

Neue Methoden und Ergebnisse der Mikrochemie der Pflanzen.

Von F. W. Neger, Dresden.

Mit 1 Abbildung im Text.

1. Eine bequeme Reaktion zum Nachweis von Indigo in Pflanzen.

Für den Nachweis von Indigo in Pflanzen empfiehlt Molisch (1921) die sogenannte Alkohol- oder Ammoniakprobe: längeres Verweilen der zu prüfenden Blätter in einer Atmosphäre von Alkohol oder Ammoniak, wobei die Zellen getötet werden, das Indikan gespalten und das Indoxyl zu Indigo oxydiert wird.

Diese Bildung von Indigo aus dem nativen Indikan kann auf noch viel einfachere Weise und in wenigen Minuten folgendermaßen erzielt werden:

Man hält ein Blatt der zu prüfenden Pflanze — ich arbeitete mit Blättern von Phajus und Calanthe — einige Sekunden lang über die Flamme eines Mikrobrenners oder eines Streichholzes und läßt dann abkühlen. Nach 1—2 Minuten zeigt sich, daß die erwärmte Stelle von einem dunkelblauen Ring umgeben ist. Wird das Blatt nun durch Kochen mit Alkohol entgrünt. — wie bei Anstellung der Sachschen Jodprobe — so tritt der blaue Ring besonders deutlich hervor.

Ein Flächenschnitt aus der blauen Zone zeigt nun — besonders nach Zugabe von Schwefelsäure — eine massenhafte Ansammlung von winzigen blauen Indigokristallen.

Der ganze Vorgang ist offenbar, wie folgt, zu erklären: Aus der stark erwärmten Stelle sublimiert das entstehende Indoxyl nach den kühleren Teilen des Blattes und schlägt sich dort nieder. In der Tat wird man beobachten, daß der erhitzte Teil des Blattes fast frei ist von Indigo-farbstoff — Kochen desselben mit Wasser erzeugt fast keine Blaufärbung — während in der blauen Ringzone eine starke Anhäufung des Farbstoffes stattgefunden hat, die beim Kochen mit Wasser in Lösung geht.

Die Entgrünung mit Alkohol ist indessen nicht unbedingt erforderlich; denn der blaue Ring um die erhitzte Zone erscheint auch im grünen Blatt sehr deutlich. Die Reaktion eignet sich sehr gut zum Vorlesungsversuch.

2. Die Sekretkugeln in den Blättern und Blattstielen von *Begonia*arten.

Radlkofer (1890) und später Fellerer (1892) fanden in den Blättern zahlreicher *Begonia*arten eigentümliche Körper, die sie den Zystolithen von *Momordica charantia* an die Seite stellten, woraus u. a. der Schluß gezogen wurde, daß die Begoniaceen den Cucurbitaceen verwandtschaftlich nahe stünden.

Fellerer, der diese Körper näher untersuchte, unterschied dann (nach dem Vorschlag von Radlkofer) „Cystostylen“ und „Cystosphären“, erstere mehr oder weniger geschichtet, letztere ungeschichtet, beide stark lichtbrechende Kugeln darstellend, die paarweise im besonderen durch eine Querwand geteilten Zellen liegen.

Ohne auf alle in den Abhandlungen von Radlkofer und Fellerer mitgeteilten Angaben einzugehen, möchte ich hier nur einen Punkt behandeln, nämlich die chemische Natur der Sekretkugeln, insbesondere der ungeschichteten — als Cystosphären bezeichneten — bei *B. convolvulacea*, *B. vitifolia* u. a.

Aus gewissen Reaktionen schloß Fellerer, daß der stark lichtbrechende Inhalt der Cystosphären ein Gummiharz sei.

Nun geben aber die Cystosphären — besonders von *Beg. convolvulacea*, weniger von *B. vitifolia* — wenn sie aus den Trägerzellen befreit werden, eine Reaktion, welche ganz eindeutig auf eine fettartige Substanz — etwa ein Phytosterin — hinweist.

