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

Flora und Fauna ihrer schönen Heimath wesentlich gefördert hat, sendet zum Jubelfeste des 50jährigen Bestehens die herzlichsten Wünsche für weiteres fröhliches Gedeihen

Berlin, den 27. März 1901.

Die Deutsche Botanische Gesellschaft.

S. Schwendener, z. Z. Präsident.

L. Kny, z. Z. Vorsitzender der wissenschaftl. Sitzungen.

Mittheilungen.

15. F. Czapek: Der Kohlenhydrat-Stoffwechsel der Laubblätter im Winter.

Eingegangen am 1. März 190 .

Durch eine Reihe von älteren und neuen Untersuchungen ist die Thatsache festgestellt worden, dass die den Winter über in unseren Klimaten persistirenden Laubblätter im Spätherbste ihren Stärkegehalt verlieren und erst im Frühjahr neuerdings Stärkekörner in ihren Chloroplasten ausbilden. Dies wurde bereits von E. Mer[1]) beobachtet (1876), für eine grössere Reihe von Pflanzenarten von E. Schulz[2]) sicher gestellt und neuerdings von B. Lidforss[3]) durch eine Reihe interessanter Beobachtungen und Betrachtungen erläutert.

Lidforss fand als allgemeine Regel, dass die Stärke selbst in den Schliesszellen der wintergrünen Blätter im mitteldeutschen Klima bereits im December völlig verschwunden ist. Durch Temperaturerhöhung (indem man gänzlich stärkefreie Winterblätter in ein geheiztes Zimmer bringt) ist man aber im Stande, schon in wenigen Stunden eine erhebliche Stärkebildung in den Schliesszellen hervorzurufen, und zwar auch im dunklen Raume. An den Winterblättern

1) E. Mer, De la constitution et des fonctions des feuilles hivernales. Bulletin de la Soc. bot. de France. 23. Bd., S. 231—238 (1876).

2) E. Schulz, Ueber Reservestoffe in immergrünen Blättern. Flora 1888, S. 223 und 248.

3) B. Lidforss, Botan. Centralbl. 1896, Bd. 68, S. 33—44.

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

sind sowohl Schliesszellen, als Mesophyllzellen sehr reich an Zucker. LIDFORSS stellte auch die interessante Thatsache fest, dass die Winterblätter nach Verwundung local in den um die Wunde herum liegenden Mesophyllzellen Stärkebildung erkennen lassen. Da nach STAHL's Untersuchungen die Spaltöffnungen der Winterblätter während des ganzen Winters geschlossen sind, so vermuthet LIDFORSS, dass die von ihm entdeckte Wirkung der Verwundung auf einer Erleichterung der Sauerstoffversorgung beruhe. Neuestens hat K. MIYAKÉ[1]) auch für die japanische Winterflora die Beobachtungen von LIDFORSS bestätigen können.

LIDFORSS hob mit Recht die Analogie der winterlichen Stärkeauflösung in den wintergrünen Laubblättern mit dem Verschwinden der Stärke in Baumstämmen im Spätherbste hervor, eine Erscheinung, die von RUSSOW 1882 entdeckt und besonders von A. FISCHER[2]) näher untersucht worden ist. Auch das altbekannte Süsswerden von Kartoffelknollen bei Temperaturen nahe an 0°, welches auf Vermehrung des Saccharosegehaltes zurückzuführen ist, gehört in diese Gruppe von Erscheinungen. RUSSOW hat bereits durch exacte Versuche direct gezeigt, dass nur die niedere Temperatur die Ursache des Verschwindens der Stärke in Baumzweigen im Spätherbste ist. Andererseits wissen wir durch A. FISCHER's Untersuchungen für Baumzweige, sowie durch MÜLLER-THURGAU's[3]) Studien über das Süsswerden von Kartoffelknollen, dass bei dieser Erscheinung die Periodicität der Wachsthums- und Stoffwechselprocesse der Organe mitspielt, indem es erst von einem gewissen Altersstadium im Herbste an möglich ist, experimentell durch Abkühlung die Stärkeauflösung hervorzurufen.

