



蔗糖に対するアミミドロ細胞膜の透過性, 特に媒液の水素イオン濃度及び発育時期との関係

堀江, 格郎

(Citation)

兵庫農科大学研究報告. 自然科学編, 1(1):13-15

(Issue Date)

1953-12

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81006039>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81006039>



蔗糖に対するアミミドロ細胞膜の透過性、特に媒液の水素 イオン濃度及び發育時期との關係*

堀 江 格 郎

(植物学講座)

Cell Membrane Permeability of *Hydrodictyon reticulatum* to Sucrose, with Special Reference to the Hydrogen Ion Concentration of the Outer Solution and the Developing Stage of the Cell.

Kakurô HORIE

植物細胞の透過性に関する研究は従来少くないが其等の殆んどすべては原形質透過性に関するもので細胞膜透過性を論じたものは甚だ少い。従つて細胞膜は原形質と異り溶質を自由に通すものと一般に考えられている。然し必ずしも総ての細胞膜がそうとは限らない。例えば *Utricularia*,¹⁾ *Beggiatoa*,²⁾ *Rhizoclonium*,³⁾ *Funaria*,⁴⁾ *Mnium*,^{5,6)} 等の細胞膜は溶質を透過させない場合のあることが既に知られている。筆者は先に淡水藻アミミドロ (*Hydrodictyon reticulatum*) の細胞膜が蔗糖等分子量の大きな物質を容易に透過させないことを見たが⁷⁾、此の性質は媒液の水素イオン濃度及び細胞の發育時期により変化することを確かめたので以下に論述する。

実験方法

透過性の測定には原形質分離法を応用した。アミミドロの綱(シノビウム)から14~15の健全な細胞を含むような綱目の小片を鋏で切り取り、1 mol 蔗糖液(直径4cmの小形ベトリ皿に略2cc入れる)中に浸し、そのまま20倍の低倍率顕微鏡で細胞を検鏡した。液中に投入された細胞は初めは原形の円筒形であるが徐々に両側面から圧されて扁くなり、5~10分後には全く帯状に圧しつぶされる。之は細胞外へ急激に水が滲出する為であるが、此現象は細胞膜が蔗糖液に対し半透性である為に起り原形質の状態が関係しているのではない⁸⁾。然し此の半透性は絶対的なものではなく長時間後には膜は細胞質より分離し旧状に復歸する。細胞質は長く収縮状態を保ち復歸しない。膜の復歸は極めて徐々に蔗糖が膜を透過することを示す。従つて膜が十分に扁くつぶれてから再び旧位置に戻るまでの時間(細胞膜復歸時と呼び t_r で示す)を測りこの値を以て細胞膜の比較透過度とした。一般に t_r が小である程透過性は高い。但し細胞の大きさに差異

のある場合は t_r と円筒状細胞の半径 r とから単位時間単位表面積当りの透過度を算出して比較したがこれらについては後述する。

結果及考察

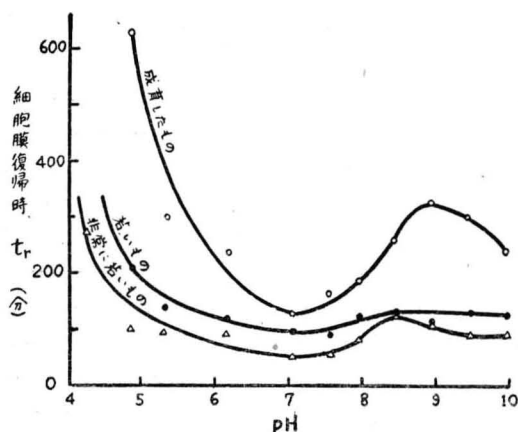
細胞膜復歸時 t_r は蔗糖液のpHによつて影響される。M/100 緩衝液(主として磷酸塩を使用)を以て種々のpHの1重量mol 蔗糖液を作り(pH 1.0~10.0)、各液中に3種の發育時期の異なる細胞を投入した。發育時期は非常に若いもの、若いもの、成育したものと区別し、それらの細胞の透心縦断面に於ける大きさは夫々 $120 \times 20 \mu$ 、 $360 \times 50 \mu$ 、 $2000 \times 140 \mu$ であつた。第1図に明かな通り t_r は各時期の細胞とも略同傾向の曲線を示したが、成育した細胞について見ると t_r はpH 7.0附近に於て最小となりpH 4.5以下に於て無限大となる。但しpH 1.0に於ては t_r は却つて減じ数時間後に膜の復歸が見られた(図示されていない)。pH 9.0附近に於て t_r は再び稍上昇する。以上の結果から蔗糖に対する膜透過性はpH 7.0に於て最大となり媒液の酸性度が高くなれば(pH 2~4.5)膜は全く蔗糖を透過させないことが知られる。RUHLAND 及びHOFFMANN²⁾が *Beggiatoa* の死細胞に於て細胞膜透過性を実験した結果によれば細胞膜を透過しない溶質は無かつたというが、彼等の実験は媒液のpHを全く無視して行つたから、彼等の云うように総ての溶質が *Beggiatoa* の細胞膜を常に透過し得るかどうかは疑わしい。

このように t_r がpHによつて異なることは細胞膜の膨潤度の変化に基くものと考えられる。両性電解性膠質の膨潤は媒液のpH値によつて影響されその等電点に於て最小になることはよく知られている。細胞質は一種の両性電解性膠質と考えてよいからこのような関係があることは考えられるが、細胞膜についてはこの関係は直ちに適用できない。細胞膜は纖維素を主成分とし細胞質とは

