

Die virusdiagnostische Bedeutung der Quellbarkeit von Kartoffelstärke

O. BYHAN

Sektion Biowissenschaften, Bereich Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie, der Karl-Marx-Universität Leipzig, Deutsche Demokratische Republik

Abschluss des Manuskriptes: 14. Juni 1971

Summary, Résumé p. 280, 281

Zusammenfassung

Die von Natti (1955) beschriebene Verringerung in der Quellbarkeit der Stärke virusinfizierter Kartoffelknollen, die nach Zugabe von verdünnter Säure in Erscheinung tritt, konnte reproduziert werden. Die Stärkequellung wurde jedoch in so starkem Maße von kleinen Abweichungen bei der Bemessung von Gewebebrei und Säuremenge beeinflusst, daß sie in dieser Versuchsanordnung kaum zu virusdiagnostischen Zwecken geeignet war. Im Verlauf von Untersuchungen zur Verbesserung der Versuchsanordnung waren die angeführten Schwankungen beträchtlich verringert, wenn die Stärkequellung nicht in Säure, sondern in erwärmten Stärkesuspensionen erfolgte.

Das als Stärkequellungstest bezeichnete Verfahren wird beschrieben. Auf Grund von methodischen Untersuchungen wird die zweckmäßigste Versuchsanordnung festgelegt. Erste Untersuchungen grösseren Umfanges, die zur Kennzeichnung der Arbeitssicherheit durchgeführt wurden, ergaben, dass befriedigende Korrelationen zwischen den an einer größeren Knollenzahl erhaltenen durchschnittlichen Testergebnissen und dem durchschnittlichen Virusbesatz einer Herkunft bestehen. Werden jedoch die an einzelnen Knollen gewonnenen Testergebnisse unmittelbar mit dem im Stecklingstest bzw. im Feldanbau der geprüften Knollen ermitteltem Gesundheitszustand verglichen, so treten mitunter größere Differenzen auf, die der Anwendung des Testes gewisse Grenzen setzen dürften.

Einleitung

Nach Beobachtungen von Natti (1955) quellen Stärkekörner von gesunden Kartoffelknollen in Säure schneller als solche von blattrollvirusinfizierten Knollen. Zudem färben sie sich nach einer Behandlung mit Jod-Natriumhydroxidlösung und anschließender Vermischung in Schwefelsäure rascher blau. Diese Unterschiede können vor allem für die Kennzeichnung des Gesundheitszustandes von Kartoffelherkünften niederer Anerkennungsstufen von Bedeutung sein, insofern sie rasch zu ermitteln sind und somit die Untersuchung umfangreicher Proben gestatten.

In unseren Untersuchungen platzten die Stärkekörner nach Zugabe von verdünnten Säuren verhältnismäßig rasch. Stärkekörner blattrollvirusinfizierter Knollen blieben jedoch etwas länger unverquollen. Die Differenzen waren allerdings nicht sehr groß. Ferner zeigte sich, daß bei Verwendung von 1/10 n-Schwefelsäure bereits Abweichungen von $\pm 0,02$ ml das Untersuchungsergebnis in einem Maße beeinflussen, daß die in

der Stärkequellung zwischen gesunden und virusinfizierten Knollen vorgefundenen Unterschiede nicht mehr hervortreten. Ebenso wurde das Untersuchungsergebnis bereits durch geringe, bei der Bemessung der Gewebemenge auftretende Differenzen verändert. Bevor die virusinduzierten Veränderungen in der Quellbarkeit von Kartoffelstärke als Grundlage von Diagnoseverfahren in Betracht gezogen werden konnten, mußte daher das Verfahren abgeändert werden. Um das angestrebte Ziel zu erreichen, wurde unter anderem geprüft, ob die zwischen gesunden und virusinfizierten Knollen vorgefundenen Unterschiede besser hervortreten, wenn die Quellung der Stärkekörner nicht durch Zugabe von Säure, sondern durch Erwärmen von wäßrigen Stärkesuspensionen bewirkt wird. Dabei zeigte sich bald, daß die erwarteten Differenzen auf diese Weise wesentlich sicherer nachgewiesen werden können.

Material und Methoden

Stärkequellungstest

Reaktionsunterschiede innerhalb einer Knolle. Am Nabelende, Kronenende, zwischen Kronen- und Nabelende am 'Knollenäquator' wurde Gewebebrei aus dem Rindenparenchym sowie aus dem Markparenchym der Kartoffelknolle entnommen. Je Gesundheitsstufe wurden die Untersuchungen mit 100 Knollen der Sorten *Amsel*, *Gerlinde*, *Merkur* und *Mittelfrühe* durchgeführt.

