

Eine „Grabenmethode“ zur Prüfung von Kartoffelzuchtstämmen auf Schorfresistenz (*Streptomyces scabies*)

Von Alfred Noll, Biologische Bundesanstalt, Institut für Botanik, Braunschweig

[Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) 20, 1968, 163–169]

A. Einleitung

Seit langem gilt der gewöhnliche Kartoffelschorf – die in den typischen Kartoffelbaugebieten besonders weit verbreitete Knollenkrankheit – als wirtschaftlich sehr bedeutungsvoll. Auf Grund erhöhter Qualitätsansprüche und verstärkten Wettbewerbs ist jedoch seine Bedeutung in jüngerer Zeit noch ganz erheblich gestiegen (Noll 1961). Damit sind auch an die Resistenzzüchtung erhöhte Anforderungen gestellt, zumal sich bisher eine chemische Bekämpfung der Krankheit aus verschiedenen Gründen nicht durchsetzen konnte. – Welchen Schaden der Erreger anrichten kann, soll noch einmal Abb. 1 veranschaulichen.

Der nächstliegende, bei uns noch heute übliche Weg der Resistenzprüfung, als Grundlage der Resistenzzüchtung, ist die mehrjährige Beobachtung von Zuchtstämmen im Freiland auf „schorfverseuchtem“ Gelände, möglichst unter Berücksichtigung verschiedener Gebiete und Böden. Auf diese Weise wird z. Z. auch noch bei der Wertprüfung, im Rahmen der amtlichen Sortenzulassung, verfahren (Noll 1965).

Leider bringt diese natürlichste aller Methoden, wie schon mehrfach auch von anderen Autoren hervorgehoben wurde, zahlreiche Nachteile, z. B. die Abhängigkeit von der Witterung, die Langwierigkeit, die große Ausdehnung der Versuchsflächen und auch den hohen Materialbedarf, der sich bei einer Neuzucht naturgemäß am stärksten auswirkt. Weitere Nachteile können sich noch aus der Ausbreitung des Beobachtungsnetzes über größere Gebiete, z. B. durch erhöhte Kosten für die Überlassung von Ackerflächen, und aus verschiedenen anderen Gründen ergeben.

Seit langem versucht man daher, die gewöhnliche Feldmethode durch andere, einfachere Methoden zu ersetzen oder zumindest zu ergänzen. Eine große Rolle spielten hierbei Untersuchungen über vermeintliche ursächliche oder zufällige Beziehungen zwischen bestimmten histologischen oder chemischen Sortenmerkmalen (z. B. Schalenstruktur oder Chlorogensäuregehalt der

Knolle) und dem Anfälligkeitsgrad einer Sorte. Anfangserfolge lagen zwar vor, doch wurde das eigentliche Ziel m. W. bisher in keinem Falle erreicht.

Größere praktische Bedeutung gewannen dagegen verschiedene Methoden, die auf einer künstlichen oder natürlichen Infektion der Knollen – oder auch anderer Organe der Kartoffelpflanze – durch direkte Übertragung oder durch Bodenimpfung mit künstlichen Kulturen beruhten, wobei das Gewächshaus bevorzugt wurde. Dieser Weg wurde in neuester Zeit mit Erfolg vor allem von Pfeffer und Effmert (1967) beschritten, und zwar unter Verwendung eines mit künstlichen Kulturen vermischten Bodens. Einer Massenselektion können jedoch hierdurch sehr leicht räumliche Grenzen gezogen werden. Zu bedenken ist ferner, daß im Gewächshaus gewonnene Ergebnisse für die Praxis erst dann interessant werden, wenn auf reife, erntefähige Knollen Bezug genommen werden kann. Schon vor langem wurde nämlich gezeigt, daß sich der Befallsgrad oder der Schorftyp einer Sorte im Laufe der Vegetationszeit durchaus ändern kann und die endgültige Entscheidung nicht selten erst gegen Ende dieser Zeit fällt (Longrée 1932; Noll 1939). Die praktische Bedeutung dieser Methoden ist daher bei alleiniger Berücksichtigung jüngerer Entwicklungsstadien der Knollen in Frage gestellt (Lit. s. u. a. Noll 1962). Ein Unsicherheitsfaktor für die Bewertung der Schorfanfälligkeit im Gewächshaus liegt schließlich in der Entfernung von den natürlichen, im Felde herrschenden Umweltverhältnissen.

Seit 1962 versuchte ich nun, eine Anzahl der gegenüber der Feld- oder Gewächshausprüfung sich ergebende Schwierigkeiten und Bedenken durch eine neue Methode, die sog. Grabenmethode, auszuschließen, worüber im folgenden berichtet wird. Die dabei mit Sorten gewonnenen Ergebnisse sind natürlich prinzipiell auch auf Zuchtstämme zu übertragen.

Das Ziel einer Kombination von Gewächshaus- und Freilandversuch, wie wir es hier vor Augen hatten, verfolgten bereits Klinkowski und Hoffmann (1952). Kurzgefaßt infizierten sie in gewissen Zeitabständen im Felde frei in Hohlräumen, sog. Lochtöpfen sich entwickelnde und jederzeit zugängliche Knollen mit einer Auswahl von Erregerstämmen. Die Methode bietet verschiedene Vorzüge, u. a. auch die Impfmöglichkeit im günstigsten Entwicklungsstadium der Knolle. Nach den genannten Autoren ist aber diese Methode weniger für Massenselektionen von Zuchtstämmen als für eine frühzeitige Orientierung über das Sortenverhalten geeignet (S. 94).

B. Methodik*

1. Versuche mit einem von Natur durch *Streptomyces scabies* stark verseuchten Ackerboden

In einem Abstand von 60 cm wurden auf dem hiesigen Versuchsfeld lange, schmale Gräben von 30 cm

* Verschiedene Gedanken zur Methodik, insbesondere über Boden- und Infektionsprobleme, finden sich bereits in meiner letzten Veröffentlichung in dieser Zeitschrift (Zur Frage der Prüfung von Bekämpfungsmitteln gegen den gewöhnlichen Schorf [*Streptomyces scabies*] unter Ausnutzung der Knöllchensucht der Kartoffel. 20, 1968, 65–70).

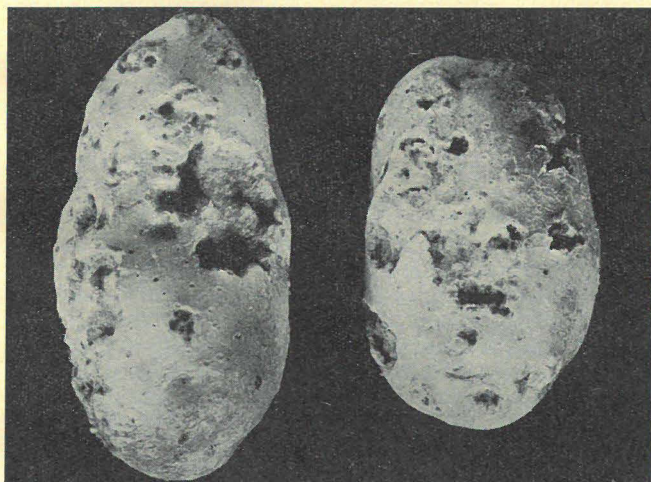


Abb. 1. Sehr stark von *Streptomyces scabies* befallene Knollen (Tiefschorf). Um das Ausmaß der Zerstörung zu veranschaulichen, wurde das tote, schorfige Gewebe bis auf den Grund entfernt, so daß tiefe Gruben sichtbar werden.