Drückt man einen Blattstiel von *Beg. convolvulacea*, in dem sich die Sekretkugeln vorwiegend in den hypodermalen Zellen befinden, aus und fängt den Tropfen auf dem Objektträger auf, so finden sich in diesem Tropfen neben zahlreichen Kalkoxalatkristallen stets einige isolierte Sekretkugeln. Gibt man nun nach Auflegen eines Deckglases hierzu vorsichtig einen Tropfen verdünnte Kalilauge oder Ammoniak, so beobachtet man, daß die Sekretkugeln, die zuerst kristallklar waren, eine körnige Beschaffenheit annehmen, hierauf wieder durchsichtig werden und schließlich zu prachtvollen Myelinformen (Fäden, Keulen, Blasen usw.) auswachsen (Fig. 1c).

Ich möchte behaupten, daß die Sekretkugeln von *B. convolvulacea* ein ausgezeichnetes Schulbeispiel für

die Demonstration von Myelinformen darstellen. (Die Pflanze findet sich ja auch in vielen botanischen Gärten in Kultur.)

Nach den Untersuchungen von Senft (1907) ist Myelinbildung an die Anwesenheit von freien Fettsäuren gebunden. Es ist somit kein Zweifel, daß die Sekretkugeln der genannten *Begonia*art freie Fettsäure enthalten, vermutlich in Fett gelöst. Dafür spricht der Umstand, daß die Kugeln auch die meisten Fettreaktionen (Sudanrot, Alkannatinktur) geben. Myelinbildung ist eine Art von Verseifung; und in der Tat lösen sich die Sekretkugeln bei längerer Einwirkung des Alkalis vollkommen auf.

Fellerer konnte diese Beobachtung nicht machen, vermutlich weil er vorwiegend Herbarmaterial untersuchte und die Kugeln auch nicht isolierte. Läßt man Alkali auf einen Querschnitt oder einen abgezogenen Hautstreifen einwirken, so erfolgt zwar auch Myelinbildung — unter Platzen der Sekretkugel — aber die Myelinfäden fließen — wegen Mangel an Raum — sofort zu gelblichen Tropfen zusammen, ein Vorgang, den Fellerer in seiner Arbeit auch erwähnt.

Nun noch einiges über die angebliche Beziehung der Cystosphären zu den Cystolithen, auf die Fellerer großen Wert legt.

Fellerer will gefunden haben, daß die Cystosphären mittels eines Stieles der gemeinsamen Scheidewand der beiden Trägerzellen aufsitzen. Ich gebe zu, daß man hie und da den Eindruck erhält, als ob ein solcher Stiel vorhanden wäre. Wenn aber die beiden Sekretkugeln von der Scheidewand einigermaßen entfernt sind, so kann man sich leicht überzeugen, daß ein solcher Stiel nicht vorhanden ist.

Läßt man auf ein Stück Blattstielhaut von *B. convolvulacea* (oder *B. vitifolia*) Alkohol einwirken, so löst sich der ölartige Inhalt allmählich und nach einiger Zeit sieht man, daß der leere, aus einer Vakuolenmembran bestehende Sack (der ursprünglich die Sekretkugel umschloß) an zarten Plasmafäden in der Trägerzelle suspendiert ist (Fig. 1 b). Derartige Plasmafäden dürften Fellerer die Anwesenheit eines Cystosphärenstiels vorgetäuscht haben.