Lagerungsdauer

Um zu ermitteln, ob zwischen den Stärkekörnern unterschiedlich lange gelagerter Kartoffelknollen Quellungsunterschiede auftreten, wurden je 100 numerierte Knollen der Sorten *Gerlinde* und *Merkur* im November in der bereits beschriebenen Weise untersucht und anschließend im Keller gelagert. Ende März kamen dieselben Knollen zum zweiten Mal zur Untersuchung. Die Knollen hatten zu diesem Zeitpunkt Keime von 1 bis 3 cm Länge gebildet.

Prüfung der methodischen Sicherheit des Stärkequellungstestes unter Einbeziehung zahlreicher Kartoffelsorten

Um die Diagnosegenauigkeit des Stärkequellungstestes zu ermitteln, wurden mehr oder weniger stark virusinfizierte Herkünfte verschiedener Sorten, die auf dem Versuchsfeld eine Zwischenvermehrung erfahren hatten, sowie Pflanzgut, das uns von Erhaltungszuchtbetrieben zur Verfügung gestellt worden war, mit dem Stärkequellungstest untersucht. Das Testergebnis wurde mit dem Gesundheitszustand der Knollen, der im Stecklingstest bzw. beim kontrollierten Nachbau der numerierten Knollen jeder Herkunft ermittelt wurde, verglichen. Von jeder Herkunft wurden 100 Knollen in die Untersuchung einbezogen.

Prüfung der statistischen Sicherheit der erhaltenen Ergebnisse

Zur Kennzeichnung der Arbeitssicherheit des Stärkequellungstestes wurde im Rahmen des Vergleiches zwischen Testergebnis und dem Gesundheitszustand des Nachbaues

aus den untersuchten Knollen (vergl. Tabelle 3) geprüft, ob der Anteil der Proben mit den Wertzahlen 1 und 2 bei virusinfizierten Knollen statistisch gesichert von demjenigen gesunder Knollen abweicht. Es wurden die zwischen den Kollektiven vorgefundenen Differenzen mit der größtmöglichen Zufallsabweichung verglichen, welche bei dem Umfang der Kollektive unter Zugrundelegung einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,27%, 1%, 5% zu erwarten ist. Statistische Sicherung liegt vor, wenn die erhaltenen Differenzen die Zufallsabweichung übersteigt. Die Untersuchungen erfolgten nach Koller (1953), Tafel 5 und 6 unter Berücksichtigung der für einseitige Fragestellung bei Überschreitungswahrscheinlichkeiten von 1% und 5% angegebenen Korrekturfaktoren.

Der Stärkequellungstest

Von der zu prüfenden Kartoffelknolle wird durch einen Keilschnitt ein Segment von etwa 1 cm Tiefe entfernt. Mittels einer Lanzettnadelspitze wird daraus Gewebebrei entnommen und in ein kleines Röhrchen von etwa 1 cm Durchmesser, in dem sich 1 ml destilliertes Wasser befindet, überführt. Mehrere Röhrchen werden zweckmäßigerweise in einem Gestell vereinigt, in ein Wasserbad eingehängt und 15 min darin bei der Untersuchungstemperatur belassen. Nach etwa 10 min haben sich die Temperatur in den Proberöhrchen und derjenigen des Wasserbades völlig angeglichen. Die Quellung geht nach Erreichen der dafür notwendigen Temperatur sehr schnell vonstatten und verstärkt sich auch nicht wesentlich, wenn die Proben längere Zeit (30 min) bei der gleichen Temperatur im Thermostat verbleiben. Die Temperatur, bei der die Stärke verquillt bzw. bei der die zwischen gesunden und virusinfizierten Knollen vorhandenen Unterschiede am besten hervortreten, ist von Sorte zu Sorte verschieden. In entsprechenden Untersuchungen wurden für die verschiedenen in die Untersuchungen einbezogenen Sorten folgende optimale Untersuchungstemperaturen ermittelt:

58°C: *Amsel, Drossel*

59°C: *Aquila, Spatz, Apollo, Gerlinde*

60°C: *Leona, Frühnudel, Ora, Johanna, Ackersegen*

61°C: *Erstling, Frühbote, Frühmölle, Fink, Schwalbe, Meise, Merkur, Sperber*

62°C: *Vera, Sieglinde, Bona, Mittelfrühe, Spika, Voran.*

Nach dem Erwärmen wird mit einem Glasstab umgerührt. Dann wird ein Tropfen der Untersuchungslösung auf einen Objektträger gebracht, mit einem Tropfen Jod-Jodkaliumlösung (0,5 g Jod und 0,75 g Kaliumjodid je l destilliertem Wassers) versetzt und im Mikroskop bei etwa 70-facher Vergrößerung beobachtet. Die verquollenen Stärkekörner unterscheiden sich durch Blaufärbung von den unverquollenen, die ungefärbt bleiben und die exzentrische Schichtung klar hervortreten lassen. Besonders deutlich sind die Unterschiede zu erkennen, wenn die Stärkeproben nach Behandlung mit Jod-Jodkaliumlösung im polarisierten Licht bei gekreuztem Polarisator und Analysator beobachtet werden. Die ungefärbten, unverquollenen Stärkekörner leuchten hell auf und zeigen ein deutliches Sphäritenkreuz, während die gefärbten, verquollenen Stärkekörner dunkel und strukturlos erscheinen. Wird keine Jod-Jodkaliumlösung zugesetzt, so heben sich die verquollenen Stärkekörner kaum vom dunklen Untergrund ab.

Bei der Beurteilung der Proben werden die Anteile der unverquollenen und verquollenen Stärkekörner geschätzt. Es erwies sich als zweckmäßig, entsprechend dem Ergebnis der Schätzung Wertzahlen (Wz) von 1 bis 5 zu notieren.

Die einzelnen Wertzahlen entsprechen folgenden Anteilen an verquollenen und unverquollenen Stärkekörnern:

- Wz 1 = alle Stärkekörner verquollen
- Wz 2 = 75 %
- Wz 3 = 50 % der Stärkekörner verquollen
- Wz 4 = 25 %
- Wz 5 = fast keine Stärkekörner verquollen

Ergebnisse

Reaktionsunterschiede innerhalb einer Knolle

In Tabelle 1 sind die erhaltenen Ergebnisse in Form von Durchschnittswertzahlen (= arithmetisches Mittel der bei den einzelnen untersuchten Knollen erhaltenen Wertzahlen) dargestellt. In Klammern wurde die Differenz zwischen der Wertzahl virusinfizierter und gesunder Knollen der entsprechenden Sorte beigefügt.

Die zwischen gesunden und virusinfizierten Knollen auftretenden Unterschiede in der Stärkequellung sind bei den einzelnen Sorten verschieden groß. Nach Infektion mit dem Kartoffel-Y-Virus sind sie im allgemeinen deutlicher ausgeprägt als nach Infektion mit dem Blattrollvirus der Kartoffel. Bei Verwendung von Gewebe vom Kronenende treten sie in der Regel wesentlich deutlicher als bei Verwendung von Gewebe aus dem Nabelende in Erscheinung. Bei Verwendung von Gewebe aus dem 'Knollenäquator' bzw. dem Markparenchym vermitteln die erhaltenen Werte etwa zwischen denjenigen, die mit Gewebe von Kronen- bzw. Nabelende erhalten worden waren. Für die folgenden Untersuchungen im Stärkequellungstest wurde daher stets Gewebebrei vom Kronenende entnommen.

Lagerungsdauer

Im Mittel der im November und im März untersuchten Knollen wurden für *Merkur* die Wertzahlen 2.14 und 2.17 gefunden. Für *Gerlinde* waren die Wertzahlen 1.42 und 1.51. Die Verquellungsfähigkeit der Stärkekörner veränderte sich demnach im Untersuchungszeitraum kaum. Der Test kann somit mindestens in der Zeit von November bis März zur Durchführung kommen. Die Möglichkeit zur Fortführung der Untersuchungen über den angegebenen Zeitraum hinaus wird noch geprüft.

Arbeitssicherheit des Stärkequellungstestes unter Einbeziehung zahlreicher Kartoffelsorten

Die im Verlauf von zwei Versuchsjahren gewonnenen Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Hierbei wurde das bei Herkünften erhaltene durchschnittliche Testergebnis dem beim Stecklingstest bzw. im Nachbau ermittelten durchschnittli-

DIE VIRUSDIAGNOSTISCHE BEDEUTUNG DER QUELLBARKEIT VON KARTOFFELSTÄRKE

Tabelle 1. Die im Stärkequellungstest erhaltenen durchschnittlichen Wertzahlen (Wz) in verschiedenen Knollenteilen bei unterschiedlichem Gesundheitszustand. In Klammern ist die Differenz zwischen gesunden und virusinfizierten Knollen hinzugefügt.