Wie wir uns jedoch diese Temperatureinwirkung auf die Stärkebildung und auf den Kohlenhydrat-Stoffwechsel der persistirenden Organe überhaupt vorzustellen haben, bleibt durch alle diese Beobachtungen unerklärt. Auch die Versuche WINKLER's[4]), meines Wissens des einzigen Autors, welcher sich mit dem Einflusse niederer Temperaturen auf den Process der Stärkebildung in den Chloroplasten ausführlicher beschäftigt hat, lassen diesen Punkt im Dunklen, nachdem WINKLER feststellen konnte, dass wenigstens bei manchen Pflanzen Stärkebildung in Zuckerlösung noch bei Temperaturen nahe

1) K. MIYAKÉ, On the Starch of evergreen Leaves. Bot. Magazine, Vol. XIV, No. 158 (1900).

2) A. FISCHER, Jahrbücher für wissensch. Botanik, Bd. 22, S. 73 (1890). Daselbst die frühere Litteratur.

3) H. MÜLLER-THURGAU, Landwirthsch. Jahrb., Bd. 11, S. 751—828 (1882); Bd. 14, S. 851—912 (1885).

4) H. WINKLER, Jahrb. für wissensch. Botanik, Bd. 32, S. 525 (1898). Die betreffenden Angaben finden sich S. 529.

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

an 0° stattfinden kann, sich somit eine Grenze des Vorganges mit dem Einsetzen von Wintertemperaturen unter den angewendeten Bedingungen nicht eruiren liess.

Irgendwie muss sich jedoch, wie aus allen den angeführten Beobachtungsthatsachen hervorgeht, die „physiologische Disposition" der Zelle zur Stärkebildung durch die niedere Temperatur ändern.

Dahin gerichtete Versuche liessen mich auch sehr bald eine Thatsache auffinden, welche den Vorgang einigermassen näher bestimmbar werden lässt. Es stellte sich nämlich heraus, dass durch den Einfluss von niederen Temperaturen die Minimalconcentration der Zuckerlösung, auf welcher stärkefreie Laubblätter im Dunkeln schwimmend eben noch deutlich nachweisbare Stärkekörner in ihren Chloroplasten ausbilden, in die Höhe getrieben wird. Besonders die Schliesszellen zeigen die Abhängigkeit der zur Stärkebildung eben hinreichenden Zuckerconcentration von der Temperatur sehr scharf und deutlich.

Versuchsobjecte waren Blätter von *Scolopendrium vulgare, Ruscus aculeatus, Antirrhinum majus, Hedera Helix, Saxifraga Aizoon, Sedum reflexum, Buxus sempervirens, Ilex Aquifolium, Taxus baccata* und einer *Sempervivum*-Art. Am 1. December 1900 zeigten alle diese im Prager botanischen Universitätsgarten im Freien überwinternden Blätter, mit der SCHIMPER'schen Jod-Chloralhydratlösung auf Stärke geprüft, in keinem Theile nachweisbare Stärkequantitäten.

Bei Zimmertemperatur von 17° C. im Dunkelschrank auf Wasser schwimmend, hatten diese Blätter binnen 16 Tagen wenigstens zum Theile auf Kosten des im Zellsafte enthaltenen Zuckers Stärke gebildet:

Scolopendrium: In den Schliesszellen stellenweise viel Stärke.

Ruscus aculeatus: In den meisten Schliesszellen Stärke.

Antirrhinum majus: Spärliche Stärke in den Schliesszellen.

Die übrigen Versuchsobjecte zeigten keine Stärkeregeneration.

Dieser bereits von LIDFORSS ausgeführte Versuch zeigt, dass für Zimmertemperatur der in den Blattzellen gebotene Zuckergehalt wenigstens in manchen Fällen ausreichend sein muss, um Stärkebildung zu veranlassen.