Breite und 25 cm Tiefe gezogen. Die Seitenwände wurden durch Aneinandersetzen von 2 m langen und 9 mm starken Asbest-Zementplatten (Eternit) abgestützt, wobei die Platten etwa 7 cm aus dem Boden herausragten. Um ein Verschieben derselben zu vermeiden, wurden diese in Abständen von zwei Metern, d. h. an den sich gegenüberliegenden Ansatzstellen, durch Hartholzleisten mittels Nuten verbunden (Abb. 2). Anschließend wurde die ausgehobene Erde durch „Schorfboden“ ersetzt. Nachdem sich der neue Boden gefestigt hatte, konnten die Leisten auch wieder entfernt werden, zumindest bei der Bodenbearbeitung und Ernte. Der „Schorfboden“, ein humusarmer Sand, stammte von einem auswärtigen Feld (Büstedt b. Velpke, Niedersachsen), das uns viele Jahre für unsere Schorffresistenzprüfungen gedient und sich durch besondere Zuverlässigkeit im Befall ausgezeichnet hatte. Der hiesige Boden erwies sich dagegen als nur sehr wenig schorffördernd.

Für die Versuche wurden 17 bereits als verschieden anfällig bekannte Sorten ausgewählt. Die Knollen wurden kurz vor dem Auslegen gebeizt. Zahl der Pflanzstellen je Sorte 10, bei vierfacher Wiederholung. Pflanzenabstand 25 cm. Ein Anhäufeln fiel fort. Von Zeit zu Zeit wurde der Boden lediglich aufgelockert. Im Juni erfolgte noch eine mineralische Kopfdüngung (Hakaphos, 80 g/m²).

Die Tochterknollen entwickelten sich in einer relativ schmalen Zone nur in dem neuen Boden. Die Wurzeln konnten dagegen auch tief in den Untergrund eindringen, so daß die Pflanzen notfalls auch aus größeren Tiefen mit Nährstoffen, vor allem aber mit Wasser versorgt werden konnten. Auch der Transport von Bodenwasser von oben nach unten oder umgekehrt war unbehindert. Die Bodentemperatur, die neben der Bodendurchlüftung für den Schorfbefall von besonderer Bedeutung ist, wurde in Knollennähe während der Knollenbildung, d. h. z. Z. der Infektionsbereitschaft, durch einen Thermographen über einen Temperaturfühler kontrolliert. Das Mikroklima wurde nicht weiter beobachtet; der Versuchsanlage gemäß unterschied es

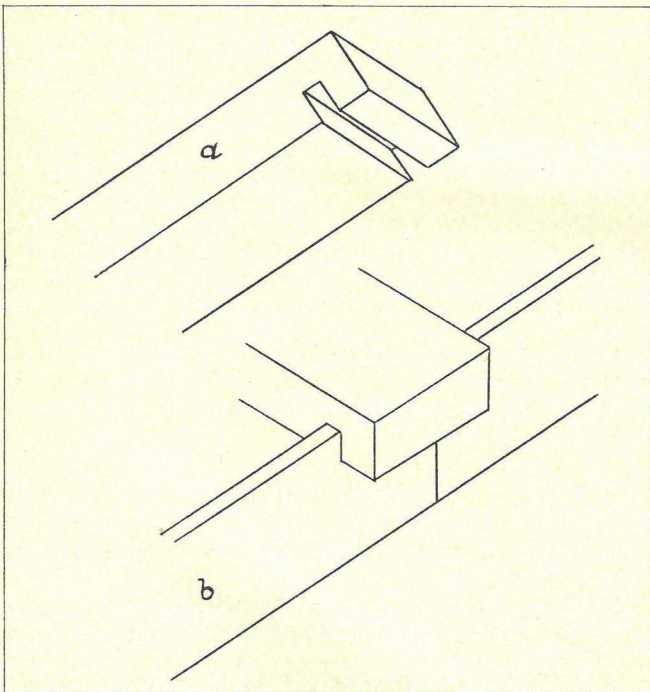


Abb. 2. Verbindungsweise der zur Einfassung der Gräben dienenden Kunststoffplatten. a. Endstück einer Holzleiste mit Nute, von unten gesehen; b. Verbindung zweier Platten mit der Leiste.

sich aber wahrscheinlich nicht wesentlich von den im natürlichen Feldbestand herrschenden Verhältnissen. Abb. 3 a und b zeigen eine solche Versuchsanlage vor dem Auslegen der Knollen bzw. kurz vor der Blüte.

2. Versuche mit geimpftem Bausand

Abgesehen von der Verwendung eines anderen Bodens und von der Bodenimpfung war die Methodik die gleiche wie beim Versuch mit natürlichem Schorfboden.

Der Bausand (Korngröße bis 3 mm) wurde gewaschen geliefert.

Für die Bodenimpfung standen 15 aggressive *Streptomyces-scabies*-Stämme zur Verfügung. Diese waren aus verschorften Knollen isoliert worden, die sich in dem gleichen Boden (an seinem Ursprungsort) entwickelt hatten, der in dem ersten, oben genannten Versuch als Grabenfüllung Verwendung fand. Die Stämme wurden als Gemisch verimpft. Versuche mit Einzelstämmen wurden dagegen frühzeitig aufgegeben.

Die benutzten Stämme wurden vor der Bodenimpfung auf ihre Aggressivität geprüft, zunächst mit der Milchtestmethode nach Taylor und Decker (1947), später nur noch mit der besonders empfindlichen Methode nach Menzies und Dade (1959), wobei ein Nährboden mit zusätzlicher selektiver Wirkung auf Strahlenpilze benutzt wird. Als Kriterium dient bei beiden Methoden der Grad der Melaninbildung im Substrat. Nicht oder schwach melaninbildende Stämme schieden daher aus. Die zuletzt genannte Methode wurde auch für die zeitweilige Überprüfung von Erhaltungskulturen auf die Konstanz ihrer Aggressivität hinzugezogen. – Zusammensetzung des Nährbodens:

Natriumkaseinat	25 g
Natriumnitrat	10 g
L-Tyrosin	1 g
„Bacto-Agar“	15 g
Leitungswasser	1000 ml.

Das Natriumkaseinat wird durch schwaches Erhitzen in 1/2 l Leitungswasser gelöst, dann werden die anderen Substanzen hinzugefügt und auf 1000 ml aufgefüllt.

