

beitet ist, handelt es sich nicht mehr um sogenannte „Rohpolyploide“, sondern um züchterisch verbesserte Linien und Familien, die durch Auslese auf Fertilität und andere züchterische Merkmale erreicht wurden. Von großem Interesse könnten daher die $4n$ -Pflanzen sein, bei denen dünne Wurzeln auftreten. Wenn es sich bestätigen sollte, daß diese tetraploiden Pflanzen stets dünne Wurzeln besitzen, so könnte es sich hier, analog zu den Ergebnissen von v. WETTSTEIN an Moosen (9), um eine Zurückregulierung der Zellgröße handeln. Solche Pflanzen wären im Zusammenhang mit Fertilitätsuntersuchungen und Zellgrößenmessungen von besonderer Bedeutung. Zur Klärung dieser Frage bedarf es aber noch weiterer Untersuchungen während mehrerer Generationen. Da erfahrungsgemäß Rohpolyploide größere Wurzeldicken aufweisen, kann das seltene Auftreten solcher $4n$ -Pflanzen mit dünnen Wurzeln den Wert der Vorselektionsmethode kaum beeinträchtigen.

Aus den Untersuchungen an Roggen und Gerste ergibt sich, daß dieselbe Erhöhung des TKG, wie sie durch die Polyploidie erreicht wird, auch auf diploider Grundlage erzielt werden kann. Der auf Großkörnigkeit ausgelesene Salzmünder Roggen hat ein noch höheres TKG als der tetraploide Roggen und zeigt dabei nur eine geringe Verdickung der Wurzeln, die aber bei weitem nicht an die Vergrößerung der Wurzeldicke des polyploiden heranreicht. Auch bei der Gerste konnten aus dem FREISLEBENSchen Material Einzelpflanzennachkommenschaften ausgelesen werden, die im TKG an dasjenige der tetraploiden Gersten heranreichen, ohne daß eine Wurzelverdickung feststellbar ist. Diese Beobachtungen sind im Zusammenhang mit den Betrachtungen, die SCHWANITZ über die Zellgröße als Grundelement der Phylogenese und Ontogenese (7) anstellt, von Bedeutung.

Versuche mit anderen Objekten, *Brassica*-, *Triticum*- und *Linum*-Arten, sind im Gange, es scheint jedoch, als ob nur an Autopolyploiden die Wurzelverdickung zur Diagnose zu verwerten ist, da Allopolyploide keine sicheren Unterschiede zeigen. So ist z. B. zwischen *Triticum monococcum*, *Tr. dicoccum* und *Tr. aestivum* kein Unterschied festzustellen, jedoch sind hier noch weitere Untersuchungen nötig.

V. Zusammenfassung.

1. $2n$ - und $4n$ -Formen zeigen große statistisch gesicherte Unterschiede in der Wurzeldicke. Da diese

Unterschiede auch mit dem Auge sichtbar sind, kann die Wurzeldicke als einfaches Vorselektionsmerkmal polyploider Keimlinge verwendet werden.

2. Die zytologische Untersuchung der Keimlinge mit dicken Wurzeln ergab eine Übereinstimmung mit der tetraploiden Chromosomenzahl bei Gerste von ca. 92%.

3. Bei Gerste konnten wiederholt Chimären mit $2n$ - und $4n$ -Zellen in der Wurzelspitze festgestellt werden, die noch weiter untersucht werden sollen.

4. $4n$ -Roggen zeigte in allen Fällen eine verdickte Wurzel. Diploide Stämme mit sehr hohem Tausendkorngewicht weisen dünne Wurzelspitzen auf, die nur geringfügig gegenüber dem normal-körnigen Roggen verstärkt sind. Regelwidrige Abweichungen zwischen Wurzeldicke und Chromosomenzahl sowie Chimären konnten bei dem untersuchten Roggen-Material nicht festgestellt werden.

5. Ob mit Hilfe der Feststellung der Wurzeldicke auch bei anderen Arten Unterschiede in der Polyploidie-Stufe erkannt werden können, muß noch geprüft werden. Die Verwendungsmöglichkeiten scheinen bei Autopolyploiden bessere als bei Allopolyploiden zu sein.

Nach Beendigung der Untersuchungen möchte ich Herrn Prof. Dr. W. HOFFMANN für wertvolle Anregungen und die bei der Arbeit gewährte Hilfe und Unterstützung herzlichst danken.

Literatur.

1. FREISLEBEN, R.: Untersuchungen an tetraploiden Kulturgersten. Forschungsdienst, Sonderheft 16, 361, (1942). — 2. GREITLER, L.: Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchungen. 2. Aufl., Springer, Wien (1949). — 3. GREIS, H.: Vergleichende physiologische Untersuchungen an diploiden und tetraploiden Gersten. Züchter 12, 62, (1940). — 4. PATAU, K.: Zur statistischen Beurteilung von Messungsreihen. Biol. Zbl., 63, 152, (1943). — 5. RANDOLPH: Some effects of high temperature on polyploidy and other variations in maize. Proc. nat. Ac. Sci. 18, 222, (1932). — 6. ROSENDAHL, G.: Zytologische Untersuchungen an tetraploiden Gersten. Kühn-Archiv 60, 238, (1943). — 7. SCHWANITZ, F.: Die Zellgröße als Grundelement in Phylogenese und Ontogenese. Züchter 23, 17 (1953). — 8. SCHWANITZ, F.: Einige kritische Bemerkungen zur Methode der Bestimmung der Polyploidie durch Messung der Pollen- und Spaltöffnungsgröße. Züchter 22, 273 (1952). — 9. v. WETTSTEIN, D.: Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Moose auf genetischer Grundlage. Ztschr. indukt. Abst.- u. Vererbungslehre 33, 1, (1924).

(Aus der Biologischen Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Phytopathologie Aschersleben und der Agrarmeteorologischen Forschungsstation Aschersleben des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der DDR.)

Mikroklimatische Untersuchungen bei Kartoffelschorf-Infektionen in Lohtöpfen unter Freilandbedingungen.

Von G. M. HOFFMANN und H. SCHRÖDTER.

Mit 8 Textabbildungen.

