



Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes

Herausgegeben von der BIOLOGISCHEN BUNDESANSTALT
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT BRAUNSCHWEIG

unter Mitwirkung der PFLANZENSCHUTZÄMTER DER LÄNDER

VERLAG EUGEN ULMER · STUTTGART

10. Jahrgang

Oktober 1958

Nr. 10

Inhalt: Weitere Untersuchungen zur Kaltbehandlung von Gerste und Weizen gegen Flugbrand (Niemann) — Beitrag zur Vapam-Wirkung gegen pathogene Bodenpilze (Domsch) — Zur Frage der Wirksamkeit von Endrin und Toxaphen im Flächenbehandlungsverfahren gegen die Große Wühlmaus (Gaudchau) — Mitteilungen — Literatur — Personalmeldungen — Amtliche Pflanzenschutzbestimmungen Neue Folge.

DK 631.531.173:632.451.2

Weitere Untersuchungen zur Kaltbehandlung von Gerste und Weizen gegen Flugbrand

Von Emil Niemann, Biologische Bundesanstalt, Institut für Getreide-, Ölfrucht- und Futterpflanzenkrankheiten,
Kiel-Kitzeberg

I. Einleitung

Nach dem Kriege wurde von verschiedenen Seiten der Versuch gemacht, die bisher ausschließlich verwendeten Heiß- bzw. Warmverfahren zur Flugbrandbekämpfung bei Gerste (*Ustilago nuda*) und Weizen (*U. tritici*) durch andere, ohne Wärme arbeitende Methoden zu ersetzen. Im einzelnen wurde hierüber an anderer Stelle zusammenfassend referiert (Niemann, 14). Über eigene, orientierende Versuche mit Weizen unter Verwendung der Kaltwasserquellung oder der anaeroben Benetzung wurde in einer früheren Veröffentlichung berichtet (Niemann, 15). Sie erbrachten als wichtigstes Ergebnis den Nachweis, daß die Wirkung auf die Triebkraft des Saatgutes — also die unerwünschte, schädigende Nebenwirkung der Behandlung — und die auf den Flugbrand unterschiedliche Ursachen haben. Hier dürfte ein Ansatzpunkt zum weiteren Ausbau dieser Verfahren liegen.

Inzwischen wurde von Böning und Wagner (2) über erfolgreiche Flugbrandbekämpfungsversuche mit einer nicht genannten chemischen Verbindung berichtet. Die Verf. vermuten, daß die Wirkung des Mittels in einer Beeinflussung der Saatgutatmung (also ähnlich wie bei den Kaltverfahren) zu suchen ist. Als Ausgangsbasis für weitere Versuche zur chemischen Flugbrandbekämpfung wie überhaupt zum Verständnis der verschiedenen Bekämpfungsverfahren erscheint daher ein näherer Einblick in die Grundlagen der anaeroben Kaltbehandlung erwünscht. Die eigenen letztjährigen Arbeiten¹⁾, über die hier berichtet wird, sollten zur weiteren Klärung folgender Fragen beitragen:

¹⁾ Die Untersuchungen wurden aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt, der ich hierfür meinen Dank sage.

²⁾ Um den Flugbrandbefall des Saatgutes nicht unkontrollierbar zu beeinflussen, gelangt es seit Jahren ohne zusätzliche Reinigung und Beizung zum Anbau. Hinsichtlich der Triebkraft entspricht es daher nicht den an normales Saatgut zu stellenden Anforderungen und reagiert besonders empfindlich auf jede Behandlung.

1. Welches sind die wirksamen Faktoren der Kaltbehandlung?
2. Welches sind die günstigsten Bedingungen für dieses Verfahren?
3. Wie wirkt es bei verschiedenen Sorten von Weizen und Gerste?

II. Methodik

(Einzelheiten hierzu vgl. bei Niemann, 15).

Verwendetes Saatgut²⁾ (eigener Nachbau 1956): „Santa-Fé“-Sommerweizen: 13,2% Flugbrand; 75,8% Triebkraft.

„Fricke“-Sommerweizen: 1,1% Flugbrand; 87,5% Triebkraft.
„Friedrichswerther“-Wintergerste: 8,0% Flugbrand; 86,2% Triebkraft.

„Isaria“-Sommergerste: 2,4% Flugbrand; 91,0% Triebkraft.
„Peragis“-Sommergerste: 3,0% Flugbrand; 90,6% Triebkraft.

