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

61. Arth. Meyer: Die Beziehung zwischen Eiweiß- und Säurebildung in Laubblättern.

(Eingegangen am 17. Oktober 1918.)

Die Annahme, daß die Entstehung der organischen Säuren in Pflanzenzellen mit der Bildung von Eiweißstoffen zusammenhänge, ist mehrfach gemacht worden. So z. B. von BERTHELOT und ANDRÉ (Annal. Chim. et physique 4. sér. 10. Bd. 1886, S. 350), PALLADIN (Ber. Deutsch. Bot. Ges. 1887, S. 325.) PALLADIN, dem SCHIMPER folgte, nimmt an, daß „organische Säuren in wachsenden Pflanzenteilen als Nebenprodukt bei Regeneration der Eiweißstoffe aus Asparagin und Kohlehydraten entstehen" und gibt dafür eine Formel, welche sehr wenig Tatsächliches hinter sich hat.

Ich will hier vorzüglich kurz die Beziehungen zwischen der, wie ich (Flora 1918) gezeigt habe, in den Chloroplasten der Laubblätter besonders ausgiebigen Bildung ergastischen Eiweißes zu dem Verschwinden freier organischer Säuren und der Bildung von oxalsaurem Kalk darlegen.

Wenn wir die genannten Vorgänge verfolgen, so finden wir eine auffallende Übereinstimmung zwischen ihnen in 4 Punkten, die ich für jeden der 3 in Rede stehenden Vorgänge besonders anführen will.

I. Die Eiweißbildung in den Laubblättern.

1. Die Laubblätter können im Dunkeln Eiweiß aus nicht eiweißartigen N-Verbindungen herstellen, wenn ihnen passende Kohlehydrate zur Verfügung stehen.

2. Ein bestimmtes Laubblatt bildet im Lichte unter gleichen Umständen, in gleicher Zeit eine bedeutend größere Menge Eiweiß als im Dunkeln.

3. Die Eiweißbildung in Laubblättern wird auch dann durch Licht gefördert, wenn diese sich in kohlensäurefreier Atmosphäre befinden.

4. Ob farblose Blätter (panachierter Pflanzen) wesentlich mehr Eiweiß im Lichte erzeugen als im Dunkeln, ist nicht untersucht, da aber SCHIMPER in farblosen Blatteilen kein Verschwinden von Nitraten im Lichte nachweisen konnte, so ist es wahrscheinlich, daß sie im Lichte keine größeren Mengen von Eiweiß bilden.

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

II. Entsäuerung des Laubblattes.

1. Es tritt auch in dauernder Verdunkelung eine schwache Abnahme der in den Laubblättern enthaltenen freien Säure ein. (WARBURG, S. 70; DE VRIES 1884, S. 340 — 1885, S. 71, S. 101.)

2. In grünen Laubblättern verschwindet die freie Säure im Lichte sehr viel schneller als im Dunkeln.

3. In grünen Blättern findet auch in kohlensäurefreier Atmosphäre im Lichte eine sehr energische Säureabnahme statt. (WARBURG, S. 80.)

4. Chlorophyllfreie oder etiolierte Pflanzenteile zeigen keine oder unbedeutende Entsäuerung. (WARBURG, S. 78.)

III. Entstehung von Kalziumoxalatkristallen im Laubblatte.

1. Zum Teil entsteht in jungen, heranwachsenden Blättern das Kalziumoxalat unabhängig vom Lichte; das Wachstum der Kristalle hört aber dann in den ausgewachsenen Blättern völlig auf. (SCHIMPER, S. 85.)

2. Im Lichte erzeugen die Kalziumoxalat führenden erwachsenen Laubblätter weiter Kalziumoxalat, bei Verdunkelung nicht (S. 85). Sonnenblätter enthalten größere Mengen von Kalziumoxalat als Schattenblätter (S. 86). MONTEVERDE (1889, S. 331) ließ die Spitze einer Erbse in einen dunklen Raum hineinwachsen und darauf wieder aus diesem herauswachsen: die beleuchteten Teile waren sehr reich an Kalziumoxalat, die im Dunkeln erwachsenen Internodien enthielten fast gar keine Kristalle.