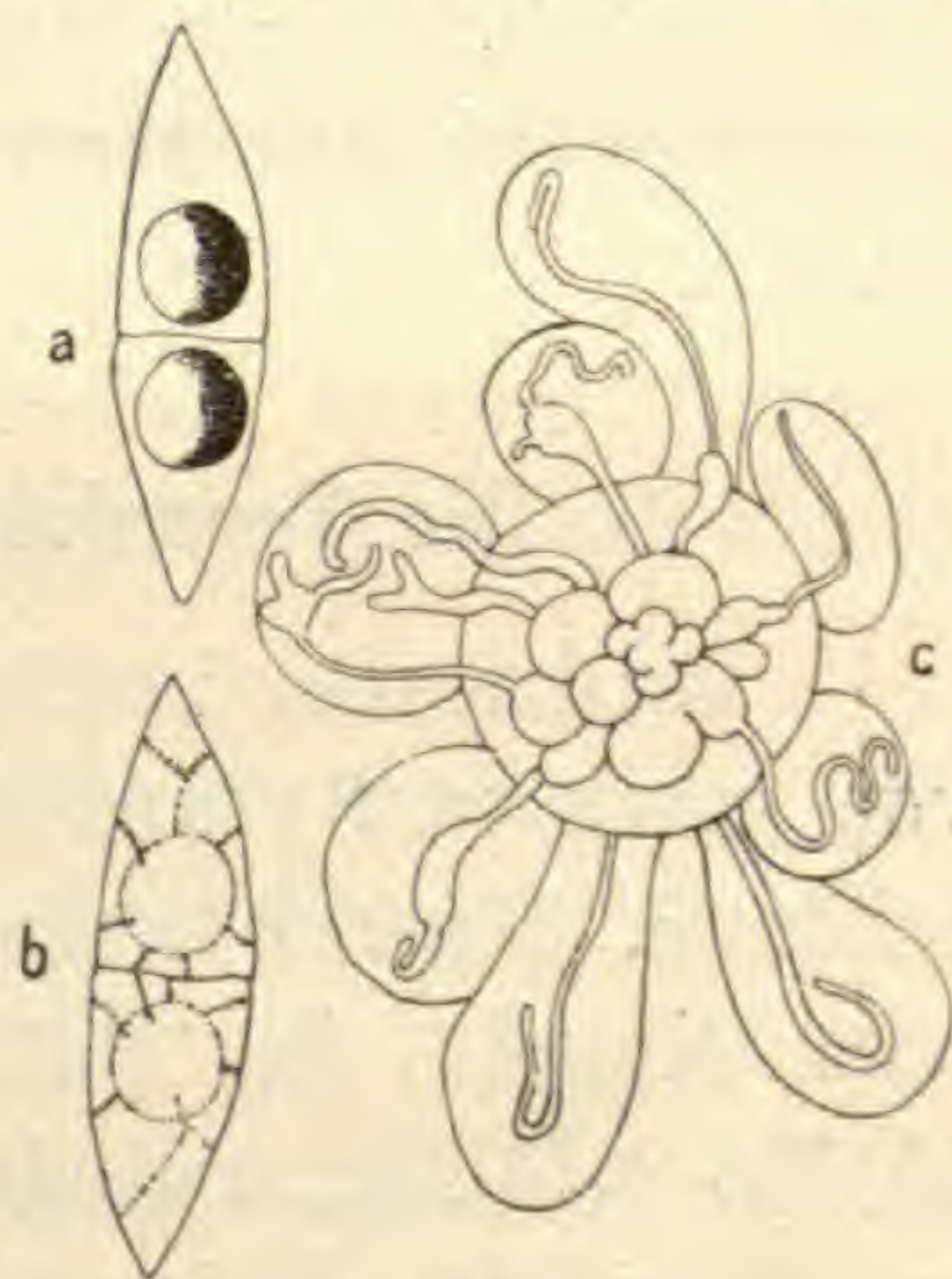


Fig. 1.

- a Zwei Trägerzellen mit je einer Sekretkugel.
 - b Zwei Trägerzellen nach Extraktion des Inhalts mit Alkohol.
 - c Sekretkugel isoliert und mit KOH behandelt: Reiche Myelinbildung.
- Alles von *Beg. convolvulacea*. Vergr. 200.

Damit dürfte die von Fellerer vermutete Beziehung der Cystosphären zu echten Cystolithen hinfällig werden, und dies um so mehr, als bei anderen Begoniaarten (z. B. B. Rex, an den Nerven der Blattunterseite) ähnliche Fettkugeln in anderer Anordnung (aber von mehr oder weniger gleicher chemischer Zusammensetzung) vorkommen, bei deren Anblick niemand auf einen Vergleich mit Cystolithen kommen wird.

Das Auffallende bei dieser letztgenannten Pflanze ist, daß die Sekretkugel bald als einziger, riesiger, stark lichtbrechender Tropfen die Zelle nahezu ausfüllt, bald in mehrere kleinere oder in zahlreiche sehr kleine, oder endlich in eine feine verteilte Emulsion — mit lebhafter Brownscher Molekularbewegung — zerfallen ist.

