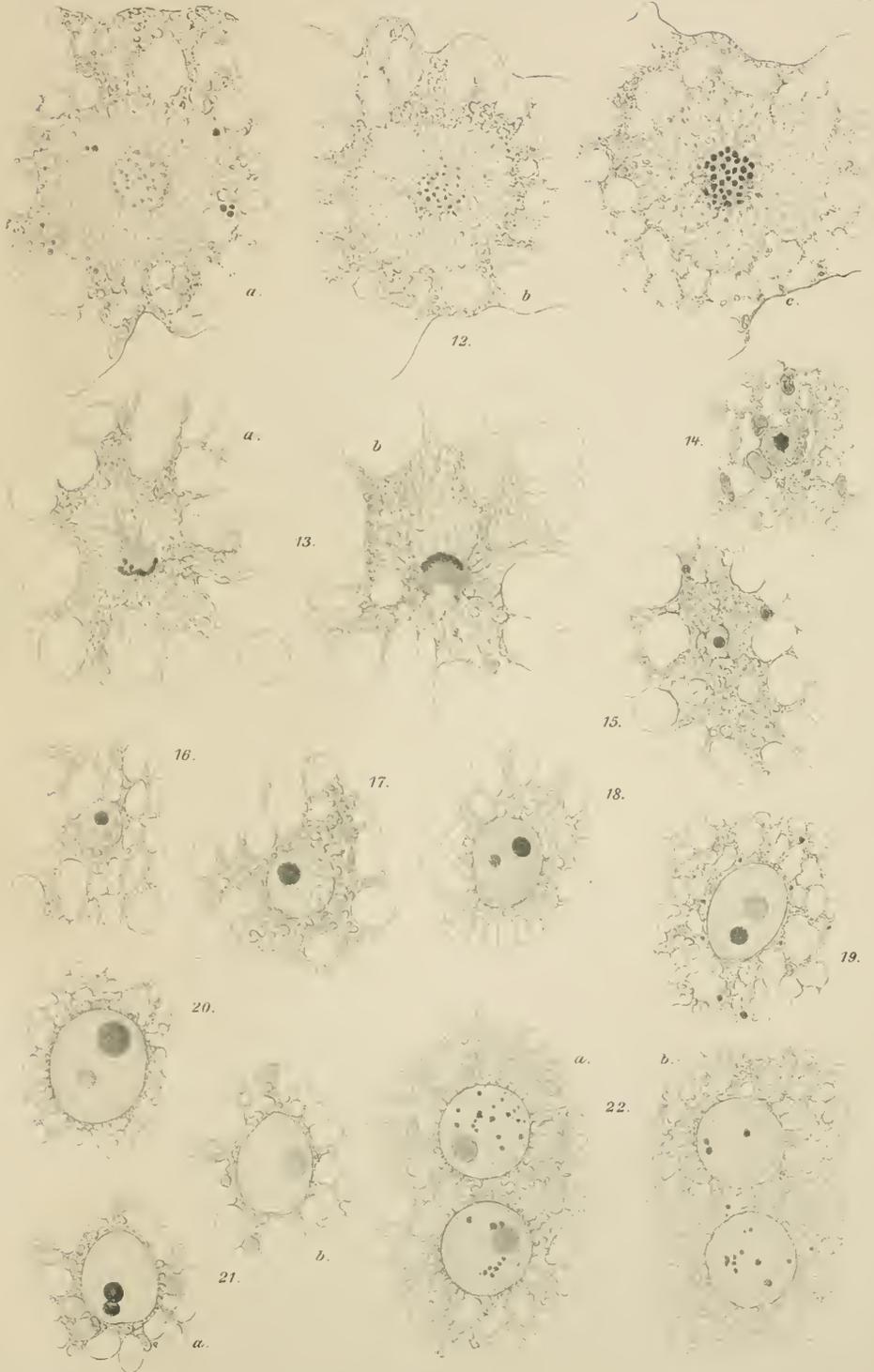
272 BRADLEY MOORE DAVIS: *Corallina officinalis* L. var. *mediterranea*.

- Fig. 5. Der der Prophase vorhergehende Zustand; verlängerter Kern mit sich auflösendem Nucleolus; Ansammlung des Kinoplasmas an den Enden.  
" 6. Verlängerter Kern; Nucleolus im Verschwinden; die Kinoplasmafäden am oberen Ende treten in den Kern als Spindelfasern ein.  
" 7. Ein späteres Stadium als Fig. 6, kurz vor der Metaphase; kinoplasmatische Differenzirung an beiden Enden des Kerns; die Chromosomen sammeln sich in der Mitte des Kerns.  
" 8. Spindel im Anfang der Metakinese; centrosphärenähnliche Kugeln gut differenzirt.  
" 9. Eine fertige Spindel; die Kinoplasmafäden strahlen von der Centrosphäre in das Cytoplasma aus.  
" 10. Kurz nach der Spaltung der Kernplatte; viele Kernkörperchen liegen in dem Cytoplasma um die Centrosphären.  
" 11. Karyokinetische Figur in der Metaphase der zweiten Kerntheilung; Centrosphären sehr klar an den Polen der Spindel.

Tafel XVII.

- Fig. 12. Drei neben einander liegende Querschnitte einer Spindel; 12a, die Centrosphäre von oben gesehen, die Punkte darunter sind die Enden der Spindelfasern; 12b, Querschnitte der Spindelfasern; 12c, die Kernplatte mit Chromosomen, von oben.  
" 13. Zwei auf einander folgende Schnitte; Anaphase, die Chromosomen in die Gegend der Centrosphäre gelangt und an einander gereiht; 13a, Centrosphäre noch differenzirt; 13b, die Grenze der Centrosphäre nicht mehr deutlich.  
" 14. Späte Anaphase: einzige Chromatinkugel in einer Ansammlung von Kinoplasma.  
" 15. Ein späteres Stadium als Fig. 14; die Chromatinkugel ist von einer schwachen Membran eingeschlossen; um sie herum dichtes Kinoplasma.  
" 16. Junger Tochterkern nach der zweiten Kerntheilung, die Chromatinkugel dunkel purpurn gefärbt; ein schwach-tingirtes Körnchen ist vielleicht der Anfang des Nucleolus.  
" 17. Junger Tochterkern nach der ersten Kerntheilung; nur die Chromatinkugel ist vorhanden.  
" 18. Junger Tochterkern der zweiten Kerntheilung; sehr kleiner Nucleolus neben der Chromatinkugel.  
" 19. Tochterkern nach der zweiten Kerntheilung; ziemlich grosser Nucleolus und die dunkle Chromatinkugel.  
" 20. Besonders grosse Chromatinkugel im Kern der zweiten Theilung; kleiner Nucleolus.  
" 21. Zwei Schnitte desselben Kerns: 21a, die Spaltung der Chromatinkugel; 21b, Nucleolus.  
" 22. Zwei Schnitte durch denselben Kern: viele Chromatinkörper; das schwammartige Cytoplasma ohne Spur der Centrosphären.





# 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: 1898

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Davis Bradley Moore

Artikel/Article: [Kerntheilung in der Tetrasporenmutterzelle bei \*Corallina officinalis\* L. var. \*mediterranea\*. 266-272](#)