

- in yield. Adv. in Agron. **4**, 101–145 (1952). — 165. WATSON, D. J., G. N. THORNE, and S. A. W. FRENCH: Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. Ann. Bot. (Lond.) **22**, 321–352 (1958). — 166. WATSON, D. J., and K. J. WIRTS: The net assimilation rates of wild and cultivated beets. Ann. Bot. Lond. **23**, 431–439 (1959). — 167. WHITEHOUSE, R. N. H., J. B. THOMPSON, and M. A. M. DO VALLE RIBEIRO: Studies on the breeding of self-pollinating cereals. 2. The use of diallel cross analysis in yield prediction. Euphytica **7**, 147–169 (1958). — 168. WHITTINGTON, W. J., and A. J. KHEIRALLA: Genetic analysis of growth in tomato. In: Report of the School of Agriculture, Univ. Nottingham S. 47–50 (1961). — 169. WIENHUES, F.: Züchterische Voraussetzungen der Ertragsstruktur. Vorträge für Pflanzenzüchter **3**, 62–103 (1958). — 170. WIENHUES, F.: Frühreife und Ertragsbildung bei Weizen in Abhängigkeit von der entwicklungsphysiologischen Veranlagung. DLG Pflanzenzuchtabt. Frankfurt/Main, Vortr. Pflanzenzüchter Nr. 6, 167–170 (1960). — 171. WILLIAMS, W.: Heterosis and the genetics of complex characters. Nature **184**, 527–530 (1959). — 172. WRICKE, G.: Über die Methoden zur Untersuchung der Wirkungsweise quantitativer Gene. Der Züchter **25**, 262–274 (1955). — 173. WRIGHT, S.: Systems of mating. Genetics **6**, 111–178 (1921). — 174. WRIGHT, S.: Genetic principles governing the rate of progress of livestock breeding. Proc. Amer. Soc. Animal Prod. **18** (1939). — 175. ZILLMANN, K.-H.: Über die witterungsbedingte Körnerertragsbildung beim Petkuser Winterroggen. Habil.-Schrift Humboldt-Univ. Berlin (1960). — 176. ZIMMERMANN, K. F.: Über die Möglichkeiten der Futterpflanzenzüchtung in der Zukunft. Sitz. Ber. Dt. Akad. Landwirtsch.-Wiss. Berlin **10**, 15–33 (1961).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Untersuchungen über Knollen- und Lagerfäulen der Kartoffel

I. Zur Methodik der Resistenzprüfung mit dem Erreger der bakteriellen Knollennaßfäule (*Pectobacterium carotovorum*) var. *atrosepticum* (van Hall) Dowson*

Von H. HENNIGER

Mit 9 Abbildungen

1. Einleitung

In der Höhe der Lagerverluste durch Lagerfäulen ist in den letzten Jahren bei Speise- und Pflanzkartoffeln eine steigende Tendenz nachweisbar. Ob hierfür allein die stärkeren als Eintrittspforte der Fäulniserreger dienenden Knollenbeschädigungen infolge der fortschreitenden Anwendung vollmechanisierter Ernteverfahren oder eine Häufung ungünstiger Witterungsbedingungen verantwortlich sind, ist schwierig abschätzbar. Zweifellos ist seitens der Kartoffelzüchtung dieses Problem nach dem zweiten Weltkrieg infolge dringender Erfordernisse (Schaffung virus- und nematodenresistenter Sorten) in der DDR zu wenig beachtet worden. Trotz aller Anstrengungen der Landmaschinenindustrie zur Minderung der Knollenbeschädigungen beim vollmechanisierten Erntevorgang wird es zukünftig unbedingt notwendig sein, die Resistenzeigenschaften gegenüber Lagerfäulen bei der Sortenzulassung als entscheidenden Faktor stärker als bisher zu bewerten.

Wegen des Fehlens geeigneter Infektionsmethoden wird eine systematische Züchtung gegenüber der bakteriellen Naßfäule als sehr schwierig angesehen (SCHICK und HOPFE, 1962). Der Erfolg der Schaffung resistenter Sorten oder des entsprechenden Ausgangsmaterials ist jedoch in hohem Maße von den zur Verfügung stehenden Methoden zur Ermittlung der Resistenzeigenschaften abhängig. Über die Resistenz sowie geeignete Prüfungsmethoden von Kartoffelknollen gegenüber den bakteriellen Naßfältern sind nur ältere und spärliche Literaturangaben vorhanden. In den umfangreichen Sortenuntersuchungen von STAPP (1935, 1937, 1950 und 1951) wird fast ausnahmslos nur über die Reaktion gegenüber der vom gleichen Erreger verursachten Schwarzbeinigkeit berichtet. Nach Angaben von STAPP sowie KOTILA

und COONS (1925) verhielten sich die Anfälligkeit von Kraut und Knollen verschiedener Sorten nicht gleich, sondern in der Reihenfolge widerstandsfähig zu anfällig bei den geprüften Sorten zum Teil völlig gegensätzlich.

2. Ziel und Umfang der Arbeit

Von einer Resistenzprüfungsmethode sollten nachstehende Forderungen weitgehend erfüllt sein:

- Durchführung möglichst als Laborprüfung, geringer Arbeitsaufwand, einfache und übersichtliche Ausführung;
- geringe Variabilität und Streuung der Meßergebnisse oder Bonitierungswerte, hohe Reproduzierbarkeit, möglichst Auswertung mittels quantitativer Messungen und Vermeidung einer Schätzskala;
- bei Labortesten Übereinstimmung mit den unter praktischen Bedingungen ermittelten Resistenzeigenschaften.

In der vorliegenden Mitteilung sollte untersucht werden, welche Möglichkeiten zur Entwicklung von Prüf- und Selektionsmethoden für die praktische Züchtung sowie die Sorten- und Stammesprüfung bestehen.

Auf die Beurteilung der einzelnen Verfahren nach den obengenannten Gesichtspunkten wurde dabei besonderer Wert gelegt. Es wird nur über Methoden berichtet, die auf der Grundlage künstlicher Infektionen mit dem Krankheitserreger beruhen. Die Untersuchungsergebnisse mit mittelbaren Verfahren (Beziehungen zur Geschwindigkeit der Wundkorbildung, Zersetzung der Mittellamellen durch Pektinasepräparate u. a.) bleiben einer späteren Mitteilung vorbehalten.

