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

Der aufsteigende Saftstrom in der Pflanze.

Bericht über einen Vortrag, gehalten am 3. Dezember 1939.

Von S. Strugger.

Im Verlaufe der erdgeschichtlichen Entwicklung des Pflanzenreiches können wir feststellen, daß die Entwicklungstendenz von der primitiven Wasserpflanze zur hoch entwickelten Blütenpflanze vorherrscht. Die niederen Wasserpflanzen (Algen) unserer heutigen Flora sind somit erhaltene Reste früherer Entwicklungsstufen. Für diese untergetaucht lebenden ein- und mehrzelligen Organismen ist die Wasser- und Nährsalzaufnahme mit keinen Schwierigkeiten verbunden, weil die gesamte Oberfläche dieser Organismen dazu befähigt ist. Auch eine Leitung des Wassers und der darin gelösten Stoffe ist bei den meisten dieser Pflanzen überflüssig. Dementsprechend ist auch die histologische Differenzierung der niederen Pflanzen einfach und es sind keine ausgesprochenen Leitbahnen für die Saftleitung in ihnen ausgebildet.

Die hochentwickelten Landpflanzen dagegen nehmen mit Hilfe ihres Wurzelsystems das Wasser und die gelösten Stoffe aus dem Boden auf. Auf weite Strecken hin muß eine Wasser- und Nährsalzversorgung gewährleistet werden, wodurch eine höhere histologische Differenzierung auch im Zusammenhang mit den mechanischen Erfordernissen bedingt ist. Neben dem Grund- und Festigungsgewebe werden spezifische Leitbahnen, die Leitbündel, entwickelt, deren Holzteil die Leitung des Wassers und der darin gelösten Nährsalze von der Wurzel bis in die entferntesten Blätter hinein übernimmt. Mikroskopisch kleine Wasserleitungsröhren werden entwickelt. Sie besitzen keinen lebendigen Zellinhalt mehr und leiten in ihrem Hohlraum, ähnlich wie eine Wasserleitungsröhre, den Saftstrom. In der Blattnervatur verzweigen sich diese Leitsysteme kunstvoll, sodaß jedes Areal des Blattes genügend versorgt werden kann.

Wir wollen zunächst die Wasserleitung in den Hohlräumen dieser Leitsysteme (fasciculäre Leitung) vom physiologischen

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

Standpunkte aus besprechen. Der qualitative Nachweis der Leitfähigkeit dieser Elemente wird experimentell dadurch erzielt, daß man die Gefäßbahnen mit einer erstarrenden Gelatine verstopft. Infolge der Behinderung der Zuleitung muß ein solcher Pflanzenteil verwelken. In schönster Weise gelingt der Nachweis der Leitfunktion durch den Anstieg gefärbter Lösungen. Am besten eignen sich für solche Versuche die sauren Farbstoffe Eosin, Erythrosin und Lichtgrün.

Für die Messung der Geschwindigkeit des Saftstromes in den Leitbahnen stehen 2 Methoden zur Verfügung. Die 1. Methode nach Huber (1932) beruht darauf, daß den Bäumen und anderen Holzgewächsen an einer Stelle die peripheren Leitungselemente des Holzes mit Hilfe eines Heizdrahtes kurze Zeit erwärmt werden. 4 cm über der Erwärmungsstelle wird mit Hilfe eines kleinen Thermoelementes durch ein Galvanometer die Ankunft der erwärmten Wassersäule zeitlich festgelegt. Mit Hilfe dieser thermoelektrischen Methode konnte z. B. im Stamm der Stieleiche eine Geschwindigkeit des aufsteigenden Saftstromes von 43,6 m/Std. beobachtet werden.

Für Messungen an krautigen Pflanzen konnte durch den Vortragenden eine neue Methode ausgearbeitet werden. Mit Hilfe des sehr stark fluoreszierenden oxypyrentrisulfosauren Natriums ist es möglich, bei Beobachtung der Pflanzen im durchfallenden filtrierten Ultraviolett, nach Einstellen der Pflanze in eine konzentrierte Lösung dieses Farbstoffes, die Geschwindigkeit des Wasseranstieges messend zu verfolgen. Mit dieser Methode konnte im Weizenblatt eine maximale Stundengeschwindigkeit von 54 m festgestellt werden.