I. Einleitung.

In vorangegangenen Untersuchungen von KLIN-KOWSKI und HOFFMANN (13) konnte in Anlehnung an HOCKER (10) eine Methode zur Resistenzprüfung der Kartoffelsorten gegenüber dem Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies* (THAXT.) WAKSMAN et HENRICI entwickelt werden. In dem Bestreben, die Prüfungen unter möglichst natürlichen Verhältnissen durchzu-

führen, wurden mit einer abgewandelten Methode Freilandversuche angestellt, die die Brauchbarkeit des Verfahrens bestätigten [HOFFMANN (9)]. Resistenzprüfungen im Freiland haben gegenüber Gewächshausuntersuchungen eine Reihe von Vorzügen aufzuweisen. Die Boden- und Düngungsverhältnisse können entsprechend den acker- und pflanzenbaulichen Ansprüchen gestaltet werden. Die Pflanzen vermögen

sich ferner, wenn sie in einem größeren, geschlossenen Bestand angezogen werden, unter dem Einfluß eines bestimmten Bestandsklimas zu entwickeln, und auch das Bodenklima und die in ihrer Bedeutung nicht zu unterschätzende Mikroflora und -fauna gleichen den natürlichen Gegebenheiten.

Infektionsversuche mit pflanzenpathogenen Mikroorganismen sind u. a. weitgehend abhängig von den jeweils herrschenden mikroklimatischen Bedingungen. Temperatur und Feuchtigkeit können schon bei geringfügig erscheinenden Abweichungen von einem Optimalbereich den Infektionserfolg stark beeinflussen und die Prüfungsergebnisse mit einem erheblichen Unsicherheitsfaktor belasten.

In Zusammenhang mit der Verwendung der an anderer Stelle (9) beschriebenen Methode zur Prüfung der Kartoffelschorfresistenz unter Freilandbedingungen ergaben sich bezüglich der mikroklimatischen Verhältnisse folgende zwei Fragen:

1. In welcher Weise verändern sich unter den örtlichen Gegebenheiten die mikroklimatischen Bedingungen in den Infektionstopfen gegenüber einem normalen Bestand?

2. Liegen die gefundenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen in den von anderen Autoren experimentell ermittelten Optimalbereichen für den Infektions- und Krankheitsverlauf beim Kartoffelschorf? Beide Fragen sollten die Anwendungsmöglichkeiten der oben erwähnten Resistenzprüfungsmethode von einer anderen Seite beleuchten.

II. Versuchsmethodik.

Die für die Beantwortung der oben genannten Fragen notwendigen mikroklimatischen Messungen wurden während der Monate Juli und August 1953 in der Versuchsparzelle für Resistenzprüfungen gegen Kartoffelschorf des Instituts für Phytopathologie Aschersleben durchgeführt. In Infektionstopfen sowie in einem direkt benachbarten, normalen Kartoffelbestand wurde unmittelbar zwischen jungen, wachsenden Knollen der Sorte Aquila die Temperatur gemessen, d. h. im Infektionstopf die Lufttemperatur im Wurzelraum, im Bestand die Bodentemperatur an der entsprechenden Stelle. Außerdem wurde im Infektionstopf die relative Luftfeuchtigkeit und im Bestand die Bodenfeuchtigkeit bestimmt. Die Temperaturmessungen erfolgten mittels Thermolementen aus 0,2 mm starkem Konstantendraht und 0,1 mm starkem Kupferdraht, deren aktive Lötstelle in dünne Glasröhrchen von etwa 2 mm äußerem Durchmesser und 50 mm Länge eingelassen war. Die Meßwerte wurden über einen Sechsfachpunktschreiber registriert, und zwar für jede Meßstelle in 3-Minuten-Abständen. Da es aus technischen Gründen nicht möglich war, mehr als zwei Meßstellen anzuschließen, wurden diese so gewählt, daß sie möglichst verschieden exponiert waren, um die größtmöglichen Unterschiede zwischen Bestand und Topf zu erfassen. Daher wurde die Messung im Topf an der südlich gelegenen Reihe einer in West-Ost-Richtung aufgestellten Topfgruppe durchgeführt, die gleichzeitigen Messungen im normalen Bestand jedoch im Innern des Bestandes in einer von Norden nach Süden verlaufenden Reihe. Damit war die Gewähr gegeben, daß die eventuell festzustellenden Differenzen zwischen Topf und Feld

gewissermaßen obere Grenzwerte bei stark gegensätzlicher Exposition darstellen würden. Zu Kontrollzwecken standen außerdem einige gewöhnliche Bodenthermometer zur Verfügung.

Die Messung der Luftfeuchtigkeit im Lochtopf erfolgte mittels eines Präzisionskleinhygrometers nach DIEM, ein Gerät, das sich wegen seiner geringen Größe und seiner hohen Empfindlichkeit für mikrometeorologische Feuchtemessungen in ruhender Luft vorzüglich eignet.

III. Ergebnisse der Messungen.

1. Temperatur.

Für die Beantwortung der ersten der oben angeschnittenen Fragen war es notwendig, ein Bild von den Temperaturdifferenzen zwischen Infektionstopf und normalem Bestand zu gewinnen. Zu diesem Zweck wurden den Registrierungen für jede volle Stunde des Tages die Temperaturdifferenzen Topf—Feld entnommen. Rund 1200 Registrierstunden standen für diese Auswertungen zur Verfügung. Stellt man nun eine Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen Topf—Feld für die Monate Juli und August getrennt auf, so ergeben sich die in Abb. 1 dargestellten Verhältnisse. Der weitaus überwiegende Teil der Differenzen liegt um 0°. Dabei liegen im Juli 95% aller

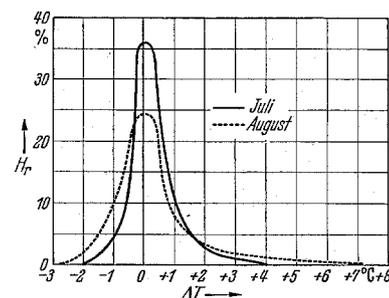


Abb. 1. Häufigkeitsverteilung der stündlichen Temperaturdifferenzen Topf—Feld im Juli und August 1953 (relative Häufigkeit).

Differenzen zwischen $-0,9^{\circ}$ und $+2,4^{\circ}$, die Abweichungen sind also als äußerst gering anzusprechen. Im August liegen ebenfalls die meisten Differenzen um 0° , wobei 95% aller Werte von den Grenzen $-1,6^{\circ}$ und $+5,6^{\circ}$ eingeschlossen werden. Im allgemeinen ergibt sich also eine geringe Übererwärmung im Topf gegenüber dem normalen Feldbestand, die nur im August etwas deutlicher in Erscheinung tritt, was durch die stärkere Auflockerung der oberirdischen Pflanzenteile durch zunehmendes Absterben des Krautes zu erklären ist.