Die technische Durchführung der Versuche lag in den Händen von Fräulein DAHLENBURG. Für die gewissenhafte Ausführung sei ihr an dieser Stelle recht herzlich gedankt.

* Herrn Prof. Dr. R. SCHICK zum 60. Geburtstag gewidmet.

3. Isolierung und Kultur der Bakterienstämme

P. carotovorum wurde nur aus schwarzbeinigen Kartoffelstengeln isoliert, die Versuche, zu virulenten Stämmen aus naßfaulen Knollen zu gelangen, führten nur in wenigen Fällen zum Erfolg. Im natürlich infizierten Gewebe waren häufig saprophytische Begleitbakterien in solchen Mengen vorhanden, daß der eigentliche Naßfäuleerreger auf den Platten kaum identifiziert werden konnte. Eine Anreicherung der spezifischen Naßfäulebakterien durch Beimpfen von Knollen (NOVÁKOVA, 1957) behob diesen Mangel nur teilweise. Bessere Erfolge wurden durch eine Anreicherung im Stengelgewebe nach folgendem Verfahren erzielt: Aus dem Übergangsbereich vom erkrankten und verfärbten zum gesunden Gewebe schwarzbeiniger Stengel wurden nach äußerlicher Desinfektion mit 70%igem Äthanol dünne Gewebeschneidte entnommen und in 1 ml Aqua dest. zerrieben. In diese auf 5–10 ml verdünnte Suspension in Kulturröhrchen eingestellte Kartoffeltriebe (20–25 cm lang; mit den oberen Blättern) der Sorte 'Ora' zeigten beim Vorhandensein virulenter Bakterien nach 2–4 Tagen eine starke fortschreitende Erweichung des Gewebes. Dieses Verfahren eignete sich ebenfalls sehr gut zur sicheren Diagnose beim fraglichen Befall durch *P. carotovorum*. Aus dem Übergangsbereich zum erweichten Gewebe entnommene Schnitte wurden wie oben beschrieben behandelt und Einzellkulturen mit dem Plattengußverfahren, wie allgemein üblich, hergestellt. Als Nährboden diente Kartoffeldextrose-Agar (KDA) mit 1,5% Dextrose, 1,5% Agar und einem cH = pH 6,8. Von den Platten wurden nach der Koloniebeschaffenheit (STAPP, 1929) ausgewählte Stammkulturen angelegt und die Pathogenität der Stämme durch Infektion ganzer Kartoffelknollen ermittelt. Von ca. zweihundert im Jahre 1962 isolierten Stämmen zeigten nach 3–4 monatiger Kultur nur noch wenige eine geringe Pathogenität, über Pathogenitätsverluste berichtete auch STAPP (1929). Im Sommer 1963 trat die Schwarzbeinigkeit in Groß-Lüsewitz infolge der trockenen Witterung im Frühsommer im Gegensatz zum vorhergehenden Jahr nur sehr spärlich auf. Unter den isolierten Stämmen war aber ein sehr hoher Anteil stark virulenter Stämme, die auch nach 6monatiger Kultur auf KDA keinen Pathogenitätsverlust aufwiesen.

Trotzdem wurde eine Anzahl dieser Stämme zur sicheren Erhaltung der Virulenz lyophil getrocknet. Die Überlebensrate konnte durch Verwendung einer

Gefrierschutzlösung, bestehend aus Glycerin 5%, Gelatine 3% und Saccharose 5%, erheblich verbessert werden. Ein langsames Einfrieren in einer Tiefkühltruhe bei –16 bis –20 °C erwies sich in dieser Hinsicht günstiger als schnelles Einfrieren bei –80 °C in einer CO₂-Azeton-Kältemischung.

Die Anzucht des Infektionsmaterials erfolgte auf KDA in 100 ml Erlenmeyerkolben bei 25 °C im Brutschrank. Um eine hohe Pathogenität zu garantieren, sollten diese Kulturen nicht älter als 4–6 Tage sein.

4. Identifizierung und Charakterisierung der verwendeten Bakterienstämme

In die eigentlichen Untersuchungen wurden 5 Stämme verschiedener Herkunft einbezogen. Ihre serologischen und pathogenen Eigenschaften sind in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengefaßt. Das benutzte Antiserum wurde unter Verwendung des Stammes KaB/179-II nach Angaben von STAPP (1929) und NOVÁKOVA (1957) durch Einspritzten einer bei 60 °C (2 Std.) abgetöteten Bakteriensuspension in die Ohrvene eines Kaninchens in Abständen von 4 Tagen hergestellt. Begonnen wurde mit 0,5 ml und bis zur 7. Wiederholung auf 3,5 ml gesteigert.

Die beschriebenen Stämme zeigten nach der Infektion von Kartoffeltrieben am Stengelgrund sämtlich eine hohe Pathogenität. Ebenfalls bestanden bezüglich der Koloniebeschaffenheit sowie licht- und elektronenoptischem Ausschen keine auffallenden Unterschiede.

5. Beimpfung ganzer Knollen

Die Infektion ganzer Knollen mit einer Injektionsspritze und die Bewertung der Fäulnisausbreitung bot sich als einfachste Methode an und wurde zuerst überprüft. Die verwendeten Sorten entstammten der Ernte 1963 der Haupt- und Kontrollprüfung, die vor Versuchsbeginn unter normalen Bedingungen in einem Lagerhaus eingelagert waren.

Zur Vermeidung sekundärer Folgeinfektionen wurden die Knollen gründlich gewaschen, 15 min desinfiziert (1,7 g HgCl₂ + 10 ml HCl + 1 l H₂O) und in 70%igem Äthanol abgespült. Die Infektion erfolgte mit einer Bakteriensuspension eines Gemisches aller fünf Stämme (Dichte 5 · 10⁵ Bakterien/mm³) und Verwendung einer Injektionsspritze. Ein vorheriges Anstechen mit einer abgestumpften Präparieradel erleichterte die Infektion. Von 26 Sorten und Stämmen

Tabelle 1. Herkunft, serologisches Verhalten und Pathogenität der verwendeten Stämme von *P. carotovorum* var. *atrosepticum*.