Sorte ¹	Nabelende ²					Kronenende ³						
	G		B		Y		G		B		Y	
	Wz	Wz	Diff.	Wz	Diff.	Wz	Wz	Diff.	Wz	Diff.	Wz	Diff.
<i>Amsel</i>	3,0	2,9	(-0,1)	3,1	(+0,1)	2,8	3,1	(+0,3)	4,3	(+1,5)		
<i>Gerlinde</i>	2,8	2,5	(-0,3)	3,1	(+0,3)	1,9	2,7	(+0,8)	3,9	(+2,0)		
<i>Merkur</i>	2,1	2,9	(+0,8)	3,5	(+1,4)	2,4	2,3	(-0,1)	3,8	(+1,4)		
<i>Mittelfrühe</i>	1,1	1,9	(+0,8)	3,6	(+2,5)	2,0	3,6	(+1,6)	3,2	(+1,2)		
<i>Mittel</i>	2,25	2,55	(+0,3)	3,32	(+1,07)	2,27	2,92	(+0,65)	3,80	(+1,53)		
Sorte ¹	Rindenparenchym am 'Knollenäquator' ⁴					Markparenchym ⁵						
	G		B		Y		G		B		Y	
	Wz	Wz	Diff.	Wz	Diff.	Wz	Wz	Diff.	Wz	Diff.	Wz	Diff.
<i>Amsel</i>	2,6	2,4	(-0,2)	3,3	(+0,7)	3,6	4,1	(+0,5)	4,7	(+1,1)		
<i>Gerlinde</i>	2,7	2,8	(+0,1)	3,2	(+0,5)	3,5	3,7	(+0,2)	4,3	(+0,8)		
<i>Merkur</i>	1,7	2,2	(+0,5)	2,9	(+1,2)	2,3	2,9	(+0,6)	3,9	(+1,6)		
<i>Mittelfrühe</i>	1,7	2,8	(+1,1)	2,2	(+0,5)	2,6	3,2	(+0,6)	3,5	(+0,9)		
<i>Mittel</i>	2,17	2,55	(+0,38)	2,90	(+0,73)	3,0	3,47	(+0,47)	4,10	(+1,10)		

G = gesund - *Healthy - Sain*

B = Befall mit dem Blattrollvirus der Kartoffel - *Infected with potato leaf-roll virus - Atteint d'enroulement*

Y = Befall mit dem Kartoffel-Y-Virus - *Infected with potato virus Y - Atteint de virus Y*

¹ *Variety - Variété*

² *Stem-end - Hile*

³ *Rose-end - Couronne*

⁴ *Cortical parenchyma at 'tuber equator' - Parenchyme cortical au milieu des tubercules*

⁵ *Medullary parenchyma - Parenchyme médullaire*

Table 1. Mean values (Wz) obtained by means of the starch swelling test in different parts of tubers of varying health status. The difference between healthy and virus-infected tubers is shown between brackets.

Tableau 1. Cotes moyennes de valeurs (Wz) obtenues dans des tests de gonflement de l'amidon dans différentes parties des tubercules de différents états sanitaires. Entre parenthèses, la différence entre tubercules sains et virosés.

chen Gesundheitszustand gegenübergestellt. Es ist jeweils der Prozentsatz der untersuchten, auswertbaren Proben angegeben, mit dem die Nachbauwürdigkeit bzw. Nichtnachbauwürdigkeit der Herkünfte unter Anlegung der nachfolgend angeführten Maßstäbe richtig gekennzeichnet wurde. Als Nachbauwürdig wurden Herkünfte angesehen, die bei Durchführung des Stärkequellungstestes eine Durchschnittswertzahl von 1,5 oder darunter ergeben hatten. Dieser Grenzwert wurde nach Angleichung der Untersuchungstemperatur an die sortentypischen Abweichungen für alle Sorten in

Tabelle 2. Die mit dem Stärkequellungs-Test bei der Kennzeichnung der Nachbauwürdigkeit der Herkünfte (100 Knollen/Probe) erzielten richtige Ergebnisse.

Sorte ¹	a	b	n
Frühbote	100,0	16,7	6
Vera	100,0	16,7	6
Sieglinde	100,0	16,7	6
Amsel	100,0	14,3	7
Leona	100,0	14,3	7
Bona	100,0	50,0	6
Drossel	100,0	28,6	7
Frühudel	100,0	16,7	6
Mittelfrühe	100,0	16,7	6
Fink	100,0	50,0	6
Johanna	100,0	14,3	7
Apollo (Argo)	100,0	50,0	6
Aquila	100,0	28,6	7
Merkur	100,0	16,7	6
Voran	100,0	66,7	6
Ackersegen	100,0	16,7	6
Ora (Mira)	83,3	0,0	6
Schwalbe	66,7	50,0	6
Sperber (Star)	66,7	50,0	6
Gerlinde (Capella)	66,7	0,0	6
Erstling	50,0	0,0	4
Frühmölle	50,0	20,0	5
Meise	50,0	33,3	6
Spatz	50,0	33,3	3
Gesamt ²	88,7	25,9	143