In diesem Zusammenhang war es notwendig, zu untersuchen, wie diese Differenzen zwischen Topf und natürlichem Bestand auf die einzelnen Tageszeiten verteilt sind. Hierzu wurde das Material in die Zeitabschnitte „zweite Nachthälfte“ (0 Uhr bis 6 Uhr), „Vormittag“ (6 Uhr bis 12 Uhr), „Nachmittag“ (12 Uhr bis 18 Uhr) und „erste Nachthälfte“ (18 Uhr bis 24 Uhr) aufgespalten. Die entsprechenden Häufigkeitsverteilungen sind (analog zu Abb. 1) in der Abb. 2 dargestellt, wiederum getrennt für Juli und August. Im Juli gruppieren sich die Differenzen in der zweiten Nachthälfte ziemlich eng um 0° , rücken bis zum Nachmittag unter Verbreiterung des Schwankungsbereiches zur positiven Seite vor, um sich dann in der ersten

Nachthälfte wiederum 0° zu nähern. Wie nicht anders zu erwarten, gehören die positiven Abweichungen mehr den Tagesstunden, die negativen mehr den Nachtstunden an. Im August verändert sich das Bild aus dem oben angeführten Grunde insofern, als die zweite Nachthälfte vornehmlich geringe negative Werte aufweist, d. h. jetzt also der Topf in der Regel etwas kälter ist als der Bestand. Temperaturgleichheit herrscht nun vor allem am Vormittag und in der ersten Nachthälfte, während der Nachmittag überwiegend positive Abweichungen zeigt. Trotzdem liegen auch im August bei den stärker hervortretenden Expositionsunterschieden die Gipfelpunkte der Differenzhäufigkeit nicht allzu weit von 0° entfernt.

Es sollte weiterhin noch geprüft werden, in welchem Ausmaß die verschiedenen Witterungsverhältnisse einen Einfluß auf die mikroklimatischen Bedingungen im Infektionstopf und im normalen Feldbestand auszuüben vermögen. Da für die Ausbildung der hier untersuchten mikroklimatischen Differenzen in erster Linie die Strahlungsverhältnisse verantwortlich sind, wurde eine Aufteilung des Materials nach heiteren und trüben Tagen vorgenommen, wobei jedoch für die Festlegung dieser Tage zur Gewinnung eines größeren Materials die aus der klimatologisch üblichen Definition heiterer und trüber Tage sich ergebenden Grenzwerte für die mittlere Bewölkung um einen Bedeckungsgrad nach oben bzw. unten erweitert wurden. Die entsprechenden Häufigkeitsverteilungen der Temperaturunterschiede zwischen Topf und Bestand sind in der Abb. 3, wiederum für Juli und August getrennt dargestellt, zu finden. An trüben Tagen im Juli liegen die Differenzen besonders eng um 0° . Größere positive Differenzen kommen nur an heiteren Tagen vor. Die aus der summarischen Darstellung der Abb. 1 ersichtliche leichte positive Abweichung der Topf-temperatur gegenüber dem Bestand ist danach allein auf eine geringfügige Überwärmung des Topfes an heiteren Tagen zurückzuführen. Auch die Darstellung für den August zeigt prinzipiell das gleiche Bild, lediglich mit einer stärkeren Betonung größerer positiver Abweichungen. Im Juli liegen 95% aller Werte an trüben Tagen zwischen $-0,5^{\circ}$ und $+1,0^{\circ}$, an heiteren Tagen zwischen $-0,7$ und $+3,1^{\circ}$. Im August sind die entsprechenden Grenzwerte $-1,2^{\circ}$ — $+3,6^{\circ}$ an trüben Tagen und $-1,7^{\circ}$ — $+6,8^{\circ}$ an heiteren Tagen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß die Temperaturverhältnisse in den Infektionstopfen denen im Wurzelraum eines natürlichen Bestandes zumindest im Juli, als der für den Schorfbefall wichtigen Zeit, sehr weitgehend entsprechen. Die geringe Übererwärmung des Topfes könnte überdies im Hinblick auf den wärmebedürftigen Schorferreger nur als günstig bezeichnet werden. Wir werden weiter unten noch darauf zurückkommen.

2. Feuchtigkeit.

Die relative Luftfeuchtigkeit im Infektionstopf lag bei allen durchgeführten Messungen ausnahmslos über

90% und hielt sich während der gesamten Meßdauer in der Nähe des Sättigungspunktes. Das ist insofern bemerkenswert, als die relative Luftfeuchtigkeit der Außenluft während warmer und trockener Perioden teilweise recht erheblich absank. So betrug z. B. am 10. August um 15 Uhr die relative Luftfeuchtigkeit in 200 cm Höhe 27%, während im Topf immer noch ein Wert von 92% als der niedrigste überhaupt beobachtet wurde. Die in 15 cm Tiefe im Bestand nach dem Gewichtsverfahren gemessene Bodenfeuchtigkeit war während des entsprechenden Zeitabschnitts auf rund

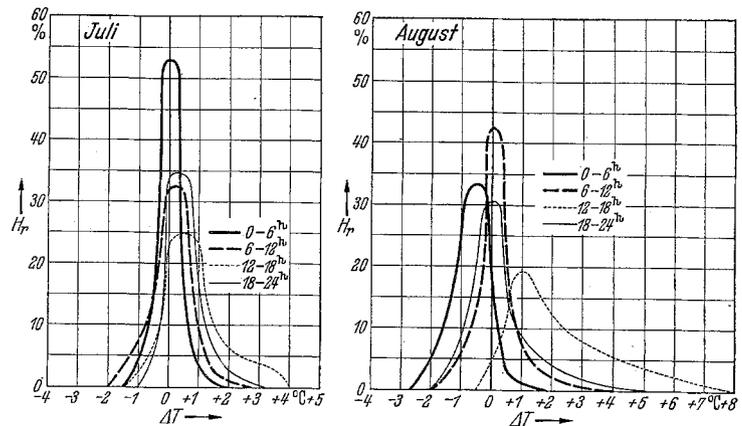


Abb. 2. Häufigkeitsverteilung der stündlichen Temperaturdifferenzen Topf — Feld zu verschiedenen Tageszeiten im Juli und August 1953 (relative Häufigkeit).