Stammbezeichnung	Herkunftssorte	Agglutinationstest *									Pathogenitätstest **	
		Verdünnungsstufe 1:								NS 1:10	Rot- kehlchen	Drossel
		50	100	200	400	800	1000	2000	5000			
KaB/107-II	Rotkehlchen	+++	+++	++	++	+	—	—	—	—	12,3	10,7
KaB/124-I	Sagitta II	++++	++++	++++	++++	+++	+++	—	—	—	9,3	10,3
KaB/151-IV	Sagitta II	+++	+++	+++	++	—	+	—	—	—	12,9	26,3
KaB/173-III	Ora	++++	++++	++++	++++	+++	+++	++	+	+	16,7	21,0
KaB/213-VII	Ora	++++	++++	++++	+++	+	—	—	—	—	15,7	19,7

* ++++ sehr starke Agglutination
+++ starke Agglutination
++ schwach-starke Agglutination
+ schwache Agglutination
— keine Reaktion

NS Normalserum

** Fäulnisausbreitung nach der Gewebezyldermethode in mm, Methodik s. Abschnitt 6

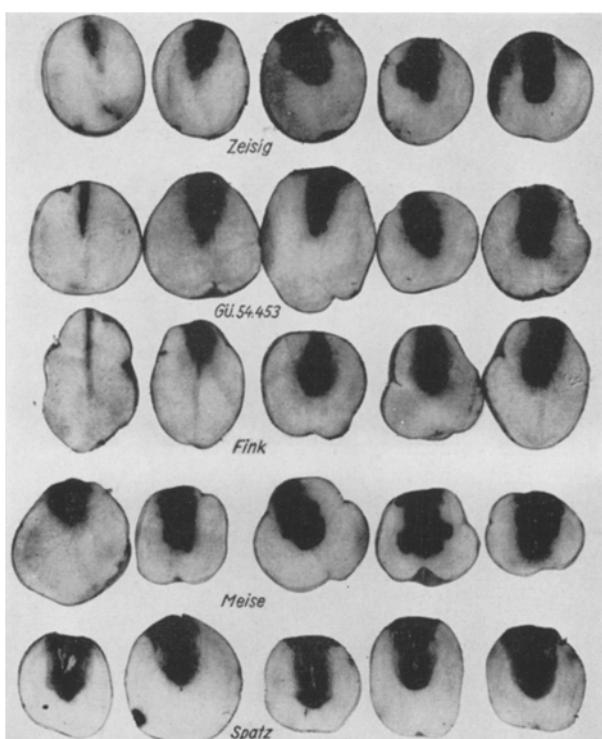


Abb. 1. Das Symptombild von Kartoffelknollen verschiedener Sorten, die mit *P. carotovorum* var. *atrosepticum* unter Anwendung der Einstichmethode infiziert und bei 15 °C 12 Tage inkubiert wurden.

men wurden 20 Knollen beimpft und je 10 in großen Glasschalen bei 15 und 20 °C in Temperaturkammern inkubiert. Die Auswertung erfolgte nach 12 Tagen, wobei die Knollen sorgfältig in Richtung des Infektionskanals aufgeschnitten und visuell nach einer Bewertungsskala (0 = kein Befall, 1—4 schwacher bis starker Befall) bewertet wurden. Gleichfalls wurde die Fläche des verfaulten Anteils mit einem photomechanischen Verfahren von den bei 15 °C gelagerten Knollen ermittelt.

In Abb. 1 ist ein Ausschnitt des Versuches photographisch dargestellt, in Tab. 2 sind die geschätzten Befallswerte und die gefaulte Querschnittsfläche wiedergegeben. Zwischen beiden Temperaturstufen bestanden nur relativ geringe Unterschiede, die ebenfalls zwischen den Sorten und Stämmen unerwartet gering waren. Auffällig erscheint dabei, daß gerade Sorten (z. B. 'Kastor'), denen in der Praxis eine gewisse Naßfäuleanfälligkeit nachgesagt wird, bei dieser Prüfungsmethode sich als die mit am wenigsten anfälligen herausstellten.

6. Infektionsversuche mit Gewebezylindern

Die Befallsermittlung ist bei der Infektion ganzer Knollen, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, ungenau und problematisch. Es sollte daher untersucht werden, ob bei der Verwendung von Gewebezylindern und der Möglichkeit einer quantitativen Bestimmung der Ausbreitung der Fäulnis bessere Ergebnisse erzielt werden können. Bereits STAPP und SPICHER (1955) wendeten ein ähnliches Verfahren an und stellten Stengelabschnitte in eine Bakteriensuspension und ermittelten die Resistenz-eigenschaften von Solanaceen-Arten durch Messen der fortschreitenden Gewebeerweichung.

Die Gewebezylinder von 8 mm Durchmesser wurden aus gründlich gewaschenen Knollen von mehr

Tabelle 2. Die Fäulnisanfälligkeit ganzer Kartoffelknollen von 26 Sorten nach der Einstich-Infektionsmethode und der Vergleich quantitativer und visueller Befallsauswertung. (Mittelwerte aus 10 Knollen).

Sorte	Befallsfläche in cm ²	visuelle Auswertung*	
		15 °C	20 °C
mfr. Pirat Fink Kastor Gü. 54.453 Stieglitz Rotkehlchen Meise Li. 35/55	3,86	2,0	3,2
	4,54	2,4	3,0
	5,93	2,0	0,4
	5,82	2,6	3,2
	6,37	2,8	2,6
	6,44	3,0	2,8
	7,72	2,8	2,6
	9,51	3,4	3,6
msp. Apollo Gü. 54.549 Günosa Li. 2076/56 Lü. 56.958/47 Lü. 56.89/20 Schwalbe Spatz Ka. 56.125/188 Ora	5,63	2,8	2,2
	5,78	2,8	3,0
	5,89	2,4	2,4
	6,14	2,8	3,0
	7,80	3,0	3,2
	7,92	2,8	3,0
	9,76	3,2	3,4
	9,84	3,6	3,6
	10,78	3,0	3,2
	11,39	3,8	3,8
sp. Sperber Spekula Zeisig Ka. 56.94/346 Sagitta Gerlinde Li. 1192/55 Ka. 56.119/119	3,12	2,2	2,6
	5,19	2,3	2,4
	5,46	2,6	3,0
	7,14	2,8	3,0
	7,23	2,4	3,6
	8,43	3,0	2,6
	8,93	3,2	3,0
	9,73	3,4	4,0

* Bewertungsskala der visuellen Auswertung:

- o keine Fäulnis
- 1 Fäulnis bis 3 mm vom Einstich fortgeschritten
- 2 Fäulnis bis 10 mm vom Einstich fortgeschritten
- 3 Fäulnis bis 20 mm vom Einstich fortgeschritten
- 4 Fäulnis über 20 mm vom Einstich fortgeschritten

als 55 mm Quadratmaß (Übergrößen) mit einem Korkbohrer ausgestanzt und auf genau 50 mm Länge abgeschnitten. Vor Versuchsbeginn lagerten diese Knollen 2—3 Wochen in einem Kühlraum bei 4° bis 6 °C. Die Zubereitung der Bakteriensuspension erfolgte ebenso wie unter 5 beschrieben.

