

Transversale anatomische Gradienten in der Kartoffelknolle

J. PAZOUREK

Institut für Pflanzenphysiologie und Bodenbiologie der Karls-Universität,
Praha*

Abstract. Various quantitative anatomical characteristics were measured in the potato tuber by the using of integration methods. There were found the gradients showing the dependence of the changes on the distance from the surface of the tuber.

Additional index words: integration methods, cell dimensions, cell circumference, cell area, tissue density.

Untersuchungen über die Festigkeit von Kartoffelknollen zeigten als zweckmässig den anatomischen Bau der Knolle und zwar die Eigenschaften des Parenchyms zu studieren. Für diese Zwecke wurde der Querschnitt, der annähernd senkrecht zur Achse in der Mitte zwischen Basis und Apex der Knolle führte, studiert. Weil das parenchymatische Gewebe auf den ersten Blick homogen aussah, wurden quantitative Merkmale gemessen und es wurde untersucht, wie sich diese Merkmale an verschiedenen Stellen des Querschnittes ändern. Es handelt sich um einen Zweidimensional- oder Flächengradient (PRAT 1948, 1951), welchen wir als einen linearen ausdrücken können, wenn wir die anatomische Charakteristik als Funktion der Entfernung von der Oberfläche der Knolle betrachten.

Material und Methodik

Die Gradienten wurden an den Knollen von *Solanum tuberosum* L., cv. 'Daria' studiert.

Aus der Knolle wurde eine etwa 5–10 mm dicke Schicht in transversaler Richtung und annähernd in der Mitte der Achse zwischen der Basis (dem Nabel) und dem Apex (der Krone) herausgeschnitten. Diese Schicht umfasste die ganze Breite der Knolle und ähnelte einem Zylinder mit ellipsen- oder kreisförmiger Basis. Sie wurde durch radiale Schnitte in 8 Ausschnitte geteilt. Diese wurden in FAA fixiert, in Paraffin eingebettet und mit dem Mikrotom im Sinne der Orientierung in der Knolle transversal geschnitten.

Aus jeder Knolle wurden 3 von diesen Ausschnitten zufällig ausgewählt und aus jedem Ausschnitt 3 Präparate zur Auswertung benutzt. So wurde der durchschnittliche Gradient der Knolle aus 9 Präparaten festgestellt.

Es wurden folgende Charakteristiken gemessen:

Eingegangen am 6. Juni 1974

* Adresse: Vinická 5, 128 44 Praha 2, Tschechoslowakei.

Zwei lineare Dimensionen der Zellen; die tangentiale wurde als Breite und die radiale als Dicke der Zelle bezeichnet.

Die Fläche, welche die Zelle am Schnitt darstellt (weiter nur „Fläche der Zelle“) und welche nach untererwählter Vereinfachung ein Bild des Volumens ist.

Der Umfang des Zellenbildes am Schnitt (weiter nur „Umfang der Zelle“), welcher aus denselben Gründen die Oberfläche der Zelle vertrat.

Die sogenannte Dichte des Gewebes, d.h. die Gesamtlänge der Linien, welche die Zellwände am Schnitt je Flächeneinheit bilden.

Zu den Messungen wurde das Lanameter (Zeiss-Jena) benutzt. Die Breite und die Dicke der Zellen wurden auf übliche Weise gemessen. Für die anderen Merkmale wurden die sogenannten Integrationsmethoden modifiziert. Bei der Feststellung der genannten Charakteristiken wurde aus dem Prinzip von Delesse, „dass die Flächenanteile in dem Anschliff, genügend grosses Versuchsmaterial vorausgesetzt, sich zueinander ebenso verhalten wie die Volumina“ (HENNIG 1958) ausgegangen. Diese Vereinfachung war für die erwähnten Zwecke vergleichenden Charakters vollkommen ausreichend.

Zur Ermittlung der Fläche und des Umfangs wurde das Gitter der Integrationsplatte II (Opton-Oberkochen) mit 100 Testpunkten in quadratischer Anordnung benutzt (GAHM 1968).

Die Fläche wurde nach der Gleichung

$$F = T \cdot a^2$$

ausgerechnet, wo T die Anzahl der Treffpunkte und a die Gitterkonstante (der Abstand der Testpunkte) ist. Die Methode wurde mit der früher benutzten verglichen: es wurden die Flächen von 26 verschieden grossen Zellen gezeichnet und mit Hilfe des Millimeterpapiers die Werte ausgezählt. Die durchschnittliche ermittelte Fläche war $16,65 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$, die mit der Integrationsmethode gemessene $16,79 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$. Der Paarentest zeigte, dass

$$t = 0,558 < t_{0,05} = 2,06.$$

Die Beziehung zwischen beiden Methoden ist durch die Gleichung

$$y = 0,107 + 1,0016x$$

gegeben.

