

**DIE VERTEILUNG DER FREIEN AMINOSÄUREN  
IN KARTOFFELKNOLLEN UND IHRE BEEINFLUSSUNG DURCH  
„JAROWISATION“**

**I. PHOTOMETRISCHE BESTIMMUNG DES  
GESAMTAMINOSÄURENSPIEGELS IM KARTOFFELSAFT MITTELS  
DER NINHYDRINREAKTION**

(Physiologische Studien über die Kartoffelpflanze VII.)

Von

I. SZALAI

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität, Szeged  
(Eigegangen am 28. Dezember, 1956)

**Einleitung**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit vergleichenden Untersuchungen über die quantitative Verteilung der freien Aminosäuren in den jarowisierten verschiedenen Kartoffel-Sorten. Insbesondere interessieren uns die Differenzen, die in den Veränderungen der Aminosäuren — während der Keimung — in den verschiedenen Sektionen der Knollen vor sich gehen. Die Beeinflussung des N-Stoffwechsels — z. B. durch Behandlung mit verschiedenen »Rindite«-Konzentrationen — ist schon früher von IRION und FISCHNICH (3) bzw. durch photoperiodische Induktion von MURNEEK (7), PARKER und BORTWICK (8), CHAMAN LAL MADAN (5) und desgleichen von METZNER (6) bei Lang- und Kurztagspflanzen untersucht worden.

Im Laufe der Untersuchungen der N-Stoffwechselprozesse keimender und ruhender Kartoffelknollen fanden wir, dass zwischen den quantitativen Veränderungen der freien Aminosäuren und des Glutathions, sowie einzelnen Keimungsphasen enge Zusammenhänge bestehen (12, 13). Zur Klärung dieser Zusammenhänge ist es unerlässlich, die Mengen- und Verteilungsveränderungen der Aminosäuren, in erster Linie der freien Aminosäuren, zu verfolgen, wozu natürlich eine ganze Reihe von Orientierungsuntersuchungen notwendig ist. Um die Veränderungen des Aminosäuresektors in keimenden, bzw. ruhenden Knollen erfassen zu können, schien es vor allem nötig, die Niveaubewegung des Gesamtaminosäurespiegels zu verfolgen, zu welchem Zweck gleichzeitig mehrere Sektoren der Knollen untersucht wurden. Es ist wohlbekannt, dass derartige Stoffwechselprozesse nicht lokalisiert, sondern mit zahlreichen

anderen fermentativen Prozessen gekoppelt sind. Die verschiedenen Ferment-aktivatoren, z. B. die Ascorbinsäure, das eine Sulphydril-Gruppe enthaltende Glutathion sind äusserst aktiv und die Menge des Glutathions in den jarowisierten keimenden Knollen nimmt schnell zu (14, 13).

### Methodik

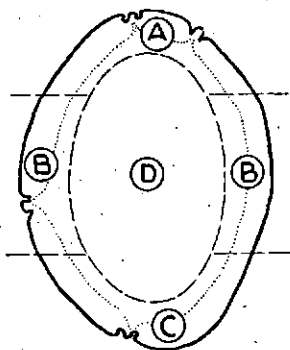


Abb. 1. Schema der Knollensektoren

Die Versuche wurden an Knollen der *Kisvárdauer Rose* und *Ella* Kartoffelsorten durchgeführt, und zwar in den Monaten Februar und März. Die Knollen wurden dem Jarowisations-Prozess unterworfen (1, 2, 4, 10), und in den geeigneten Zeiträumen auf die in Abb. 1 dargestellte Weise zerstückelt. Zur Bestimmung der Gesamtaminosäuren im Knollensaft wurden die Sektoren mit einer gewöhnlichen Glasapfelreibe in Breiform gebracht und der Saft durch Auspressen in einem dicht gewebten Seidennetz von der festen Gewebemasse getrennt. Nach Ausfällen des Eiweisses durch Hitzeokoagulation (wenige Minuten bei 70 C°, bis der Saft flockig wird) und Filtration (in M. & N. Nr 640) wurde je 1 ccm der mehr oder weniger braun gefärbten klaren Filtrate in eine Eprouvette

abpipettiert. Dazu wurden 5 ccm alkoholische 0,1%-ige Ninhydrinlösung gegeben, umgeschüttelt, und die Farbe in einem Wasserbad von 80 C° genau 20 Min. entwickelt. Nach dem Abkühlen wird in einem Erlenmeyerkolben mit dest. Wasser auf 100 ccm ergänzt und im *Pulfrich*-Photometer unter Anwendung eines S<sub>57</sub> Filters in 0,5 cm Ø Küvetten bestimmt.