Ermittlung des Flugbrandbefalls: Nach Aussaat auf dem Versuchsfeld wurden gesunde und brandbefallene Halme ausgezählt. Der prozentuale Befall wurde auf die unbehandelte, als 100 bewertete Kontrolle umgerechnet (Relativwerte).

Triebkraftbestimmung: Es wurde ein vereinfachtes Verfahren mit Aussaat unter Erde und siebentägiger Aufstellung bei 20,5°C verwendet. Auch hier wurde auf die gleichzeitig angesetzte, mit 100 bewertete Kontrolle umgerechnet.

Durchführung der Kaltwasserquellung: Je 150 g Saatgut wurden mit 400 ccm Leitungswasser in Gläsern eingequollen. 5fache Wiederholung mit verschiedener Behandlungszeit.

Durchführung der anaeroben Benetzung: Das Getreide wurde mit der angegebenen Wassermenge befeuchtet und gut durchmischt. Jeweils 170 g (bezogen auf lufttrockenes Saatgut) wurden in Flaschen von 350 ccm Fassungsvermögen eingefüllt, dann wurden diese mit Gummistopfen verschlossen und durch eine Bindung gegen Überdruck gesichert. 5fache Wiederholung mit verschiedener Behandlungszeit.

Kressewurzeltest: Kressesamen wurden 27 Stunden bei 20,5°C vorgekeimt. Dann wurden Keimlinge mit 5 mm langen Wurzeln ausgewählt (vgl. hierzu Niemann, 12) und in 3 mm dicke, gelochte, auf der zu prüfenden Lösung schwimmende Paraffinscheiben so eingesteckt, daß die Wurzeln in die Lösung tauchten. Nach 24stündiger Aufstellung bei 20,5°C wurde der Zuwachs der Wurzeln gemessen. Dieser Zuwachswert, bezogen auf das als 100 eingesetzte Wachstum einer Kontrollserie in Wasser, ergibt ein relatives Maß für die Hemmungswirkung der Quellflüssigkeit.

Bestimmung des Redoxpotentials: Die Messung erfolgte mit der Elektrodenkombination Platinelektrode/Glaselektrode unter Verwendung eines Röhrenvoltmeters. Entweder wurde eine laufende Messung direkt in dem eingequollenen Saatgut ohne Durchlüftung mit Stickstoff durchgeführt, oder die Messung wurde — wie früher beschrieben (15) — in einer abpipettierten Flüssigkeitsprobe vorgenommen. Die in mV gemessenen Potentiale wurden auf rH-Werte umgerechnet.

pH-Messung: Mit der Elektrodenkombination Glaselektrode/Kalomelektrode wurde entweder eine direkte Messung in dem eingequollenen Saatgut oder aber in einer davon abpipettierten, mit Stickstoff durchlüfteten Flüssigkeitsprobe vorgenommen.

Bestimmung des Keimgehaltes: Es wurde das Zehntelungsverfahren (Janke, 8) unter Verwendung von Fleischextrakt-Pepton-Brühe angewandt.

Katalasebestimmung: Volumetrische Bestimmung mit Wasserstoffperoxyd (Perhydrol, 30%ig) nach der Methode von Tillmans-Heublein (16). Die O₂-Werte beziehen sich auf 30 ccm Quellflüssigkeit (+ 30 ccm Phosphatpuffer von pH 7,0) oder auf 1 g grob geschrotetes Saatgut. Dieses wurde 2 Stunden vor der Bestimmung in 30 ccm destilliertem Wasser extrahiert und dann unter Zusatz von 30 ccm Puffer in das Reaktionsgefäß gespült.

Wassergehaltsbestimmung: Trockenschrankmethode bei 130°C (16).

Druckmessung: Bei der anaeroben Benetzung wurden je 5 Flaschen zusammen an ein Quecksilber-Luft-Manometer angeschlossen. Zu 5 verschiedenen Zeiten wurde der Überdruck in dem System gemessen, dann jeweils eine Flasche durch einen Glashahn von dem Manometer abgetrennt und das Saatgut entnommen.

III. Ergebnisse

A. Zustandsänderung bei Kaltwasserquellung

Bei Einguellung von Friedrichswerther Wintergerste nach der oben angegebenen Methode bei 20,5°C wurden in der Quellflüssigkeit nach verschiedener Zeit Messungen des Redoxpotentials, des pH-Wertes, des Keimgehaltes sowie der Katalaseaktivität durchgeführt. Die Wirkung der Quellbrühe auf das Kressewurzelwachstum wurde geprüft. Am eingequollenen Saatgut wurden die Triebkraft, die Katalaseaktivität, der Wassergehalt und — nach Aussaat — der Flugbrandbefall bestimmt. Die Ergebnisse, als Mittelwerte von jeweils 2—5 Bestimmungsserien, sind in Abb. 1 zusammengefaßt.