Zuerst wurde der Einfluß, den die Art der Infektion auf die Ausbreitung der Fäulnis und die Differenzen zwischen den Sorten verursacht, an drei verschiedenen Sorten untersucht. Folgende Arten der Infektion kamen zur Anwendung:

- I. Einstellen der Zylinder mit dem unteren Ende in 0,5 ml Bakteriensuspension in Kulturröhrchen 16 mm Durchmesser und Verschluß durch Kapsenberg-Kappen, die Eintauchtiefe betrug 4—5 mm.
- II. Aufbringen eines Suspensionstropfens mit der Impföse auf die untere Schnittfläche ebenfalls in Kulturröhrchen.
- III. Wie II, jedoch auf die obere Schnittfläche.
- IV. Auflegen einer mit der Suspension getränkten Filterpapierscheibe von 6 mm Durchmesser auf die obere Schnittfläche.
- V. Anstechen mit der Impfnadel 2—5 mm tief an der unteren Schnittfläche.
- VI. Wie II, aber den Gewebezylinder in waagerechter Lage in Glasschalen aufbewahrt.

Die Inkubationstemperatur betrug 15 °C und die Auswertung erfolgte nach 5 Tagen durch Messen der Länge des nichtangegriffenen Gewebeteiles.

Aus den in Abb. 2 dargestellten Ergebnissen geht hervor, daß mit Ausnahme des Infektionsmodus I die Fäulnisausbreitung nur relativ langsam vorstatten geht. Die Differenzen zwischen den drei Sorten sind bei I auch am höchsten. Während bei I nur eine geringe Verfärbung des völlig erweichten Gewebes auftrat, war bei allen anderen Serien das Vordringen der Fäulnis durch eine stark dunkel verfärbte Zone begrenzt.

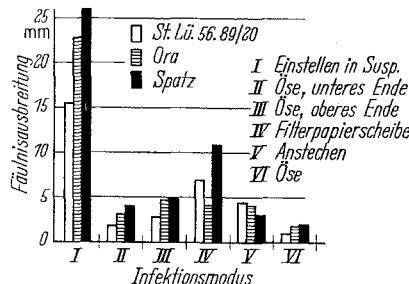


Abb. 2. Der Einfluß verschiedener Infektionsverfahren auf die Geschwindigkeit der Fäulnisausbreitung bei Gewebezylindern. Die einzelnen Verfahren sind im Text beschrieben.

Da auf Grund dieser Ergebnisse das Verfahren I am günstigsten zur Feststellung der Fäulnisneigung geeignet erschien, wurden 26 Sorten und Stämme verschiedener Reifegruppen mit dieser Methode getestet. Beim Ansetzen des Versuches wurde darauf geachtet, daß beim Einfüllen der Bakteriensuspension die Wände der Kulturröhrchen nicht benetzt wurden und das Einstellen der Gewebezylinder sehr sorgfältig erfolgte. Von jeder Knolle wurden 3 Gewebezylinder entnommen und je 20 Gewebezylinder bei 10°, 15° und 20 °C in Temperaturkammern aufgestellt. Die Auswertung erfolgte differenziert in Abständen von 7, 5 und 3 Tagen nach der Infektion, da die Ausbreitung der Erweichung mit steigender Temperatur sehr beschleunigt wird.

Die Ergebnisse dieses Versuches sind graphisch in der Abb. 3 zusammengefaßt. Unter den geprüften Sorten befanden sich keine mit einer höheren Resistenz, sondern es waren nur graduelle Unterschiede in der Anfälligkeit vorhanden. Die Streuung war relativ gering, zeigte aber bei den einzelnen Sorten

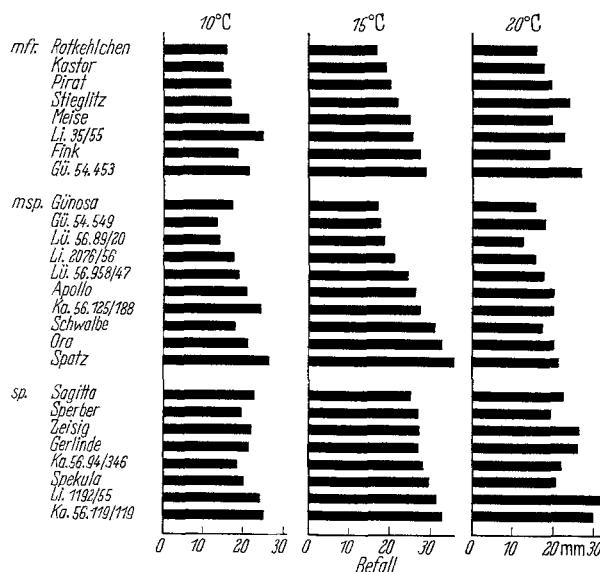


Abb. 3. Das Verhalten von 26 Sorten und Stämmen verschiedener Reifegruppen bei der Prüfung mit der Gewebezylinder-Methode. Die Auswertung erfolgte nach 7 (10 °C), 5 (15 °C) und 3 Tagen (20 °C).

Unterschiede. Sie reichte von $s = 1,06\%$ bei dem Stamm Li. 1192/55 bis zu 12,6% bei der Sorte 'Zeisig', lag aber bei den meisten Sorten zwischen 4–6%. Bei 15 °C waren die Differenzen zwischen den Sorten am größten. Die Reihenfolge in der Anfälligkeit ist bei den einzelnen Temperaturstufen nicht völlig gleich, aber die Tendenz der gleichen Reaktion ist deutlich vorhanden.