Woher stammt nun die Energie mit deren Hilfe der Saftstrom oft bis zu 100 m hoch im Pflanzenkörper gehoben wird? Auch diese Frage konnte durch die pflanzenphysiologische Forschung experimentell geklärt werden. Das Wasser wird von den lebenden Zellen der Wurzel aktiv in die Hohlräume der Leitungsbahnen hineingepreßt. Dadurch entsteht ein Wurzeldruck, den man durch Ansetzen eines Manometers an einen Wurzelstumpf auch messend verfolgen kann. Da seine Höhe in der Regel kaum 2 Atmosphären überschreitet, würde unter Berücksichtigung der Widerstände ein solcher Wurzeldruck nur für die Hebung des Wassers bei krautigen Pflanzen ausreichen. In der Tat wird bei solchen Pflanzen das Wasser oft in flüssiger

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

Form ausgepreßt. Diese Guttation läßt sich auch in der freien Natur bei Erreichung des Taupunktes ohne weiteres beobachten.

Für die Wasserversorgung höherer Bäume reicht aber die Energie des Wurzeldruckes sicherlich nicht aus. Hier ist es die Sonnenenergie, welche an der großen Oberfläche der Pflanzen eine außerordentlich starke Wasserverdunstung hervorruft (Transpiration). Dadurch entstehen im Inneren der Leitsysteme Zugspannungen (Transpirationszug). Diese Zugkräfte sind es, welche die Hebung des Wassers in überbarometrische Höhen bedingen. Infolge der ungemein hohen Kohäsion des Wassers kommt es im Zusammenhang mit der mikroskopischen Dimensionierung der Leitungsröhren nicht zum Abreißen der zahlreichen Wasserfäden in den Leitungsbahnen der Pflanze.

Außer in den Leitungsbahnen muß der Saft noch durch mehrere Lagen lebendiger Parenchymzellen geleitet werden, damit jede Zelle versorgt werden kann. Diese Leitung muß bis zur transpirierenden Oberfläche des Pflanzenkörpers erfolgen (extrafasciculäre Leitung). Grundsätzlich können wir uns 2 Möglichkeiten für diese Wasserleitung vorstellen.

1. Sie könnte durch die Zellulosemembranen erfolgen, was schon Sachs (1865) vermutet hat.

2. Durch die Untersuchungen Pfeffers über die osmotischen Erscheinungen an Pflanzenzellen ist schließlich in die modernen Lehrbücher als herrschende Lehrmeinung die Auffassung eingegangen, daß die Wasserleitung durch die lebendigen Parenchymzellen durch den Zellinhalt hindurch erfolgt (osmotische Theorie).

Diese Frage wurde durch den Vortragenden in 2jähriger experimenteller Arbeit mit Hilfe der modernen Fluoreszenz-Mikroskopie einer eingehenden Prüfung unterzogen. Mit Hilfe fluoreszierender Indikatorfarbstoffe (Berberinsulfat u. a.) gelang es, die Wasserleitung in den Parenchymzellen direkt sichtbar zu machen. Es stellte sich heraus, daß die Wasser- und damit auch die Nährsalzleitung so wie es Sachs seinerzeit vermutet hat, in den Zellulosemembransystemen mit großer Geschwindigkeit vor sich geht. In den Zellmembranen befinden sich submikroskopische, zusammenhängende Kapillarensysteme, in denen die Leitung energetisch verursacht durch den Transpirationszug erfolgt. Für unsere Auffassung des pflanzlichen

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

Gewebes ergeben sich daraus neue Gesichtspunkte. Der gewaltige früher bestehende Unterschied zwischen der Versorgung der Zellen im tierischen und pflanzlichen Gewebe erscheint beseitigt. Auch die Pflanzenzellen leben gleich wie die tierischen in einer Nährlösung, welche die Zellulosemembranen imbibiert. Wenn im tierischen Körper diese Nährlösung durch die Muskelenergie des Herzens weitergeleitet wird, so erfolgt die Weiterleitung im Pflanzenkörper unmittelbar durch die Sonnenenergie. Unabhängig von der Permeabilität des lebenden Protoplasmas kann dieser Nährsalztransport in den Zellmembranen erfolgen und jeder Protoplast kann die für sein Leben notwendigen Stoffe daraus entnehmen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft zu Hannover

Jahr/Year: 1938-1940

Band/Volume: 90-91

Autor(en)/Author(s): Strugger Siegfried

Artikel/Article: Der aufsteigende Saftstrom in der Pflanze 9-12