a = erzielten richtige Ergebnisse (in % der unter suchten Herkünfte) – *Correct results (as % of the total evaluable progeny tests)* – *Résultats valables (en % de la cote globale des diagnostics d'origine exploitables)*

b = der Prozentsatz der Herkünfte der auf die kritische Zone entfiel – *Percentage of stocks falling within the critical zone* – *Pourcentage des origines qui tombent en dehors de la zone critique*

n = Zahl der untersuchten Herkünfte – *Number of stocks examined* – *Nombre d'origines étudiées*

¹ *Variety* – *Variété*

² *Overall* – *Ensemble*

Table 2. Reliability of the starch swelling test as shown by the health status of progeny of the stocks (100 tubers/test).

Tableau 2. Résultats valables obtenus dans des tests de gonflement de l'amidon pour la détermination de la valeur de descendance des origines (100 tubercules par essai).

gleicher Höhe festgelegt. Im Wertzahlbereich 1,5 bis 2 können keine sicheren Aussagen gemacht werden. In diesem als kritische Zone bezeichneten Bereich kann das Testergebnis sowohl gesunden als auch virusinfizierten Herkünften entsprechen. Herkünfte mit Durchschnittswertzahlen über 2 wurden als nicht nachbauwürdig angesehen.

Bei der Überprüfung des Gesundheitszustandes der untersuchten Herkünfte im Feldbestand wurden die Herkünfte mit einem Virusbesatz bis zu 10% als nachbau-

würdig eingestuft. Bei Ermittlung der Befallsprozente wurde jedoch, den geringeren Ertragsdepressionen Rechnung tragend, die Zahl der Infektionen mit dem Kartoffel-X- und -A-Virus vor der Gesamtwertung durch 2 dividiert.

Als richtig wurden Diagnosen vermerkt, wenn bei einem durchschnittlichen Virusbesatz bis zu 10% die Durchschnittswertzahl 1,5 nicht überschritten wurde bzw. bei einem höheren Virusbesatz als 10% Durchschnittswertzahlen über 2 auftraten.

Die Tabelle 2 läßt erkennen, daß der Prozentsatz richtig eingestufte Herkünfte bei vielen Sorten sehr hoch ist. So wurden von den Sorten *Frühbote*, *Vera*, *Sieglinde*, *Amsel*, *Leona*, *Bona*, *Drossel*, *Frühnudel*, *Mittelfrühe*, *Fink*, *Johanna*, *Apollo*, *Aquila*, *Merkur*, *Voran* und *Ackersegen* alle auswertbaren Herkünfte richtig eingestuft. Bei der Sorte *Ora* wurden 83% der untersuchten Herkünfte richtig eingestuft. Bei den Sorten *Schwalbe*, *Sperber* und *Gerlinde* wurden demgegenüber 66,7% der geprüften Herkünfte richtig gekennzeichnet. Am ungünstigsten sind die Ergebnisse, die bei der Untersuchung der Sorten *Erstling*, *Frühmölle*, *Meise* und *Spatz* erhalten wurden. Nur 50% der gestellten Diagnosen waren richtig. Auffällig ist die verhältnismäßig große Zahl der Herkünfte, die auf die kritische Zone entfallen und damit nicht gewertet werden konnten. Die Ursache dafür ist in den relativ geringen Unterschieden in der Verquellungsfähigkeit der Stärke aus gesunden und virusinfizierten Knollen zu suchen. Wenn ein Bonitierungsschlüssel mit feinerer Unterteilung zur Anwendung kommt und wenn die Anzahl der verquollenen Stärkekörner nicht geschätzt, sondern ausgezählt wird, kann die Zahl der Herkünfte, die auf die kritische Zone entfallen, sicherlich vermindert werden. Allerdings steigt dann der Arbeitsaufwand stark an. Es dürfte daher vorteilhaft sein, mit vereinfachtem Beurteilungsverfahren und damit verbundenem geringen Arbeitsaufwand eine Vorselektion durchzuführen und die Herkünfte, deren Untersuchungsergebnisse auf die kritische Zone entfallen, auszusondern oder mit anderen Verfahren nachzuuntersuchen.