### Ergebnisse

Die photometrischen Daten sind in der 1. Tabelle, und die auf mg umgerechneten Werte in dem 1. und 2. Diagramm dargestellt. Von den jarowisierten Knollen wurden 5-mal, und zwar 1, 8, 15, 22 und 29 Tage nach Versuchsbeginn (1. Kolumne) — aus dem Durchschnitt von je 10 Knollen je zwei Parallelmessungen durchgeführt (2. und 3. Kolumne). Von den unbehandelten (Kontroll-) Knollen haben wir nur bei Beginn und Beendigung des Versuches Proben entnommen. Die Ergebnisse sehen wir in der 4. und 5. Kolumne. Am 29. Tage endlich haben wir die Keime abgebrochen und ihren Aminosäuregehalt auch gesondert bestimmt. Die den Extinktionswerten entsprechenden mg-Werte haben wir von einer  $\beta$ -Alanin-Standard-Kurve abgelesen und in mg/ccm-Einheiten angegeben (1. und 2. Diagramm).

Sowohl aus den Extinktions-, als auch aus den mg-Werten geht gleichermaßen hervor, dass der Gehalt der Knollen an freien Aminosäuren in beiden Sorten und auch in den einzelnen Sektoren quantitativ verschieden ist. Ihre Menge ist im apikalen- (A-Sektor) und im Gürtelteil (B-Sektor) geringer als in dem Nabelteil (C-Sektor), während maximale Werte in inneren Teile der Knolle (D-Sektor) erhalten werden. Die in den »ruhenden« Knollen gefundenen

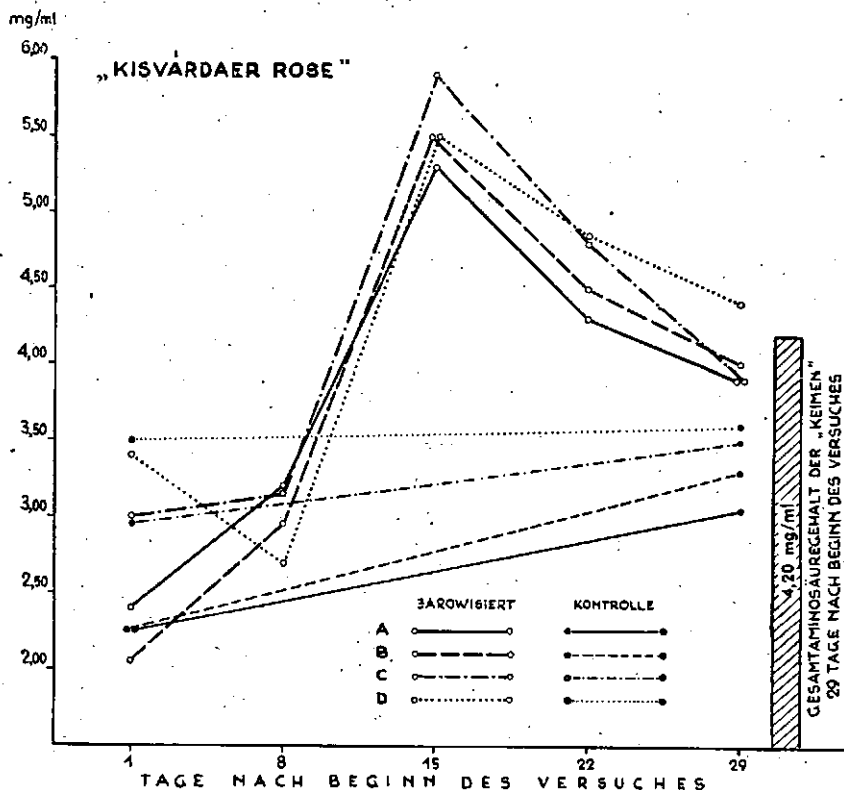
quantitativen Verhältnisse verändern sich im Laufe der Keimung (im gegenwärtigen Falle infolge der Jarowisation) und zwar in dem Sinne, dass die Vermehrung der freien Aminosäuren in dem apikalen Teil grösser ist, als im Nabelteil oder im inneren Teil der Knolle, wodurch ihre Verteilung in den