Die Frage der Abhängigkeit der Fäulnisausbreitung von der Eintauchtiefe der Gewebezylinder in die Bakteriensuspension wurde mit zwei Sorten untersucht, die Dichte der Suspension betrug ca. $5 \cdot 10^5$ Bakterien/mm³.

Die Geschwindigkeit der Fäulnisausbreitung ist, wie aus der graphischen Darstellung der Abb. 4 hervorgeht, von der Eintauchtiefe abhängig. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, muß diese in allen Röhrchen einer Versuchsserie gut übereinstimmen. Die Auswertung dieses Versuches wurde bereits nach 4 Tagen vorgenommen, daraus ergibt sich die im Vergleich zu den vorhergehenden Versuchen verhältnismäßig geringe Fäulnisausbreitung.

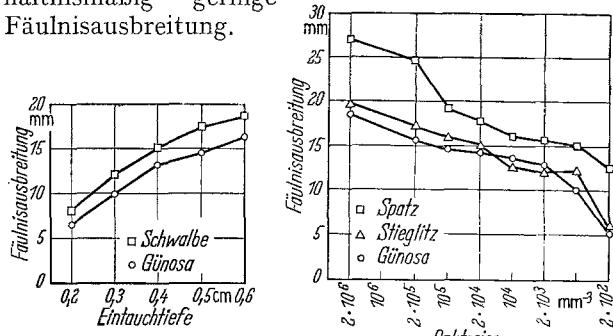


Abb. 4. Die Fäulnisausbreitung bei Gewebezylindern in Abhängigkeit von der Eintauchtiefe in die Impfsuspension.

Abb. 5. Der Einfluß der Bakteriendichte in der Impfsuspension auf die Geschwindigkeit der Fäulnisausbreitung bei 3 Kartoffelsorten.

Gleichfalls sollte auf eine Übereinstimmung der Infektionsdichte (Anzahl der Bakterien/mm³) geachtet werden. In Abb. 5 wird nachgewiesen, daß die Geschwindigkeit der Fäulnisausbreitung auch durch diesen Faktor wesentlich beeinflußt werden kann. Die Bestimmung der Bakteriendichte erfolgte in einer Blutzählkammer, die Auszählung der lebenden Bakterien war bei stark abgeblendetem Kondensor und 600facher Vergrößerung ohne Schwierigkeiten möglich.

Der Einfluß der Lagerungsdauer der Knollen unter normalen Lagerungsbedingungen zwischen 4 bis 6 °C wurde ebenfalls untersucht. Die Reihenfolge der Anfälligkeit der untersuchten Sorten war von Ende September bis Ende März nur geringfügig verändert. Die extrem reagierenden Sorten zeigten dabei stets ihr typisches Verhalten, lediglich die Höhe der Differenz zwischen stark und schwach anfälligen war gegen Ende März verringert.

Das beschriebene Verfahren ermöglicht bei Beachtung der vorgenannten Bedingungen eine Bestimmung der Ausbreitungsresistenz des Kartoffelgewebes gegenüber *P. carotovorum* mit guter Reproduzierbarkeit und läßt sich sicher als Labormethode zur Selektion resistenten Ausgangsmaterials anwenden. Der Arbeitsaufwand, das Abfüllen der Impfsuspension in die Röhrchen und das Reinigen derselben, erschien aber noch zu hoch, und es wurde versucht, das Verfahren weiter zu vereinfachen. Als günstig geeignet

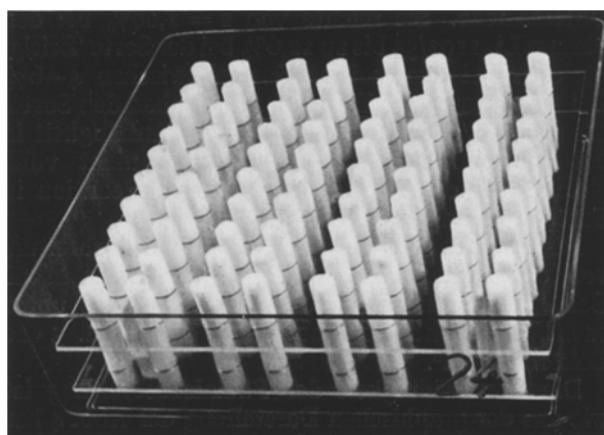


Abb. 6. Versuchsanordnung bei Anwendung der Gewebezylinder-Methode in Plasteeinsätzen und Plastschalen zur Vereinfachung und Verbesserung des Verfahrens.

erschien die Verwendung von Einsätzen aus Piacryl (Plexiglas) von 2 mm Dicke, die mit 80 Bohrungen von 10 mm Durchmesser zur Aufnahme der Gewebezylinder (jeweils 4 Sorten mit 20 Wiederholungen) versehen waren und in passende Plastkästen mit ebenem Boden (Größe 20 × 20 cm² und 6 cm hoch) gestellt werden. Die näheren Einzelheiten sind aus der Abb. 6 ersichtlich. Die Eintauchtiefe betrug zweckmäßigerverweise 3–3,5 mm, wobei auf eine waagerechte Aufstellung der Plastbehälter zur Sicherung

der gleichmäßigen Eintauchtiefe geachtet werden muß. Aus Tab. 3 geht hervor, daß dieses Verfahren ähnliche Ergebnisse wie das Einstellen in Röhrchen ergibt. Die Streuung in den einzelnen Versuchsgliedern (Sorten) war sehr gering. Der Versuch wurde im März durchgeführt, womit die geringeren Differenzen zwischen den Sorten erklärt werden können.

Tabelle 3. Das Fortschreiten der Gewebeerweichung von Gewebezylindern nach dem Einstellen in die Impfsuspension in Plasteeinsätze (nach 4 Tagen) und Röhrchen (nach 5 Tagen).