Eine Gegenüberstellung zwischen dem an den einzelnen Knollen erzielten Testergebnis und dem Gesundheitszustand des Aufwuchses aus den untersuchten Knollen zeigt Tabelle 3. In dieser sind Proben mit den Wertzahlen 1 und 2 als richtig angeführt, wenn der Nachbau aus den Knollen keine Virussympptome zeigte. Wenn diese Virussympptome zeigten, galten Proben mit den Wertzahlen 3, 4 und 5 als richtig. Die Prüfung auf statistische Sicherheit der Ergebnisse erfolgte in der auf Seite 272 angeführten Weise.

Von den als Gesund eingestuften Knollen waren im Durchschnitt aller Sorten 74,3% durch den Test richtig gekennzeichnet worden. Die Schwankungen von Sorte zu Sorte sind beträchtlich und reichen von 96% bei der Sorte *Erstling* bis zu 50% bei der Sorte *Frühbote*. Von den mit Blattrollvirus infizierten Knollen wurden 46,8% richtig gekennzeichnet. Demnach sind die Differenzen zwischen den durch den Stärkequellungstest gesonderten Kollektiven in der Regel statistisch gesichert und zwar bei einem Vergleich des Durchschnittes aller Sorten (Tabelle 3, letzte Zeile) und bei 9 Sorten mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,27%. Bei anderen Sorten ist die Sicherung nur bei Vorgabe einer größeren Überschreitungswahrscheinlichkeit gegeben oder auch nicht gegeben. Bei den mit Kartoffel-Y-Virus (= Strichel) oder an-

Tabelle 3. Die mit dem Stärkequellungstest bei der Untersuchung einzelner Knollen erhaltenen richtigen Ergebnisse.

Sorte ¹	Gesund ²		Blattroll ³		Strichel ⁴		Sonstige Virosen ⁵				
	n	r%	n	r%	n	r%	n	r%			
<i>Frühbote</i>	138	50,0	212	70,3	+++			95	75,8	+++	
<i>Vera</i>	187	81,8	104	39,4	+++			104	39,4	+++	
<i>Sieglinde</i>	98	71,4	215	54,4	+++			74	48,6	++	
<i>Amsel</i>	358	48,6	71	43,7	—	84	70,2	+++	87	64,4	+
<i>Leona</i>	307	53,1	197	62,3	+++	56	57,1	—	47	61,7	+
<i>Bona</i>	262	82,1	177	31,6	+++			52	15,4	—	
<i>Drossel</i>	305	64,6	199	42,2	—	29	34,5	—	80	48,8	+
<i>Frühnudel</i>	102	75,5	233	59,2	+++	29	48,3	++	87	66,7	+++
<i>Mittelfrühe</i>	232	75,0	138	42,0	+++	47	23,4	—	114	28,1	—
<i>Fink</i>	303	80,2	19	15,8	—	67	31,3	+	81	27,0	—
<i>Johanna</i>	303	64,4	135	47,4	+	32	56,2	+	89	70,8	+++
<i>Apollo (Argo)</i>	297	86,9	49	28,4	++	57	33,3	++	109	29,4	+++
<i>Aquila</i>	213	73,7	43	46,5	++	91	36,3	+	187	49,2	+++
<i>Merkur</i>	203	83,2	155	29,0	++	143	33,6	+++	34	38,2	++
<i>Voran</i>	230	80,4	25	24,0	—	40	20,0	—	230	33,5	+++
<i>Ackersegen</i>	24	70,8	27	51,8	—	26	46,2	—	425	64,0	+++
<i>Ora (Mira)</i>	233	83,3	43	48,8	+++	19	31,6	—	211	46,4	+++
<i>Schwalbe</i>	386	75,9	57	24,6	—	16	18,8	—	21	14,3	—
<i>Sperber (Star)</i>	250	71,2	32	34,4	—	27	37,0	—	176	41,5	++
<i>Gerlinde (Capella)</i>	222	79,3	214	49,5	+++	10	20,0	—	82	62,2	+++
<i>Erstling</i>	100	96,0							135	31,8	+++
<i>Frühmölle</i>	182	65,4	48	54,2	++				109	56,0	+++
<i>Meise</i>	415	92,5	75	16,0	++	39	15,4	—	13	0,0	—
<i>Spatz</i>	190	84,7							10	30,0	—
Gesamt⁶	5540	74,3	2478	46,8	+++	812	38,4	+++	2652	48,0	+++

n = Anzahl der untersuchten Knollen – *Number of tubers examined* – *Nombre de tubercules examinés*
 r% = Der Prozentsatz der bei gesunden Knollen auf die Wertzahlen 1 + 2 und bei virusinfizierten Knollen auf die Wertzahlen 3 bis 5 entfallenden Proben – *Percentage of test where healthy tubers gave a value of 1 + 2 and virus-infected tubers a value of 3 to 5.* – *Pourcentage de spécimens tombant dans les valeurs 1 + 2 pour les tubercules sains, 3 à 5 pour les tubercules virosés.*