Nach 72 Stunden ist fast völlige, nach 96 Stunden völlige Wirkung auf den Flugbrand erreicht (a). Allerdings ist nach 72 Stunden auch schon ein 15%iger Abfall der Triebkraft (b) zu verzeichnen, der dann weiterhin sehr schnell zunimmt. Nach 120 Stunden ist die Keimkraft vollkommen erloschen.

Die Messungen in der Quellbrühe ergeben eine ständig zunehmende Hemmungswirkung derselben auf das Kressewurzelwachstum (c/I), die auch noch bei Verdünnung der Ausgangslösung auf ein Zehntel zu erkennen ist (c/II). Der Keimgehalt der Brühe nimmt von $8 \cdot 10^6$ Keimen je ccm nach einstündiger Quellung bis auf $3,26 \cdot 10^9$ Keime je ccm nach 96stündiger Quellung zu (f) und geht dann bei 120stündiger Einguellung wieder etwas zurück.

Wie schon früher für Weizen festgestellt (Niemann, 15), so fällt auch hier bei Gerste das Redoxpotential am ersten Tag stark ab, um dann wieder langsamer anzusteigen (d/I). Die Lage des Minimums ist

allerdings von der Methodik der Messung abhängig; wird diese in einer mit Stickstoff belüfteten Flüssigkeitsprobe durchgeführt (d/II), so wird das hier etwas höher liegende Minimum erst nach 48 Stunden erreicht.

Das Absinken des Redoxpotentials in der Quellbrühe läßt sich sehr schön durch Zusatz von Farbindikatoren, z. B. Methylenblau, demonstrieren (Abb. 2). Die Entfärbung setzt zuerst unten, in der Umgebung des eingequollenen Saatgutes, ein und schreitet dann allmählich nach oben fort. Die oberflächlichen, mit der Luft in Berührung stehenden Flüssigkeitsschichten behalten noch lange ihre blaue Färbung, haben also ein verhältnismäßig hohes Potential.

Der pH-Wert in der Quellbrühe (Abb. 1, e/I) zeigt erst einen starken Abfall, dann eine Zeitlang gleichbleibende