Bei Temperaturen nahe an 0° bleibt jedoch die Stärkebildung bei den auf Wasser schwimmenden Blättern in allen Fällen aus. Ich liess Blätter der genannten Versuchspflanzen vom 1.—16. December in mit Wasser gefüllten Krystallisirschalen in einem Metallgefässe, welches stets rings von Eis umgeben war, verweilen. Die sorgfältig controlirte Temperatur schwankte zwischen 0° und + 2° C. Unter diesen Temperaturverhältnissen war bei keinem Blatte die in

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

den Blattzellen gebotene Zuckerconcentration hinreichend, um Stärkebildung eintreten zu lassen; es liegen also ähnliche Verhältnisse vor, wie sie bei den im Freien vegetirenden Winterblättern herrschen.

Parallel diesen Versuchen mit Wasser bei Zimmertemperatur und künstlicher Abkühlung gingen nun Versuche mit Zuckerlösungen verschiedener Concentration. Zunächst wurden verwendet Rohrzuckerlösungen von 2, 5 und 10 pCt. Nach den Feststellungen WINKLER's wirkt eine Rohrzuckerlösung von 10 pCt. bei + 20° C. nahezu optimal, und eine weitere Concentrationssteigerung hat nur relativ geringen Effect. Der Verlauf der Versuche, welche vom 1.—16. December abliefen, war folgender:

1. Zimmertemperatur von + 16 bis 18° C.

2 pCt. Rohrzucker: Die Schliesszellen der in Jod-Chloralhydrat untersuchten, vorher mit Alkohol ausgekochten Blätter zeigten reichlichen Stärkegehalt bei *Scolopendrium*, *Hedera*, *Ruscus*. Die übrigen Versuchspflanzen zeigten theils negative, theils schwach positive, nicht zur Verwerthung geeignete Befunde.

Bei 5 pCt. und 10 pCt. Rohrzucker war der Befund noch ausgeprägter. Auch hier erwiesen sich *Hedera Helix*, *Ruscus aculeatus* und *Scolopendrium vulgare* als die best reagirenden Objecte.

2. Die Präparate auf dem Eise bei 0° bis + 2° C.

In 2 pCt. und 5 pCt. Rohrzuckerlösung war auch bei den best reagirenden Objecten nur sehr sporadisch und spärlich Stärkebildung in den Schliesszellen zu constatiren. In 10 pCt. Rohrzuckerlösung war jedoch wenigstens bei *Ruscus* und *Hedera* auch bei dieser Temperatur eine sehr reichliche Stärkebildung in den Schliesszellen aufgetreten.

Nach weiteren Erfahrungen dürfte eine 7procentige Rohrzuckerlösung ungefähr die Grenzconcentration darstellen, bei welcher auch bei Temperaturen nahe 0° eine allgemeine nennenswerthe Stärkeformation in den Chloroplasten der genannten Laubblätter statt hat.

Die Annahme von LIDFORSS, dass der winterliche Spaltöffnungsschluss die Ursache des Ausbleibens der Stärkebildung sei, bildet nicht in jeder Hinsicht eine ausreichende Erklärung für die Abwesenheit der Stärke in den Blattzellen während des Winters, wie zum Theile bereits die Versuche desselben Autors zeigten, nach welchen höhere Temperaturen viel früher als die Spaltöffnungsschliesszellen ihre Oeffnungsstellung wieder einnehmen, eine Regeneration der Stärke wenigstens in den Schliesszellen veranlassen.

Die oben geschilderten Befunde zeigen nun deutlich, dass für niedere Temperaturen die in den Blattzellen gebotenen Zuckercon-

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

centrationen einfach nicht hinreichen, um eine ausgiebige Stärkebildung zu ermöglichen. Wohl aber sind sie hierzu mehr als ausreichend, so bald die Blätter in höhere Temperatur gebracht werden, und in der That konnte LIDFORSS unter solchen Verhältnissen raschen Eintritt von Stärkeregeneration constatiren. Wir dürfen demnach von einer „Aenderung der Zuckerstimmung" in den Blattzellen durch Temperaturerniedrigung sprechen, und in einer solchen haben wir die Ursache der Erscheinung zu sehen, dass die Laubblätter im Winter stärkefrei bleiben.