Sorte	Plasteeinsätze			Röhrchen	
	Ausbreitung in mm \bar{x}	s	s%	Ausbreitung in mm \bar{x}	s%
Lü.56.89/20	8,6	0,54	6,28	18,3	13,22
Rotkehlchen	9,7	0,52	5,36	16,4	4,82
Pirat	12,0	0,65	5,42	19,7	4,31
Stieglitz	12,1	0,64	5,29	21,6	6,11
Günosa	12,5	0,64	4,49	16,8	5,54
Meise	14,6	0,65	4,45	24,6	11,9
Apollo	16,3	0,65	3,99	26,0	12,5
Sagitta	22,1	0,71	3,21	26,7	5,87

7. Einfluß der Verkorkungsgeschwindigkeit

Eine Knolleninfektion durch *P. carotovorum* ist nur durch die verletzte Schale möglich, durch die unverletzte Schale können die Bakterien nicht eindringen. Das Gewebe der Kartoffelknollen ist in der Lage,

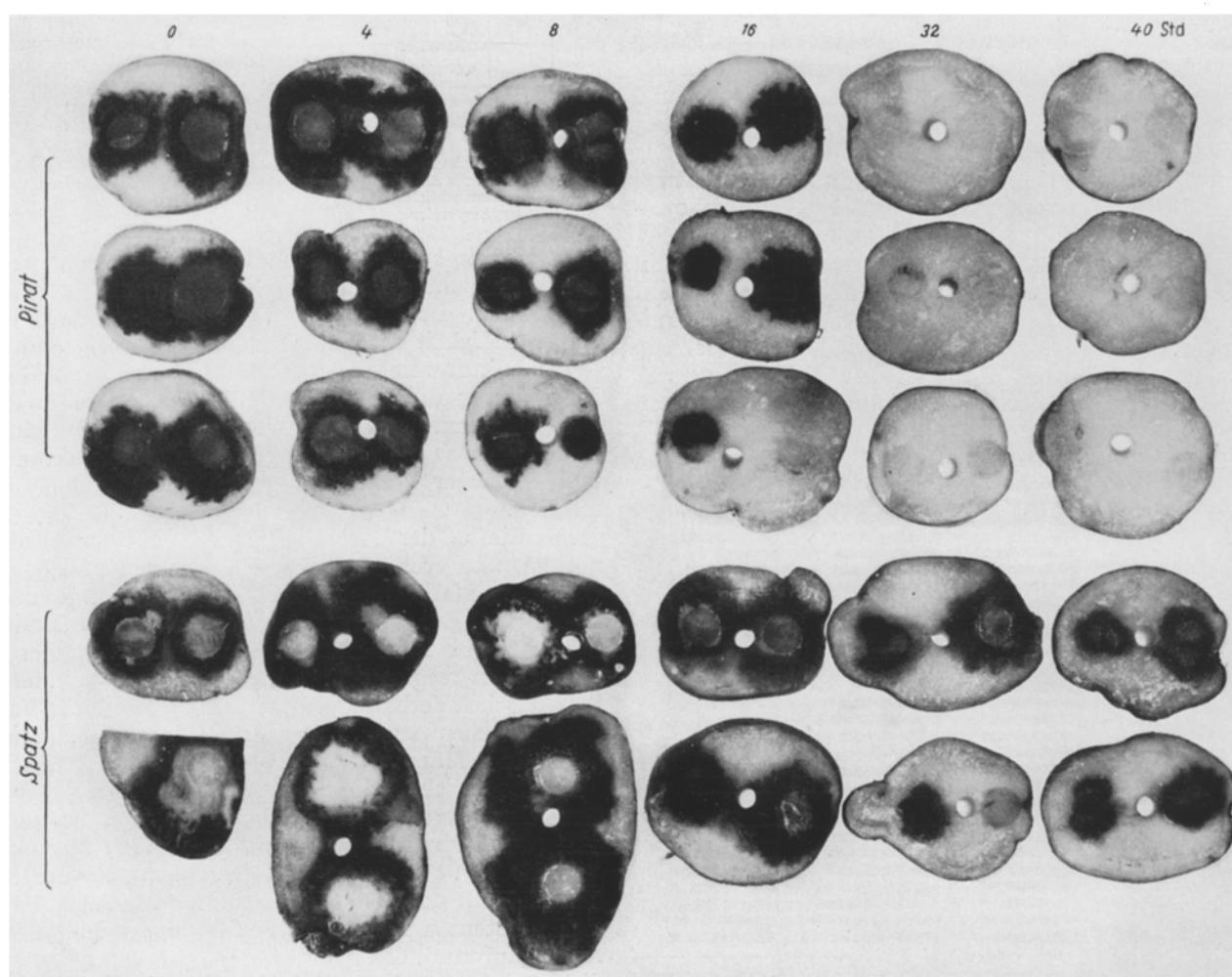


Abb. 7. Beispiel der unterschiedlichen Anfälligkeit von zwei Kartoffelsorten gegenüber *P. carotovorum* var. *atrosepticum*, die in steigenden Zeitabständen nach dem Schnieden infiziert wurden, nach 8tägiger Inkubation bei 18°C. Zwischen der histologisch erkennbaren „Verkorkungsreaktion“ und der Anfälligkeit bestanden keine Beziehungen.

durch die Ausbildung von Korkgewebe nach Verletzungen einen Wundverschluß herbeizuführen. Die Ausbildung des Korkgewebes ist von einer Reihe Bedingungen, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Chemikalien, O₂-Versorgung usw. abhängig (s. BUHR, 1961), und über die Rolle der Wundverkorkung in Beziehung zum Befall mit Bakterienfäulen liegen eine Reihe von Angaben vor (KOBA, 1958; SMITH, 1955; RUDD, JONES und DOWSON, 1950). Demnach sollte die Fähigkeit zur schnellen Wundverkorkung als Kriterium bei der Sortenbeurteilung mit herangezogen werden. Nach Ergebnissen einiger Voruntersuchungen steht aber der histologische Befund nicht in eindeutigen Beziehungen zu gleichzeitig durchgeführten Infektionsversuchen, über die nachfolgend berichtet wird.

Nach äußerlicher Desinfektion wurden die Knollen quer aufgeschnitten, in feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre bei 18 °C in großen Glasschalen aufbewahrt und 0, 4, 8, 16, 32 und 40 Stunden nach dem Schneiden beimpft. Als einziges Infektionsverfahren eignete sich das Auflegen mit Bakteriensuspension getränkter Filterpapierscheibchen von 8 mm Durchmesser. Unmittelbar vor dem Beimpfen wurden mit einem Korkbohrer Gewebezylinder zur histologischen Untersuchung der Verkorkung entnommen und in Carnoy'scher Flüssigkeit fixiert. Während die Sortenunterschiede der histologischen Untersuchung nur relativ gering waren, zeigten sich hinsichtlich des Infektionserfolges beachtliche Differenzen. In Abb. 7 sind die Symptome zweier Sorten als Beispiel wiedergegeben. Die Auswertung des Versuches wurde nach 8-tägiger Inkubation ebenfalls bei 18 °C vorgenommen.