Auf die Aggressivität eines Stammes deutete jedoch schon eine mehr oder weniger ausgeprägte Melaninbildung in Kartoffeldextrose-Agar hin, einem Medium, das uns außer zur Vermehrung (für Impfzwecke) auch zur Isolierung und Erhaltung unserer Stämme diente. Eben solche Anzeichen fanden sich bei dem für Impfzwecke noch benutzten flüssigen Nährboden (s. u.). Eine wengleich unregelmäßige Melaninbildung wurde schließlich von mir schon vor langem auch auf dampfsterilisierten Kartoffelkeilen bei einem bestimmten *Streptomyces*-Stamm beobachtet (Noll 1939, S. 68 und 73). Bezeichnenderweise handelte es sich dabei um das einzige von einer größeren Zahl von Isolaten, das sich bei der Rückimpfung zugleich auch als Schorferreger erwies.

Einmal wurde für die Aggressivitätsprüfung mit gewissem Erfolg auch die „Knöllchenmethode“ angewandt, über die unlängst, und zwar im Zusammenhang mit ihrer Anwendung für Mittelprüfungen im Laboratorium, berichtet wurde (Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. [Braunschweig] 20. 1968, 65–70). Kurzgefaßt stellt diese eine direkte, auf einer Infektion durch Bodenimpfung beruhende Laboratoriums-Schnellmethode dar. Ihre Brauchbarkeit für den hier vorliegenden Zweck bedarf jedoch noch der Bestätigung durch weitere Versuche.

Für die Gewinnung von Impfmateriale wählten wir zunächst den schon oben erwähnten Kartoffelsaft-Dextrose-Agar (Hoffmann, modif. nach Schaal 1944). Hierbei werden 300 g geschälte und in kleine Würfel

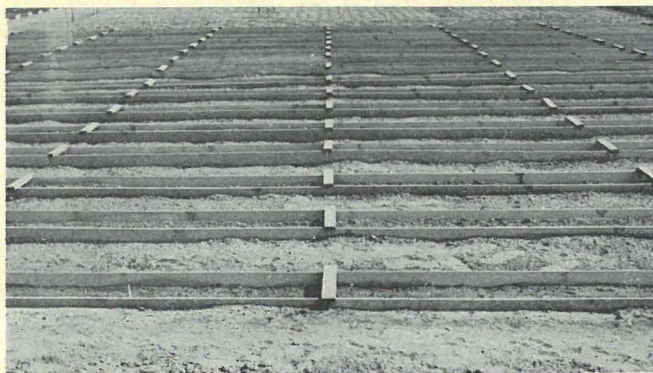


Abb. 3a. Ausschnitt einer Grabenversuchsanlage vor dem Auslegen der Knollen.

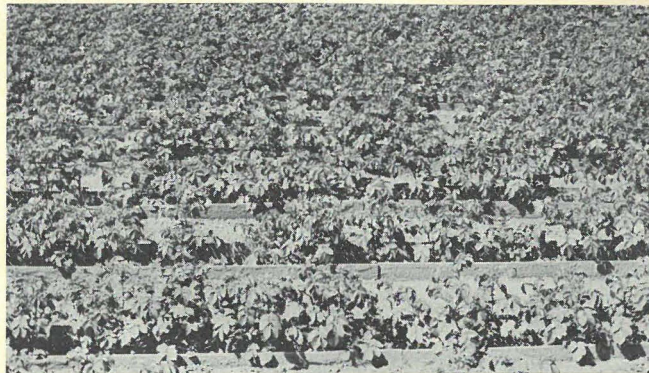


Abb. 3b. Ausschnitt einer Grabenversuchsanlage. Kartoffelsorte 'Erbium' vor der Blüte (5. 7. 68).

zerschnittene Kartoffelknollen mit der gleichen Gewichtsmenge Wasser 20 Min. gekocht, dann wird das Dekokt filtriert, 10 g Glukose sowie 20 g Agar hinzugesetzt und das Filtrat mit Wasser auf 1000 ccm aufgefüllt.

Für die Schaffung von Dosierungseinheiten zur Bodenverseuchung war ein ungefährender Anhaltspunkt dadurch gegeben, daß bei dichten Impfstriichen die Oberflächen von Schrägagarkulturen (Röhrchen mit 6 ccm Nährboden) 10 Tage nach dem Impfen bei 25° C ziemlich gleichmäßig mit Myzel bewachsen waren, das gewöhnlich reichlich sporulierte. Bei den meisten Versuchen kamen auf 1 m² Boden 100 solche Röhrchen. Mitunter erwiesen sich jedoch bei gleichem Infektionserfolg auch geringere Mengen, etwa die Hälfte oder sogar noch weniger, als ausreichend. Der jeweilige Sporenanteil wurde dabei vernachlässigt. – Nach besonderen Versuchen bleibt die Virulenz des Impfstoffes im Boden mindestens zwei Jahre erhalten.

Im Jahre 1963 wurden zum ersten Mal neben Agarkulturen auch Submerskulturen verwendet, später nur noch diese. Die Submerskulturen wurden auf übliche Weise in flüssigem Substrat mit waagrecht rotierenden Schüttelapparaten gewonnen. Dabei entwickelten sich in wesentlich kürzerer Zeit bei weit geringerem Arbeitsaufwand ganz erheblich größere Myzelmengen als bei Agarkulturen, die freilich meistens weniger stark sporulierten.

Zusammensetzung der Nährflüssigkeit nach v. P l o t h o (1940):

Glycerin	2 %	FeSO ₄	0,01 %
Glykokoll	0,25 %	MgSO ₄	0,01 %
N ₈ Cl	0,1 %	CaCO ₃	0,01 %
K ₂ HPO ₄	0,1 %	Maisquellwasser	0,5 %
		(„Cornsteep“)	
		pH 6–8	

Sterilisation 1 Std. bei 120° C.

Die Kultivierung erfolgte bei etwa 25° C in 500-ccm-Erlenmeyerkolben mit je 300 ccm Nährflüssigkeit.

Eine schwärzliche Verfärbung der Flüssigkeit (Melaninbildung), ohne Trübung, kündigte eine einwandfreie Myzelentwicklung an. Ohnedem mußte mit dem Aufkommen von Bakterien bis zur völligen Hemmung des Strahlenpilzwachstums gerechnet werden. Geringe Verunreinigungen beeinflussten wohl in gewissem Grade das Myzelwachstum, nicht aber die Virulenz des Schorferregers, so daß solche Kulturen – bei lohnender Ausbeute – noch verimpft werden konnten. Auf dem Höhepunkt der Myzelentwicklung, etwa 5 Tage nach dem Impfen der Nährflüssigkeit, wurden die Kulturen wegen der bei dieser Kultivierungsweise bestehenden Gefahr einer Autolyse (mit entsprechendem Aggressivitätsverlust) sofort weiterverarbeitet.

Um im Vergleich mit Agarkulturen einen gewissen Anhaltspunkt für die Dosierung zu gewinnen, wurde nach dem Auspressen der verbrauchten Nährflüssigkeit bzw. des Nähragars (bei diesem nach Erwärmung) durch Wägen der so verbliebenen Pilzmassen die Submersmyzelmenge bestimmt, die im Durchschnitt einer Schrägagarkultur entspricht, nämlich 0,3 g Feuchtmyzel. Die Sporenanteile blieben dabei wieder außer Betracht. Für die Bodenimpfung wurde jedoch die Myzelmenge gegenüber Oberflächenmyzel um ein Vielfaches, bis zu 80 g/m², erhöht, u. a. um die leichtere Massenproduktion auszunutzen.