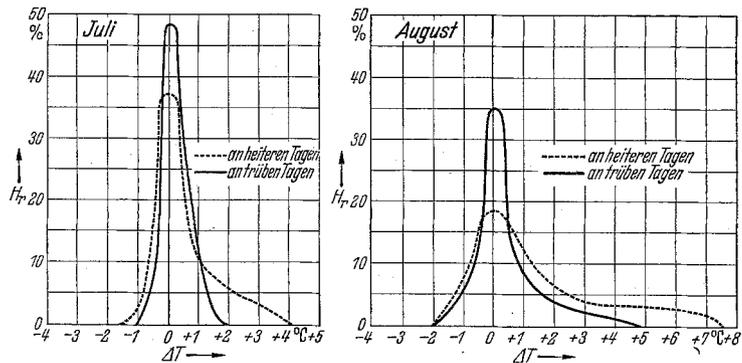


Abb. 3. Häufigkeitsverteilung der stündlichen Temperaturdifferenzen Topf — Feld an heiteren und trüben Tagen im Juli und August 1953 (relative Häufigkeit).

15% (bezogen auf trockenen Boden) abgesunken. Da naturgemäß die im Topf gemessene Luftfeuchtigkeit gewissermaßen die Bodenluftfeuchtigkeit eines überdimensionalen Bodenhohlraumes darstellt, ist sie als völlig anders geartete Größe nicht mit der Bodenfeuchtigkeit, d. h. dem Wassergehalt des Bodens vergleichbar. Es ergeben sich jedoch auch aus diesen Messungen gewisse Schlußfolgerungen, auf die weiter unten noch eingegangen werden wird.

IV. Die mikroklimatischen Bedingungen im Hinblick auf die Infektionsmöglichkeiten für den Kartoffelschorf.

1. Temperatur.

Bei den oben angeführten Infektionsversuchen wurde ausschließlich von Sporensuspensionen des auf künstlichen Nährböden angezogenen Erregers ausgegangen. Es erscheint daher angebracht, zunächst die Temperaturansprüche von *Streptomyces scabies* bezüglich der Keimung und des Wachstums näher zu erörtern. Nach Untersuchungen von SHAPOVALOV (17)

wird als optimale Wachstumstemperatur 25–30° C angegeben, die stärkste Keimung erfolgte bei 35–40° C. WOLLENWEBER (19) berichtete von 19–34° C als günstigstem Temperaturbereich. *Actinomyces incanescens* vermochte sogar bei 41° C noch kräftig zu wachsen. GÄUMANN und HÄFLIGER (7) konnten für das Wachstumsoptimum 24° und als Maximum 35° C ermitteln.

Die Angaben über die Temperaturansprüche eines phytopathogenen Mikroorganismus können aus den von FISCHER und GÄUMANN (5) sowie GÄUMANN (6) näher ausgeführten Gründen lediglich als Anhaltspunkte gewertet werden. Immerhin zeigen die oben angeführten Daten, daß die Optimalwerte verhältnismäßig hoch liegen, und ein Vergleich mit den durchgeführten Temperaturmessungen ergibt, daß sie an ihrer unteren Grenze nur in seltenen Fällen sowohl im Feldbestand als auch in den Infektionstopfen erreicht werden. So betrug die absolut höchste Temperatur im Infektionstopf im Juli 25,9°, im August 28,5°, während die entsprechenden Werte im Feldbestand 23,5° im Juli und 22,5° im August betragen. Berücksichtigt man jedoch das für das Wachstum des Schorferregers ermittelte Temperaturminimum, welches von GÄUMANN und HÄFLIGER (7) mit 3° C angegeben wird, so befinden sich alle gemessenen Temperaturen oberhalb dieses Grenzwertes und dem Optimum genähert. Die absolut tiefste Temperatur betrug im Topf 10,5° und im Feldbestand 11,9°.

Seit den eingehenden Untersuchungen von FELLOWS (4) und JONES, MCKINNEY und FELLOWS (12) über die Beziehung zwischen dem Knollenwachstum und der Bildung des Kartoffelschorfes ist bekannt, daß die Entwicklung der Krankheit in direkter Beziehung zur Wachstumsintensität der Kartoffelknolle steht. Neuere Untersuchungen von GÄUMANN und HÄFLIGER (7) und HOOKER und PAGE (11) bestätigten diese Ansicht. Es interessiert daher in diesem Zusammenhang die Frage nach der Optimaltemperatur für das Knollenwachstum bei der Kartoffel. Nach GÄUMANN und HÄFLIGER (7) erwies sich der Knollenansatz unter den herrschenden Versuchsbedingungen von geringer Temperaturempfindlichkeit. Das durchschnittliche Knollengewicht ließ dagegen eine deutliche Gebundenheit an die Bodentemperatur erkennen. Die Sorten Bintje und Ideal zeigten ein Optimum zwischen 13 und 26° C mit einem deutlichen Gipfel bei 20–26° C. In mehreren Versuchsreihen von JONES, MCKINNEY und FELLOWS (12) schwankte die Optimaltemperatur, gemessen am höchsten Knollenertrag, zwischen 15 und 24° C. Nimmt man als Optimaltemperatur für das Knollenwachstum 18° C an, dann ergibt sich aus einem Vergleich mit den Ergebnissen der Temperaturmessungen, daß diese dem Optimum sehr nahe kommen. Bei der Betrachtung der Absolutwerte der Temperatur z. B. für den Monat Juli ließ sich feststellen, daß eine Temperatur um 18° (17–19°) im Infektionstopf durchschnittlich 7½, im Bestand 9½ Stunden täglich herrschte.

