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

Figur 13. Embryosack mit Eiapparat, Antipoden und den verschmelzenden Polkernen. Eizelle mit scheitelständigem Kern und basaler Vakuole, Synergide mit inverser Lagerung von Kern und Vakuole. Die sechs Antipoden sind zu zwei Dreiergruppen angeordnet. Die Vereinigung des oberen und des unteren Polkernes erfolgt in einem zentralen, den Eiapparat mit den Antipoden verbindenden Plasmastrang. Länge des Embryosackes auf diesem Stadium (nach Messungen an mehreren Präparaten) 175—190 μ, Breite desselben 75—88 μ. Vergr. 420 : 1.

Figur 14—16. Verschiedene Formen der sechszelligen Antipodengruppe an der Basis des Embryosackes. In Figur 15 die eine Dreiergruppe an der Basis, die andere etwas seitlich verlagert; in Figur 16 drei kleinere und drei größere Antipoden, die alle sechs bis an die Basis des Embryosackes reichen. Vereinigung der Polkerne unmittelbar oberhalb der Antipoden. Vergr. 420 : 1.

Figur 17—19. Verschiedene Stadien der Vereinigung der sechs vom Antipodialende herstammenden freien Kerne. (Jeder Kern mit Kernkörperchen.) Vergr. 760 : 1.

Figur 20. Vereinigung des unteren Polkerns (d. h. des Verschmelzungsproduktes der sechs freien Kerne vom Antipodialende) mit dem oberen Polkern. Im unteren Polkerne sind noch die Kernkörperchen der 6 verschmolzenen Kerne bei verschiedener Einstellung zu unterscheiden. Durchmesser des unteren Polkernes 27—30 μ, des oberen 15 und 7,5 μ. Vergr. 760 : 1.

---

49. Margery S. Rosing: Der Zucker- und Stärkegehalt in den Schließzellen offener und geschlossener Spaltöffnungen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 23. Juni 1908.)

Es ist bekannt, daß die Turgeszenz der Schließzellen der Spaltöffnungen bei offener Spalte größer ist als bei geschlossener. Die Ursache dieser Volumenzunahme muß eine osmotisch wirkende, organische oder unorganische Substanz im Inhalt der Schließzellen sein. Es liegt nun nahe, aus dem fast regelmäßigen Auftreten von Chlorophyllkörnern in den Spaltöffnungschließzellen anzunehmen, daß diese osmotisch wirksame Substanz ein lösliches Assimilationsprodukt, wahrscheinlich eine Zuckerart sei, die dann beim Schließen der Spalte in osmotisch unwirksame Stärke verwandelt oder veratmet wird. Dafür spricht auch die Tatsache, daß volles Licht,

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

wie festgestellt[1]) worden ist, gewöhnlich eine Erweiterung der Öffnung, Verdunkelung eine Verengung oder ein Schließen der Spalte bewirken. So nehmen auch MOHL[2]), KOHL[3]) und HABERLANDT[4]) an, daß diese assimilatorische Tätigkeit der Chlorophyllkörner, möglicherweise eine Erklärung für das Öffnen und Schließen der Stomata bilde; bisher aber hat man noch nicht mikrochemisch untersucht, ob es wirklich der Zucker- und Stärkegehalt sind, welche beim Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen ursächlich beteiligt sind. Dieses Problem ist es, mit dem ich mich beschäftigte. Herrn Geheimrat KNY danke ich für den Hinweis auf dieses Problem, und ihm sowie den Herren Privatdozent Dr. MAGNUS und Dr. WÄCHTER für die Förderung, welche sie meinen Untersuchungen zuteil werden ließen.

Für die Untersuchung eignen sich dünne Blätter am besten, da sie in unverletztem Zustande untersucht werden können, und dadurch mehr Sicherheit geben, daß die Stomata sich in ihrem natürlichen Zustande befinden und nicht durch äußere Einflüsse eine Veränderung erlitten haben. Abgezogene Epidermis zu verwenden, erwies sich als unzuverlässig. Die Stomata dürfen auch nicht von zu komplizierter Struktur sein, damit man mikroskopisch leichter feststellen kann, ob sie offen oder geschlossen sind. Aus diesem Grunde konnte folgendes Material, welches sich bei mehreren Versuchen als unzulänglich erwies, nicht verwendet werden:

Allium Cepa,
Hyacinthus orientalis,
Richardia aethiopica,
Sempervivum-Arten,
Alliaria officinalis,
Eranthis hiemalis,
Hydrocharis morsus ranae,
Zea Mais,
Tradescantia discolor, Seloi, zebrina.