Sektoren	Extinktion			
	in jarowisierten-		in Kontroll-	
	K n o l l e n			
	K. Rose	Ella	K. Rose	Ella
1	2	3	4	5
A <sub>1</sub>	0,30	0,25	0,28	0,29
B <sub>1</sub>	0,26	0,40	0,28	0,36
C <sub>1</sub>	0,37	0,37	0,36	0,36
D <sub>1</sub>	0,41	0,11	0,42	0,43
A <sub>8</sub>	0,39	0,45	—	—
B <sub>8</sub>	0,36	0,46	—	—
C <sub>8</sub>	0,38	0,48	—	—
D <sub>8</sub>	0,33	0,49	—	—
A <sub>15</sub>	0,57	0,48	—	—
B <sub>15</sub>	0,60	0,55	—	—
C <sub>15</sub>	0,64	0,56	—	—
D <sub>15</sub>	0,61	0,57	—	—
A <sub>22</sub>	0,54	0,47	—	—
B <sub>22</sub>	0,58	0,50	—	—
C <sub>22</sub>	0,60	0,54	—	—
D <sub>22</sub>	0,62	0,54	—	—
A <sub>29</sub>	0,45	0,45	0,37	0,42
B <sub>29</sub>	0,48	0,45	0,40	0,43
C <sub>29</sub>	0,45	0,49	0,42	0,45
D <sub>29</sub>	0,52	0,52	0,44	0,47
Keime	0,50	0,43	ohne Keime	

1. Die Verteilung der Gesamtaminosäuren in den Knollen der *Kisvárdæer Rose* und *Ella* Kartoffel-Sorten. 0,5 cm Ø Küvetten, Filter S<sub>37</sub>

Gewebe der Knolle ausgeglichener wird. In beiden Sorten bleibt der Aminosäuregehalt im inneren Teile der Knolle — abgesehen von den Daten des 8. und 15. Tages bei der *Kisvárdæer Rose* — ganz bis zu Ende am höchsten. Schliesslich ist der Aminosäuregehalt der *Kisvárdæer Rose* höher, als der der *Ella*-Sorte. Diese letztere Feststellung bezieht sich auch auf den Aminosäuregehalt der Keime.

Den Zustand der »Keimung« und den Entwicklungsstand der »Keime« demonstrieren die an den Tagen der Probenentnahme angefertigten Aufnahmen (Abb. 2.).



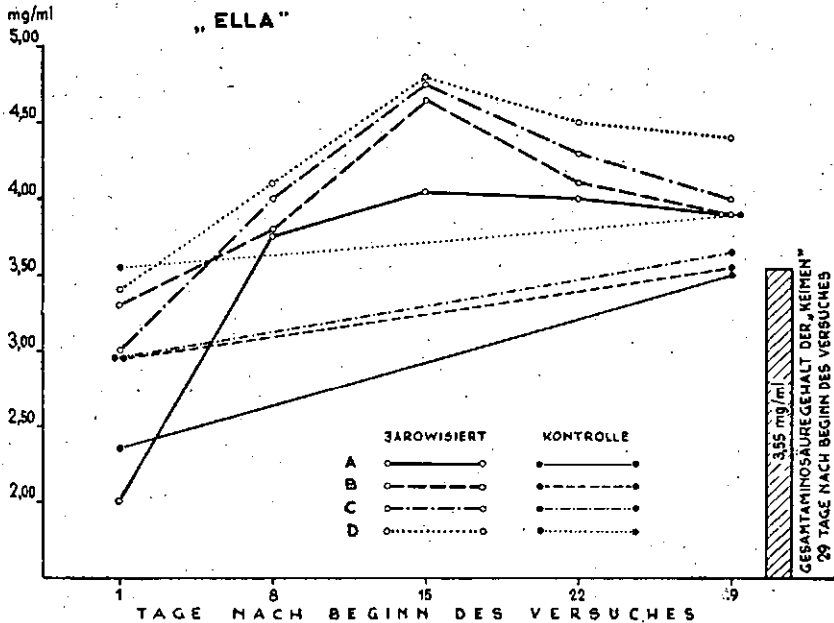
1. Diagramm. Die quantitative Verteilung der freien Gesamtaminosäuren in verschiedenen Sektoren der Knollen. Sorte: *Kisvárdai-Rose*.