8. Diskussion der Ergebnisse

Das Ziel der vorliegenden Untersuchungen bestand darin, teilweise bekannte Methoden auf ihre Eignung zur Feststellung der Knollenfäuleanfälligkeit von Kartoffelsorten und Stämmen vergleichend zu überprüfen. Die Infektion ganzer Knollen ist zwar technisch einfach durchführbar, ist aber wegen der schwierigen Beurteilung und der relativ geringen Sortenunterschiede nur bedingt geeignet. Aus der vergleichenden Darstellung (Abb. 8) mit der technisch

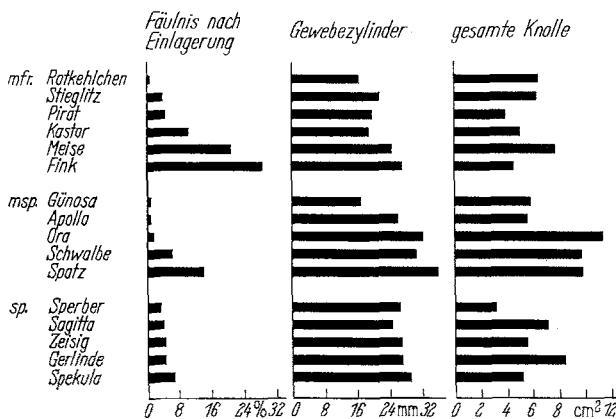


Abb. 9. Vergleichende Darstellung der Fäulnisanfälligkeit unter praktischen Bedingungen und zwei Laborprüfverfahren bei 16 Sorten.

ebenso einfachen, aber gut auswertbaren und reproduzierbaren Gewebezylinder-Methode ist zu entnehmen, daß eine gewisse Übereinstimmung der Ergebnisse beider Verfahren besteht und völlig gegensätzliches Verhalten bei keiner der Sorten vorlag. Der Vergleich zur Fäulnisanfälligkeit unter praktischen Bedingungen¹ bei einigen Sorten mit beiden genannten Methoden ist aus der graphischen Darstellung der Abb. 9 ersichtlich. Demnach besteht eine, anfangs nicht erwartete Übereinstimmung zwischen der Fäulnisanfälligkeit und der Gewebeerweichung mit der Gewebezylinder-Methode, obgleich die Fäulnisursachen unter praktischen Bedingungen komplexer Natur sind und die Beteiligung von *P. carotovorum* umstritten ist. Da bei der Gewebezylinder-Methode eine sichtbare Abwehrreaktion nicht beobachtet werden konnte, beruhen die ermittelten Sortendifferenzen wahrscheinlich auf einer unterschiedlichen Angrifffbarkeit der Pektine durch die Pektinasen des Erregers, und diese Wirkung könnte auch bei den natürlichen Komplexfäulen gleich sein. Vorversuche zur Einwirkung von Pektinasepräparaten verstärkten auch diese Vermutung.

Die Differenzen zwischen den untersuchten Sorten erscheinen nur geringfügig. Da in der Kartoffelzüchtung bisher keine gezielte Selektion in dieser Richtung erfolgte, ist dies nicht verwunderlich, und es bedarf noch weiterer Untersuchungen zur Feststellung, ob im Kulturkartoffelsortiment überhaupt Material mit einer höheren Resistenz vorhanden ist oder nur mehr oder weniger große graduelle Unterschiede in der Anfälligkeit bestehen.

Von den geprüften Verfahren scheint die Gewebezylinder-Methode für zukünftige Untersuchungen in dieser Richtung am meisten erfolgversprechend zu sein. Dabei kann das Ausstanzen durch eine geeignete mechanische Vorrichtung vereinfacht werden. Die zeitliche Dauer der Prüfung benötigt nur 5 bis 6 Tage und außerdem können die Knollen nach dem Ausstanzen der Proben für andere Zwecke und Prüfungen weiter verwendet werden.

Zweifellos ist das Fäulnisverhalten der Sorten unter praktischen Bedingungen von der Fähigkeit zur Wundkorbildung ebenso abhängig und wird nicht nur von einer „Ausbreitungsresistenz“ bestimmt. Für die Ermittlung der Schnelligkeit des

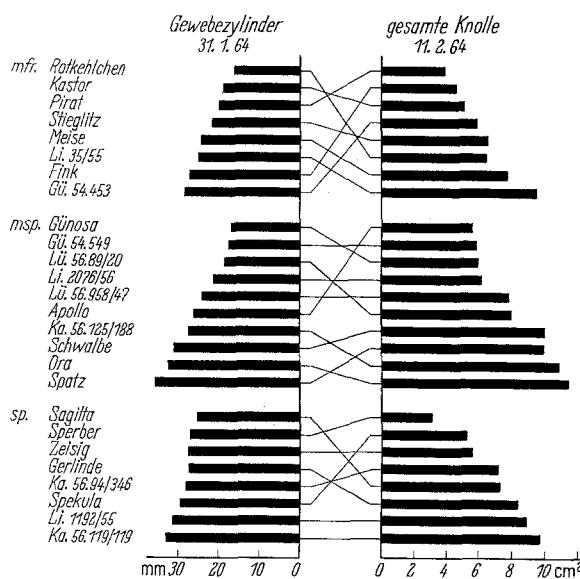


Abb. 8. Vergleich der Ergebnisse der Infektion ganzer Knollen mit der Einstichmethode und der Gewebezylinder-Methode.

¹ Für die Überlassung von Befallswerten bei Fäulnis- und Lagerungsversuchen unter praktischen Bedingungen möchte ich Herrn Dr. GALL herzlich danken.

Wundverschlusses wird ebenfalls eine Methode angegeben, deren Durchführung zwar etwas mehr Aufwand erfordert, aber sichere Ergebnisse ermöglicht.

