Neue Beobachtungen über Protoplasmaströmung bei *Hydrilla verticillata*

Von

Seikan Kusunoki

Aus dem Biologischen Institut der Himezi-Kōtōgakkō,
Himezi, Japan

Eingegangen am 1. April 1940

Einleitung

Die Frage nach der Ursache der Protoplasmaströmung beschäftigt die Forscher schon seit mehr als einem halben Jahrhundert, aber da dieser Vorgang auf komplizierten inneren Vorgängen zu beruhen scheint, konnte bis jetzt selbst für Teilerscheinungen desselben keine hinreichend fundierte Erklärung gefunden werden.

Auch über den funktionären Zweck der Protoplasmaströmung liegen bis jetzt nur einige Deutungsversuche vor, die nicht durch exakte Experimente begründet sind.

Die vorliegende Arbeit vermag zwar ebenfalls keinen unmittelbaren Beitrag zur Lösung dieser Fragen zu geben, aber vielleicht kann sie zu deren weiterer Verfolgung einige Anregungen bieten, indem sie über den Einfluß einiger äußerer Einwirkungen (vor allem über die Reizwirkung von 10%iger Rohrzuckerlösung) auf die Protoplasmaströmung berichtet. Denn durch das präzise Studium der Reaktionen auf äußere Einflüsse dürfte sich am ehesten ein Weg zur Erkennung der inneren Vorgänge finden lassen.

Dieselbe Zelle reagiert auf eine und dieselbe Außenweltseinwirkung partiell verschieden. Es ist sehr schwierig, das gegenseitige Größenverhältnis des Veränderungsgrades, den die einzelnen Zellbestandteile und -funktionen Umweltreizen gegenüber annehmen, mit mathematischer Genauigkeit zu bestimmen.

So ist z.B. das Verhalten der verschiedenen Teile einer Zelle infolge der verschiedenen Permeabilität derselben gegen eine Lösung von bestimmter Konzentration verschieden, sodaß eine solche Lösung gegenüber verschiedene Zellbestandteile verschiedenen Wirkungsgrad besitzt. Bis jetzt gibt es keine Methoden, diesen spezifischen Wirkungsgrad einer Lösung von bestimmter Konzentration den verschiedenen Bestandteilen einer Zelle gegenüber zu bestimmen.

Nicht nur die verschiedenen Zellbestandteile, sondern auch der äußere und der innere Bereich des Protoplasmas zeigen verschiedene Veränderungsgrade. In den vorliegenden Untersuchungen wurde

daher die Wirkung des Reizmittels nicht als Wirkung auf das Protoplasma der Einzelzelle, sondern als Wirkung auf den Gesamtprotoplasmabestand der Versuchsobjekte studiert. Da diese Studien den Charakter einer Vorarbeit hätten, wurde auf eine mathematisch exakte Festlegung der Beobachtungen verzichtet, aber ich hoffe, daß die Ergebnisse dieser Vorarbeit von Forschern, welche den von mir beschrittenen Weg mit mathematischer Exaktheit weiterverfolgen wollen, mit Erfolg benutzt werden können.

Beobachtungen

Zunächst wurde frisches *Hydrilla*-Material verwendet, welches mit der Hand von der anhaftenden Erde befreit und dann sorgfältig gewaschen wurde. Da dasselbe Material jeweils etwa einen Monat zur Untersuchung benutzt wurde, war diese Vorbehandlung, die das Material gegen rasche Fäulnis widerstandsfähig machte, notwendig.

Die Pflanzen wurden dann samt den Wurzeln in bedeckten Petrischalen in 10%iger Rohrzuckerlösung aufbewahrt und diese nur zur Materialentnahme jeweils kurz geöffnet. Es wurde dann immer 1 Blättchen entnommen und als Lebendpräparat in 10%iger Rohrzuckerlösung mikroskopisch untersucht.

Die Beobachtungen fingen am 10. Juni 1938 an. Im Laufe einiger Tage zeigten nur jeweils einige Zellen der immer wieder frisch entnommenen Blättchen allmähliche Veränderung. Kern und Zytoplasma bräunten sich, die Kernmembran zeigte sich partiell aufgelöst, der Kerninhalt entleert und die Protoplasmaströmung zum Stillstand gekommen. Interessant ist auch die Tatsache, daß in einigen Fällen die Protoplasmaströmung noch fort dauerte, als der Kern bereits funktionlos geworden zu sein schien.

Vom vierten Tage an jedoch konnte ich die interessante Erscheinung beobachten, daß in vielen Zellen infolge der Plasmaströmung die Kerne, wie es sonst bei den Chloroplasten und Mikrosomen der Fall ist, in passive Rotation geraten waren. Während sich der Kern entlang den Zellseiten mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit wie die Chloroplasten fortbewegte, blieb er in den Zellecken etwas hinter diesen zurück. Dabei erlitt er fortlaufend Gestaltveränderungen, indem er sich abwechselnd verdickte und streckte. Die Rotation dauerte jeweils ungefähr 8 Stunden oder etwas länger. Bis jetzt ist über solche Erscheinungen bei *Hydrilla* nicht berichtet worden.