* 本研究は文部省科学研究費による。

全く構成を異にするからである。然し膜の構成々分として蛋白質やリポイドが含まれること、特に細胞質の一部は膜の内部にまで入り込んでいると考えられること⁹⁾等を考慮すれば細胞膜がセルローズ濾紙の如く荷電を有すると考えても不合理ではない。従つて媒液の pH の変化により膜の水和並に膨潤度に变化が起り得る。pH 1.0 に於て t_r 値が却つて減少する事実を考えれば t_r の極大点即ち pH 2~4 のあたりに細胞膜の等電点があり膜の膨潤が最小になることが一応推定される。筆者が Toluidine blue (塩基性色素) 及び Fuchsin S. (酸性色素) を用い種々の pH に於てアミミドロ細胞を生体染色した結果によれば、両色素の何れによつても染色の起らない点は pH 3 附近であつたが、之は膜の等電点がこの附近にあるという上記の推定を裏書するようにも思われる。

次に第1図に示すように t_r 値は細胞の發育時期によつて異なり若い細胞の方が一般に小である。然し之は直ちに若い細胞に於て膜透過性が高いことを意味するものではない。既に COLLANDER¹⁰⁾によつて指摘されたように容積、形状の異なる細胞の透過性を比較する場合には細胞の比較表面積を考慮して論じなければならない。そこでアミミドロ細胞が幾何学的な円筒形を示すものと仮定すれば細胞の外液に接する全表面積と細胞の全容積は夫々



第1図 pH による細胞膜復帰時曲線

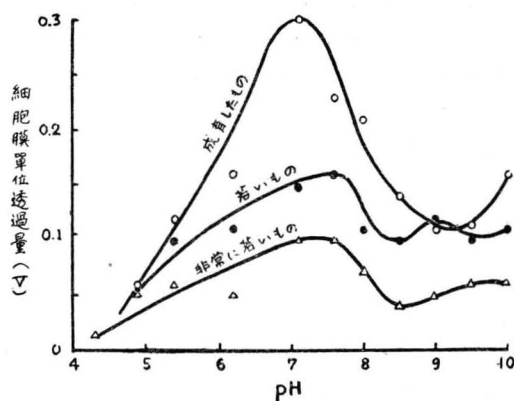
$2\pi r l$ 及び $\pi r^2 l$ で表わされる (但し r は円筒の半径, l は円筒の長さ)。従つて単位時間に細胞の単位表面積より細胞内に透入する溶液量を V とすれば次式が成立する。

$$2\pi r l \cdot t_r \cdot V = \pi r^2 l \quad V = \frac{\pi r^2 l}{2\pi r l \cdot t_r} = \frac{1}{2} \cdot \frac{r}{t_r}$$

従つて理論的には V は r に比例, t_r に逆比例し、又その値は r , t_r の値から容易に算出される。実験を行つた

三つの發育時期の細胞について単位透過量 V を計算すると第2図の透過量曲線が得られる。図に明かなように単位透過量即ち膜透過性は成育した細胞が高く若い細胞は低い。一般に原形質では若い細胞の方が透過性が高いことが知られているがそれとは反対となる。然し蔗糖分子は専ら細胞膜のミツエレ間隙を通過すると考えてよいから、若い細胞膜ではこの間隙が成育したものに於けるよりも未だ小さいと仮定すれば説明しうる。

尚同様な実験方法により黄白化を起した細胞では著しく膜透過性が減ること、又游走子形成の準備期に於て一旦著しく膜透過性を減ずるが、游走子出現後の膨潤した細胞膜では逆に透過性が著しく高まること等が知られた。



第2図 pH による細胞膜単位透過量曲線

総 括

1. アミミドロ細胞膜の蔗糖に対する透過性は pH 値によつて影響され、pH 7.0 の附近に於て最大となる。pH 2~4 に於ては蔗糖は全く膜を透過し得ない。
2. アミミドロ細胞膜の蔗糖に対する透過性は發育時期によつて異なり若い細胞は成育した細胞よりも細胞膜透過性が低い。

本研究に当り有益なる御助言と御批判を賜つた坂村徹教授並に浜田秀男教授に深く感謝する。

文 献

- 1) PRAT, S. *Ber. d. D. bot. Ges.* **41**: 225 (1923).
- 2) RUHLAND, W. und C. HOFFMANN. *Planta* **1**: 1 (1926).
- 3) FÖRSTER, K. *Planta* **20**: 476 (1933).
- 4) BRAUNER, L. *Pflanzenphysiologisches Praktikum Teil II*. Jena. (1932).
- 5) STRUGGER, S. *Praktikum der Zell-und Gewebe-physiologie der Pflanze*. Berlin. (1935).

- 6) 越智春美, 鳥取大学学藝学部研究報告 1: 19 (1950).
- 7) 堀江格郎, 植物学雜誌, 63 : 42 (1950).
- 8) HORIE, K. Cytologia (印刷中).
- 9) HANSTEEN-CRANNER, B. *Meld Norges Landsb. Kristiania* 2 (1922).
- 10) COLLANDER, R. *Faraday Sec. Trans.* 33 : 985 (1937).

Summary

1. The cell membrane permeability of *Hydrodictyon reticulatum* to sucrose is influenced by the hydrogen ion concentration of the outer solution. It reaches the maximum in the region near pH 7.0 and the minimum between pH 2 and 3, where sucrose penetrates the membrane no more.

2. The membrane permeability is also influenced by the developing stage of the cell. It is lower in the younger cell and higher in the adult one.