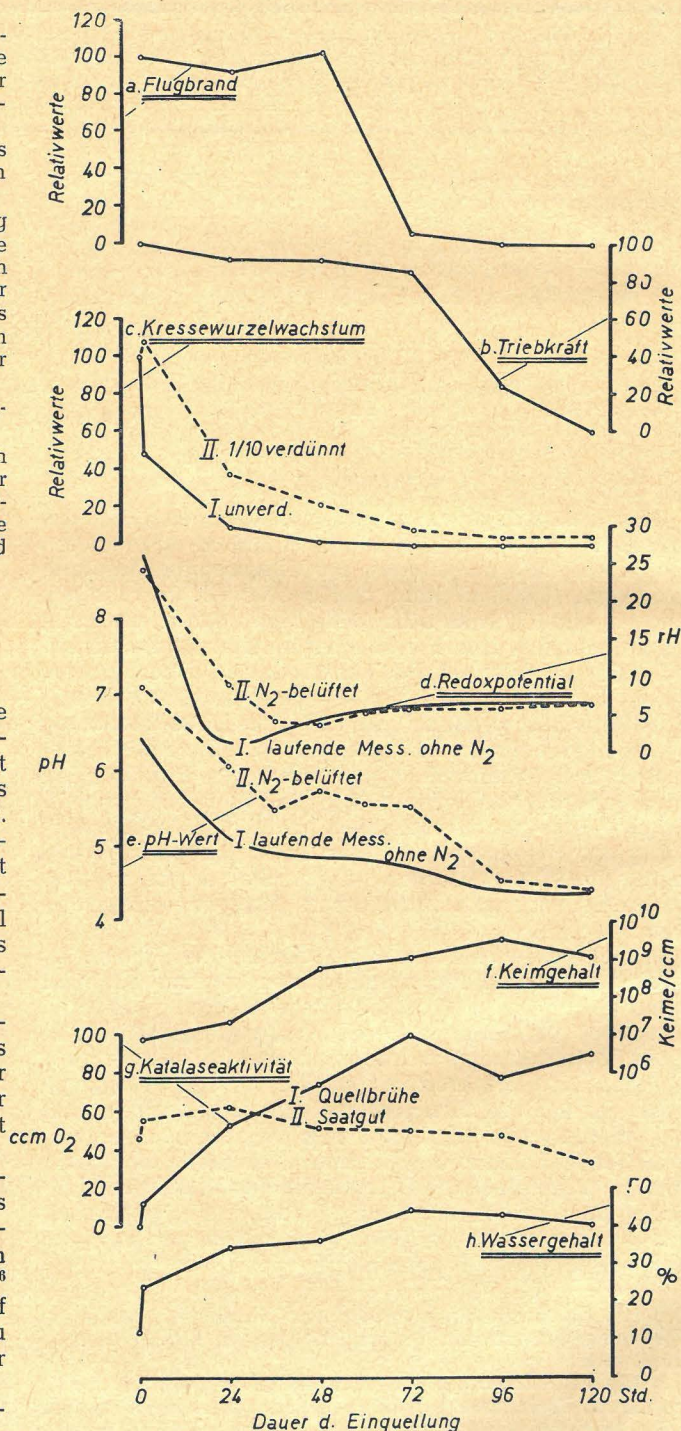


Abb. 1. Kaltwasserquellung von Friedrichswerther Wintergerste bei 20,5°C (± 0,5°). Einzelheiten im Text.

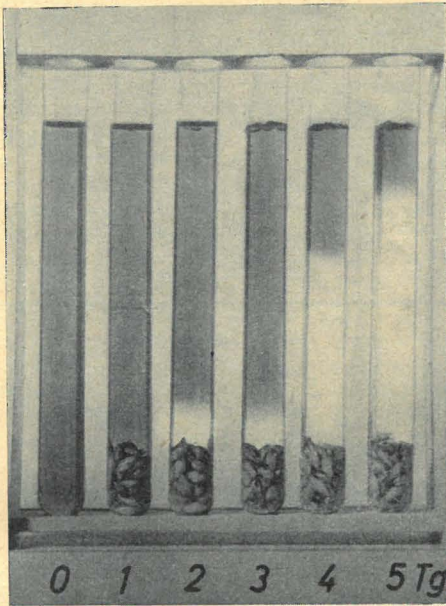


Abb. 2. Entfärbung einer Methylenblaulösung (0,005%) bei verschieden langer Einquellung von Wintergerste. Temperatur 20,5°C.

Werte und nach dem 3. Tage einen weiteren Abfall auf pH-Werte von 4,4. Messung in mit Stickstoff durchlüfteter Lösung (e/II) gibt ein etwas anderes Bild; denn die drei Abschnitte des Kurvenverlaufes sind hier noch deutlicher gegeneinander abgesetzt. Wahrscheinlich wird durch den eingeleiteten Stickstoff das bei der Atmung gebildete Kohlendioxyd verdrängt, so daß der pH-Wert zuerst höher liegt.

Unterschiedlich ist der Verlauf der Katalaseaktivität in der Quellbrühe (g/I), wo sie bis zum 3. Tage stark ansteigt, und im Saatgut (g/II), wo einem Anstieg während des ersten Tages der Quellung später ein langsamer Abfall folgt. Der Wassergehalt (h) des Saatgutes erreicht bis zum 3. Tage Werte von 44,8%. Im lufttrockenem Saatgut liegt er bei 13,0%.

B. Einquellung unter verschiedenen Bedingungen

In weiteren Versuchsserien wurde die Kaltwasserquellung von Wintergerste mit zahlreichen Abwandlungen durchgeführt. Von Interesse sind hiervon die Serien mit Einquellung in täglich gewechseltem Wasser (Abb. 3/a). Die Triebkraftschäden sind, im Vergleich zur Quellung in nicht gewechseltem Wasser (Abb. 3/b), wesent-

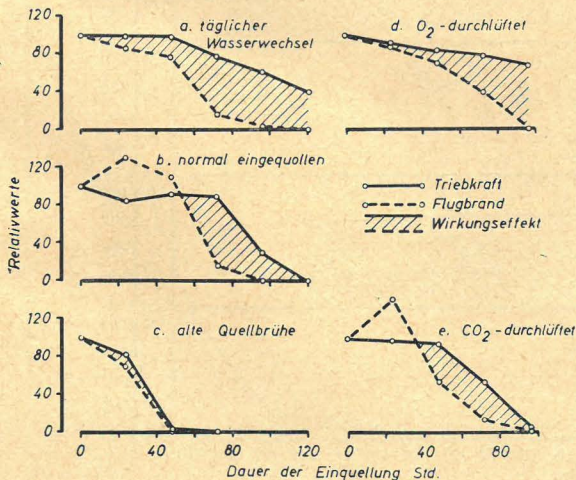


Abb. 3. Kaltwasserquellung von Friedrichswerther Wintergerste unter verschiedenen Bedingungen. Temperatur 20,5°C.