+++ , ++ bzw. + = Statistische Sicherung der Differenz zwischen gesunden und virusinfizierten Knollen bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,27%, 1% bzw. 5% (vgl. S. 272) – *+++ , ++ and + respectively = statistical significance of the difference between healthy and virus-infected tubers, P = 0,27%, 1% and 5% respectively (see p. 272)* – *+++ , ++ et + respectivement = degré de sécurité de la différence entre tubercules sains et virosés pour un seuil de probabilité de 0,27%, 1% et, 5% respectivement (seuil de comparaison)*

¹ *Variety – Variété*

² *Healthy – Sain*

³ *Leaf-roll – Enroulement*

⁴ *Streak – Frisolée*

⁵ *Other viruses – Autres viroses*

⁶ *Overall – Ensemble*

Table 3. Correctness of results obtained with the starch swelling test on individual tubers.

Tableau 3. Résultats valables obtenus dans le test de gonflement de l'amidon dans l'examen des tubercules isolés.

deren Kartoffelviren infizierten Knollen liegen ähnliche Verhältnisse vor. Trotz statistischer Sicherung zwischen den Testergebnissen ist eine sichere Einzelknollendiagnose nicht möglich.

Daß bei der Kennzeichnung gesunder Knollen eine größere Arbeitssicherheit als bei der Kennzeichnung viruskranker Knollen erreicht wird, wurde auch bei der Prüfung der Arbeitssicherheit anderer physiologisch-chemischer Diagnoseverfahren beobachtet (Schuster 1962). Der Grund hierfür dürfte vor allem darin zu suchen sein, daß schwacher Virusbefall der Knollen, wie er z.B. häufig nach Spätinfektionen beobachtet wird, noch keine erheblichen Veränderungen im physiologischen Verhalten der Knolle hervorruft, beim Nachbau der Knollen aber zu einer beachtlichen Virusdurchseuchung des Sprosses führen kann. Das gleiche gilt für den Befall mit Viren, die nur geringe Schäden verursachen. Daß trotz der verhältnismäßig hohen Anzahl von Fehldiagnosen, die bei der Untersuchung der einzelnen Knollen erhalten wurden, gute Herkunftsdiagnosen gestellt werden konnten, ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß sich ein Teil der bei gesunden Knollen auftretenden Fehldiagnosen mit dem größeren Prozentsatz der bei virusinfizierten Knollen unterlaufenen Fehldiagnosen ausgleicht (zum Ausgleich der Fehldiagnosen vgl. Schuster 1956 und 1962).

Diskussion der Versuchsergebnisse

Hinsichtlich des Arbeitsaufwandes ist der Stärkequellungstest den mit geringem Aufwand ausführbaren physiologisch-chemischen oder chemisch-cytologischen Methoden (z.B. Fehling-Test, Kallosetest) zumindest gleichzusetzen. Die Arbeitssicherheit ist befriedigend, insofern das an einer größeren Knollenzahl einer Herkunft erhaltene Testergebnis dem beim Nachbau der untersuchten Knollen bzw. im Stecklingstest ermittelten durchschnittlichen Virusbesatz der Herkunft gegenüber gestellt wird. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß bei knollenweisem Vergleich zwischen der Quellbarkeit der Stärke der einzelnen Kartoffelknolle und dem Gesundheitszustand der entsprechenden Knolle große Differenzen auftreten können. Die Empfehlung für eine Anwendung des Stärkequellungstestes zur Kennzeichnung des Gesundheitszustandes von Kartoffelherkünften sollte daher vom Ausgang weiterer Untersuchungen abhängig gemacht werden. Der Stärkequellungstest könnte jedoch sicherlich gute Dienste leisten, wenn durch Zusammenfassung der Ergebnisse verschiedener, an der gleichen Knolle ausgeführter, einfach zu handhabender Tests zu einer Indexzahl im Sinne der Kombinationstests nach Schuster (1962) die Arbeitssicherheit über den mit einem einzelnen Test erreichbaren Umfang gesteigert werden soll.

Dank

Herrn Prof. Dr. Schuster bin ich für die Anregung zu den Untersuchungen sowie für die stete Förderung der Arbeit sehr zu Dank verpflichtet. Ebenso gilt mein Dank den Mitarbeitern, die mich bei der technischen Durchführung der Arbeit unterstützt haben.