Es ist in gemässigtem Klima eine bei überwinternden Pflanzenorganen sehr verbreitete Erscheinung, dass die im Eingang der Winterruhe aufgestapelte Stärke mit Eintritt der Wintertemperaturen eine Verminderung erleidet oder auch ganz verschwindet. Das Stärkefreiwerden der Laubblätter im Winter, die Verminderung und das theilweise Verschwinden der Stärke im Holze und der Rinde von Baumzweigen, in stärkehaltigen Rhizomen und Knollen sind prägnante Beispiele aus dieser Gruppe physiologischer Erscheinungen. Unstreitig handelt es sich hier nicht um Vorgänge, welche in jedem Entwickelungsstadium des Organes, auch im Sommer durch künstliche Abkühlung beliebig in Scene gesetzt werden können. So gelingt es nicht die Stärkeverminderung und Zuckerbildung in Kartoffelknollen, welche frisch ausgegraben sind, so rasch und ausgiebig wie im Winter hervorzurufen.[1]) A. FISCHER[2]) erzielte ähnliche Misserfolge, als er durch künstliche Abkühlung im Juni an Lindenästen das Verschwinden der Stärke erzielen wollte. Dass aber trotzdem die niedrige Wintertemperatur bei diesen Vorgängen einen bestimmten Einfluss hat, wird durch mehrere Umstände bewiesen. Es gelingt einmal, wenigstens zur passenden Jahreszeit, durch künstliche Abkühlung sicher eine Stärkeauflösung und Zuckeranhäufung bei den verschiedensten Organen zu bewirken; wir sehen ausserdem, dass es bei Aesten, Rhizomen zunächst gerade die peripheren Partien sind, welche eine Verminderung des Stärkegehaltes aufweisen, weil sie eben den Temperatureinflüssen mehr ausgesetzt sind.

Dass nun niedere Temperatur bei Winter überdauernden Organen Stärkeauflösung und Zuckeranhäufung hervorruft, ist ebenfalls auf die Erhöhung der „Zuckerstimmung" der Zelle zu beziehen. Diese äussert sich also einerseits in der Erhöhung der Concentrationsschwelle für den Eintritt der Stärkecondensation, andererseits in einer vermehrten Zuckerbildung auf Kosten des bereit liegenden Materials, der Stärke. Die niedere Temperatur hemmt also den Stärkecondensationsprocess, fördert dagegen die Hydratation der vorhandenen Stärke.

1) H. MÜLLER-Thurgau, Landwirthsch. Jahrbüch., Bd. 11, S. 781–82 (1882).
2) A. FISCHER, Jahrbüch. für wissensch. Botan., Bd. 22, S. 117, 154 (1890).

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

Dieses Verhältniss kann nun keineswegs durch eine Temperatureinwirkung auf die Function der Amyloplasten bedingt sein.

Wir wissen von den Amyloplasten, dass sie Stärkekörner ausbilden, so bald die Concentration des Zuckers in ihnen durch autochthone Zuckerproduction oder in ihrer unmittelbaren Umgebung durch Darbietung fertigen Zuckers ein gewisses Maximum erreicht hat. Diese Concentrationsschwelle scheint unter normalen Verhältnissen ziemlich tief zu liegen; WINKLER[1]) fand sie bei einzelnen Objecten schon zwischen 0,1 pCt. und 0,2 pCt. Saccharose. Die Amyloplasten lösen hingegen ihre Stärkekörner auf, wenn die Zuckerconcentration in ihrer Umgebung ein gewisses Minimum erreicht hat und die Zelle dauernd Zucker consumirt. Ein und derselbe Factor, z. B. Temperaturerniedrigung, kann daher nicht gut Erhöhung der Concentrationsschwelle für die Stärkecondensation und vermehrte Stärkelösung durch directe Einwirkung auf die Amyloplasten gleichzeitig hervorrufen.