Auf denselben Zeichnungen wurde der Umfang der Zellen durch das Auftragen von 3 mm langen Abschnitten gemessen. Als Integrationsmethode wurde die Methode der Längenbestimmung an Figur begrenzter Grösse benutzt (SIRTE 1964, 1967). Die Gesamtlänge S einer Kurve kann aus der Anzahl der Schnittpunkte C mit dem Liniengitter der Periode a nach folgender Formel bestimmt werden:

$$S = 1,57 \cdot C \cdot a.$$

Weil im gemessenen Gewebe eine Vorzugsrichtung existiert, muss man die Feststellung der Schnittpunkte bei verschiedener Orientation wiederholen. Die Opton-Integrationsplatte stellt 2 Geradescharsysteme dar, welche zueinander im Winkel von 90° stehen. Deshalb wurde die Gleichung in modifizierter Form benutzt:

$$S = 1,57 \cdot C/2 \cdot a,$$

$$S = 0,785 \cdot C \cdot a.$$

Genauigkeitshalber wurde das Auszählen der Treffpunkte und Schnittpunkte zweimal bei der gegenseitigen Orientierung im Winkel von 45° wiederholt. Bei der ersten Messung lagen die Geraden im Winkel von 19° zur Vorzugsrichtung (SIRTE 1967).

Beide Methoden wurden wieder verglichen. Mit der ersten wurde der durchschnittliche Umfang $0,475 \text{ mm}$ ermittelt, bei der zweiten $0,485 \text{ mm}$. Mit dem Paarentest wurde gefunden, dass

$$t_{0,05} = 2,06 < t = 2,532 < t_{0,01} = 2,78.$$

Die Übereinstimmung ist mit der Wahrscheinlichkeit 95 %, aber nicht mit 99 % gesichert. Es bleibt die Frage offen, welche von den benutzten Methoden genauer ist. Obwohl der Abschnitt von 3 mm, mit welchem die Kurve gemessen wurde, klein war, ist es möglich, dass nicht alle Krümmungen gefolgt werden konnten und deshalb kleinere Werte ermittelt wurden. Die Gleichung des Zusammenhanges zwischen den mit beiden Methoden gewonnenen Werten war

$$y = 0,0657 + 1,022x.$$

Zur Messung der Dichte des Gewebes wurde ein gleichseitiges Dreieck benutzt, dessen drei Seiten s die Messstrecke $L = 3s$ bilden (SIRTE 1967). Die Gesamtlänge aller Linien S in der Fläche A wurde nach folgender Gleichung ausgerechnet:

$$S = 1,57 \cdot C/L \cdot A.$$

Diese Methode wurde wieder mit der üblichen, bei welcher die Linien der Zellwände mit der 3 mm langen Strecke gemessen wurden, konfrontiert. Es wurden 25 Gesichtsfelder gemessen und mit dem Paarentest geprüft. Die mit der traditionellen Methode gefundene durchschnittliche Dichte war 23,68 mm/mm², die mit der Integrationsmethode gemessene 23,82 mm/mm².

$$t = 0,328 < t_{0,05} = 2,06 .$$

Die Differenz ist statistisch nicht gesichert. Die mit der Integrationsmethode gewonnenen Werte sind höher, was vielleicht dieselbe Ursache hat wie die Differenz bei der Messung des Zellenumfanges. Der Zusammenhang zwischen den mit beiden Methoden gewonnenen Werten ist durch die Gleichung

$$y = -0,776 + 1,039x$$

gegeben.

Die Auswertung der durchschnittlichen Messwerte wurde mit Hilfe der graphischen Darstellung des Knollenausschnittes durchgeführt, wozu die am Kreutztisch abgelesenen Werte benutzt wurden (Abb. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Die Gradienten der oben genannten anatomischen Charakteristiken zeigt die Abb. 2. Es ist allgemein zu sehen, dass sich die Werte in Abhängigkeit von der Entfernung von der Oberfläche der Knolle kontinuierlich ändern.