JONES, MCKINNEY und FELLOWS (12) fanden weiterhin, daß die stärkste Ausbildung des Kartoffelschorfes zwar nicht völlig mit dem Optimum der Knollenentwicklung übereinstimmt, jedoch in deren Nähe zu finden war. GÄUMANN und HÄFLIGER (7) konnten ebenfalls feststellen, daß sich das Ertragsoptimum weitgehend mit dem Schorfoptimum deckt. Nimmt man

unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse für das Auftreten des Kartoffelschorfes einen Optimalbereich von 16–20° C an, eine Temperaturspanne, die vom Standpunkt des Erregers aus als suboptimal zu bezeichnen ist, so wird man den Angaben von GÄUMANN und HÄFLIGER (7) gerecht, ohne sich aus dem von JONES, MCKINNEY und FELLOWS (12) ermittelten Bereich zu entfernen. Bei Berücksichtigung dieses Temperaturbereiches läßt sich das Folgende aus den Messergebnissen ableiten: Entnimmt man den Temperaturregistrierungen die tägliche Zeitdauer mit Temperaturen zwischen 16 und 20°, so findet man, daß es im Juli 1953 keinen einzigen Tag gab, an dem nicht mindestens für einige Stunden diese Optimaltemperaturen herrschten. Die niedrigste beobachtete Zeitdauer betrug im Feldbestand drei Stunden, ein Wert, der nur einmal vorkam. Der nächst höhere Wert betrug schon 9,5 Stunden. Eine Zeitdauer von 24 Stunden pro Tag wurde dagegen fünfmal verzeichnet, eine solche von 12 Stunden und mehr bereits zwanzigmal. Dabei war der Juli 1953 klimatisch durchaus nicht als extrem anormal zu bezeichnen. Er war vielmehr für den Versuchsort im ganzen nur etwas wärmer und trockener als normal bei leicht überdurchschnittlicher Bewölkung und schwach unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer. Ganz ähnlich lagen die Verhältnisse im Infektionstopf. Auch hier ergab sich als niedrigster Wert 3 Stunden, während der nächst höhere bei 7,3 Stunden lag, 24 Stunden dreimal und 12 Stunden und mehr sechszehnmals vorkamen. Insgesamt standen im Juli 24 Tage mit vollständiger Registrierung auswertbar zur Verfügung. Als Durchschnitt für Juli ergaben sich im Feldbestand rund 17 Stunden, im Infektionstopf rund 15 Stunden täglich mit Temperaturen im Optimalbereich von 16–20°.

Ungünstiger lagen die Verhältnisse im August, dessen klimatischer Charakter hinsichtlich Temperatur und Niederschlag auch etwa den Normalwerten entsprach, während die Bewölkung etwas unternormal war und demzufolge die Sonnenscheindauer leicht über dem Regelwert lag. Die niedrigsten Werte für die Zeitdauer optimaler Temperaturen lagen hier im Feldbestand bei 0 und 5 Stunden, während Tage mit 24 Stunden nur einmal, solche mit 12 Stunden und darüber zehnmal unter 23 Meßtagen vorkamen. Im Infektionstopf lag der niedrigste Wert bei 4 Stunden, 24 Stunden wurden überhaupt nicht, 12 Stunden und darüber nur viermal erreicht. Als Mittelwerte für die Zeitdauer der Optimaltemperaturen im August ergaben sich täglich rund 12 Stunden im Feldbestand und täglich rund 10 Stunden im Infektionstopf. Da jedoch die Augustverhältnisse für den Schorfbefall eine geringere Rolle spielen, ist das Absinken der Zeitdauer mit schorfgünstigen Temperaturen in diesem Zeitabschnitt ohne wesentliche Bedeutung.

Wie sich nun im Durchschnitt diese Optimaltemperaturen auf die einzelnen Tagesstunden verteilen, ist in Abb. 4 durch die mittlere Dauer je Stunde dargestellt. Im Juli zeigt sich, daß schorfgünstige Temperaturen vornehmlich von Mittag an bis etwa Mitternacht herrschen, während sie in den Morgenstunden seltener vorkommen. Im August ist eine allgemeine Abnahme der Häufigkeit festzustellen, und die Unterschiede zwischen den Morgenstunden und der übrigen Zeit des Tages sind weniger groß, im ganzen bleibt jedoch das Bild das gleiche. In beiden Fällen zeigt sich

wieder die recht gute Übereinstimmung zwischen den Verhältnissen im Infektionstopf und denen im natürlichen Bestand. Die allgemein etwas günstigeren Verhältnisse des natürlichen Bestandes kamen schon in den oben angeführten Mittelwerten zum Ausdruck.

Die Verteilung der günstigen Temperaturen auf die einzelnen Tagesstunden ändert sich naturgemäß mit der Witterung. In Abb. 5 sei daher gezeigt (nur für Juli), wie sich dieser Einfluß der allgemeinen Witterung auswirkt, und zwar durch die der Abb. 4 entsprechenden Mittelwerte für „kühle Tage“ (= Tage mit einer mittleren Lufttemperatur unter 16°), „normale Tage“ (Lufttemperatur-Tagesmittel 16°–20°) und „warme Tage“ (Lufttemperatur-Tagesmittel über 20°). An kühlen Tagen liegen die günstigen Temperaturen vornehmlich in der Zeit zwischen 12 und 22 Uhr, an normalen Tagen herrschen sie jedoch in der Hauptsache

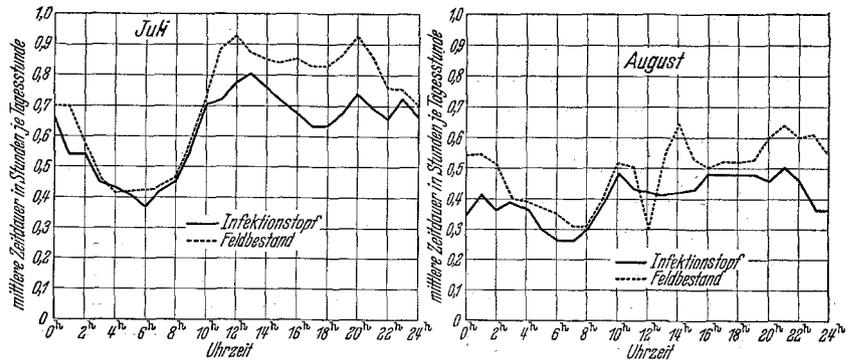


Abb. 4. Mittlere stündliche Dauer der Temperaturen von 16–20°.

sein, weil man sich dann ein Bild von den mikroklimatischen Verhältnissen bei und nach der Infektion machen kann, ohne auf die technisch nicht jedem mögliche Temperaturregistrierung mit Spezialgeräten angewiesen zu sein. Beschränkt man sich auf die Messung der Bodentemperatur in 20 cm Tiefe auf dem üblichen Meßfeld (freier Acker) einer Klimastation, so stellt sich der Zusammenhang zwischen dem Tagesmittel dieser