lich geringer, die Wirkung auf den Flugbrand hingegen setzt nach denselben Zeiten ein wie dort. Einquellung in alter Brühe, die bereits einmal zur 4tägigen Saatgutquellung benutzt wurde (Abb. 3/c), verstärkt die Triebkraftschäden sehr. Auch eine laufende Durchlüftung der Flüssigkeit mit Kohlendioxyd während der Dauer der Einquellung (Abb. 3/e) gibt stärkere Keimschädigungen. Durchlüftung mit Sauerstoff (Abb. 3/d) vermindert sie in ähnlicher Weise, wie es bei dem täglichen Wasserwechsel zu beobachten war. Allerdings ist bei der Sauerstoffbehandlung auch die Wirkung auf den Flugbrand nach 72 Stunden etwas schlechter.

Nach dem Ergebnis früherer Untersuchungen (15) sind die bei Kaltbehandlung auftretenden Triebkraftschäden vorwiegend der mikrobiellen Tätigkeit in der Quellbrühe zuzuschreiben. Es wurden daher Einquel-

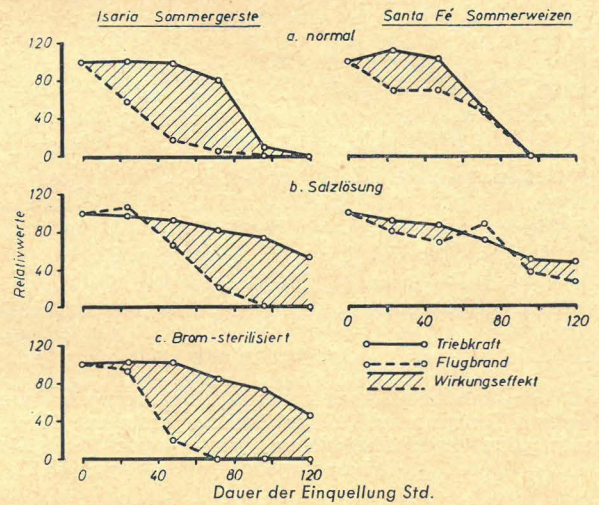


Abb. 4. Kaltwasserquellung von Sommergerste bzw. -weizen unter keimarmen Bedingungen. Temperatur 20,5°C.

lungen von oberflächlich mit Bromwasser sterilisierter, in sterilem Wasser nachgewaschener Sommergerste in verschlossenen Kolben durchgeführt³⁾. In einer weiteren Serie erfolgte die Quellung von Gerste bzw. Weizen in einer Salzlösung, die in ihrer Konzentration (3,85%) und Zusammensetzung der des Meerwassers angenähert war (30 g NaCl, 4 g Mg Cl₂, 2 g MgSO₄, 1,5 g CaSO₄, 1 g K₂SO₄ in 1000 ccm Wasser). In beiden Serien (Abb. 4/b und 4/c) sind die Keimschädi-

³⁾ Der Sterilisationserfolg läßt sich bei diesen verhältnismäßig großen Proben vor Beginn der Quellung nicht überprüfen. Einzelne Keime entgehen daher immer der Abtötung und können sich bei der langdauernden Einquellung schnell vermehren. Es ist daher keine völlige Sterilität, sondern nur Herabsetzung des Keimgehaltes zu erreichen.

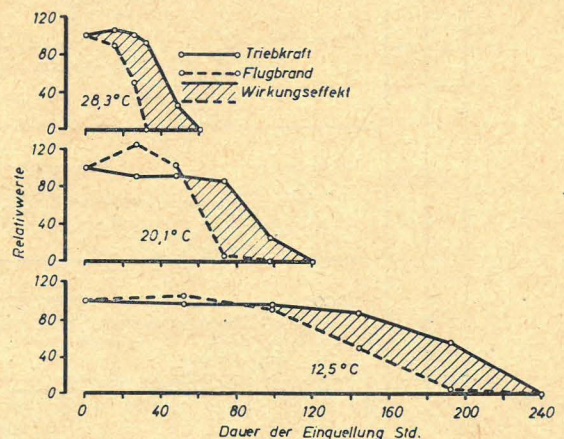


Abb. 5. Einquellung von Friedrichswerther Wintergerste bei verschiedener Temperatur.

gungen deutlich geringer als bei dem normal gequollenen Saatgut (Abb. 4/a). Die Bromsterilisation beeinflusst die Wirkung auf den Flugbrand nicht, während in der Salzlösung (besonders ausgeprägt bei dem „Santa-Fé“-Weizen) die Wirkung auf den Flugbrand schlechter ist.