Das Vorkommen der Sekretkugeln in den Begoniaarten ist so vielgestaltig, daß — nicht nur vom Standpunkt der vergleichenden systematischen Anatomie, sondern auch von physiologischen Gesichtspunkten aus — eine erneute Untersuchung dieser Verhältnisse — und zwar möglichst an frischem, lebendem Material — Fellerer standen hauptsächlich nur Herbarpflanzen zur Verfügung — recht lohnend erscheint.

3. Die Tonerdekörper in den Blättern von Symplocosarten.

Radlkofer beschrieb zuerst (1904) eigentümliche in den Blättern von gewissen Symplocosarten (besonders deutlich bei der brasilianischen *S. lanceolata*) auftretende Körper, die in Form von Schollen oder Kugeln die Palisadenzellen (weniger andere Zellen des Mesophylls) erfüllen, und die am besten sichtbar werden, wenn die Schnitte in einer kein freies Alkali enthaltenden Javelleschen Lauge gebleicht werden.

Den Weg zur Ermittlung der chemischen Natur dieser Körper fand Radlkofen durch eine Notiz bei Rumphius (1743), wo erzählt wird, daß gewisse ostasiatische Pflanzen¹⁾ von den Eingeborenen als Tonbäume (*Arbor aluminosa*) bezeichnet und ihre Asche zum Beizen von Geweben verwendet wird. Eine Analyse der Asche von Blättern der brasilianischen *S. lanceolata* (ausgeführt von Prof. Hofmann) ergab in der Tat einen enorm hohen Gehalt an Tonerde, nämlich 46,2 % Al_2O_3 (neben 6 % SiO_2).

Trotz dieser für die Tonerdenatur der fraglichen Körper sprechenden Angaben, bezweifelt Kratzmann (1913) die Richtigkeit der Schlüsse

1) Höchst wahrscheinlich Symplocosarten.

Radlkofers (er findet die Schollen nur in zwei Arten *S. lanceolata* und *S. polystachya*) und bezeichnet es als nicht erwiesen, daß die Körper aus Tonerde bestehen.

Angesichts dieser Sachlage erschien es mir aussichtsvoll, die ganze Frage von einer anderen Seite anzufassen, nämlich *Symplocos* pflanzen in tonerdefreier, bzw. tonerdehaltiger Nährlösung von verschiedenem Gehalt zu ziehen und dann zu beobachten, ob die fraglichen Tonerdekörper auftreten oder nicht, sowie, welchen Einfluß der mehr oder weniger große Gehalt der Nährlösung an Aluminiumsalzen auf das Gedeihen der Pflanze hat.

Die Ausführung dieses Planes stieß insofern auf Schwierigkeiten, als *Symplocos* arten z. Zt. in botanischen Gärten fast nicht kultiviert werden. Es gibt wohl nur eine bei uns im Freien überwinternde Art: *S. crataegoides* Buch.-Ham., die aber in den meisten botanischen Gärten nicht echt vertreten ist (im hiesigen botanischen Garten erwies sich als *Rhamnus cathartica*, was im japanischen Quartier als *S. crataegoides* steht).

Überdies enthält *S. crataegoides* in ihren Blättern keine „Tonerdekörper“.

Es gelang mir schließlich aus dem botanischen Garten Königsberg¹⁾ keimfähige Samen von *S. japonica* zu erhalten und mit diesen den angedeuteten Versuch anzustellen.

S. japonica A. DC. besitzt zwar lange nicht so große und auffallende Tonerdekörper wie *S. lanceolata*, gleichwohl ergab der Versuch ein durchaus eindeutiges Resultat.

Die Samen wurden in ausgewaschenem Quarzsand angekeimt und die Keimlinge in Nährlösungen von folgender Zusammensetzung weiter kultiviert:

I. Knopsche Lösung ohne Al.			
II.	„	+ 0.0001 AG. Aluminium als $AlK(SO_4)_2$	in 1 l Lösung
III.	„	+ 0.001	do. do.
IV.	„	+ 0.01	do. do.