Die Kernrotation konnte bei *Hydrilla* auch gelegentlich an frischem Material, wenn auch nur sehr selten beobachtet werden. Aber

in diesem letzteren Falle bewegt sich der Kern viel langsamer als die Chloroplasten und die Bewegung dauerte nur sehr kurze Zeit an.

Ganz selten konnte ich auch bei frischem Material sehr rasche Kernbewegungen beobachten, aber der Kern rotierte dann nicht, sondern bewegte sich nur plötzlich sehr schnell eine Strecke weit geradeaus, um dann wieder stillzustehen.

Folgende Tabelle gibt einen Vergleich der Rotationsgeschwindigkeiten eines Kernes in einem Präparate von einem einer frischen Pflanze entnommenen Blättchen und eines Kernes in einem Rohrzuckerpräparat.

Frischpräparat	0.00057 mm/sec
Rohrzuckerpräparat	0.00820 mm/sec

Beide Messungen wurden am 17. Juni 1938, 3 Uhr nachmittags bei 24°C Zimmertemperatur und bewölktem Wetter vorgenommen. Da, wie gesagt, die Geschwindigkeit nicht konstant ist, wurde der Mittelwert der Geschwindigkeit eines vollen Umlaufes errechnet. Die Beobachtung an dem Rohrzuckerpräparat wurde 5 Stunden nach der Herstellung desselben vorgenommen. Zu der Zeit, da die Kerne diese bemerkenswerte Bewegung ausführten, erschienen die betreffenden Zellen besonders klar und hell. Nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich war die Kerngeschwindigkeit inkonstant. Der Durchschnittswert steigerte sich allmählich und kontinuierlich mit der Zeit, erreichte schließlich ein Maximum und sank dann ebenso kontinuierlich allmählich wieder auf Null ab.

Auch Umwelteinflüsse wie Licht, Temperatur, Sauerstoffgehalt hatten bedeutenden Einfluß auf Beginn und Geschwindigkeit der Kernbewegung.

Die Zahl der obenbeschriebenen abgestorbenen Zellen nahm zwar täglich zu, aber es konnten doch bis zum 24. Juni, dem 10. Tage nach Beginn der Kernrotation rotierende Kerne beobachtet werden. Am 28. Juni zeigten nur noch die Ränder der Zellen der Blätter von den äußersten Zweigen der Pflanze lebendes Plasma,¹⁾ von dessen Chloroplasten sich nur mehr ein Teil und dieser sehr langsam bewegte. Da ich mit einem ziemlich raschen Absterben der ganzen Pflanze in der starken Rohrzuckerlösung gerechnet hatte, war ich über diese lange Lebensfähigkeit sehr erstaunt. Darum stellte ich zum Vergleich Beobachtungen über die Lebensdauer in reinem Wasser an und fand, daß ein abgetrenntes Blatt darin einen ganzen Monat am Leben blieb. Früher habe ich in unserem

1) Was darauf schließen läßt, daß die Zuckerlösung nicht durch die Epidermis sondern nur auf dem Wege durch die Leitungsgewebe eindringt.

Institut ähnliche Versuche mit *Nitella* gemacht und bis zum 43. Tage Protoplasmaströmung beobachten können. In diesem Falle handelte es sich allerdings nicht um ein einzelnes Blatt, sondern um ein Zweigstück mit mehreren Blättern.

Es sei noch festgestellt, daß bei *Hydrilla* 10% die Grenzkonzentration für die Plasmolyse durch Rohrzucker darstellt.

Bei *Vallisneria* hat FITTING einmal die interessante Beobachtung gemacht, daß bei Chemodinese Kern und Mikrosomen Rotation ausführen, während die Chloroplasten stillstehen—eine Erscheinung, für die bis heute keine Erklärung gefunden werden konnte.

Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang noch, daß bei frischem Material die Kernbewegung durchaus nicht immer der Bewegung des Plasmas folgt, sondern daß der Kern sich oft in anderer, ja sogar entgegengesetzter Richtung bewegt.

Wassermangel kann nach unseren Versuchen nicht als Ursache der Kernrotation angesehen werden. Deshalb ist für die Erklärung von meinen und FITTINGS Beobachtungen wohl Reizwirkung als Ursache anzunehmen. (Während dieser Beobachtungen war eben das Wetter fast immer bewölkt.)

Außerdem konnte ich im Sommer 1939 an *Hydrilla* noch andere interessante Beobachtungen über die Protoplasmaströmung anstellen.