Relativ kleine Änderungen zeigt die Breite der Zelle. Sie steigt zwar schnell bis zum 2. mm, aber dann nur noch langsam bis zum 7. mm an, wonach sie allmählich in der Richtung zur Mitte der Knolle sinkt. Die Dicke ändert

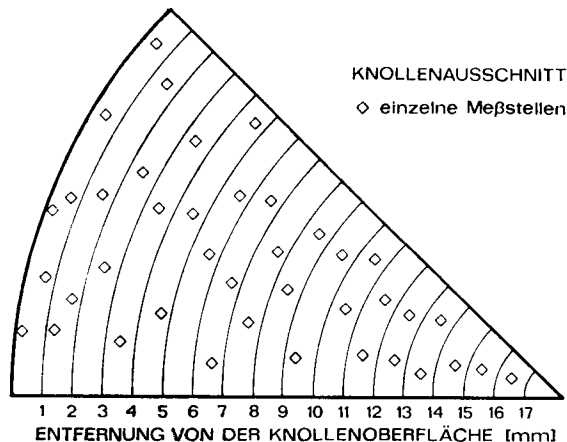


Abb. 1. Schematische Darstellung der Auswertung der Messwerte. Im gezeichneten Knollenausschnitt wurden durch Vierecke die einzelnen Messtellen dargestellt und die Fläche des Ausschnittes in 1 mm-breite Streifen eingeteilt. Aus den Werten, die innerhalb dieser Streifen lagen, wurden die Durchschnitte berechnet.

sich mehr. Sie steigt wesentlich bis zum 6. mm an und dann liegen bei grösserer Variabilität die Werte in ungefähr derselben Höhe. Annähernd zu derselben Entfernung von der Oberfläche wie obenerwähnte Merkmale sinken die Werte des Verhältnisses Breite zu Dicke der Zelle, was bedeutet, dass die Zellen von der flachen zur rundlichen Form übergehen.

Ähnlich verhalten sich die Werte der Fläche und des Umfanges der Zelle. Sie steigen bis zu ungefähr derselben Grenze an, worauf sie in der Richtung zur Knollenmitte etwas sinken. Die Dicke des Gewebes sinkt ebenfalls bis zu derselben Grenze und steigt dann ein wenig an.

Es ist zu sehen, dass die Werte im Inneren der Knolle eine viel grössere Variabilität als unter der Oberhaut aufweisen. Es darf jedoch nicht ver-

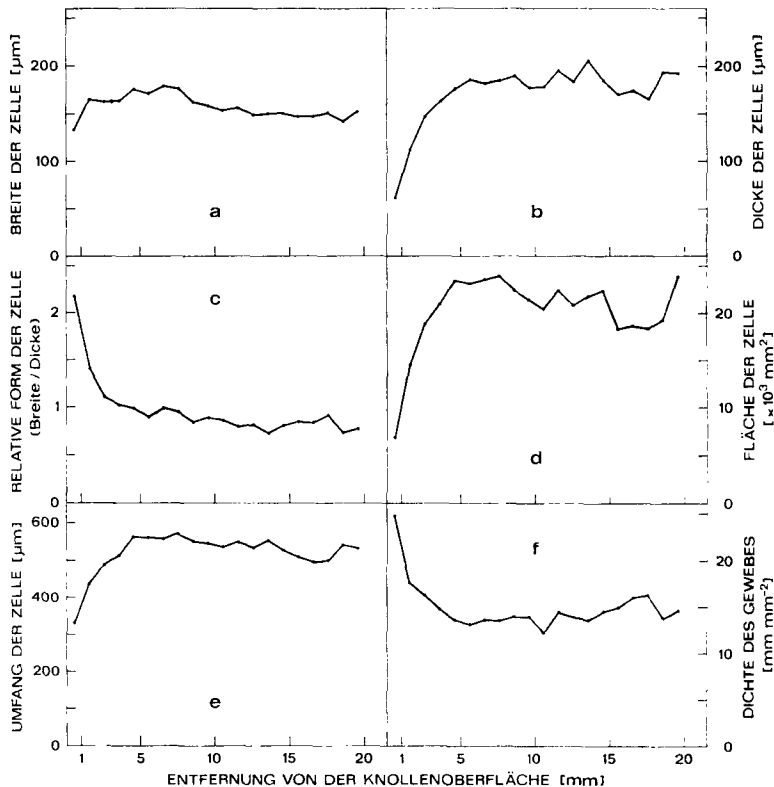


Abb. 2. Gradienten der Zellbreite (a), der Zelldicke (b), der relativen Zellform (Breite/Dicke) (c), der Fläche (d) u. des Umfanges (e) der Zelle und der Dichte des Gewebes (f) in der Kartoffelknolle.