Ziemlich gute Resultate gaben:

Viola altaica,
Tropaeolum majus,
Trianaea bogotensis,
Plantago major,
Glechoma hederaceum.

---

1) SCHWENDENER, Über Bau und Mechanik der Spaltöffnungen. Monatsber. der Berliner Akad. d. Wiss. 1881; MOHL, Bot Ztg. 1856; KOHL, Transpiration d. Pflanzen, 1886; N. J. C. MÜLLER, Jahrb. f. wiss. Bot., 1872, Bd. 8.

2) MOHL, Bot. Ztg., 1856.

3) KOHL, Über Assimilationsenergie und Spaltöffnungsmechanik. Bot. Centralblatt. Bd. 64, 1895, S. 109.

4) HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie, 3. Aufl., 1896, S. 395.

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

Die besten Resultate gaben:

Impatiens Balsamina,

Impatiens parviflora.

Der Zuckernachweis wurde mit der FEHLINGschen Lösung geführt, die anfangs in folgender Weise zur Anwendung gebracht wurde. Die ganzen Blätter wurden in eine konzentrierte Kupfersulfatlösung gelegt, und mit der Wasserluftpumpe zehn bis dreißig Minuten ausgepumpt; dann schnell in destilliertem Wasser abgespült und in eine siedende Lösung von 50 g Seignettesalz, 50 g Ätznatron und 100 g Wasser gebracht und für einige Sekunden gekocht; dann in Wasser gewaschen und in Glyzerin auf den Objektträger gelegt. Der mikroskopische Stärkenachweis geschah nach der Methode von A. MEYER[1]).

Die Blätter von *Impatiens Balsamina* nach dieser Methode gaben folgende Resultate:

im Licht . .	Stomata offen .	Zucker in Schl.-Z. . . .	wenig Stärke in Schl.-Z.
im Dunkeln	„ geschl.	kein Zucker in Schl.-Z	viel „ „ „

In gleicher Weise mit *Viola altaica*:

im Licht . .	Stomata offen .	viel Zucker in Schl.-Z.	keine Stärke in Schl.-Z.
im Dunkeln	„ geschl.	kein „ „ „	ein wenig Stärke in „

Aber in manchen Fällen zeigt sich, daß nicht nur die Schließzellen, sondern auch die benachbarten Epidermiszellen viel Zucker enthielten, und in diesen Fällen war auch bei geschlossenen Spaltöffnungen im Dunkeln sowohl in den Schließzellen als in den übrigen Epidermiszellen viel Zucker nachweisbar. Es müssen also für die Untersuchung zwei Fälle unterschieden werden. Es können nämlich einmal, sowohl die Schließzellen als auch die benachbarten Zellen Zucker enthalten. In diesem Falle würde es also genügen, daß beim Schließen der Schließzellen ihr Zuckergehalt unter ein bestimmtes Maß sinkt, respektive beim Öffnen über ein bestimmtes Maß steigt. — Es ist aber auch denkbar, daß ausschließlich die Schließzellen bei geöffneter Spalte Zucker enthalten, während die benachbarten Zellen zuckerfrei sind. In diesem Falle müßten die Schließzellen bei geschlossener Spalte gleichfalls zuckerfrei sein.

Da es nur sehr schwer oder vielleicht unmöglich ist, mit Sicherheit einen Quantitätsunterschied mittels der FEHLINGschen Lösung festzustellen, mußte versucht werden, das Problem auf den ersten Fall zu beschränken.

Ich benutzte daher Blätter von *Impatiens Balsamina*, die 3 Tage

1) DETMER, Das kleine Pflanzenphysiologische Praktikum, S. 25.

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

lang im Dunkeln gehalten worden waren. Die hauptsächlich von STAHL[1]) angewendete Kobaltprobe und die mikroskopische Untersuchung zeigten die Stomata geschlossen, und als die Blätter in obiger Weise mikroskopisch untersucht wurden, zeigte es sich, daß weder in den Schließzellen noch in den benachbarten Zellen Zucker vorhanden war, hingegen reichlich Stärke in den Schließzellen und keine in den benachbarten Zellen. Die Pflanze wurde dann ins Tageslicht gestellt. Nach einigen Stunden öffneten sich die Stomata. Jetzt enthielten ausschließlich die Schließzellen Zucker, während ihr Stärkegehalt deutlich geringer war als im Dunkeln. Wieder ins Dunkle versetzt, schlossen sich die Stomata nach 5 Stunden. Es enthielten nunmehr die Schließzellen wieder keinen Zucker, ebenso nicht die benachbarten Zellen, während der Stärkegehalt der Schließzellen wieder erheblich gestiegen war. Die folgende Tabelle enthält die Resultate:

Tabelle I.