C. Kaltbehandlung bei unterschiedlicher Wasserzugabe und Temperatur

Bei Weizen ist die für eine volle Wirkung auf den Flugbrand erforderliche Behandlungsdauer sowohl bei dem Einquellverfahren wie bei der anaeroben Benetzung sehr von der verwendeten Temperatur abhängig (Niemann, 15). Ein gleiches gilt auch für Gerste (Abb. 5). Auch hier zeigt

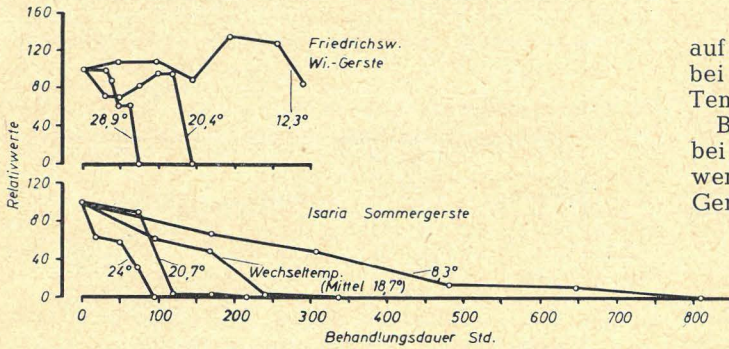


Abb. 6. Flugbrandbefall nach anaerober Benetzung bei verschiedener Temperatur. „Isaria“-Sommergerste mit 16% Wasserzugabe; Friedrichswerther Wintergerste mit 10% Wasserzugabe.

sich, wie schon beim Weizen, daß mit steigender Temperatur der Wirkungseffekt der Einquellung besser wird; die zum Zeitpunkt einer ausreichenden Wirkung

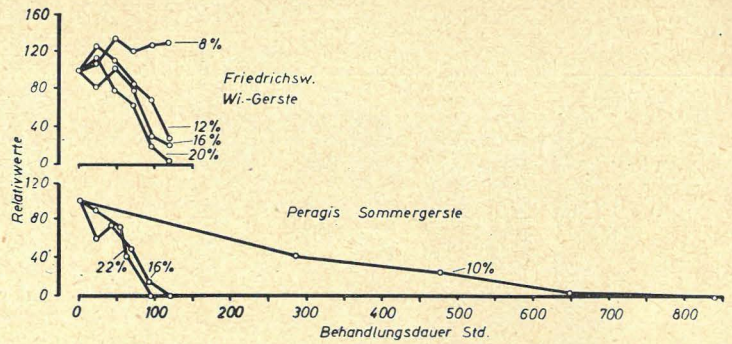


Abb. 7. Flugbrandbefall nach anaerober Benetzung zweier Gerstensorten mit verschiedener Wasserzugabe. Temperatur 20,5 °C.

auf den Flugbrand auftretenden Triebkraftschäden sind bei höherer Temperatur sehr viel geringer als bei tiefer Temperatur.

Bei dem anaeroben Benetzungsverfahren (Abb. 6) war bei verschiedener Temperatur innerhalb der hier verwendeten Behandlungszeiten bei beiden untersuchten Gerstensorten eine Triebkraftschädigung noch nicht festzustellen; die Darstellung der Ergebnisse dieses Versuches ist daher auf die Wiedergabe des Flugbrandbefalles beschränkt. Selbst bei 8,3 °C ist noch eine volle Wirkung zu erreichen, doch sind hierfür unverhältnismäßig lange Behandlungszeiten erforderlich. Ein Versuch mit Aufstellung in einem Gewächshaus bei Wechseltemperaturen von 11–31 °C (Mittelwert 18,7 °C) gibt entsprechend dem Mittelwert Ergebnisse, die zwischen die bei 8,3 °C und 20,7 °C erhaltenen Werte einzuordnen sind. Ein Vergleich der Ergebnisse bei den beiden verwendeten Gerstensorten ist nicht ohne weiteres möglich, da die Behandlung mit verschiedener Wasserzugabe durchgeführt wurde („Isaria“ 16%, „Friedrichswerther“ 10%).

