

Die Phosphoglycerinsäure enthält bei Chloroplasten nur etwa halb soviel Tritium pro ^{14}C wie die Hexosen. Bei *Chlorella* ist das Verhältnis in seiner Richtung umgekehrt.

Aus dem Befund, daß in kurzen Zeiten z. T. wesentlich mehr Tritium als ^{14}C eingebaut wird, folgt, daß der überwiegende Teil der stabilen C—T-Bindungen nicht durch Reduktionsreaktionen, deren alleiniges Abfließen ohne Berücksichtigung von Isotopeneffekten im Fall der Hexosen 7/6 Tritium pro ^{14}C liefern würden, gebildet werden. Wahrscheinlich wird jedoch bei den Reduktionsreaktionen Tritium gegenüber Protium stark benachteiligt, so daß der Wert von 7/6 eine obere Grenze darstellt.

Der Tritiumeinbau relativ zur $^{14}\text{CO}_2$ -Fixierung ist wahrscheinlich ein Maß für das Abfließen von Rückreaktionen und Poolgrößen im Cyclus. Auf diese Weise läßt sich vermutlich der erhöhte Einbau von Tritium bei Chloroplasten, verglichen mit *Chlorella* erklären, denn bei Chloroplasten ist, vor allem bei Angebot von Ribose-5-phosphat in verstärktem Maße mit Rückreaktionen zu rechnen, bei deren Ablauf durch Transketolase-Aldolase- und Isomerisierungs-Reaktionen Tritium, jedoch kein ^{14}C eingebaut wird.

Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Herrn Professor Dr. F. WEYGAND danken wir für seine Unterstützung und sein Interesse, der Deutschen Forschungsgemeinschaft für finanzielle Zuwendungen und Fr. H. PFLAUMER für die sorgfältige Durchführung der Messungen.

Ein osmotischer Energiespeicher in Natrium enthaltenden Zuckerrübenblättern

VON WERNER RATHJE

Institut für Zuckerindustrie der Technischen Universität Berlin

(Z. Naturforsch. 16 b, 287—288 [1961]; eingeg. am 19. November 1960)

Im folgenden soll ein Versuch beschrieben werden, durch welchen die bekannte ertragssteigernde Wirkung des Natriums auf einige Pflanzen bei ausreichender Kaliumversorgung erklärt werden könnte.

Versuch

Von den gleichen älteren Blättern von Zuckerrübenpflanzen im Freiland (Düngung: 100 kg N als Natriumnitrat, 60 kg P_2O_5 , 120 kg K_2O als 40er Kalisalz) wurden Ende Juli nachmittags sowie nachts symmetrische Teile ausgeschnitten. Aus diesen wurden sofort danach einige Blattadern erster Ordnung durch Ausreißen isoliert, und einige Stücke Interkostalgewebe möglichst ohne Adern zweiter Ordnung ausgeschnitten. Diese Blatteile wurden gleich darauf in Wägegläschen gelegt, die sofort verschlossen wurden. Nach Bestimmung der Frisch- und Trockensubstanz wurden die Blatteile mit analysenreiner Schwefel- und Salpetersäure in einem Quarzkolben naß verascht, und ihr Gehalt an Kalium und Natrium flammenphotometrisch bestimmt. Aus den erhaltenen Werten wurden die Kalium- und Natriumkonzentrationen im Wasser des Interkostalgewebes und der Blattadern errechnet.

Ergebnis

In Tab. 1 sind je 4 Werte, die an einem Blatt gemessen wurden, dicht neben- und untereinander eingetragen.

* Herrn Professor Dr. VETTER, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, danke ich für die physikalisch-chemische Unterweisung.

	I		A		I		A	
a) mMole K/100 g Wasser								
Nachmittags	15	8	19	11	14	6	22	11
Nachts	13	11	17	15	13	9	19	16
b) mMole Na/100 g Wasser								
Nachmittags	6	24	5	27	4	21	8	22
Nachts	8	16	7	16	7	15	11	15

Tab. 1. Kalium- und Natriumkonzentrationen im Interkostalgewebe (I) und in den Blattadern erster Ordnung (A) nachmittags und nachts.