gessen werden, dass die beschriebenen Gradienten Durchschnittswerte aus den Werten für verschiedene Stellen in der Knolle darstellen. Da sich hier das Mark in verschiedener Entfernung von der Mitte der Knolle unregelmässig ausdehnt, werden die durchschnittlichen Werte auch dadurch beeinflusst. Aus dem Schema (Abb. 1) geht ebenfalls klar hervor, dass die Zahl der Messungen in der Richtung von der Oberhaut zu der Mitte sank und deshalb können die Unregelmässigkeiten nicht so gut ausgeglichen werden.

Es kann zusammengefasst werden, dass wesentliche Veränderungen bis zu der ungefähr 6 mm von der Knollenoberfläche entfernten Grenze vor sich gehen. Es können noch weitere Veränderungen festgestellt werden, aber sie sind im Vergleich mit denen in den äusseren Schichten viel kleiner.

Wenn wir annähernd die gleiche Grösse der Meristemzellen der Stolonen annehmen, ist es möglich zu schliessen, dass das Wachstum der Knolle zum grössten Teil durch das Grössenwachstum der Zellen geschieht, was schon von LEHMAN (1926) gefunden und später tradiert wurde. Aus den Gradienten geht jedoch hervor, dass der Anteil dieser Zellvergrösserung nicht in der ganzen Knolle der gleiche ist, sondern dass sie in einer gewissen Entfernung von der Schale am intensivsten auftritt.

Literatur

- GAHM, J.: Ein Revolverokular zur Bestimmung von Längen, spezifischen Oberflächen und prozentualen Volumanteilen. — *Opton Informat.* **16** : 138—143, 1968.
- HENNIG, A.: Kritische Betrachtungen zur Volumen- und Oberflächenmessung in der Mikroskopie. — *Opton Werkztschr.* **5** (30) : 3—11, 1958.
- LEHMAN, C.: Untersuchungen über die Anatomie der Kartoffelknolle, unter besonderer Berücksichtigung des Dickenwachstums und Zellgrösse. — *Planta* **2** : 87—131, 1926.
- PRAT, H.: Histo-physiological gradients and plant organogenesis. — *Bot. Rev.* **14** : 603—643, 1948.
- PRAT, H.: Histo-physiological gradients and plant organogenesis (Part II). — *Bot. Rev.* **17** : 693 to 743, 1951.
- SITTE, H.: Volum- und Flächenbestimmung nach Schnitt- und Abdruckbildern. — Ref. Seminar 2470 „Grundlagen und Methoden der Elektronenmikroskopie“. Tech. Akad. Esslingen (Manuscript), 1964.
- SITTE, H.: Morphometrische Untersuchungen an Zellen. — In: WEIBEL, E. R., ELIAS, H. (Ed.): *Quantitative Methoden in der Morphologie*. Heidelberg 1967.

J. PAZOUŘEK (Praha): **Transversální anatomické gradienty v bramborové hlíze**. — *Biol. Plant.* **17** : 263—267, 1975.

Byly sledovány různé kvantitativní anatomické charakteristiky v bramborové hlíze pomocí integračních metod. Byly nalezeny gradienty, které ukazují závislost změn na vzdálenosti od povrchu hlízy.

BOOK REVIEW

JACOB, H.: **Untersuchungen zur Thermo-therapie von Steinobstvirosen**. (Investigations on Heat Therapy of Stone Fruit Virus Diseases). — *Acta Phytomedica* (Suppl. J. Phytopathol.) **2** — P. Parey Berlin 1974. 56 pp. 15 Figs. 7 Tab. DM 30,00.

The author describes experiments to evaluate the effect of thermotherapy on necrotic and chlorotic ring-spot viruses, Pfeffinger disease of cherry and sprout dwarf of peach, which are caused by necrotic and chlorotic ring-spot viruses of cherry, raspberry ring-spot virus, and tomato black-ring virus, respectively. Treatment of infected scions with warm water did not inactivate the viruses completely. Better results were achieved with plants kept in boxes at 38 °C for several weeks. This also suppressed the translocation of viruses. The use of soft-wood cuttings and their subsequent rooting proved to be a very useful method for obtaining virus-free material. Cultivation of shoot tips *in vitro* resulted in elimination of viruses. Thermotherapy during the dormant period failed.

J. BRČÁK (Praha)