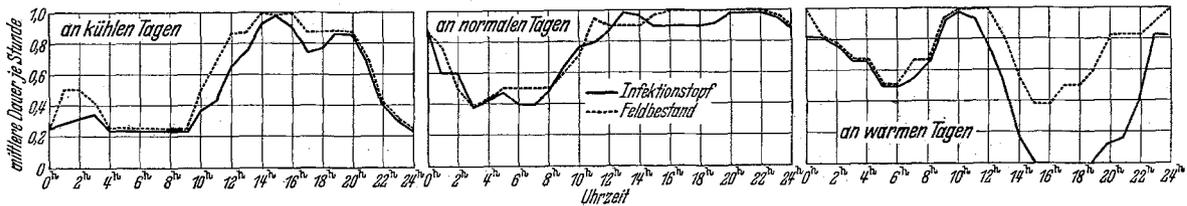


Abb. 5. Mittlere stündliche Dauer der Temperaturen von 16–20° bei verschiedener Witterung im Juli

schon ab 9 Uhr bis über Mitternacht hinaus gegen 2 Uhr. Anders an warmen Tagen. Hier sind die günstigen Zeiten in der Nacht von etwa 22 Uhr (im Feldbestand schon ab 19 Uhr) bis gegen 5 Uhr morgens, und nochmals vormittags etwa zwischen 7 Uhr und 12 Uhr (im Feldbestand etwas über Mittag hinaus). An kühlen und normalen Tagen sind die Verhältnisse im Topf und im Bestand praktisch völlig gleichartig. Nur an warmen Tagen macht sich die leichte Über-temperatur des Topfes infolge Überschreitens der angenommenen oberen Grenze von 20° durch stärkeres Absinken der Häufigkeit günstiger Temperaturen bemerkbar.

Im (hier nicht dargestellten) August werden aus den schon genannten Gründen die Verhältnisse etwas ungünstiger. Das Bild der normalen Tage im August entspricht etwa dem der warmen Tage im Juli. An kühlen Tagen im August herrschen günstige Verhältnisse im allgemeinen zwischen 13 und 21 Uhr, an warmen Tagen zwischen 0 und 10 Uhr. Bemerkenswert ist, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Tagesstunden viel schärfer ausgeprägt sind, so daß sich z. B. an kühlen und warmen Tagen die günstigen Verhältnisse nahezu ausschließlich nur zu den oben angegebenen Zeiten einstellen, während die mittleren Andauerwerte zu den übrigen Zeiten Null werden.

Diese Abhängigkeit von den Außenbedingungen läßt natürlich die Frage auftauchen, ob sich aufgrund der üblichen Klimabeobachtungen abschätzen läßt, mit welcher Häufigkeit schorfgünstige Temperaturen in den Infektionstopfen bzw. im Feldbestand wahrscheinlich aufgetreten sind. Für die praktische Arbeit nach dieser Infektionsmethode würde dies von Vorteil

Bodentemperaturen (aus den Ablesungen um 7, 14 und 21 Uhr berechnet) und der mittleren Dauer der Temperaturen von 16–20° im Infektionstopf, bzw. im Feldbestand so dar, wie in Abb. 6 angegeben. Danach kann man (unter den Bedingungen eines normalen mitteleuropäischen Sommers) im Juli bei mittleren Bodentemperaturen zwischen etwa 17,5 und 21,5° damit rechnen, daß sowohl im Infektionstopf als auch im Feldbestand mehr als 12 Stunden lang schorfgünstige Temperaturen herrschen.

Aber natürlich auch dann, wenn man nicht an einer benachbarten Klimastation, sondern unmittelbar im Wurzelraum der Kartoffeln selbst dreiterminige Bodentemperaturmessungen durchführt, läßt sich zwischen diesen Mitteltemperaturen und der Dauer schorfgünstiger Temperaturen eine Beziehung finden, wie sie in Abb. 7 dargestellt ist. Hier kann im Durchschnitt mit einer Dauer von mehr als 12 Stunden gerechnet werden, wenn der Mittelwert der Bodentemperatur zwischen rund 16 und 21° (im Bestand auch über 21°) liegt.

Für eine sorgfältigere Abschätzung der infektionsgünstigen Temperaturverhältnisse wäre neben der Mitteltemperatur auch noch die aus der Differenz zwischen Höchst- und Tiefstwert zu bestimmende Tagesschwankung der Temperatur zu berücksichtigen, wie dies in Abb. 8 für die Verhältnisse im Infektionstopf dargestellt ist. Mit 12- bis 24-stündiger Dauer schorfgünstiger Temperaturen kann danach in der Regel dann gerechnet werden, wenn die Mitteltemperatur zwischen 17 und 19° liegt und die Tagesschwankung 6° nicht überschreitet. Allgemein werden die Verhältnisse, wie Abb. 8 zeigt, mit abnehmender Tagesschwankung

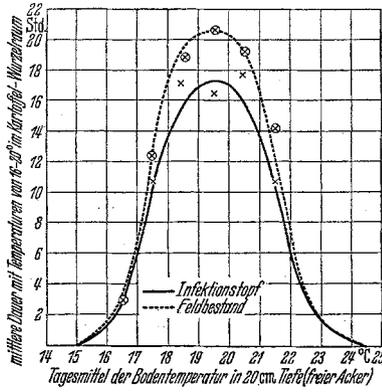


Abb. 6. Beziehung zwischen Tagesmittel der Bodentemperatur (normales Meßfeld) und Dauer günstiger Temperaturen für Schorf im Wurzelraum von Kartoffeln.

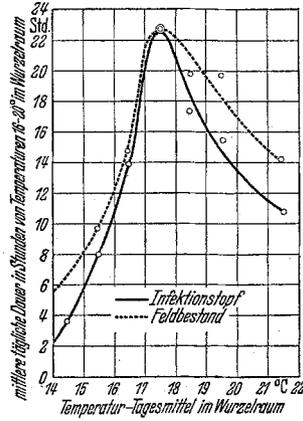


Abb. 7. Beziehung zwischen der Dauer schorfünstiger Temperaturen (16—20°) und der aus 3 Terminen errechneten Mitteltemperatur im Wurzelraum (Juli).