Aus der Tabelle geht hervor:

1. Im Licht ist die Kaliumkonzentration im Interkostalgewebe hoch und in den Blattadern niedrig, und umgekehrt die Natriumkonzentration im Interkostalgewebe niedrig und in den Blattadern hoch.
2. Im Dunkeln gleichen sich die Kalium- und Natriumkonzentrationen im Interkostalgewebe und in den Blattadern teilweise aus.

Diskussion

Eine ähnliche Verteilung von Natrium und Kalium sowie die gleiche gegenläufige Bewegung dieser beiden Alkaliionen zeigen die tierischen Muskelzellen und das sie umgebende Blutplasma: Im Ruhezustand ist der Kaliumgehalt der Muskelzellen hoch und ihr Natriumgehalt niedrig, während der Kaliumgehalt des Plasmas niedrig und sein Natriumgehalt hoch ist. Bei der Kontraktion der Muskelzellen gleichen sich die Kalium- und Natriumkonzentrationen in den Muskelzellen und im Plasma teilweise aus. Die bei diesem Ausgleich frei werdende osmotische Energie ist nach FLECKENSTEIN¹ von der gleichen Größenordnung wie die mechanische Energie, die bei der Muskelkontraktion geleistet wird! Die Muskelzellen besitzen also im Ruhezustand einen osmotischen Energiespeicher, der sich bei der Kontraktion durch Konzentrationsausgleich entlädt.

¹ A. FLECKENSTEIN, Über den primären Energiespeicher der Muskelkontraktion, Pflügers Arch. ges. Physiol. Menschen, Tiere 250, 643 [1948].

In den Rübenblättern werden bei Belichtung in ähnlicher Weise Kalium im Interstitialgewebe und Natrium in den Blattadern gegen ihre Konzentrations-Gradienten angereichert. Daher besteht in den Rübenblättern ebenfalls ein osmotischer Energiespeicher. Im Dunkeln erfolgt teilweiser Konzentrationsausgleich, und die gespeicherte osmotische Energie wird z. T. wieder frei. Daher könnte es vielleicht möglich sein, daß im Dunkeln weniger Atmungsenergie benötigt wird, also Zucker eingespart wird. Diese Vermutung soll durch eine Überschlagsrechnung geprüft werden:

Die Größe der osmotischen Energie kann durch folgende Gleichung * errechnet werden:

$$A = RT (x_K^I \ln c_K^I - x_K^A \ln c_K^A + x_{Na}^I \ln c_{Na}^I - x_{Na}^A \ln c_{Na}^A) \quad (1)$$

$$+ RT (x_{Na}^I \ln c_{Na}^I - x_{Na}^A \ln c_{Na}^A + x_K^A \ln c_K^A - x_K^I \ln c_K^I) \text{ gcal.}$$

In dieser Gleichung bedeuten

$x_{K,Na}^I$ = molare Mengen K oder Na, die in 100 kg ** Wasser im Interstitialgewebe oder in den Blattadern enthalten sind, c = Konzentrationen (Mol/100 kg ** Wasser) im Licht und im Dunkeln.

Setzt man die Werte der ersten Spalte der Tab. 1 in diese Gleichung ein und berücksichtigt man, daß in einem Rübenblatt die Masse des Wassers in den Blattadern etwa $\frac{1}{5}$ der Masse des Wassers im Interstitialgewebe ist, so erhält man

$$A = 2 \cdot 293 \left(15 \ln 15 - 13 \ln 13 + \frac{8}{5} \ln 8 - \frac{11}{5} \ln 11 \right) + 2 \cdot 293 \left(6 \ln 6 - 8 \ln 8 + \frac{24}{5} \ln 24 - \frac{16}{5} \ln 16 \right) \quad (2)$$

$$\cdot \text{ gcal/100 kg Blattwasser}$$

** Um ganze Molzahlen benutzen zu können, wurde auf 100 kg Wasser bezogen.

Wird der Faktor 2,3, um den der natürliche Logarithmus größer ist als der dekadische, vor die Klammern gesetzt, so ergibt sich

$$A = 2 \cdot 293 \cdot 2,3 \left(15 \cdot 1,18 - 13 \cdot 1,11 + \frac{8}{5} \cdot 0,9 - \frac{11}{5} \cdot 1,04 \right) + 2 \cdot 293 \cdot 2,3 \left(6 \cdot 0,78 - 8 \cdot 0,9 + \frac{24}{5} \cdot 1,38 - \frac{16}{5} \cdot 1,20 \right) \quad (3)$$

$$\cdot \text{ gcal/100 kg Blattwasser}$$

$$A = 1350 \cdot 2,5 + 1350 \cdot 7,6 \text{ gcal/100 kg Blattwasser} \sim 120 \text{ kg Blatt.} \quad (4)$$