Summary

The virus diagnostic significance of the ability of potato starch to swell

The decreased ability of starch from virus infected tubers to swell when treated with dilute acid, described by Natti (1955), was confirmed. The swelling was, however, greatly influenced by small differences in the measurement of the quantities of tissue pulp and acid and was of little use in the diagnosis of virus infection. In the course of experiments to improve the technique it was found that such variations were markedly reduced when the swelling was induced in a warmed starch suspension rather than in acid.

Using this procedure for a starch swelling test, tissue pulp was taken from the tubers under investigation and placed in water for 15 minutes at a temperature specific to the variety. After staining with iodine in potassium iodide, the proportion of swollen starch grains was then determined microscopically, using polarised light. The result was expressed on a scale (Wz) of from 1 to 5, 1 denoting all grains in a test swollen and 5 virtually none. In a series of experiments a number of

factors were examined in relation to their influence on the results of the test. This showed, amongst other things, that the ability of the starch to swell could best be demonstrated on starch grains from the rose-end of the tuber (Table 1). Preliminary large scale experiments, carried out to determine the reliability of the test, showed that in many varieties it is satisfactory provided that the mean obtained from a large number of tubers is set against the mean virus infection of material from the same stock (Table 2). Results from individual tubers could not be related directly to the health status of the same tubers (Table 3). When results from all the varieties are taken into consideration, the difference between healthy and virus-infected tubers in the ability of their starch to swell can be shown to be statistically highly significant. With individual varieties, however, the level of agreement is variable and there can be large differences which must set distinct limits to the use of the tests.

Résumé

La signification du gonflement de l'amidon dans le diagnostic des viroses

La diminution, décrite par Natti, de l'aptitude au gonflement de l'amidon chez les tubercules de Pomme de terre infectés de virus, qui se manifeste après apport d'un supplément d'acide dilué, peut être reproduite. Le gonflement de l'amidon était toutefois influencé par le grand volume des petites différences dans la mensuration de la bouillie de tissu et de la quantité d'acide, de sorte qu'il n'était presque pas utilisé dans l'examen en série pour le diagnostic des viroses. Au cours des recherches pour améliorer les examens en série, les variations rapportées ont été considérablement diminuées quand le gonflement de l'amidon n'avait pas lieu en milieu acide, mais en suspensions chauffées. Pour l'exécution des procédés utilisés comme tests de gonflement de l'amidon, on utilisera de la bouillie de tissu des tubercules examinés qui aura été placée dans l'eau durant 15 min. à une température spécifique pour la variété. Ensuite on déterminera, par la coloration au iodure de potassium en lumière polarisée sous

microscope, quelle partie des grains d'amidon contenus dans la bouillie de tissu est gonflée. Cette partie sera exprimée en cotes de 1 à 5. A la cote 1 tous les grains d'amidon d'un test sont gonflés, tandis qu'à la cote 5 il n'y en a aucun.

Dans des déterminations méthodiques, on a testé un certain nombre de facteurs de la série de recherches quant à leur influence sur les résultats. C'est ainsi qu'il apparut, notamment, que les différences dans l'aptitude au gonflement de l'amidon se manifestait le mieux chez les grains d'amidon de la couronne (Tableau 1). Les premières déterminations des plus grands diamètres exécutées pour préciser le degré de sécurité du travail, révélaient que celui-ci était suffisant pour un grand nombre de variétés, pour autant que le résultat du test de la teneur moyenne en virus s'applique à un grand nombre de tubercules moyens mais d'une origine déterminée (Tableau 2). Les résultats de test obtenus à partir de tubercules isolés étaient comparés directement avec

l'état de santé réel des tubercules correspondants (Tableau 3), les différences trouvées entre tubercules sains et tubercules infectés de virus dans le gonflement de l'amidon étaient parfaitement confirmées statistiquement quand ces résultats étaient obtenus sur toutes les variétés. Pour quelques variétés cependant le degré de concordance varie grandement et de grosses différences apparaissent, qui peuvent poser certaines limites à l'emploi du test.

Literatur

- Koller, S., 1953. *Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen*. 3. Aufl., Darmstadt
- Natti, J. J., 1955. Differences in reaction of starch from healthy potato plants and from potato plants infected with leafroll virus. *Phytopathology* 45: 185-186.
- Schuster, G., 1956. Zum Kallosetest ('IGEL-LANGE-TEST') für den Virusnachweis an Kartoffeln. *NachrBl. dt. PflSchutzdienst., N.F. (Berlin)* 10: 243-250.
- Schuster, G., 1962. Methoden und Wege zur physiologisch-chemischen Virusdiagnostik bei Kartoffelknollen. *Wiss. Abh. 50, Akademie-Verlag Berlin*, 249 S.