Das Myzel wurde zunächst in einem Homogenisator bis zur Bildung mikroskopisch kleiner Flöckchen zerkleinert, nachdem das Nährsubstrat bei Submerskulturen nahezu vollständig, bei Agarkulturen (durch Abschaben) so weit als möglich entfernt worden war. Der Zustand des Myzels wurde unter dem Mikroskop kontrolliert. Das gallertige Endprodukt wurde bis zur Streufähigkeit mit feinem Quarzsand, dann in einem Betonmischer mit dem Bausand gründlich vermenget, der schließlich in die Gräben gefüllt wurde.

Bei manchen Versuchsreihen wurde noch außerhalb der Vegetationszeit nachträglich Submersmyzel (56 bis 88 g/m²) in den Boden eingearbeitet, um den Verseuchungsgrad evtl. noch zu erhöhen.

Bei all diesen Versuchen kamen auf jede Sorte fünf Pflanzstellen mit 25 cm Abstand bei vierfacher Wiederholung.

Zur Durchführung größerer Versuche wurde der Boden im Jahre 1965 aus sämtlichen bisherigen, kleineren Versuchsreihen ausgehoben, gründlich durchmisch und wieder eingefüllt. – Eine völlige Neuanlage mit neuer Bodenimpfung war seinerzeit wegen Platz- und Zeitmangels leider nicht möglich. Jedenfalls ergab sich so ein einheitlich verseuchter Boden, wobei die im Laufe der Zeit eingebrachte Menge etwa 12 g Agarmyzel und 72 g Submersmyzel je m² Boden betrug. Daß dabei ein sehr wirksamer Verseuchungsgrad zustande kam, bewiesen die noch zu besprechenden Infektionsergebnisse.

Die Gesamtlänge der Gräben betrug bei diesen Versuchen 200 m.

Beim Bausand wurden, ähnlich wie beim Versuch mit natürlichem Schorfboden, 14 bis 17 bereits als verschieden anfällig bekannte Kartoffelsorten verwendet. Infolge Streichung vereinzelter Sorten aus der Sortenschutzrolle oder aus anderen Gründen konnte jedoch das Sortiment von Versuch zu Versuch nicht immer gleichartig sein, was jedoch die Ergebnisse nicht wesentlich beeinflusste. Zehn Pflanzstellen je Sorte bei vierfacher Wiederholung; Pflanzenabstand wie bisher 25 cm.

Bei Trockenheit, der der reine Sand naturgemäß besonders leicht ausgesetzt ist, wurde gleichmäßig, aber

den geringen Feuchtigkeitsansprüchen des Schorf-
erregers Rechnung tragend, nur sparsam bewässert.

In jedem Frühjahr wurde mehrmals ein schnell wir-
kender Mineral-Volldünger („Hakaphos“) durch gleich-
mäßiges Überbrausen der Gräben mit der aufgelösten
Substanz verabreicht. Zeitpunkt und Einzelmenge rich-
teten sich nach dem jeweiligen Zustand der Stauden.
Die jährliche Gesamtmenge betrug 80 g/m². Im Spät-
herbst 1964 war der Bausand zur eventuellen Förderung
des Schorfbefalles noch mit kohlensaurem Kalk ge-
düngt worden. Eine Wirkung, die freilich, wie bekannt,
erst sehr spät einsetzen kann, wurde aber bisher nicht
beobachtet.

Um für vergleichende Untersuchungen die ursprüng-
liche Beschaffenheit des Bausandes nach Möglichkeit
für lange Zeit zu bewahren und zumindest eine Humus-
anreicherung zu vermeiden, wurden spätestens nach
der Ernte alle erfaßbaren Pflanzenreste entfernt.

Grabenmethode 1967
mit schorfverseuchter Erde aus Büstedt

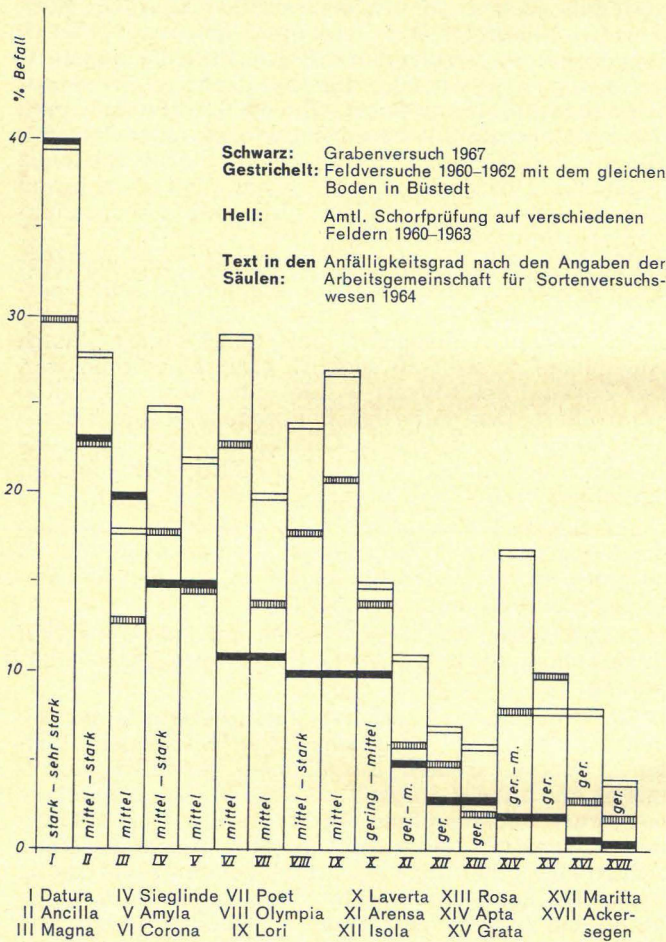


Abb. 4. Ergebnis eines Grabenversuches mit natürlichem, stark verseuchtem „Schorfboden“ unter Verwendung von 17 Kartoffelsorten, die bereits als verschieden schorfanfällig bekannt waren. Boden vor der Grabenfüllung gründlich vermengt. Zahl der Pflanzstellen je Sorte 10 bei vierfacher Wiederholung. Jede Sorte entspricht einer Säule. Sorten nach Schorfbedeckungsgraden geordnet. Angabe der Höhe des durchschnittlichen prozentualen Schorfbedeckungsgrades der Knollen durch schwarze Querlinien. Vergleich mit den Ergebnissen von Feldversuchen am Ursprungsort des gleichen Bodens (gestrichelte Linie), ferner mit Feldversuchen an den verschiedensten Orten (helle Linie) sowie mit den im „Sortenratgeber Kartoffeln“ (1964) angegebenen, in die Säulen eingetragenen Prädikaten. Der fette Vertikalstrich über den Säulen trennt, den Angaben im „Sortenratgeber“ gemäß, die Gruppe der mehr oder weniger anfälligen Sorten von der Gruppe der mehr oder weniger resistenten. Es ergibt sich eine weitgehende Parallelität der Werte.