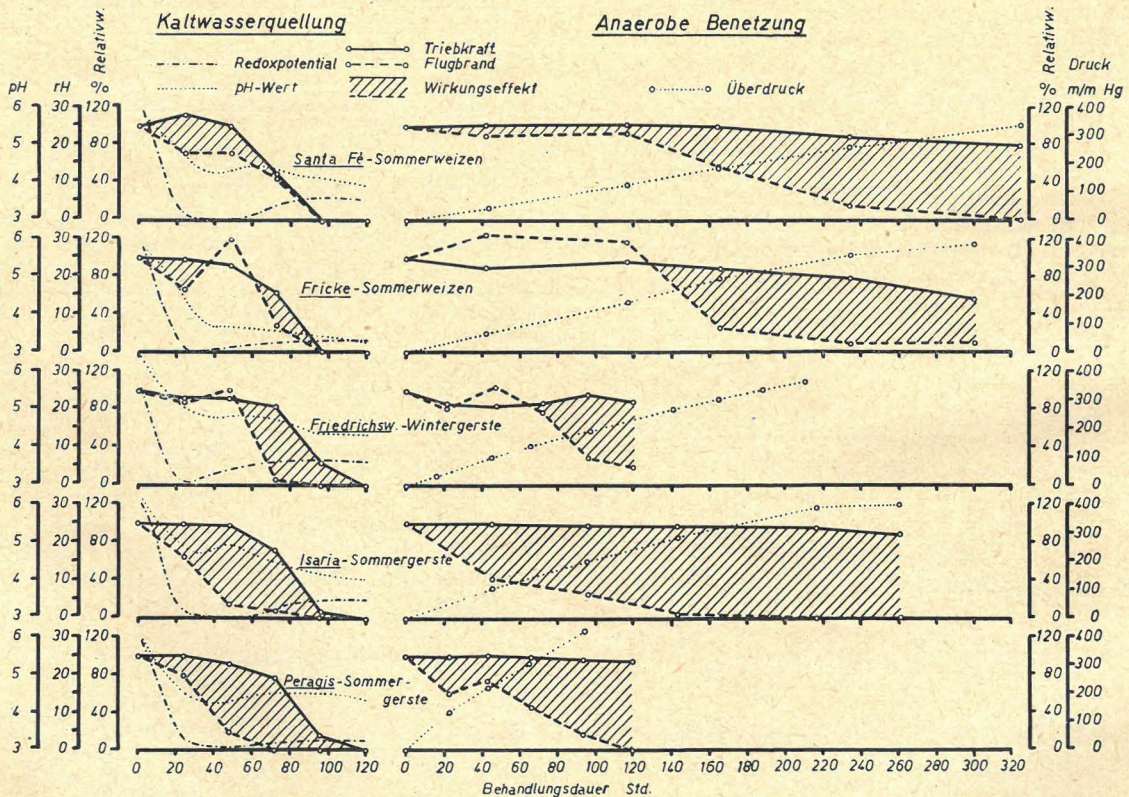


Abb. 8. Kaltbehandlung verschiedener Sorten von Weizen und Gerste bei 20,5°C. Anaerobe Benetzung mit 16% Wasserzugabe.

In seiner neuesten Veröffentlichung kommt T y n e r (19) zu dem Ergebnis, daß bei 48stündiger anaerober Benetzung bei 21—24° C eine Wasserzugabe von 20—24% erforderlich ist, um volle Wirkung gegen den Gerstenflugbrand zu erreichen. Nach den eigenen, in Abb. 7 wiedergegebenen Untersuchungen ist aber auch bei sehr viel geringerem Wasserzusatz (z. B. 10%) noch ein Bekämpfungserfolg gewährleistet, doch auch hier nur bei verlängerter Behandlungszeit. Um zu einigermaßen tragbaren Behandlungszeiten zu kommen, dürfte man — unter gleichzeitiger Verwendung möglichst hoher Temperaturen — wohl nicht unter 12—16% Wasserzugabe heruntergehen.

Welche Zeiten, Temperaturen und Wasserzugaben allgemein am günstigsten sind, läßt sich nicht ohne weiteres sagen, da dies ganz durch die Anforderungen und Möglichkeiten der Praxis — z. B. Rücktrocknungsmöglichkeit, zu behandelnde Saatgutmenge, apparative Ausstattung — bestimmt wird. Doch sollten die Temperaturen möglichst hoch gewählt werden, weil dann nicht nur die Behandlungszeiten kürzer, sondern auch die Keimschädigungen geringer sind.