3. Die Bildung von Kalziumoxalat tritt in erwachsenen Laubblättern auch energisch ein, wenn man sie in kohlensäurefreier Atmosphäre beleuchtet (S. 88).

4. Weiße Blätter der panachierten Form von *Acer negundo* enthalten nur winzige und spärliche Kristalle, grüne reichlich Kalziumoxalatkristalle. (S. 86.)

Was in I angeführt ist, findet man in meiner Abhandlung (1918) belegt; die unter II aufgeführten Sätze sind der Arbeit von O. WARBURG (1886) entnommen und die unter III mitgeteilten (mit Ausnahme der Angabe von MONTEVERDE) der Arbeit von SCHIMPER (1888).

Die Vergleichung der drei sich in den Laubblättern abspielenden Prozesse läßt also folgendes erkennen.

Eine schwache Eiweißbildung (I, 1) findet in den Laubblättern auch im Dunkeln statt, ebenso eine schwache Entsäuerung und eine schwache Oxalatbildung.

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

Das Licht fördert die Eiweißbildung (I, 2) und ebenso die Entsäuerung und die Oxalatbildung.

Kräftige Eiweißbildung in beleuchteten Laubblättern findet auch statt, wenn man sie in kohlensäurefreie Atmosphäre bringt, ebenso eine energische Entsäuerung und Oxalatbildung.

Im beleuchteten farblosen Laubblatt ist Eiweißbildung, Entsäuerung und Oxalatbildung kaum bemerkbar.

Diese Übereinstimmung macht es zuerst wahrscheinlich, daß die 3 Prozesse mit einander im Zusammenhange stehen, und ich werde weiter zu zeigen versuchen, wie dieser Zusammenhang höchstwahrscheinlich beschaffen ist.

Nach meiner Ansicht benutzen die grünen Laubblätter, welche die Fähigkeit haben, kleine Mengen Eiweiß schon im Dunkeln zu bilden, sehr große Mengen aber im Licht zu erzeugen, Kohlehydrate und N, S, P, die aus anorganischen Metallsalzen stammen, zum Aufbau des Eiweißes. Dabei werden aus diesen Salzen die Basen frei, welche durch von den Blättern erzeugte organische Säuren neutralisiert werden.

Um einen kurzen Ausdruck für diese Beziehungen zu haben, an dem wir zugleich annähernd die Mengenverhältnisse übersehen können, in welchen die verschiedenen Komponenten zur Wirkung kommen, habe ich die folgende Formel aufgestellt, welche die Anfangs- und Endglieder des Prozesses aufzeichnet.

$$27C_6H_{12}O_6 + 24N_2O_6Ca + SO_4Ca + 25C_2O_4H_2 =$$
$$C_{162}H_{262}N_{48}SO_{53} + 201O + 25C_2O_4Ca + 56H_2O$$

Setzen wir für Kalziumsulfat 1, so erhalten wir für die Molekulargewichte folgende Verhältniszahlen.

Kohlehydrat	Kalziumnitrat	Kalziumsulfat	Oxalsäure =
35,7	28,9	1	16,5
Eiweiß	Sauerstoff	Oxalat	Wasser
26,7	23,7	23,6	7,4

An diese Formel will ich die weiteren Auseinandersetzungen anknüpfen.

Über die Art der ergastischen Proteinstoffe, welche in den Chloroplasten unter dem Einflusse des Lichtes entstehen, weiß man noch nichts. Möglich ist es, daß mehrere Proteinstoffe zugleich entstehen, unter denen, nach den mikrochemischen Reaktionen zu urteilen, auch Nukleoproteide eine Rolle zu spielen scheinen. Ich habe eine Formel geschrieben, die der mittleren Zusammensetzung der Albumine und Globuline entspricht.