### Diskussion und Zusammenfassung

Die Literaturangaben über die Verteilung der N-haltigen Stoffe der Knollen sind ziemlich übereinstimmend. Der innere Teil der Knolle enthält in jedem Falle mehr Nitrogen, als die äusseren Teile. Infolgedessen ist die Verteilung des Nitrogens — ähnlich wie die der Stärke — eine ungleiche, aber gerade in umgekehrter Reihenfolge. Das Nitrogen-Minimum befindet sich in der Zone des Kambiumringes. Das in Prozent Gesamt-Nitrogen ausgedrückte Amino-N nimmt gegen die Mitte der Knolle ständig zu, und erreicht hier 34,4% gegenüber den 21,8% der Peripherie (PROKOSCHEW) (9).

Diese Daten gelten in grossen Zügen auch für die Verteilung der freien Aminosäuren — indem sich im Laufe der Untersuchungen herausstellte — dass zu Ende des Ruhezustandes der Gehalt an freien Aminosäuren in der Reihenfolge: apikaler-, Gürtel-, Nabel-Teil und »Herz« zunimmt (1. und 2.

Diagramm). Dieser Zustand macht im Laufe der Jarowisation bedeutende Veränderungen durch. Schon am 8. Tage ist in sämtlichen Knollenteilen (mit Ausnahme des D-Sektors der *Kisvárdaer Rose*) ein Anstieg der freien Aminosäuren zu beobachten. Am 15. Tage erreichen sie in allen Sektoren ihr Maximum, und steigen auf das 2—2,5-fache des Ausgangswertes an. Dann wird allmählich ihre Menge geringer. Aus der abnehmenden Tendenz des Gesamtaminosäureniveaus kann darauf geschlossen werden (in Übereinstimmung mit TAGAWA und OKAZAWA, 17), dass eine intensive Strömung der Aminosäuren zu



2. Diagramm. Die quantitative Verteilung der freien Gesamtaminosäuren in verschiedenen Sektoren der Knollen. Sorte: *Ella*.

den in Entwicklung begriffenen Keimen einsetzt, infolgeder der die Entwicklung, der Umfang und die Differenzierung der Keime gerade in dieser Zeitspanne (am 22—29. Tage der Jarowisation) am grössten ist (Abb. 1., 3. und 4. Bild).

SATAROWA (14) fand in den frisch gerodeten Knollen der *Lorch-* und *Berlichingen-*Sorten ebenfalls in der Nähe der Keime weniger Aminosäuren, als im Inneren der Knollen. In den mit 2%-igem Thiocarbamid, bzw. Ammoniumrhodanat behandelten Knollen beobachtete sie im Laufe der Keimung nur in der Nähe der Keime ein Ansteigen der Aminosäuren, während sie im Inneren der Knollen gleichzeitig abnahmen. Diese Beobachtung lässt vermuten, dass in den über den Ruhezustand hinausgegangenen, spontan keimenden Knollen viel grössere und tiefgreifendere fermentative Prozesse vor sich gehen, als in den unreifen, jungen, lediglich durch Stimulation zum Keimen gebrachten Knollen.

Aus dem Verlaufe der Kurven geht auch hervor, dass die Mobilisation des Tuberins sich auf alle Gewebe der Knolle erstreckt, und die Wanderung der

Aminosäuren in die Keime im ganzen Querschnitt der Knolle stattfindet. Die Gestaltung des freien Aminosäurenniveaus weist auch darauf hin, dass der Gehalt der Knollen an freien Aminosäuren während des Überganges in die autotrophe Phase ungefähr zweimal so hoch ist wie zu Beginn der Keimung (11).