Bei fortgesetztem Kartoffelbau auf gleicher Fläche besteht bekanntlich die Gefahr einer Nematodenanreicherung (*Heterodera rostochiensis*), was zu einem Fruchtwechsel zwingt. Zwar wurde bei uns auf Bausand ein Nematodenbefall erst nach fünfjährigem Kartoffelanbau manifest, doch dürfte dies eher ein Zufall als ein Hinweis für den Zeitpunkt des Fruchtwechsels gewesen sein. Zur Vorbeugung scheint jedenfalls eine längere Pause geboten. Natürlich ergibt sich daraus auch eine entsprechende Erweiterung der Versuchsanlagen. Bei der Anwendung von chemischen Mitteln gegen den Nematoden ist selbstverständlich zu beachten, daß nicht Nematizide mit fungizider oder bakterizider Nebenwirkung verwendet werden, es sei denn, man plane nach einer gewissen Karenzzeit eine neue Bodenimpfung.

Der Kosten- und Arbeitsaufwand für die Versuchsanlagen ist auf weite Sicht gering, besonders wenn man den ständigen mit Feldversuchen verbundenen Aufwand, zumal bei auswärtigen Vorhaben, als Maßstab nimmt.

C. Ergebnisse

1. Verwendung eines von Natur durch *Streptomyces scabies* stark verseuchten Bodens

Die Ergebnisse sind in Abb. 4 graphisch wiedergegeben. Jede Säule entspricht einer Kartoffelsorte. Die schwarzen Querlinien in den Säulen zeigen den Grad der mittleren prozentualen Schorfbedeckung der Knollen an. Die Daten für die einzelnen Sorten sind hierbei nach abnehmenden Graden geordnet, so daß sich ganz rechts die resistentesten Sorten befinden. Die gestrichelten Querlinien bedeuten die für den gleichen Boden, aber nicht bei uns, sondern am Herkunftsort des Bodens im freien Feld (Büstedt bei Velpke) in den Jahren 1960 bis 1962 gefundenen Mittelwerte. Die hellen Querlinien schließlich stellen die Ergebnisse unserer Feldprüfungen von 1960 bis 1962 an den verschiedensten Orten dar (vgl. auch Noll 1965). In die Säulen wurden noch die von der Arbeitsgemeinschaft für landwirtschaftliches Sortenversuchswesen zusammengefaßten Prädikate eingetragen*. Leider liegen hier für einen Vergleich keine Zahlenwerte vor. – Der über den Säulen befindliche dicke Vertikalstrich trennt – gemäß den Angaben der soeben genannten Arbeitsgemeinschaft – die Gruppe der mehr oder weniger anfälligen Sorten von der Gruppe der mehr oder weniger resistenten.

Die mit Hilfe der Grabenmethode für die verschiedenen Sorten gefundenen Befallsprozente decken sich nun recht gut mit den von mir bei den früheren Feldversuchen sowohl in Büstedt (mit demselben Boden) als auch an den übrigen Orten erhaltenen Werten. Auch fügen sich diese recht gut in die beiden durch den dicken Vertikalstrich getrennten Anfälligkeitsgruppen ein. Die Sorte 'Apta' (Nr. 14) ragt zwar aus der rechten Säulengruppe ziemlich weit heraus, weist aber nach meinen Beobachtungen fast stets den relativ harmlosen Flachschorf auf, so daß sie noch zu den resistenten Sorten zählen darf. (Zur Bewertungsweise des Schorfes s. u. a. auch Noll 1961).

In Wuchs und Ertrag ergaben sich kaum Unterschiede gegenüber dem üblichen Feldanbau.

* Es handelt sich um Prüfungsergebnisse des Bundessortenamtes und um Ergebnisse von Landessortenversuchen, die noch durch Erfahrungen der Praxis ergänzt wurden (s. Sortenratgeber Kartoffeln. 6. Aufl. Frankfurt a. M. 1964). – Die Ergebnisse der von uns 1960 in Zusammenarbeit mit dem Bundessortenamt begonnenen sog. Sonderprüfungen wurden hier noch nicht berücksichtigt.