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

Als Stickstoffquelle für die Eiweißbildung in den Laubblättern habe ich ein Nitrat eingesetzt. Soweit mir bekannt ist, sind von denjenigen Stickstoffverbindungen, aus denen die Laubblätter Eiweiß zu bilden vermögen, nur Nitrate in den Blättern als allgemein vorkommend nachgewiesen worden, und es ist höchst wahrscheinlich, daß selbst Ammonsalze in der Natur nicht in die Blätter gelangen.

Das Vorkommen von Nitraten in den Laubblättern ist z. B. von SCHIMPER (1888, S. 121), von MOLISCH (1883, S. 152) und von SERNO (1890) nachgewiesen worden, und daß Laubblätter Eiweiß auf Kosten von Nitraten bilden, ist Tatsache.

SCHIMPER (1888, S. 136) hat nun auch in Übereinstimmung mit unserm Satze I, 2 nachgewiesen, daß die Nitrate der Laubblätter im Lichte schnell, im Dunkeln in nicht merkbarer Weise verbraucht werden.

In Übereinstimmung mit dem Satze I, 4 fand SCHIMPER, daß in farblosen Stellen panachierter Blätter das Nitrat im Lichte nicht merklich verschwindet.

Als Metall habe ich Kalzium gesetzt. Dieses und Kalium sind in der Asche der Blätter ungefähr gleich viel, manchmal bis zu 50 % enthalten, während der Gehalt an Magnesium und Natrium meist nur je den 10. Teil des Kalziumgehaltes beträgt.

Wenn ich die Oxalsäure in die Formel aufnahm, so geschah es wegen ihres häufigen Vorkommens in den Laubblättern. Obgleich das Fehlen einer genügenden Kalziummenge ein Faktor ist, der Fehlen des Oxalates bedingen kann, hat doch z. B. BORODIN (1893), der 913 Angiospermenspezies untersuchte, bei 40 % derselben in den Laubblättern Oxalat gefunden.

Nur dann, wenn eine Spezies die Gewohnheiten hat, genügend Ca in die Laubblätter zu schaffen und wesentlich nur Oxalsäure als organische Säure zu bilden, ist die Menge des im Blatte auftretenden Oxalates ein guter Maßstab für die Säureerzeugung im Blatte, und es können nur an solchen Blattspezies die unter III aufgezählten Sätze gewonnen werden. Bei vielen Pflanzen wird nicht Oxalsäure in den Blättern erzeugt, sondern es werden andere organische Säuren zur Bindung der Basen gebildet, so z. B. bei den Crassulaceen Apfelsäure, die bekanntermaßen unter Umständen 50 % des Trockengewichtes der Blätter ausmachen kann. Am häufigsten scheinen die organischen Säuren der Blätter wesentlich nur jeweils in derjenigen Menge erzeugt zu werden, welche zur Neutralisation der Basen nötig ist, die bei der Eiweißbildung frei werden, so daß der Zellsaft solcher Blätter zu allen Tageszeiten ungefähr gleich viel

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

freie Säure enthält (DE VRIES 1885, S. 80). Doch haben auch zahlreiche andere Blätter anscheinend mehr oder weniger die Gewohnheit, in der Nacht im Voraus Säure zu erzeugen.