Der Versuch wurde zweimal (15. Aug. und 25. Sept. 22) mit vollkommen gleichem Ergebnis angestellt: Versuchsdauer beim 1. Versuch 8 Wochen, beim 2. noch nicht abgeschlossen.

In I und II machen die Pflanzen einen kränklichen Eindruck (braune Flecken an den Blättern, dürftige Belaubung), in IV trat bald

1) Ich spreche hierfür Herrn Prof. Mez meinen verbindlichen Dank aus.

Tod ein; in III reich belaubte Pflanze. Besonders auffallend ist die Entwicklung des Wurzelsystems: I, II und IV kümmerlich (namentlich IV), gebräunt, keine frischen Triebwurzeln, in III ausgezeichnet: überaus kräftige, weithin streichende, sehr gesund aussehende Wurzeln in großer Anzahl. Beim zweiten Versuch war die Pflanze in II besser entwickelt als beim ersten ¹⁾).

Die mikroskopische Untersuchung der Blätter ergab nun folgendes Bild:

Aluminiumgehalt der Nähr- lösung	Versuch	Befund
Ohne Al	1. 2.	} Al-Körper spärlich, optisch fast leer, hyalin
Mit 0,0001 A-G Al	1. 2.	
Mit 0,001 A-G Al	1. 2.	} Zahlreich, sehr kompakt
Mit 0,01 A-G Al	1. 2.	
Mit 0,0001 A-G Al	1. 2.	} Spärlich, fast 0
Mit 0,001 A-G Al	1. 2.	

Auffallend ist, daß in der besonders kräftig entwickelten Pflanze III des ersten Versuches so wenig Aluminiumkörper zu finden waren (s. u.).

Zum mikrochemischen Nachweis des Aluminiums in Pflanzen eignet sich vorzüglich die Reaktion mit Caesiumalaun: Veraschung eines Blattstückchens von bestimmter Größe (einige Quadratmillimeter), Auflösung der Asche in Schwefelsäure, Zusatz eines Tropfens einer CsCl-Lösung. Bei Anwesenheit von Aluminium in der Blattsche entsteht ein mehr oder weniger kräftiger Niederschlag von Caesiumalaun (oder bei langsamer Kristallisation mehr oder weniger große Kristalle des reg. Systems).

Der Befund war folgender (bei beiden Versuchen übereinstimmend):

- I. 0.0 Al. Niederschlag schwach, nur einige größere Kristalle.
- II. 0.0001 Al. Ziemlich starker Niederschlag.
- III. 0.001 Al. Sehr starker Niederschlag.
- IV. 0.01 Al. Ziemlich starker Niederschlag.

Man darf wohl sagen, daß das Ergebnis dieser Kulturversuche in aluminiumfreien bzw. in aluminiumhaltigen Nährlösungen im Sinne

1) Die Pflanzen I, II, III und IV standen sowohl hinsichtlich der Belaubung als auch der Bewurzelung etwa in folgendem Verhältnis zueinander: 2 : 2 : 5 : 1. (Diese Angaben mögen genügen, um ein kostspieliges Klischee, das freilich das Verhältnis der Versuchspflanzen besser veranschaulichen würde, zu vermeiden.)

der Annahme Radlkofer's, daß die fraglichen Körper der Hauptsache nach aus Tonerde (mit einer kleinen Beimengung einer organischen Substanz bestehen) spricht.

Nicht ohne weiteres verständlich ist, daß im ersten Versuch die bestentwickelte Pflanze III verhältnismäßig wenig Tonerdekörper enthält, dagegen eine sehr starke Caesiumalaunreaktion gab.

Ich möchte glauben, daß sich die Erklärung für diesen scheinbaren Widerspruch aus folgender Überlegung ergibt:

Wir wissen durch die wichtige Untersuchung von Stocklasa (1922): „daß das Aluminium, in sehr geringer Menge aufgenommen, die Fähigkeit besitzt, die Giftwirkung des Eisens und Mangans herabzusetzen bzw. zu paralysieren.