Ungezwungen lässt sich hingegen die winterliche Stärkelösung und Erhöhung der Zuckerconcentrationsschwelle für die Stärkebildung durch die Annahme verstehen, dass in Folge der Temperaturerniedrigung im Cytoplasma ein Anziehungscentrum für Zucker in höherem Grade als sonst geschaffen wird, dass also der Einfluss der Temperaturerniedrigung auf einer vermehrten Zuckerspeicherung des Zellplasmas, ausserhalb der Amyloplasten, beruht.

Wie unsere oben angeführten Versuche zeigen, hat diese Anziehungskraft des Plasmas für Zucker eine bestimmte Grenze. Auf 7 bis 10 pCt. Rohrzuckerlösung schwimmend, beginnen auch in abgekühlten Winterblättern die Chloroplasten Stärkekörner auszubilden. Legt man hingegen diese Blätter, sobald sie Stärke gebildet haben, unter dauernder Abkühlung auf Wasser, so wird der Ueberschuss an Zucker theils durch Diffusion aus den Blättern entfernt, theils wohl auch von den Blattzellen verbraucht, und man kann nach Verlauf von 1 bis 2 Wochen feststellen, dass die gebildeten Stärkekörnchen wieder verschwunden sind.

Ich sehe mich demnach zur Annahme genöthigt, dass die winterliche Stärkelösung, wie die gefundene Erhöhung der Zuckerconcentrationsschwelle für die Stärkebildung in einer Kältewirkung auf das Plasma, nicht aber in einer Kältewirkung auf die Amyloplasten zu suchen ist.

Warum die Temperaturerniedrigung im Cytoplasma eine vermehrte Anziehung für Zucker schafft, welche Vorgänge hierbei mitspielen, müssen weitere Untersuchungen aufklären.

Wie LIDFORSS angiebt und ich bestätigen kann, ist die Ver-

1) H. WINKLER, Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. 32, S. 528 (1898).

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

mehrung des Zuckergehaltes in winterlichen Blättern durch die Reductionsprobe leicht nachzuweisen. Die von A. Fischer festgestellte Zuckeranhäufung in Baumzweigen, das Süsswerden der Kartoffeln beweist ebenfalls, dass wenigstens die Hauptmenge des vom Cytoplasma festgehaltenen Zuckers als freies gespeichertes Material vorliegt. Dass aber wenigstens partiell eine lockere Bindung des Zuckers etwa in Glycosidform an verschiedene Plasmasubstanzen eintritt, ist damit nicht ausgeschlossen. Die Vorgänge dürften bei allen überwinternden Organen dieselben sein. Die Bildung von fettem Oel auf Kosten der Reservekohlenhydrate ist wohl nicht überall deutlich ausgeprägt; doch ist auch, wie schon Lidforss angab, selbst in den Mesophyllzellen der Winterblätter ein vermehrter Fettgehalt sicher zu stellen. Es ist recht gut denkbar, dass die vermehrte Zuckerspeicherung im Cytoplasma mit der später daselbst einsetzenden Fettbildung in ein und dieselbe Kette von physiologisch-chemischen Vorgängen gehört, als deren auslösende Ursache hier die Temperaturerniedrigung zu betrachten ist. Wie die Entstehung von Fett bei der Reife zahlreicher Samen erweist, giebt es aber sicher noch andere auslösende Factoren, die analog wirken, wie die Temperaturerniedrigung in unserem Falle.

Was die Laubblätter und andere chlorophyllführende Organe anbelangt, so ist wohl bei deren winterlichen Zuckerspeicherung nicht ausser Acht zu lassen, dass unter Umständen ein Theil des in den Zellen aufgespeicherten Zuckers auch der Kohlensäureassimilation der Chloroplasten entstammen kann. Nach den Untersuchungen von Ewart[1]) vermag in den meisten Fällen erst längere Einwirkung von Temperaturen von 0 bis + 4° C. eine temporäre Inactivirung der Chloroplasten zu erzeugen. Ferner sei daran erinnert, dass Boussingault[2]) bei *Larix* noch zwischen + 0,5° und + 2,5° C. Kohlensäureassimilation fand, und Heinrich[3]) bei *Hottonia palustris* sicher noch bei + 4,5° C. Gasblasenentwickelung im Lichte beobachten konnte. Diese Momente sind auch bei der Würdigung des winterlichen Spaltöffnungsschlusses als Assimilation hemmender Factor mit zu berücksichtigen.