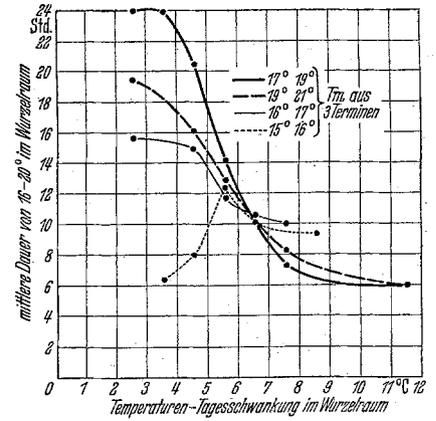


Abb. 8. Zusammenhang zwischen Temperatur-Tageschwankung und Dauer schorfünstiger Temperaturen bei verschiedener Mitteltemperatur (Infektionsstopp).

kung günstiger. Nur bei niedriger Mitteltemperatur (15—16°) steigt die Dauer günstiger Temperaturen mit zunehmender Tagesschwankung bis 6° zunächst an und folgt erst dann der allgemeinen Abnahme bei Vergrößerung der Tagesschwankung. Mit einiger Sicherheit können offenbar also die besonderen klimatischen Bedingungen auch aus einigen wenigen Termmessungen erschlossen werden.

Die obigen Betrachtungen gingen von einer Optimaltemperatur für den Schorfbefall von 16—20° aus, die sich aus einem Kompromiß zwischen den Angaben von GÄUMANN und HÄFLIGER (7) und denen von JONES, MCKINNEY und FELLOWS (12) ergab. Es sei nun noch kurz dargestellt, wie die Dinge liegen würden, wenn man nach den Angaben von JONES, MCKINNEY und FELLOWS (12) einen Optimalbereich von 18—24° berücksichtigen würde, wobei wir uns auf die Betrachtung der Verhältnisse im Juli beschränken wollen. Die mittlere tägliche Dauer günstiger Temperaturen sinkt dann im Lochtopf von 15 auf 10 Stunden, woran der Vormittag mit rund 3, der Nachmittag mit rund 7 Stunden beteiligt ist (Vormittag = 0—12 Uhr, Nachmittag = 12—24 Uhr).

Günstige Verhältnisse herrschen also vornehmlich in den Nachmittagsstunden. Unter den 24 Meßtagen befinden sich 10 mit mehr als 12 Stunden, einer mit 24 Stunden, aber außerdem 4 Tage, an denen diese Bedingungen überhaupt nicht erfüllt waren. Im natürlichen Bestand dagegen sinkt die mittlere tägliche Dauer von 17 Stunden auf nur 8 Stunden, davon entfallen rund 2,5 Stunden auf den Vormittag und 5,5 Stunden auf den Nachmittag. Also auch hier ist der Nachmittag bevorzugt. Ebenfalls finden sich 10 Tage mit mehr als 12 Stunden und ein Tag mit 24 Stunden, jedoch 7 Tage, an denen die Bedingungen nicht erfüllt waren. Die Unterschiede zwischen Topf und Bestand sind also auch bei Berücksichtigung eines Optimalbereiches von 18—24° nicht sehr groß und in beiden Fällen kommen günstige Temperaturen recht häufig vor. Die oben erwähnte leichte Übererwärmung des Topfes wirkt sich jetzt aber günstig im Sinne des Schorfbefalls aus.

Zusammenfassend läßt sich also hinsichtlich der Temperatur sagen, daß die Unterschiede zwischen Infektionsstopp und natürlichem Bestand nicht erheblich sind und daß unter Umständen die Abweichungen der Topftemperatur von der Bestandstemperatur für den Schorfbefall nur günstig zu werten sind.

2. Feuchtigkeit.

Die einschlägige Literatur bringt zahlreiche Hinweise auf die Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit für den Kartoffelschorf. Sie lassen sich alle in einem einzigen Satz vereinigen, daß Trockenheit während der Vegetationsperiode einen starken Schorfbefall nach sich zieht und Niederschläge im Juni und Juli eine schorf-mindernde Wirkung besitzen. SCHLUMBERGER (16) führt dafür aus langjährigen Feldbeobachtungen beweiskräftiges Material an, welches im Einklang mit Ergebnissen anderer Autoren steht. SANFORD (15) konnte feststellen, daß bei hoher Bodenfeuchtigkeit (34 und 29%) keine Schorfbildung im Gegensatz zu 22 und 14% zu beobachten war. Nach DIPPENAAR (3) zeigte sich ein Absinken der Krankheit bei 55% Wasserkapazität und darüber. Bestätigende Ergebnisse werden auch von NOLL (14), APPEL und RICHTER (1) und DE BRUYN (2) mitgeteilt. Durch Variieren der Bodenfeuchtigkeit konnte der Schorfbefall, solange die Pflanzen wuchsen, beliebig gesteigert oder vermindert werden. Bewässerungsversuche von STARR, CYKLER und DUNNEWALD (18) ergaben unter Feldbedingungen das gleiche Bild. Aus den angeführten Feststellungen läßt sich also eine besondere Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit entnehmen. Auf den ersten Blick scheinen die eigenen Messungen der Feuchtigkeit im Innern des Infektionstopfes in Widerspruch dazu zu stehen, da diese immer über 90% relative Luftfeuchtigkeit ergaben. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß sich die obigen Angaben auf den Wassergehalt des Bodens beziehen, und Aussagen über den Wassergehalt der Bodenluft nicht einschließen. Bei den vorliegenden Untersuchungen handelt es sich aber, wie erwähnt, um die Feststellungen der Bodenluftfeuchtigkeit in einem Bodenhohlraum großen Stils.

Die oben schon angeführten Ergebnisse der Messung der Luftfeuchtigkeit im Topf scheinen nun geeignet, in gewisser Hinsicht ein Licht auf die Rolle der Bodenfeuchtigkeit bei der Bildung des Kartoffelschorfes zu werfen. In zahlreichen Kulturversuchen mit *Streptomyces scabies* zeigte sich nämlich, daß der Erreger sich auch bei hoher Luftfeuchtigkeit entwickelt, derartige Bedingungen also keine nachteilige Wirkung auszuüben scheinen. Nun liegt, wie Untersuchungen von GEIGER (8) zeigen, die Bodenluftfeuchtigkeit schon in einer relativ geringen Entfernung von der Erdoberfläche meist nahe der Sättigung. In diesem Sinne bestehen also nach unseren Messungen auch hinsichtlich

der Feuchtigkeit kaum Unterschiede zwischen Topf und Bestand. Die Vorstellung einer Wirkung der Bodenfeuchtigkeit über die Erhöhung bzw. Erniedrigung der Bodenluftfeuchtigkeit ist daher nicht zu begründen. Berücksichtigt man ferner, daß die Krankheit in der Regel auf gut durchlüfteten Böden auftritt und daß der Erreger des Kartoffelschorfes als stark aerophil bekannt ist, dann muß man zu folgender Auffassung über die Gründe für die beobachtete Wirkung der Bodenfeuchtigkeit kommen.