Außer dieser wichtigen ernährungsphysiologischen Funktion scheint das Aluminium aber bei den *Symplocos*arten noch eine andere Aufgabe zu besitzen. Untersucht man nämlich die Fruchtwand von *S. lanceolata*²⁾, so findet man nur in den äußersten Zellschichten zahlreiche, aber sehr kleine Tonerdekörper; gleichwohl gibt die Asche eines mikroskopischen Schnittes eine überaus starke Reaktion mit Caesiumchlorid.

Offenbar zeigen auch die Zellwände starke Einlagerung von Tonerde, eine Vermutung, die bereits Radlkofer und Wehnert (1906) aussprachen, und auf diese Einlagerung dürfte die außerordentliche Härte der Fruchtwand von *S. lanceolata* zurückzuführen sein.

Ich denke mir den Tonerdestoffwechsel in den Blättern von *Symplocos* (soweit es sich um aluminiumhaltige Arten handelt)³⁾ wie folgt:

Diese Pflanzen sind imstande, verhältnismäßig viel Tonerde aufzunehmen. (*S. japonica* gedeiht ausgezeichnet bei einer Dosis von 0,001 A-G. Al. in 1 l Wasser, eine Dosis, welche nach Stocklasa bei anderen xerophilen Pflanzen schon schwerere Schädigungen im Gefolge hat.) Die Tonerde wird in den Zellwänden gespeichert⁴⁾, zum Teil auch —

1) Das Aluminium scheint an diese organische Beimengung chemisch ziemlich fest gebunden zu sein; denn Schnitte mit H_2SO_4 und $CsCl$ direkt (ohne zu veraschen) geben einen nur schwachen Alaunniederschlag.

2) Ich verdanke das Material meinem lieben Freund Dr. P. Dusén, Stockholm.

3) Wahrscheinlich sind alle *Symplocos*arten mehr oder weniger reich an Al_2O_3 .

4) Die Blätter von *S. crataegoides* enthalten — obwohl Tonerdekörper in den Palisadenzellen fehlen, doch beträchtliche Mengen von Al, wie die sehr starke Caesiumalaunreaktion mit der Blattsche zeigt.

vielleicht wenn sie in einem gewissen Überschuß aufgenommen wurde — in den Palisadenzellen abgelagert, um später bei der Ausbildung der Fruchtwand verbraucht zu werden.

Ob sich dies wirklich so verhält, müssen weitere Untersuchungen an geeignetem lebenden Material lehren.

Wenn die Pflanze III im ersten Versuch trotz vorzüglicher Entwicklung und hohem Tonerdegehalt (laut Caesiummalaunreaktion) keine oder nur wenig Tonerdekörper in den Palisadenzellen abgelagert hat, ist dies wohl so zu verstehen, daß hier — infolge der reichen Blattbildung alle aufgenommene Tonerde in den Wänden untergebracht wurde, und ein Überschuß — zur Aufspeicherung im Innern der Zellen — nicht vorhanden war.

Literatur.

Fellerer, Beitr. z. Anatomie und Systematik der Begoniaceen. Inaug.-Diss. München 1892.

Kratzmann, Der mikrochemische Nachweis und die Verbreitung des Aluminiums im Pflanzenreich. Sitzungsber. Kais. Akad. Wiss. Wien 1913.

Molisch, Mikrochemie der Pflanzen. II. Aufl. 1921.

Radlkofer, Über die Gliederung der Sapindaceen. Sitzungsber. math.-phys. Kl. Akad. Wiss. München, Bd. XX. 1890.

Ders., Über Tonerdekörper in Pflanzenzellen. Ber. D. bot. Ges. 1904, Bd. XXII.

Rumphius, Herbarium amboinense III—V 1743.

Senft, Über die Myelinformen bildende Substanz in Ginkgosamen. Pharmaz. Post 1907.

Stocklasa, Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur etc. Jena 1922.

Wehnert, Anat.-system. Untersuchung der Blätter der Gattung Symplocos. Inaug.-Diss. München 1906.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [116](#)

Autor(en)/Author(s): Neger Franz Wilhelm

Artikel/Article: [Neue Methoden und Ergebnisse der Mikrochemie der Pflanzen 323-330](#)