Lidforss hat in seiner oben citirten Arbeit darauf aufmerksam gemacht, dass man in Winterblättern durch Anbringen von Ritzen oder Herstellen von Schnittflächen locale Stärkebildung in den Mesophyllzellen, welche der Wunde benachbart sind, hervorrufen

1) A. S. Ewart, Journ. of the Linnean Society, Vol. XXXI, Botany, Nr. 217, (1896) p. 389—403. Auch W. Pfeffer, Ueber die vorübergeh. Aufhebg. der Assimilationsfähigkeit in Chlorophyllk. Ber. math.-phys. Cl. der kgl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig. Sitzg. vom 1. Juni 1896, S. 312.

2) Ann. des sciences nat. V. sér. T. 10, p. 336 (1869).

3) Landwirthsch. Versuchsstat., Bd. 13, S. 136 (1871).

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

kann. Er zieht diese Beobachtung als Beweis dafür heran, dass es der Sauerstoffmangel ist, welcher die Verwandlung des Zuckers der Zellen in Stärke hindert. Weil jedoch gerade die der Verletzung nächstliegenden Zellen die Stärkebildung zeigen, so möchte ich auf die Möglichkeit einer anderweitigen traumatischen Folge aufmerksam machen. Der traumatische Reiz dürfte hier die Kältewirkung auf das Zellplasma, welche Zuckerspeicherung auslöst, aufheben und durch Herabsetzung der Concentrationsschwelle für die Stärkebildung das Entstehen von Amylumkörnern in den vom Wundreiz betroffenen Zellen veranlassen.

16. Imm. Löw: Teakholz und Jute schon im classischen Alterthum bekannt.

Eingegangen am 9. März 1901.

Von dem ausgezeichneten Kenner der semitischen Sprachen und Alterthümer, Rabbiner Dr. IMMANUEL LÖW, dem Verfasser des hochgeschätzten Werkes „Aramäische Pflanzennamen" (Leipzig 1881, W. ENGELMANN) erhielt ich folgende briefliche Mittheilung, der ich einen Platz in unseren Berichten einzuräumen bitte.

Berlin, 9. März 1901. P. ASCHERSON.

Periplus Maris Erythraei ed. FABRICIUS, S. 74, § 36: „Fährt man durch diese Mündung des Meerbusens an dem Festlande hin, so folgt nach einer Fahrt von sechs Tagen ein zweiter Handelsplatz von Persis, das sogenannte Ommana[1]). Man entsendet gewöhnlich von Barygaza aus nach diesen beiden Handelsplätzen von Persis grosse Schiffe mit Kupfer *καὶ ξύλων σαγαλινοκαιδοκῶν* (so) *κερατεανῶν καὶ φαλάγγων σασαμίνων καὶ ἐβενίνων* . . . ." STUCK liest mit Recht *σαγαλίνων καὶ δοκῶν*, ohne *σαγαλίνων* erklären zu können. SALMASIUS hat dafür sehr ingeniös *σανταλίνων* vorgeschlagen, und dies soll so viel sein wie *σανταλίνων*, Sandelholz.

Der Hauptexportartikel an Holzarten Indiens ist der Teakbaum, *Tectona grandis* L., indisch sagun (RITTER, Asien V. 803, ZDMG. 50, 650), davon arabisch sâǵ ج-ـــ, aramäisch שאגא šâgâ. Dasselbe ist *σαγάλινα* des Periplus. Dieses indische Holz kennt der babylonische Talmud unter zwei Namen: als šâgâ, Teakbaum und Teakholz, und

1) Nach MÜLLER's Vermuthung in dem jetzt Tschubar genannten Busen, wo man die Orte Tschubar, Tiz und Purug erwähnt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: 19

Autor(en)/Author(s): Czapek Friedrich

Artikel/Article: Der Kohlenhydrat-Stoffwechsel der Laubblätter im Winter. 120-127