Impatiens Balsamina.

Versuch	Tagesstunde	Expositionszeit	Kobaltprobe: Beginn d. Rötung	Kobaltprobe: Rot	Mikroskopischer Befund	Stärkegehalt: d. Nachbarzellen	Stärkegehalt: der Schl.-Z.	Zuckergehalt der Schl.-Z.
A	Vorm. 9,30	3 T. D.	2 Min.	—	Stomata geschlossen	kein	sehr wenig	kein
B	10,30	1 Std. L.	1/2 Min	3 Min.	geschlossen 3 od. 4 offen	kein	sehr wenig	kein in d. meisten, einwenig in einigen;
C	11,30	2 Std. L.	1/3 Min.	3 Min.	geschlossen einige offen	ein wenig	< B	kein in d. meisten, viel in einigen;
D	Nchm. 12,30	3 Std. L	10 Sek.	1/2 Min.	die meisten offen	viel	beinahe keine	kein in einigen, viel in den meisten;
12,30 wurde die Pflanze ins Dunkle gebracht.								
E	1,15	3/4 Std. D.	1/2 Min.	2 1/2 Min.	einige geschl.	wenig	> D	viel in den meisten;
F	2,00	1 1/2 Std. D	1 Min.	3 Min.	meist. geschl. einige offen	wenig	> E	viel in den meisten, < E
G	3,30	3 Std. D.	5 Min.	—	beinahe alle geschl.	< F	> F	einwenig in einigen, kein in den meisten;
H	4,00	3 1/2 Std. D.	1 Min.	2 1/2 Min.	meist. geschl. mehr. offen	kein	viel	kein in einigen, viel in manchen;
I	5,00	4 1/2 Std. D.	2 Min.	5 Min.	geschlossen einige offen	kein	viel	kein in den meisten, wenig in einigen;
K	5,30	5 Std. D.	4 Min.	—	geschlossen	kein	viel	kein
L	6,30	6 Std. D.	6 Min.	—	geschlossen	kein	viel	kein

3 T. D. heißt die Pflanze war 3 Tage im Dunkeln.

1) STAHL, Bot. Ztg, Originalabh., 1894, S. 118.

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

Aber man hat nicht immer solche befriedigenden Resultate wie in dieser Tabelle. Bei der Prüfung auf Zucker zeigte sich nicht immer ein Niederschlag von Kupferoxydul in den Schließzellen, wenn die Stomata offen waren; und sehr oft, wenn die Stomata geschlossen waren, blieb ein bläulich-brauner Niederschlag zurück, der nicht als Kupferoxydul angesprochen werden konnte, in den Schließzellen. Daß Gerbstoff nicht die Ursache dieses bläulichen Niederschlages ist, stellte ich durch Prüfung mit Kaliumbichromat fest. Ich konnte somit die Anwendung der FEHLINGschen Reaktion nicht für hinreichend einwandsfrei erachten, und verwendete viel Zeit darauf, sie zu verbessern.

Die Blätter wurden mit der Wasserluftpumpe evakuiert und in der konzentrierten Lösung von Kupfersulfat so lange gelassen, bis alle Luft aus ihnen ausgepumpt war. Dies erforderte für die belichteten Blätter $1^1/_2$—5 Minuten, für die im Dunkeln gehaltenen Blätter 5—30 Minuten. Ein kleines Stück Kupferdraht, welches ich am Stengel befestigte, hielt das Blatt in der Lösung fest während es ausgepumpt wurde, so daß das ganze Blatt mit Kupfersulfatlösung imprägniert war. Nachdem die Luft entfernt worden war, wurden die Blätter noch 5 Minuten in der Kupfersulfatlösung gelassen, dann schnell im destilliertem Wasser abgespült, und in eine siedende Lösung von 10 g Seignettesalz, 10 g Ätznatron und 10 g Wasser gebracht. Nachdem sie einige Sekunden (50 Sekunden für *Impatiens Balsamina*, 30 Sekunden für *Impatiens parviflora* und für *Glechoma hederaceum*) gekocht worden waren, wurden sie aus der Lösung genommen, mit destilliertem Wasser abgespült; dabei entfärbten sich die Schnitte und wurden nun in Glyzerin übertragen.