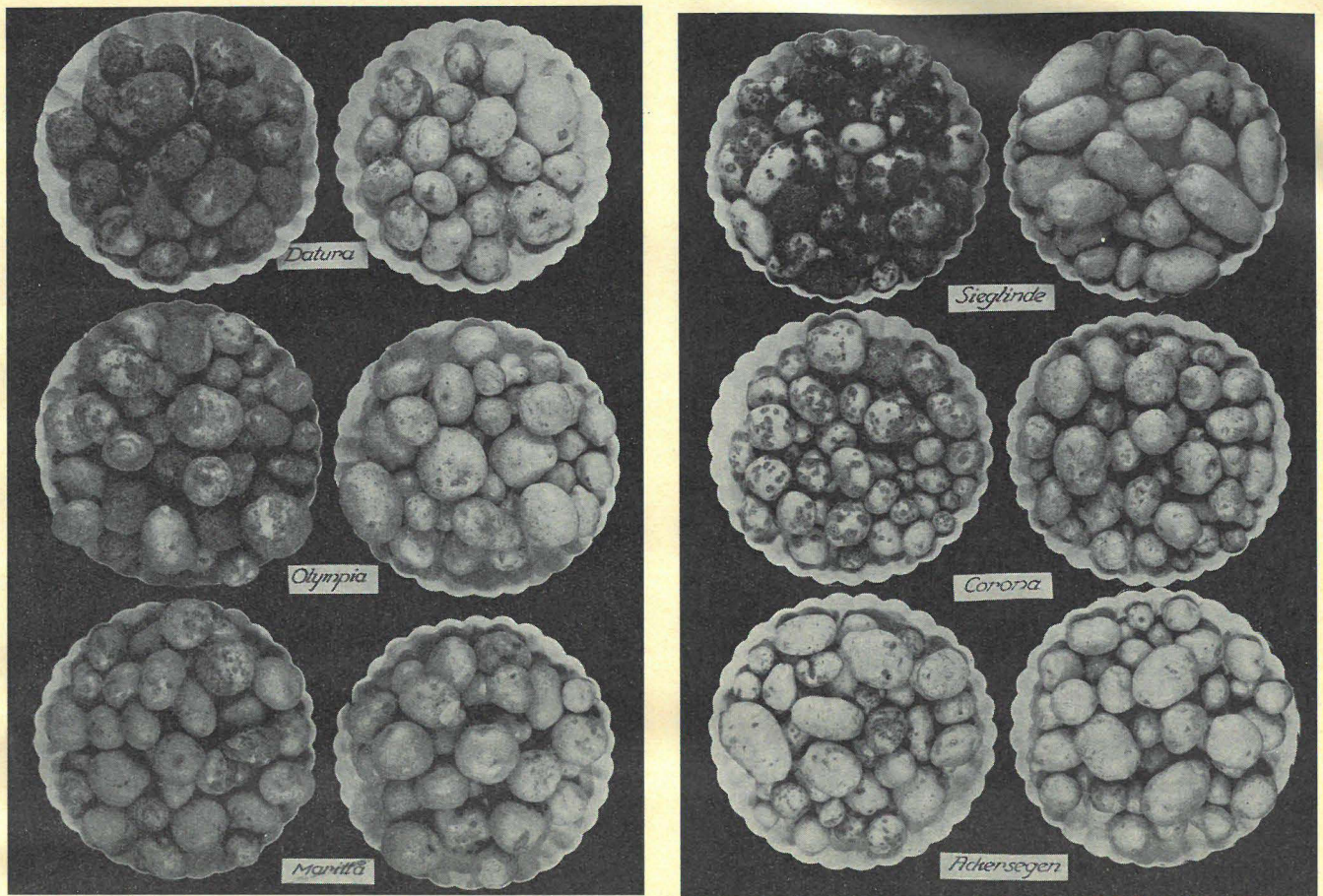


Abb. 5. Grabenversuch 1962. Geerntete, nichtsortierte Knollen. Bodenimpfung (Bausand) mit einem Gemisch von Agarkulturen verschiedener *Streptomyces-scabies*-Stämme, etwa 30 g Myzel/m². Rechte Seite unbehandelt. Zwischen den behandelten und unbehandelten Sorten, ebenso zwischen den behandelten Sorten untereinander, sind deutliche Befallsunterschiede vorhanden. Das Sortenverhalten entspricht den Ergebnissen von Feldversuchen.

2. Verwendung von geimpftem Bausand

Eine Beschreibung der Ergebnisse der mannigfaltigen dreijährigen methodologischen Vorversuche unter Anwendung verschiedenen Impfmateri als, verschiedener Impfmengen, Impfzeiten usw. wollen wir uns hier ersparen. Abb. 5 soll lediglich den 1962 mit Agarkulturen (etwa 100 Kulturen/m² Boden) erzielten Erfolg am Beispiel einiger Sorten veranschaulichen. Das Ergebnis ist deshalb von besonderem Interesse, weil das betreffende Jahr im hiesigen Gebiet wegen der z. Z. der Knollenbildung herrschenden naßkalten Witterung durchaus kein Schorffjahr war, was sich aber bei der hier angewandten Grabenmethode überhaupt nicht auswirkte: auf der linken Seite der Fotos befinden sich die Reihen mit geimpftem Bausand, rechts, als Kontrolle, die mit nicht geimpftem. Der Infektionserfolg im Vergleich mit den nichtgeimpften Kontrollreihen, ebenso wie die Sortenunterschiede im Befall, z. B. zwischen der als hochanfällig bekannten 'Datura' und der meistens als hochresistent befundenen 'Ackersegen', treten offen zutage.

In Abb. 6 sind die Ergebnisse des im Jahre 1965 mit geimpftem Bausand durchgeführten Versuches dargestellt. Offenbar liegt hier die gleiche, wenn nicht sogar eine noch bessere Übereinstimmung der Werte als bei natürlichem Schorfboden vor (vgl. Abb. 4). Dies ist um so bemerkenswerter, als aus einem eng begrenzten Gebiet nur eine relativ geringe Zahl von Erregerstämmen Verwendung fand. Die zwischengeschalteten, nicht geimpften Kontrollreihen blieben im übrigen so gut wie befallsfrei, so daß sie für die graphische Darstellung ausschieden.

Der auf derselben Fläche im darauffolgenden Jahre in gleicher Weise durchgeführte Versuch ergab fast das gleiche Bild, so daß sich z. B. die als mehr oder weniger resistent befundenen Sorten, den Angaben der schon genannten Arbeitsgemeinschaft gemäß, wieder rechts von dem vertikalen Trennungstrich befanden.

Erwähnenswert erscheint noch der hohe Ertrag auf dem einfachen Sand, nämlich umgerechnet bis 200 dz/ha, der dem beim üblichen Feldanbau im Durchschnitt zu erzielenden Ertrag kaum nachstand.

D. Besprechung

Wie aus Abb. 4 und 6 hervorgeht, erscheint mit Hilfe der Grabenmethode die Auslese eines sehr hohen Prozentsatzes resistenter Typen möglich, da sich gerade die Sorten mit hoher Resistenz am deutlichsten gruppierten. Die Methode scheint für alle Züchtungsstadien bis zum endgültigen Züchtungsprodukt geeignet. Die Brauchbarkeit der Methode wird übrigens noch dadurch bestätigt, daß im Felde von verschiedenen Züchtern auf Schorffresistenz geprüfte Zuchtstämme, die uns für vergleichende Untersuchungen zur Verfügung gestellt wurden, in ihrem Verhalten sehr gut mit den Feldbeobachtungen übereinstimmten.

Der Vorteil der Grabenmethode gegenüber dem Gewächshaus liegt einmal in der Ersparung von Gefäßen. Entsprechen doch bereits 10 m Graben volumenmäßig nicht weniger als 150 Mitscherlichgefäßen (je 5 l), Behälter, wie sie vielfach im Gewächshaus auch für Kartoffelversuche Verwendung finden. Für den Versuch

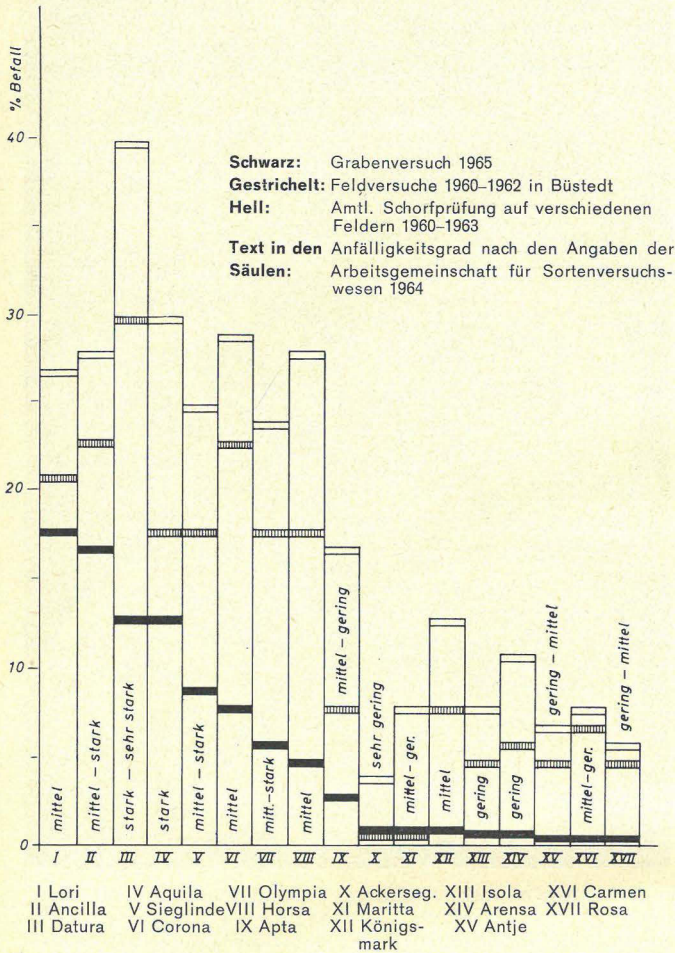


Abb. 6. Ergebnis eines Grabenversuches mit reinem Sand (Bausand), der mit einem Gemisch von 15 aggressiven *Streptomyces-scabies*-Stämmen geimpft wurde. Die Stämme waren aus schorfigen Knollen von natürlichem „Schorfboden“ isoliert worden. Düngung mit 80 g „Hakaphos“/m². Methodik sonst wie beim Versuch mit „Schorfboden“ (Abb. 4). Die Ergebnisse entsprechen weitgehend den mit „Schorfboden“ gewonnenen. Das nachfolgende Jahr lieferte auf derselben Fläche ein ganz ähnliches Bild.