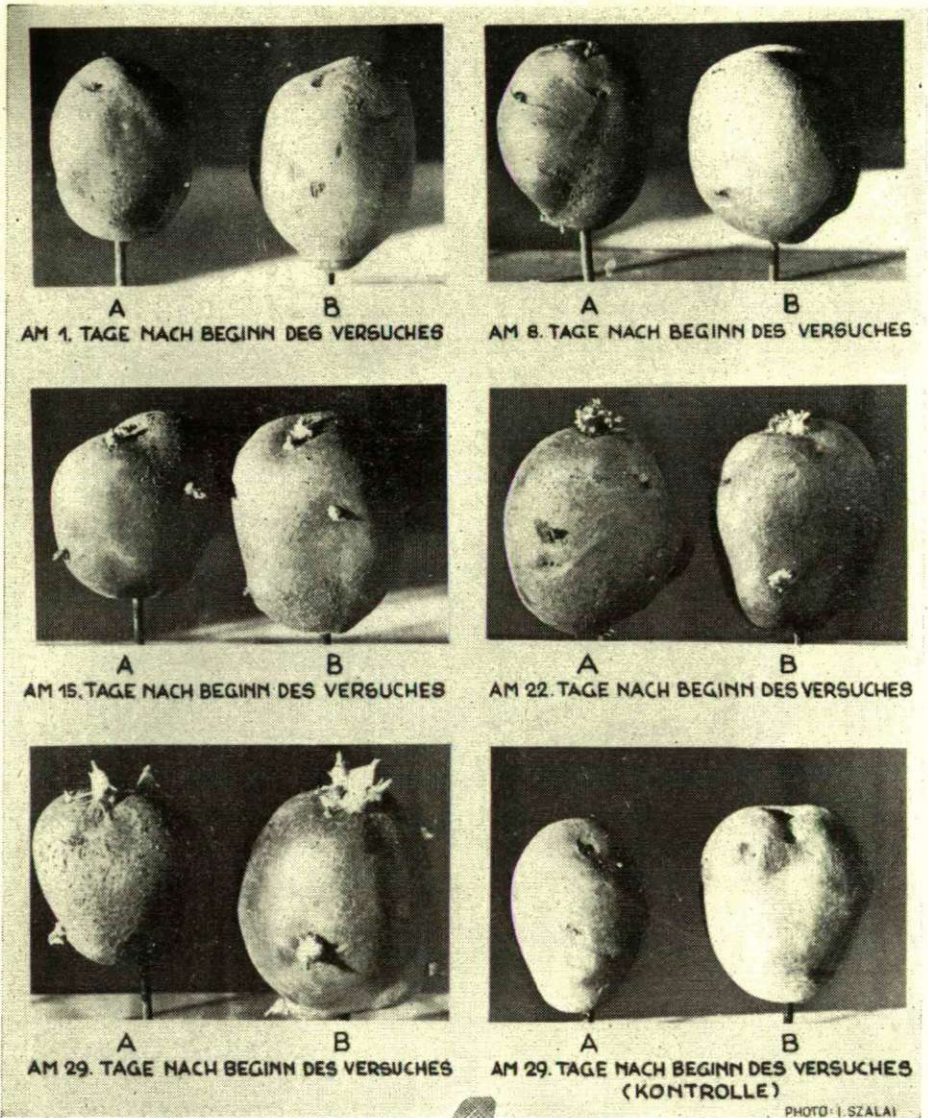


Abb. 2. Die jarowisierten, bzw. unehandelten Knollen der *Kisvárdai Rosen* (A) und *Ella* (B) Sorten in den verschiedenen Phasen des Versuches (Photo: I. Szalai)

Schliesslich kann aus der Gestaltung des Aminosäurenspiegels auch festgestellt werden, dass die Keimbildung der jarowisierten Knollen infolge der gesteigerten Eiweissmobilisation eine intensivere ist als in unbehandelten Knollen, und dass in den unbehandelten Kontrollknollen die Menge der freien Aminosäuren am 29. Tage ungefähr identisch ist mit dem Zustand der jarowisierten Knollen am 8.—10. Tage, was auch in dem Entwicklungsgrad der Keime zum Ausdruck kommt (Abb. 2; 1., 2. und 6. Bild).

Auf grund der Untersuchungen kann folgendes festgestellt werden:

1. Die Menge der freien Aminosäuren in den über den Ruhezustand hinausgelangten Knollen ist nicht gleichmässig verteilt. Die höchsten Werte finden sich im Herzteil, im Nabel-, Gürtel- und apikalen-Teil nehmen diese Werte in der vorstehenden Reihenfolge ab.