Bei diesen Pflanzen ist der Säurebildungsprozeß durch einen Erregungsvorgang mit dem durch den Eiweißbildungsprozeß bedingten Auftreten der freien Basen verknüpft. Diese reizen den Protoplasten zur Produktion organischer Säuren, und zwar dauert die Erzeugung derselben nicht wesentlich länger als das Bestehen freier Basen im Protoplasten. WEHMER (1891, S. 253) fand diese Verknüpfung bei einem Oxalsäure bildenden Pilze und sagte: „Trotzdem besteht aber mehrfach eine interessante und nahe Beziehung der Oxalsäure zur Zersetzung nutzbarer Mineralsalze, indem sie eben in solchen Fällen, wo durch Konsum, insbesondere der Salpetersäure, Basis disponibel wird, mit dieser ein Oxalat bildet, die Säure in Salzform hingegen fehlt, wo diese Bedingung nicht gegeben ist." BENECKE (1903) experimentierte mit Mais. Dieser erzeugt, wenn ihm Nitrat und Kalzium zugeführt wird, in den Blättern Oxalsäure, wenn ihm jedoch BENECKE (S. 94) Stickstoff nur in Form von Ammoniumsulfat bot, zeigte sich folgendes: „Es ergibt sich dann das Resultat, welches die WEHMERschen *Aspergillus*versuche erwarten ließen: Die Ammoniumpflanze ließ CO_2 in der Asche kaum erkennen und die Analyse ergab auch kein Oxalat, so daß im besten Falle ganz geringe Mengen in derselben vorhanden waren."

Zu diesen Pflanzen gehörte auch das von STEINMANN (1917) untersuchte *Rheum*. STEINMANNS tatsächliche Angaben stehen mit unserer Anschauung völlig in Einklang. Ganz ähnlich liegen meiner Meinung die Verhältnisse bei denjenigen (übrigens durch Mittelformen mit den vorhergehenden verbundenen) Pflanzen, deren Blätter durch Beleuchtung zu einer länger andauernden Säureproduktion angeregt werden (siehe DE VRIES 1884); denn diese Pflanzen müssen auch durch das Licht zu einer erheblichen Eiweißbildung veranlaßt werden und die dabei frei werdenden Basen müssen als Reizursache für die Säurebildung wirken. Sie unterscheiden sich von der vorherbesprochenen Kategorie von Pflanzen nur durch die erheblich längere Nachwirkung des Reizes.

Solche Gewächse sind vorzüglich die sogenannten Fettpflanzen, aber auch viele andere mit gegen Transpiration gut geschützten Assimilationsorganen (WARBURG, S. 76). Man darf die bei solchen Pflanzen vorliegenden Verhältnisse wohl so auffassen, daß sich diese Pflanzen, welche durch die am Tage stattfindende Beleuchtung zu einer Bildung organischer Säuren gereizt werden, welche länger als eine Nacht andauern kann (DE VRIES 1884, S. 353, — 1885,

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

S. 88; WARBURG, S. 71), des Nachts einen Säurevorrat schaffen, der vorzüglich zur Bindung der bei Beleuchtung am Tage frei werdenden Basen dient. Das sind nun auch die Pflanzen, an denen die unter III mitgeteilten Resultate gewonnen wurden.

Wenn wir unsere Formel betrachten, so sehen wir, daß nach derselben bei der Eiweißbildung aus Kohlehydraten und Nitraten viel Sauerstoff verfügbar werden muß. (Bei Apfelsäure auf 0,01 g 6,6 ccm Sauerstoff bei 15°, 760 mm.) Dieser Sauerstoff könnte sofort wieder zur Bildung von Säuren aus Kohlehydraten benutzt oder sonstwie gebunden werden, so vielleicht völlig bei den Pflanzen der ersten Kategorie. Bei den Fettpflanzen, die ja einen Säureüberschuß zur Verfügung haben, wird er mindestens teilweise frei. Wenn die des Nachts angesäuerten Blätter beleuchtet werden, so daß energische Eiweißbildung erfolgt, scheiden sie Sauerstoff aus (AD. MAYER, S. 432; WARBURG, S. 62, 100). Ganz unserer Anschauung entsprechend, scheint Parallelität zwischen der Sauerstoffausscheidung und Säureabnahme zu bestehen (WARBURG, S. 100).

Unsere Formel erscheint also durch verschiedene Tatsachen gestützt. Ich habe die Meinung, daß genaue quantitative mikrochemische und physiologische Untersuchungen, welche an verschiedenen Stellen ansetzen könnten, die Richtigkeit meiner kurz skizzierten Auffassung erweisen werden.