1965 z. B. hätte man demnach im Gewächshaus 3000 solcher Gefäße benötigt. Außerdem dürfte durch die bessere Stauden- und Knollenentwicklung auf Grund natürlicherer Umweltbedingungen auch eine größere Sicherheit der Versuchsergebnisse gewährleistet sein. Dabei könnte u. a. ins Gewicht fallen, daß sich die Wasserverhältnisse besser als in Gefäßen „einpendeln“ und sich die Wurzeln, wie schon weiter oben erwähnt wurde, unbehindert bis in den Untergrund ausbreiten können.

Gegenüber dem Feldanbau liegen die Vorteile der Grabenmethode in der größeren Homogenität des Bodens, vorausgesetzt, daß der Grabenfüllung tatsächlich auch eine gründliche Bodenvermischung vorausgeht, was besonders für den natürlichen Ackerboden gilt. Allein dadurch verringern sich ganz zwangsläufig die benötigte Versuchsfläche bzw. die Zahl der Testpflanzen und die Zahl der Wiederholungen: Aus der Praxis ist bekannt, daß infolge von – äußerlich oft gar nicht erkennbaren – Bodenunterschieden bereits auf kleiner Fläche bei ein und derselben Sorte ganz erhebliche Befallsunterschiede auftreten können. Ein weiterer Vorteil besteht in der besseren Kontroll- und Regulierungsmöglichkeit der Bodenverhältnisse, da ja im Gegensatz

zum freien Feld die Lage des zu behandelnden Bodestückes durch Bodenbearbeitung nicht verändert wird. So kann auch eine ganz bestimmte Stelle „gezielter“ geimpft oder – nötigenfalls – desinfiziert werden. Außerdem läßt sich der Boden relativ leicht durch einen anderen ersetzen, worin sogar Möglichkeiten für eine Einschränkung von vergleichenden Untersuchungen mit anderen Gebieten liegen. Ferner läßt sich ein Wasserdefizit besser als im Freiland ausgleichen. Schließlich kann übermäßige Bodennässe (infolge von starken Niederschlägen) durch vorübergehende, vorbeugende Bedeckung der Flächen mit transparenten Folien leichter verhindert werden, u. a. m. Daß das betreffende Bodestück durch die Zwischenschaltung von Wegen besser als im Felde zugänglich ist, versteht sich von selbst.

Für Zuchtstätten, die an Ort und Stelle über ausgesprochene Schorfböden verfügen oder diese ohne größere Schwierigkeiten aus anderen Gegenden beschaffen können, mögen solche Böden für die Grabenmethode bereits große Dienste leisten, zumal damit für den Züchter die immerhin etwas aufwendige Bodenimpfung mit künstlichen Kulturen fortfällt. Mit Rücksicht auf eine Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von Versuchen erscheint jedoch die Impfung eines einheitlich beschaffenen, ziemlich gut definierbaren Mediums, wie es der Sand darstellt, der überdies jederzeit billig zu beziehen ist, weitaus dienlicher. Sand gewährleistet noch dazu eine leichte Erwärmung und Durchlüftung, Eigenschaften, die den Ansprüchen des Erregers besonders zugute kommen. Deshalb auch erwies sich Bausand selbst noch bei naßkalter Witterung als zuverlässig, wie besonders deutlich die Ergebnisse des Jahres 1962 zeigten (vgl. Abb. 5). Übrigens scheint es zu genügen, daß sich die geimpfte Bodenschicht ungefähr mit der – gewöhnlich eng begrenzten – Zone der Knollenbildung deckt, wodurch bei der Versuchsanlage Möglichkeiten für eine erhebliche Arbeitersparnis gegeben sind.

Ein sicheres Rezept für eine optimale Bodenverσκευή kann jedoch gerade bei der Verwendung künstlicher Kulturen z. Z. und wahrscheinlich auch künftig kaum gegeben werden. Sicherheitshalber sollte man wohl möglichst viel Impfstoff, evtl. auch noch nachträglich und wiederholt, in den Boden geben, zumal ja nach den bisherigen Erfahrungen wirklich schorffeste Typen von einer Überdosierung unberührt bleiben. Die Möglichkeit hoher Gaben besteht wegen der großen Ausbeute in künstlicher Kultur besonders bei Submersmyzel, was allerdings wegen der oftmals geringeren Infektionsfähigkeit im Vergleich zu Oberflächenmyzel ohnehin geboten erscheint.

Die Herstellung des Impfmaterials zur Behandlung größerer Bodenflächen ist bei Agarkulturen überwiegend ein Zeit- und Personalproblem, das am besten, wie es auch bei uns geschah, in den Wintermonaten zu lösen ist. Submerskulturen wiederum sind zwar, wie schon gesagt, in größeren Mengen in wesentlich kürzerer Zeit als Agarkulturen zu produzieren, doch treten hier technische Probleme stärker als dort in den Vordergrund. Demgegenüber wäre wohl mancher Züchter geneigt, sich Material aus entsprechend ausgerüsteten und eingearbeiteten Laboratorien zu beschaffen.

Beim Schorferreger wurde bereits eine große Zahl von Rassen mit unterschiedlicher Aggressivität gegenüber den verschiedensten Kartoffelsorten, d. h. eine physiologische Spezialisierung, nachgewiesen (Leach, Decker und Becker 1939; Schaal 1940, 1944; Thomas 1947; insbes. Hoffmann 1954). Um so bemerkenswerter erscheint es, wie schon im Kapitel B erwähnt wurde, daß wir bei der Grabenmethode mit nur 15 *Streptomyces-scabies*-Stämmen von einem einzigen Feld ganz ähnliche Ergebnisse wie bei gewöhnlichen Feldversuchen in den verschiedensten Gebieten

erzielten. Daher erhebt sich die Frage, ob wir hier zufällig auf die maßgebenden Rassen gestoßen sind – wobei die Identität mancher der benutzten Stämme sogar noch dahingestellt bleibt – oder aber die Rassenfrage für die Schorfresistenzprüfung bzw. -züchtung praktisch von untergeordneter Bedeutung ist. Letzteres hielt schon Hey (1951) angesichts der Ergebnisse seiner langjährigen Sortenprüfungen im Felde für wahrscheinlicher, und ich selbst schloß mich, ebenfalls im Zusammenhang mit Sortenprüfungen, dieser Vermutung an (Noll 1966). Über den Anteil aggressiver Rassen in den natürlichen Populationen und ihre geographische Verbreitung – als Grundlage für eine gezielte Rassenwahl zur Resistenzprüfung – haben wir jedenfalls noch kein klares Bild (vgl. Noll 1966). Hoffmann (1954) gewann zwar unterschiedlich aggressive Stämme aus den verschiedensten geographischen Lagen, doch gaben seine Untersuchungen auf diese Frage noch keine Antwort. Wollte man also bei der „künstlichen Infektion“ der physiologischen Spezialisierung dennoch Rechnung tragen, erscheint es z. Z. noch am besten, unter Verzicht auf Rassenanalysen möglichst mannigfaltige Herkunftsgemische von aggressiven Stämmen aus den verschiedensten Gebieten zu verwenden, wie ähnlich schon Hoffmann (1954) für seine Lochtopfmethode empfahl. Zum Zweck einer möglichst strengen Auslese resistenter Typen sollte man dabei m. E. auch Isolate aus schorfigen Knollen von solchen Kartoffelsorten einbeziehen – oder sogar bevorzugen –, die im allgemeinen als resistent gelten.