Bei einer Vegetationszeit von 100 Tagen, also bei einem 100-maligen Wechsel hell – dunkel, werden insgesamt 1364 kg cal/120 kg Blatt gespeichert. Nimmt man an, daß 120 dz Rübenblatt je ha durchschnittlich in der Vegetationszeit wirksam sind, so werden insgesamt 136 400 kg cal/ha in einer Vegetationszeit gespeichert. Davon rühren allein, wie aus Gl. (4) hervorgeht, drei Viertel = 102 600 kg cal von der Bewegung des Natriums her. Da 1 kg Rohrzucker 3941 kg cal enthält, entsprechen diese 102 600 kg cal = 26 kg Rohrzucker.

Dieser Mehrertrag an Rohrzucker erscheint klein gegenüber einem durch die Natriumdüngung experimentell aufgefundenen Mehrertrag von 1 bis 2 dz Rohrzucker/ha. Die in den Rübenblättern gespeicherte osmotische Energie dürfte jedoch größer sein, als aus den oben angegebenen Analysen hervorgeht, weil es kaum möglich ist, die Adern dritter und höherer Ordnung von reinen Parenchymgeweben zu trennen. Die Rechnung muß sich daher begnügen, lediglich größenordnungsmäßig die Wirkung des Natriums auf den Ertrag von Zuckerrüben zu erklären und auf den osmotischen Energiespeicher in den Rübenblättern hinzuweisen.

Phenylborsäure (PBS) als dehnungsspezifische, wachstumsfördernde Substanz

VON GERTRUD OCHS *

(Z. Naturforschg. 16 b, 288–289 [1961]; eingegangen am 28. April 1960)

Elektronenoptische Studien über die Feinstruktur der wachsenden pflanzlichen Zellwand erfordern maximal gedehnte Zellen, um möglichst genau zu beobachten, wie sich die fibrilläre Textur während der Streckungsphase verändert. Für derartige Untersuchungen eignen sich besonders Epidermiszellen keimender Wurzeln. Verschiedene erprobte Wirkstoffe wurden in unterschiedlicher Konzentration an jungen Kressewurzeln getestet. Die Ergebnisse befriedigten nicht, weil die Zellen sich meist häufiger teilten und kaum zusätzlich dehnten.

Auf der tastenden Suche nach dehnungsspezifischen Substanzen fiel auf, daß Kressewurzeln bei bestimmten

niederen Gaben von Phenylborsäure (PBS) augenfällig länger waren als die Wasserkontrollen. Um zu beurteilen, wie sich der registrierte Zuwachs im einzelnen auf die begrenzte Streckungszone verteilt, habe ich wachsende Epidermiszellen lichtmikroskopisch gemessen.

Geprüft wurde PBS in Konzentrationen von 10^{-2} bis $5 \cdot 10^{-7}$ Mol in Abständen von halben Zehnerpotenzen und ergänzenden Zwischenwerten. Als Kriterium diente die bewährte Kulturmethode von Kressewurzeln nach MOEWUS¹. Fünf mm lange Wurzeln verblieben jeweils 24 Stdn. in der Testlösung. Anschließend wurde der gegenüber den Wasserkontrollen erreichte Zuwachs protokolliert, 3 mm Spitze dekapitiert und 5 mm der nachfolgenden Streckungszone entnommen. Chloralhydrat hellte diese abgetrennten Wurzelsegmente auf. Je zehn davon wurden pro angesetzter Verdünnung lichtmikroskopisch mit dem Meßokular ausgewertet. Von jedem der 150 ausgewählten Segmente wurden je 100 Zelllängen notiert und mit der gleichen Anzahl zugehöriger

* Neue Anschrift der Verfasserin: Zürich 6/57, Langensteinstraße 18, Schweiz.

¹ F. MOEWUS, Biol. Zbl. 68, 118 [1949].