9. Zusammenfassung der Ergebnisse

a) Es wird über Versuche zur Feststellung des Verhaltens von Kartoffelknollen gegenüber bakteriellen Naßfäulen (*Pectobacterium carotovorum* var. *atrosepticum*) mit Hilfe von Labor-Infektionsmethoden berichtet.

b) Die Infektion ganzer Knollen durch Einstechen und Injizieren einer Bakteriensuspension ermöglicht nur eine visuelle Bewertung des Befalles. Zwischen 26 untersuchten Sorten und Stämmen bestanden nur relativ geringe Anfälligkeitsschiede.

c) Mit einem als „Gewebezylindermethode“ bezeichneten Verfahren ist es möglich, die unterschiedliche Fäulnisanfälligkeit mit guter Reproduzierbarkeit festzustellen. Zwischen dieser Gewebeerweichung und dem Verhalten einiger untersuchter Sorten unter praktischen Lagerungsbedingungen bestand eine Übereinstimmung.

d) Durch Auflegen von Filterpapierscheibchen, die mit Impfsuspension getränkt waren, auf geschnittene Knollenhälfte in steigenden Zeitabständen konnte die Eignung der Sorten zur Wundkorkbildung sicher festgestellt werden.

Literatur

1. BUHR, H.: Biologie und Ökologie mit Berücksichtigung physiologischer Fragen. In: R. SCHICK und M. KLINKOWSKI, Die Kartoffel 1, 47–189. Berlin: VEB Dt. Landw.-Verl. 1961. — 2. KOBA, S.: Wound healings in cultivated plants. I. Wound penetration by the patho-

genic bacteria of potato tuber. Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu 16, 397–401 (1958). — 3. KOTILA, J. E., and G. H. COONS: Investigations on the blackleg disease of the potato. Michigan Agric. Exper. Sta. Techn. Bull. 67, 1–29 (1925). — 4. NOVÁKOVA, J.: A new method of isolation of black-leg-pathogens from diseased plants. Phytopathol. Z. 29, 72–74 (1957). — 5. RUDD, ..., D. JONES, and W. J. DOWSON: On the bacteria responsible for soft rot in stored potatoes, and the reaction of the tuber to invasion by *Bacterium carotovorum* (Jones) Lehmann et Neumann. Ann. Appl. Biol. 37, 563–569 (1950). — 6. SCHICK, R., und A. HOPPE: Die Züchtung der Kartoffel. In: R. SCHICK und M. KLINKOWSKI, Die Kartoffel 2, 1461–1583. Berlin: VEB Dt. Landw.-Verl. 1962. — 7. SMITH, W. L., and H. F. SMART: Relation of soft rot development to protective barriers in Irish potato slices. Phytopathology 45, 649–654 (1955). — 8. STAPP, C.: Die Schwarzbeinigkeit und Knollennaßfäule der Kartoffel. Arb. Biol. Reichsanst. Land- u. Forstw. 16, 643 bis 703 (1929). — 9. STAPP, C.: Beitrag zur Frage der Widerstandsfähigkeit verschiedener Kartoffelsorten gegen Schwarzbeinigkeit und Knollennaßfäule, verursacht durch *Bacillus phytophthora* Appel. Angew. Bot. 17, 97–117 (1935). — 10. STAPP, C.: Weitere Beiträge zur Frage der Widerstandsfähigkeit verschiedener Kartoffelsorten gegen Schwarzbeinigkeit und Knollennaßfäule, verursacht durch *Bacterium phytophthora* Appel. Angew. Bot. 19, 141 bis 512 (1937). — 11. STAPP, C.: Weitere Untersuchungen über die Resistenz der deutschen Kartoffelsorten gegen *Bacterium phytophthora* Appel. Phytopathol. Z. 16, 202–214 (1950). — 12. STAPP, C.: Fortgeföhrte Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit deutscher Kartoffelsorten gegen den bakteriellen Erreger der Schwarzbeinigkeit und Knollennaßfäule. Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd. (Braunschwe.) 3, 185–187 (1951). — 13. STAPP, C., und G. SPICHER: Zur Frage der Resistenzverschiedenheit pflanzlicher Wirte gegenüber pathogenen Bakterien und ihre Ursachen. I. Mitt. Untersuchungen mit *Erwinia phytophthora*, dem Erreger der Schwarzbeinigkeit und Knollennaßfäule der Kartoffel. Zbl. Bakteriol. Abt. II, 108, 465–481 (1955).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Einige Bemerkungen zu der Nematodenresistenz der Arten *S. multidissectum* Hawk., *S. kurtzianum* Bitt. et Wittm. und *S. juzepczukii* Buk.*

Von H. STELTER und D. ROTHACKER

Das Auftreten aggressiver Biotypen des Kartoffelnematoden, *Heterodera rostochiensis*, die in der Lage sind, die Resistenzbarriere der bisher in der Züchtung verwendeten ssp. *andigenum*-Muster zu durchbrechen, macht die Suche nach neuem Ausgangsmaterial für die Züchtung erforderlich. Diese Arbeiten wurden in mehreren Ländern begonnen und führten bereits zu ersten Erkenntnissen über das Verhalten verschiedener Spezies. Resistenz gegen aggressive Nematodenherküfte konnten bisher in folgenden Arten festgestellt werden:

- S. famatinae* ROSS (1962)
- S. kurtzianum* HUIJSMAN (1959, 1960)
- S. multidissectum* DUNNETT (1960, 1961)
- COLE u. HOWARD (1962)
- S. neohawkesii* DUNNETT (1959)

- S. vernei* DUNNETT (1957, 1960)
ROTHACKER (1961)
- S. megistacrolobum* DUNNETT (1959)
- S. raphanifolium* DUNNETT (1959)
- S. sanctae-rosae* (*S. catamarcae*)
DUNNETT (1960)
- S. juzepczukii* HOWARD (1962)

Die Angaben aus Großbritannien (DUNNETT und HOWARD) und Holland (HUIJSMAN) veranlaßten uns, die Reaktion der genannten Arten bzw. Bastarde mit uns zur Verfügung stehenden unterschiedlich reagierenden Nematodenpopulationen zu vergleichen. Es sollten dabei geeignete Genotypen mit Resistenz gegen aggressive Herküfte des Nematoden ausgewählt werden, um den Grundstock für eine Nematoden-Biotypen-Resistenzzüchtung zu bilden.

Untersuchtes Material

Zur Untersuchung verwendeten wir Spezies-Her Küfte des G-LKS¹ und Bastarde von HOWARD und

* Herrn Prof. Dr. R. SCHICK zum 60. Geburtstag gewidmet.

¹ G-LKS = Sortiment wilder und kultivierter Kartoffel-species des Institutes für Pflanzenzüchtung Gross-Lüsewitz.