E. Zusammenfassung

In fünfjährigen Versuchen wurde eine Freilandmethode zur Prüfung von Kartoffelzuchtstämmen oder -sorten entwickelt. Die damit gewonnenen Ergebnisse stimmten mit denen von gewöhnlichen Feldversuchen weitgehend überein.

Es wurden dabei nebeneinander schmale Gräben (25 cm tief, 30 cm breit) ausgehoben. Diese wurden mit einem gut durchmischten, von Natur durch *Streptomyces scabies* stark verseuchten Ackerboden oder mit einfachem, gewaschenem Bausand einheitlicher Beschaffenheit gefüllt. Der Sand wurde mit künstlichen Kulturen des Erregers geimpft und nach dem Bepflanzen mit Mineraldünger versorgt. Die Gräben wurden seitlich mit Asbest-Zementplatten eingefabt, so daß die eingefüllte Schicht Anschluß an den Untergrund behielt. Die Knollen entwickelten sich in dieser Schicht, während die Wurzeln auch den Untergrund ausnutzen konnten. Staudenentwicklung und Ertrag entsprachen etwa den Verhältnissen im Feldbestand.

Der Vorteil der „Grabenmethode“ gegenüber Gewächshausmethoden liegt u. a. in der größeren Annäherung an die natürlichen Umweltbedingungen, wodurch eine größere Sicherheit der Ergebnisse gewährleistet ist, ferner in der Ausschaltung des Platzproblems und in der Ersparung von Gefäßen. Der Vorteil gegenüber dem gewöhnlichen Feldversuch liegt u. a. in der völlig gleichmäßigen Bodenbeschaffenheit, die eine Verringerung der Versuchsfläche, der Zahl der Prüflinge und der Zahl der Wiederholungen ermöglicht. Das Grabenprinzip gestattet außerdem eine gezielte Bodenbehandlung, insbesondere mit bestimmten Erregerstämmen, evtl. auch einen Bodenwechsel.

Summary

In experiments during five years a field method for testing strains of potatoes was developed. The results corresponded very well to that of usual field tests.

Small trenches (25 cm deep, 30 cm wide) were drawn side by side. They were filled up with a well mixed soil naturally infested with *Streptomyces scabies* or with simple sand of uniform constitution. The sand was inoculated with cultures of *Streptomyces scabies* and supplied with mineral fertilizer.

The trenches were laterally bordered by plates of asbest-cement. Thus the sand put in could keep contact with the underlying ground. The tubers developed in the sand, while the roots also could use the ground. Growth of plants and yield were about the same as those obtained under usual field conditions.

The advantage of the "trench method" compared with the greenhouse is a greater approach to the natural ecological conditions, warranting better results, furthermore the elimination of space problems and sparing of pots. The advantage compared with the usual field test is the homogenous state of the soil, allowing reduction of space for testing, of numbers of test plants and of numbers of replicates. The trenching principle is also qualified for a pointed treatment of the soil, especially with fixed strains of the pathogen, and even for experiments involving exchange of soil.

Literatur

- Bruyn, H. L. G. de: Onderzoekingen over enkele actinomyeten, welke aardappelschorft verwekken. Tijdschr. Plantenziekt. **45**. 1939, 133–156.
- Hey, A.: Über die Schorfresistenz der in der DDR zugelassenen Kartoffelsorten. 25 Jahre Feldversuche in Neu-Vehlefan. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) N. F. **5**. 1951, 86–91.
- Hoffmann, G. M.: Beiträge zur physiologischen Spezialisierung des Erregers des Kartoffelschorfes, *Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waksman et Henrici. Phytopath. Zeitschr. **21**. 1954, 221–278.
- Klinkowski, M., und Hoffmann, G.: Eine Methode zur Schorfresistenzprüfung der Kartoffel. Züchter. **22**. 1952, 92–94.
- Leach, J. G., Decker, P., and Becker, H.: Phytopathogenic races of *Actinomyces scabies* in relation to scab resistance. Phytopathology **29**. 1939, 204–209.
- Longrée, K.: Untersuchungen über die Ursache des verschiedenen Verhaltens der Kartoffelsorten gegen Schorf. Arb. Biol. Reichsanst. **19**. 1932, 285–336.
- Menzies, J. D., and Dade, C. E. A.: A selective indicator medium for isolating *Streptomyces scabies* from potato tubers or soil. Phytopathology **49**. 1959, 457–458.
- Noll, A.: Untersuchungen über die Biologie und Bekämpfung des Kartoffelschorfes (*Actinomyces*). Landw. Jahrb. **89**. 1939, 41–113.
- Noll, A.: Zur Bewertung des Kartoffelschorfes (*Streptomyces scabies*). Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **13**. 1961, 85–90.
- Noll, A.: Über Methoden zur Prüfung von Kartoffeln auf Resistenz gegen *Streptomyces scabies*. Züchter **32**. 1962, 258–263.
- Noll, A.: Prüfung des Kartoffelsortimentes der Bundesrepublik Deutschland auf Resistenz gegen den gewöhnlichen Schorf (*Streptomyces scabies*). Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **17**. 1965, 6–11.
- Noll, A.: Anbauversuche mit 13 schorffesten Kartoffelsorten an 38 Orten der Bundesrepublik Deutschland. Zur Frage der lokalen Abhängigkeit des Befalles mit *Streptomyces scabies*. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **18**. 1966, 165–174.
- Pfeffer, Ch., und Effmert, M.: Die Auslese geeigneter Eltern und Kombinationen für die Schorfresistenzzüchtung. Europ. Potato Journ. **10**. 1967, 286–295.
- Plotho, O. von: Beiträge zur Kenntnis der Morphologie und Physiologie der Actinomyzeten. Archiv Mikrobiol. **11**. 1940, 33–72.
- Schaal, L. A.: Variation in the tolerance of certain physiologic races of *Actinomyces scabies* to hydrogen-ion concentration. Phytopathology **30**. 1940, 699–700.
- Schaal, L. A.: Variation and physiologic specialization in the common scab fungus (*Actinomyces scabies*). J. agric. Res. **69**. 1944, 169–186.
- Taylor, C. F., and P. Decker: A correlation between pathogenicity and cultural characteristics in the genus *Actinomyces*. Phytopathology **37**. 1947, 49–58.
- Thomas, W. D.: Growth and variation of six physiologic races of *Actinomyces scabies* on different culture media. Phytopathology **37**. 1947, 319–331.

Eingegangen am 27. Juni 1968.