Diese Methode ergab den Beweis, daß auch in den Schließzellen geschlossener Spaltöffnungen stets reduzierende Substanz vorhanden ist. Wenn die Stomata offen waren, zeigten sich deutlich braune Körner. Wenn ich aber gleichzeitig Blätter prüfte, welche zwei Wochen lang im Dunkeln gewesen waren, und bei denen sowohl der mikroskopische Befund als auch die Kobaltprobe geschlossene Stomata anzeigten, färbten sich die Schließzellen bläulich und enthielten oft einen starken bläulichschwarzen Niederschlag, und längeres Kochen zeigte einen Niederschlag von Kupferoxydul in den Schließzellen, ähnlich demjenigen, welcher sich gezeigt hatte, als die Stomata offen gewesen waren. Ähnliche Resultate wurden erzielt bei Pflanzen, die einen Tag bis drei Wochen im Dunkeln gewesen waren. Es wurde stets eine Probe

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

mit einem Blatte mit offenen Stomata und einem solchen mit geschlossenen Stomata gemacht, um den Versuch mit letzteren kontrollieren zu können.

Tabelle II.

Impatiens parviflora.

Versuch	Tagesstunde	Expositionszeit	Kobaltprobe: Beginn der Rötung	Kobaltprobe: Rot	Mikroskopischer Befund	Stärkegehalt: der Nachbarzellen	Stärkegehalt: der Schl.-Z.	Zuckergehalt der Schl.-Z.
A	Vorm.	I 1 T. D.	2 Min.	—	Stomata geschlossen	kein	sehr wenig, 2 Körner in jeder	viel Zucker
	9,30	II im Licht	2 Sek.	$^1/_2$ Min.	offen	viel	kein in d. meisten sehr wenig in einigen	" "
	10 wurde die Pflanze I ins Licht gebracht							
B	Nchm. 1,30	I $3^1/_2$ Std. L.	5 Sek.	$^3/_4$ Min.	offen	ein wenig	kein	viel Zucker
		II im Licht	5 Sek.	$^3/_4$ Min.	offen	viel	sehr wenig	" "
	1,40 wurde die Pflanze I ins Dunkele gebracht							
C	3,40	I 2 Std. D	10 Sek.	1 Min.	offen einige geschl.	ein wenig	kein in d. meisten sehr wenig in einigen	viel Zucker
		II im Licht	10 Sek.	$^1/_2$ Min.	offen	viel	sehr wenig	" "
D	5,40	I 4 Std. D.	$^1/_3$ Min.	—	zum Teil geschlossen manche geschlossen	kein	viel	" "
		II im Licht	7 Sek.	$^1/_3$ Min.	offen	viel	viel > C	" "
E	6,40	I 5 Std. D.	$^1/_2$ Min.	--	die meisten geschlossen	kein	viel aber < D	" "
		II im Licht	2 Sek.	$^1/_3$ Min.	offen zum Teil geschlossen	< D	> D	" "
F	Vorm. 9,45	I 20 Std. D.	2 Min.	—	geschlossen einige offen	kein	sehr wenig	" "
		II im Licht	$^1/_3$ Min.	1 Min.	offen	viel	kein in d. meisten	" "
G	8,15	I 67 Std. D.	2 Min.	—	geschlossen 1 od. 2 offen	kein	kein	" "
		II im Licht	7 Sek.	$^1/_2$ Min.	offen	ein wenig	kein in d. meisten	" "

1 T. D. heißt die Pflanze war 1 Tag im Dunkeln.

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

Diese Ergebnisse stehen fast im Gegensatz zu den Ergebnissen, welche in der Tabelle I angeführt sind, und ich muß in dieser vorläufigen Mitteilung die Frage offen lassen, inwieweit durch weiteres Verbessern der Methode sich etwa doch noch die Richtigkeit der Resultate der ersten Tabelle ergibt, resp. inwieweit die Fehlerquelle durch Erkennung etwa vorhandener sonstiger reduzierender Substanzen sich vermeiden lassen wird.

Impatiens parviflora ergab keine guten Resultate. Die Schließzellen enthielten einen deutlichen Niederschlag von Kupferoxydul, sowohl wenn die Stomata geschlossen waren als auch wenn sie offen waren, und in beiden Fällen war kein Unterschied in der Menge des Zuckers festzustellen. Jedoch ließ sich ein deutlicher Unterschied in dem Stärkegehalt ermitteln.