Weder die Bodenfeuchtigkeit selbst, noch die Bodenluftfeuchtigkeit üben unter normalen Bedingungen eine direkte Wirkung aus. Der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit liegt vielmehr darin, daß eine Erhöhung des Wassergehaltes des Bodens zwangsläufig eine Verdrängung der für die Entwicklung des Erregers so wichtigen Bodenluft zur Folge haben muß. Diese Verdrängung der Bodenluft bei ansteigender Bodenfeuchtigkeit ist eine allgemein bekannte Tatsache. Der unter dem Einfluß der Bodendurchfeuchtung wechselnde Luftgehalt des Bodens dürfte also die festgestellte Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit erklären. Mit hin sind die Verhältnisse im Infektionstopf bezüglich der Feuchtigkeit immer günstiger für den Schorf, als im natürlichen Bestand, da hier dem Erreger auch bei starken Niederschlägen und hoher Bodendurchfeuchtung stets eine mehr als ausreichende Luftmenge geboten wird.

Zusammenfassung.

1. Es wurden in den Monaten Juli und August 1953 mikroklimatische Messungen in für Kartoffelschorfresistenzprüfungen besonders geeigneten Infektionstopfen sowie in einem benachbarten normalen Kartoffelbestand durchgeführt.

2. Die Ermittlung der Temperaturbedingungen ergab, daß trotz extremer Exposition keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Meßstellen auftraten. Die relative Luftfeuchtigkeit im Topfinneren betrug jederzeit über 90%.

3. Bei einer unter Berücksichtigung der einschlägigen Literatur angenommenen Optimalbereich für die Bildung des Kartoffelschorfes von 16–20° C konnte gefunden werden, daß im Monat Juli durchschnittlich im Feldbestand täglich eine 17-stündige, im Infektionstopf eine 15-stündige Dauer dieser Temperatur herrscht. Es wird eine Betrachtung über die Verteilung der Optimaltemperatur auf die einzelnen Tagesstunden sowie ihre Abhängigkeit von den jeweiligen Witterungsbedingungen wiedergegeben.

4. Es werden Vorschläge für die Ermittlung der Dauer optimaler Temperaturbedingungen bei der praktischen Verwendung der Resistenzprüfungsmethode erörtert.

5. Die Feuchtigkeitsbestimmungen im Infektionstopf und im normalen Kartoffelbestand führten zu der Ansicht der indirekten Wirkung der Bodenfeuchtigkeit auf den Schorfbefall. Eine über einen gewissen Punkt ansteigende Bodenfeuchtigkeit führt zu einer für *Streptomyces scabies* ungünstig wirkenden Verminderung der Bodenluft. Darin finden eine Reihe von Beobachtungen über das Auftreten der Krankheit ihre Erklärung.

6. Die Untersuchungen brachten den Nachweis, daß Kartoffelschorfresistenzprüfungen in den erwähnten Infektionstopfen auch vom mikroklimatischen Standpunkt aus unter weitgehend natürlichen Bedingungen durchgeführt werden.

Literatur.

1. APPEL, O. und RICHTER, H.: Neuere Erfahrungen der Kartoffelschorfbekämpfung. Mitt. f. d. Landw. 55, 914 bis 915 (1940). — 2. DE BRUYN, H. L. G.: Hef schurftvraagstuk van mycologische zijde bekeken. Landbouwkundig tijdschr. 47, (1935). — 3. DIPPENAAR, B. J.: Environment and treatment in relation to common scab. Phytopathology 23, 9 (1933). — 4. FELLOWS, H.: Relation of growth in the potato tuber to the potato scab disease. Journ. agr. res. 32, 757–781 (1926). — 5. FISCHER, E. und GÄUMANN, E.: Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Fischer, Jena (1929). — 6. GÄUMANN, E.: Pflanzliche Infektionslehre. Birkhäuser, Basel (1950). — 7. GÄUMANN, E. und HÄFLIGER, E.: Der Einfluß der Bodentemperatur auf die Entwicklung und den Schorfbefall der Kartoffelknollen. Phytopath. Ztschr. 16, 85 bis 105 (1950). — 8. GEIGER, R.: Bericht über ein von G. HOFMANN entwickeltes Gerät zur Registrierung der Bodenluftfeuchtigkeit. Ber. d. Dtsch. Wetterd. i. d. U.S.-Zone Nr. 32, 24–27 (1952). — 9. HOFFMANN, G. M.: Die Schorfresistenzprüfung im Freiland, ihre Möglichkeiten und ihre Anwendung. Züchter 24, 11–17 (1954). — 10. HOOKER, W. J.: A technique for observing tuber enlargement and scab development in potatoes. Phytopathology 40, 390–391 (1950). — 11. HOOKER, W. J. und PAGE, O. T.: Potato tuber growth and scab infection. Phytopathology 41, 17–18 (1951). — 12. JONES, L. R., MCKINNEY, H. und FELLOWS, H.: The influence of soil temperature on potato scab. Agr. exp. stat. Univ. Wisconsin Res. Bul. 53 (1922). — 13. KLINKOWSKI, M. und HOFFMANN, G. M.: Eine Methode zur Schorfresistenzprüfung der Kartoffel. Züchter 22, 92–94 (1952). — 14. NOLL, A.: Untersuchungen über die Biologie und Bekämpfung des Kartoffelschorfes (*Actinomyces*). Landw. Jahrb. 89, 41–113 (1939). — 15. SANFORD, G. B.: The relation of soil moisture to the development of common scab of potato. Phytopathology 13, 231–236 (1923). — 16. SCHLUMBERGER, O.: Über das Verhalten der Kartoffelsorten gegen Schorf. Mitt. DLG 42, 200–202 (1927). — 17. SHAPOVALOV, M.: Effect of temperature on germination and growth of the common potato scab organism. Journ. agr. res. 4, 129–134 (1915). — 18. STARR, G. H., CYKLER, J. F. und DUNNEWALD, I. J.: The effect of soil moisture and other factors on potato scab. Am. potato Journ. 20 (1943). — 19. WOLLENWEBER, W. H.: Der Kartoffelschorf. Arb. Forsch. inst. Kartoffelbau, Heft 2. (1920).