2. Die Menge der freien Aminosäuren nimmt im Laufe der Jarowisation rapid zu und erreicht ihr Maximum bei beiden untersuchten Sorten am 15. Versuchstage.

3. Die Verringerung der Menge der freien Aminosäuren nach dem 15. Tage kann mit den schnellen und intensiven Wachstum der Keime, bzw. der Triebe in Zusammenhang gebracht werden, die verbrauchen.

4. Die Jarowisation beschleunigt den N-Stoffwechsel und erweist sich deshalb als günstig für die Entwicklung der Keime (S. auch 16).

5. Der Abbau des Tuberins findet in der ganzen Knollenmasse, und die Wanderung zu den Keimen im ganzen Querschnitt der Knollen statt (S. auch 17).

6. Aus den jungen Trieben konnten ebenfalls reichlich freie Aminosäuren nachgewiesen werden.

### Schrifttum

- (1) *Fischnich, O.*: Massnahmen zur Kartoffellagerung und deren Auswirkung auf Konsumware und Pflanzgut. Vortragsreihe d. 10. Hochschultagung d. Landw. Fak. d. Univ. Bonn, 2—3 (1956).
- (2) *Гаврилов, А. М.*: О яровизации картофеля для летних посадок. Картофель, 2, 28—31 (1956).
- (3) *Irion, W.*—*O. Fischnich*: Über stoffliche Umwandlungen in »Rindite« behandelten Kartoffelknollen in den einzelnen Phasen der Keimung. Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 59, 248—266 (1952).
- (4) *Liszenko, T. D.*: Agrobiológia. Mezőgazdasági Könyv és Folyóirat Kiadó, Budapest (1950).
- (5) *Madan, Lal, Ch.*: Die Verteilung der freien Aminosäuren in der Pflanze und ihre Beeinflussung durch photoperiodische Induktion. Planta, 47, 53—80 (1956).
- (6) *Metzner, H.*: Unterschiede in der Einweissfraktion bei Lang- und Kürztags-exemplaren von *Kalanchoe Blossfeldiana*, Nachr. Akad. d. Wiss. 19—22 (1954).
- (7) *Murneek, A. E.*: Biochemical studies of photoperiodism in plants. Mo. Agr. Exper. Stn. Res. Bull. 2628—2634 (1937).
- (8) *Parker, M. W.*, and *H. A. Bortwick*: Effect of photoperiod on development and metabolism of the Biloxi soybean. Bot. Gaz. 100, 651—654 (1939).
- (9) *Прокопцев, М. Ш.*: Биохимия картофеля. АН СССР. Москва — Ленинград (1947).
- (10) *Schleusener, W.*: Vorteile der Vorkultur im Kartoffelbau. Mitt. Dtsch. Landw. Ges. 71, 75—78 (1956).
- (11) *Szalai, I.*: Die Sommerpflanzung der Kartoffel mit durch »Rindite« ausgetriebenen jungen Kartoffelknollen. Acta Biol. Szeged, 2, 63—76 (1956).

- (12) Szalai, I.—M. Dévay—M. Varga—L. Ferenczy: Metabolic change in sprouting potato tubers treated with »Rindite« Acta Biol. Hung. 8, 11 (1957).
- (13) Szalai, I.—M. Dévay: Die Wirkung der »Rindite-Dämpfe« und den N-stoffwechsel der Kartoffelknollen in den einzelnen Keimungsphasen. Acta Biol. Szeged, 3, 97 (1957).
- (14) Szalai, I.: Quantity and distribution of Vitamin C in the potato tubers during »jarowisation«. (In der Presse.)
- (15) Сагарова, Н. А.: К вопросу о содержании аминокислот в свежубранных клубнях картофеля при нарушении покоя. Физиол. Раст. Москва, 2, 529—532 (1955).
- (16) Сноиков, Г.: Влияние на яровизацията върху растежа, клубенообразуването и добива при картофите. Прир. и Знание, 8, 8—10 (1955) София.
- (17) Tagawa, T.—Y. Okazawa: Physiological and morphological studies on potato plants. Part 9. Studies on nitrogen metabolism in potato tubers during the storage period. F. Fac. Agr. Hokkaido Univ., Sapporo, 50, 65—73 (1955).