Literatur.

BENECKE, Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen; Bot. Zeitung 1903, S. 79.

FOMODIN, Über diffuse Ablagerung von Kalkoxalat in den Blättern; Bot. Zentralblatt, 14. Bd. 1893, S. 210.

MAYER, AD., Über die Bedeutung der organischen Säuren in den Pflanzen; Die landwirtsch. Versuchs-Station, 18. Bd., 1875, S. 410.

MEYER, ARTH., Eiweißstoffwechsel und Vergilben der Laubblätter von *Tropaeolum majus*; Flora Bd. 111/112, 1918, S. 85.

MOLISCH, Über den mikrochemischen Nachweis von Nitraten und Nitriten in der Pflanze mittels Diphenylamin und Brucin; Ber. der Deutsch. Bot. Ges. 1883, S. 150.

MONTEVERDE, Über die Ablagerung von Kalzium- und Magnesium-Oxalat in der Pflanze; Bot. Zentralblatt Bd. 43, 1890, S. 328.

SCHIMPER, A. F. W., Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze; Flora 1890, S. 207.

— Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern; Bot. Zeitung 1888, S. 81.

SERNO, Landwirtschl. Jahrb. Bd. 18, 1890, S. 877.

STEINMANN, ALF. B., Studien über die Azidität des Zellsaftes beim Rhabarber; Zeitschr. f. Bot., 9. Jahrg., 1917, S. 1.

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

De Vries, Hugo, Über die periodische Säurebildung der Fettpflanzen; Botan. Zeitung 1884, S. 337.

— Über die Periodizität im Säuregehalte der Fettpflanzen; Verslagen en Mededeelingen der Koninkl. Akad. von Wetenschappen, Afd. Naturk. 1885, S. 58.

Warburg, Über die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprozeß der Pflanzen, speziell der sogenannten Fettpflanzen; Unters. aus d. Bot. Inst. z. Tübingen, Bd. 2, Heft 1, 1886, S. 53.

---

62. A. Ursprung: Über den Einfluß der Erwärmung auf die Wasseraufnahme untergetauchter Sprosse.

(Eingegangen am 20. Oktober 1918.)

Die Wasseraufnahme einer bewurzelten, transpirierenden Pflanze oder eines abgeschnittenen, transpirierenden Sprosses wird bekanntlich gesteigert, wenn wir die Temperatur der Luft oder der Pflanze erhöhen. Die Ursache der verstärkten Absorption erblickt man gewöhnlich in einer entsprechenden Erhöhung der Transpiration. Diese Erklärung erscheint einleuchtend, da tatsächlich die Transpiration mit der Temperatur zunimmt. Man ist sich dabei wohl bewußt, daß Transpiration und Absorption verschiedene Prozesse sind, die nicht miteinander verwechselt werden dürfen. Unter gewöhnlichen Umständen pflegt man aber Änderungen in der Wasseraufnahme in der Regel einfach auf Transpirationsänderungen zurückzuführen.

Abweichend verhalten sich bekanntlich transpirierende Sprosse kurz nach dem Abschneiden, hier überwiegt die Absorption bedeutend. Strasburger ließ daher seine Versuchszweige 1 Stunde lang im Wasser stehen; „die durch negativen Druck innerhalb der Gefäße veranlaßte Saugung dürfte nach jener Zeit aufgehört haben“[1]). Spätere Autoren ließen ihre Sprosse bald länger, bald weniger lang in Wasser. Sind die Luftdruckdifferenzen ausgeglichen, so führt man eine weitere Absorption auf erneute Transpiration zurück; wird jetzt die Transpiration unterdrückt, so sollte daher auch die Absorption aufhören.

---

1) Strasburger, Leitungsbahnen, p. 552.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: 36

Autor(en)/Author(s): Meyer Arthur

Artikel/Article: Die Beziehung zwischen Eiweiß- und Säurebildung in Laubblättern. 508-514