Bisher galt die Richtung der Protoplasmaströmung in ein- und derselben Zelle für unveränderlich. Nach meinen Beobachtungen ist es, wenn auch selten, doch mit Sicherheit möglich, die Richtung der Protoplasmaströmung umzukehren.

Ich ließ frische *Hydrilla* mehrere Stunden auf dem Tisch liegen und brachte sie dann wieder ins Wasser. Fast alle Teile der Pflanze erwiesen sich dann als abgestorben, nur die Blätter der Spitzenteile waren (ähnlich wie in dem früher beschriebenen Falle) noch lebendig. Wurden von diesen Spitzenblättern Rohrzuckerpräparate hergestellt, so begann sich in einigen Zellen derselben, selten bereits nach 1 Stunde, meistens erst nach 4 Stunden, eine der bisherigen entgegengesetzte Plasmaströmung zu entwickeln, die allmählich, während die ursprüngliche immer mehr zurückging, vorherrschend wurde und schließlich das ganze Zellplasma beherrschte. Wenn diese Strömung in der entgegengesetzten Richtung zum Stillstand kam, konnte man sie wieder in Gang bringen, indem man dem Präparat einige Tropfen Wasser zufügte. Ganz selten ist auch in frischem Material diese Umkehrung der Strömungsrichtung zu beobachten.

Oft zeigten auch unter gleichen Bedingungen Zellen anfänglich Zirkulation, welche dann unter sehr deutlicher Übergangserscheinung

sich allmählich in Rotation verwandelte. Bewahrte man ein Wasserpräparat eines frischen Blattes von *Hydrilla* mehrere Tage in der Feuchtkammer oder eine ganze *Hydrilla*-pflanze unter Wasser in einer Präparatenflasche auf, so zeigte sich bei der mikroskopischen Untersuchung, daß sich die Rotationsbahn verengert hatte, zum Teil so weit, daß die rotierende Bewegung in eine penduläre übergegangen war.

Manchmal hatte sich außer der Hauptrotationsbahn noch eine besondere, kleine, kreisförmige gebildet, welche, langsam die Zelle durchwandernd, ihren Ort allmählich veränderte. Außerdem waren in den veränderten Umweltbedingungen (Rohrzuckerlösung, Austrocknung-) unterworfenen Material noch verschiedene andere, wenn auch nicht so ausgeprägte Abweichungen von der normalen Strömung zu beobachten.

Zusammenfassung

1. Unter der Reizwirkung von 10% iger Rohrzuckerlösung wird bei einzelnen Zellen auch der Zellkern unter Gestaltveränderungen mit wechselnder Geschwindigkeit durch die Protoplasmaströmung mitbewegt.

2. Diese Kernrotation beginnt je nach den Umweltbedingungen (Licht, Temperatur, Sauerstoffgehalt etc.) nach verschieden langer Zeit, aber in diesem Falle am 4. Tage nach Beginn der Einwirkung der Zuckerlösung, und dauert ca. 10 Tage an.

3. In einigen Fällen wurde beobachtet, daß die Protoplasmaströmung noch fort dauerte, als der Kern bereits abgestorben zu sein schien.

4. Bei Wiederbenässung von ausgetrocknetem *Hydrilla*-material tritt in einem Teil der noch lebenden Zellen Umkehrung der Rotationsrichtung ein.

5. In Wasserpräparaten von *Hydrilla*-blättern, welche mehrere Tage in der Feuchtkammer aufbewahrt worden waren, ging die rotierende Bewegung zeitweise in eine penduläre über. Auch andere Abweichungen von der Normalströmung waren zu beobachten.

Zum Schlusse möchte ich noch meinen verehrten Lehrern, den Herren Ehrenprofessor FUJII und Prof. NAKANO der Kaiserlichen Universität Tokyo für ihre gütige Anregung bei dieser Arbeit meinen verbindlichsten Dank aussprechen. Ebenso möchte ich der Japanischen Gesellschaft zur Förderung der Zytologie für ihre finanzielle Unterstützung meinen besten Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis

- Fitting, H.** 1925. Untersuchungen über die Auslösung von Protoplasmaströmung. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 64, S. 281.
——— 1927. Untersuchungen über Chemodinese bei *Vallisneria*. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 67, S. 427.
——— 1933. Untersuchungen über den Plasma strömung auslösenden Reizstoff in den Blattextrakten von *Vallisneria*. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 78, S. 319.
- Haberlandt, G.** 1924. Physiologische Pflanzenanatomie. 6. Aufl. Leipzig.
- Weber, F.** 1929. Plasmolyse-Ort. Protoplasma Bd. 7, Heft 4.
——— 1929. Protoplasmatische Pflanzenanatomie. Protoplasma Bd. 8, Heft 2.
-