Da die Zuckermenge in den Schließzellen hier anscheinend dieselbe ist, wenn die Stomata geschlossen und wenn sie offen sind, so müßte die Frage, ob der Zucker- und Stärkegehalt mit dem Öffnen und Schließen zusammenfällt, verneint werden. Wenn wir jedoch die Resultate, wie sie in der Tabelle II gezeigt werden, beachten, sehen wir eine deutliche Änderung in der Stärkemenge der Schließzellen. Wenn wir die Ergebnisse der Tabelle II vergleichen, sehen wir folgendes: Pflanze I enthielt, nachdem sie einen Tag im Dunkeln gehalten worden war, sehr wenig Stärke, ungefähr 2 Körner in jeder Zelle. Nach 4 stündiger Belichtung, wodurch sich die Stomata geöffnet hatten, war die Stärke, die sich vorher in den Zellen gezeigt hatte, verschwunden. Ins Dunkele zurückversetzt, wurde wieder Stärke in den Zellen gefunden, die an Menge zunahm, bis die Stomata sich ganz geschlossen hatten, dann enthielt jede Zelle 8 bis 10 Körner Stärke. Als die Pflanze noch länger im Dunkeln verblieb, verringerte sich die Stärkemenge wieder, und nach 3 bis 5 Tagen war sie ganz verschwunden. Ähnliche Resultate wurden mit *Impatiens Balsamina* und *Glechoma hederaceum* erzielt.

Nach A. MEYER[1]) kann Stärke im Dunkeln aus verschiedenen Zuckerarten, Mannit und Glyzerin entstehen; daher ist es möglich, daß anstatt Glukose eine andere Art reduzierender Zucker die osmotisch tätige Substanz sein kann. Oder es kann auch sein, daß die Veränderung der Glukosemenge während des Schließens und

1) A. MEYER, Bildung der Stärkekörner in den Laubblättern aus Zuckerarten, Mannit und Glyzerin. Bot. Ztg. 1886.

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

Öffnens der Stomata so gering ist, daß sie bei dieser Methode nicht zum Vorschein kommt. Es muß daher noch eine andere Methode gefunden werden, welche einen Unterschied in der Glukosemenge anzeigt, wenn die Stomata geöffnet und wenn sie geschlossen sind, falls überhaupt ein solcher existiert.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Berlin.

---

50. P. Ascherson: Berichtigungen und Nachträge zu dem Aufsatze über Populus Euphratica in Europa.

(Eingegangen am 25. Juni 1908.)

Die Angabe a. a. O., S. 354, daß *Populus Euphratica* in Palästina die Höhe von 9 m nicht überschreite, beruht darauf, daß ich eine briefliche Mitteilung des Herrn AARONSOHN mißverstanden habe; die dort angegebenen Maße sind nur bemerkenswert für ein in dem Wüstentale Ssêl-el-Ghuwêr angetroffenes Exemplar. Im Jordan-Uferwald erreicht der Baum indes auch größere Dimensionen. Allerdings nicht überall; denn WETZSTEIN bemerkt in der in K. BOLLEs schwungvollem Aufsatz in „Deutscher Garten" I (1881) S. 312: „Die Euphratpappel (*Populus Euphratica* Oliv.), ein Glied biblischer Dendrologie" [1]) mitgeteilten Tagebuchstelle (a. a. O. S. 317), daß der *Gharab* an der Furt von Nimrîn, wo die Straße von Ssalt nach Jerusalem den Jordan überschreitet, nur 3—4 Klafter (ca. 6—8 m) hoch wird.

Sicherlich steht *Populus Euphratica* unseren Silber- und Schwarzpappeln, welche auch im Orient dieselbe Höhe erreichen wie bei uns, im Höhenwuchs beträchtlich nach. Sagt doch schon der deutsche

1) Leider hat sich die von BOLLE (a a. O. S. 313) bei Einführung der Pflanze aus Russisch-Turkestan durch KOOPMANN und LAUCHE ausgesprochene Hoffnung, daß sich *Populus Euphratica* der von ihr aus den biblischen Traditionen verdrängten *Salix Babylonica* bald auch am Saume der deutschen Gewässer beigesellen werde, in dem seitdem verflossenen Vierteljahrhundert nicht erfüllt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: 26a

Autor(en)/Author(s): Rosing Margery S.

Artikel/Article: Der Zucker- und Stärkegehalt in den Schließzellen offener und geschlossener Spaltöffnungen. 438-445