D. Kaltbehandlung verschiedener Sorten

In Abb. 8 sind die mit verschiedenen Weizen- und Gerstensorten unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführten Versuche zusammengefaßt. In allen Fällen erfordert die Kaltwasserquellung zwar wesentlich kürzere Behandlungszeiten, der Wirkungseffekt ist hier infolge der stärkeren Triebschäden aber auch sehr viel schlechter als bei der anaeroben Benetzung. Da außerdem auch die Wasseraufnahme ähnlich hoch wie bei dem Warmwasserdauerbad ist, das Verfahren also keinen Fortschritt bringt, dürfte die Kaltwasserquellung für die Praxis kaum in Frage kommen. Wie die Abb. weiter zeigt, bestehen zwischen verschiedenen Sorten und besonders auch zwischen Weizen und Gerste Unterschiede in den für eine volle Wirkung erforderlichen Behandlungszeiten. So ist z. B. der Flugbrand beim „Santa-Fé“-Weizen erst nach 320 Stunden, bei der „Peragis“-Sommergerste schon nach 120 Stunden völlig eliminiert. Die mit einer Sorte erhaltenen Ergebnisse können daher bezüglich der anzuwendenden Zeiten nicht ohne weiteres als Empfehlung für die Flugbrandbekämpfung bei anderen Sorten verwendet werden.

Dieses sortenverschiedene Verhalten bei der Kaltbehandlung, wie es auch bezüglich der Heißwasserbeizung von B e v e r (1) nachgewiesen wurde, dürfte sicher

einerseits durch den Gesundheitszustand, den Nachreifegrad (vgl. hierzu L i n s k e n s, 10) und den Wassergehalt des Saatgutes mitbestimmt werden. Für den Unterschied in der Bekämpfbarkeit von Weizen- und Gerstenflugbrand, der gleichfalls von den Heißverfahren her bekannt ist (5, 17), ist aber vor allem entscheidend, daß Weizenflugbrand zu seiner Abtötung wesentlich längere Behandlungszeiten erfordert als Gerstenflugbrand. Bei den wirksamen Behandlungszeiten sind daher bei Weizen schon größere Keimschädigungen — also ein ungünstigerer Wirkungseffekt — zu erwarten als bei Gerste.

Der in die Darstellung der Quellversuche eingetragene pH-Wert der Quellbrühe zeigt bei allen Sorten einen ähnlichen Verlauf mit einem ersten stärkeren Abfall bis etwa zur 30. Stunde, einem dann für einige Zeit konstant bleibenden oder auch z. T. wieder leicht ansteigenden Wert und endlich — zu der Zeit, in der auch die Triebkraftschäden am Saatgut schon einsetzen — einem nochmaligen Abfall. Die Höhe des pH-Wertes ist unterschiedlich (z. B. beim „Fricke“-Weizen sehr niedrig), läßt aber keine Beziehung zur Wirkung der Behandlung erkennen.

Das Redoxpotential wurde gleichfalls gemessen und zeigt bei allen Sorten den bereits bei Abb. 1d besprochenen charakteristischen Verlauf mit einem Minimum nach 24—30 Stunden und einem anschließenden Wiederanstieg. Hier, wie auch bei den pH-Kurven, ist es aber nicht möglich, den Zeitpunkt, zu dem volle Wirkung auf den Flugbrand erreicht ist, oder zu dem die Triebkraftschäden einsetzen, aus dem Verlauf des Redoxpotentials oder pH-Wertes eindeutig zu erkennen.

E. Druckanstieg bei anaerober Benetzung

Wird feuchtes Getreide in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, so stellt sich in diesen bald ein Überdruck ein. Es war daher bei den anaeroben Benetzungsversuchen nötig, die Verschlusstopfen durch eine Bindung gegen diesen Innendruck zu sichern. Die Höhe des Überdruckes wurde durch an die Flaschen angeschlossene Quecksilbermanometer gemessen und in dem Sortenvergleich der Abb. 8 mit eingetragen. Ein Vergleich des Druckanstiegs mit der Wirkung verschiedener langer Behandlungen auf den Flugbrand ergibt, daß bei den beiden Weizensorten und bei der „Friedrichswerther“ Wintergerste, bei denen die Wirkung auf den Flugbrand erst spät einsetzt, auch der Druckanstieg langsamer erfolgt als z. B. bei der „Peragis“-Sommergerste.

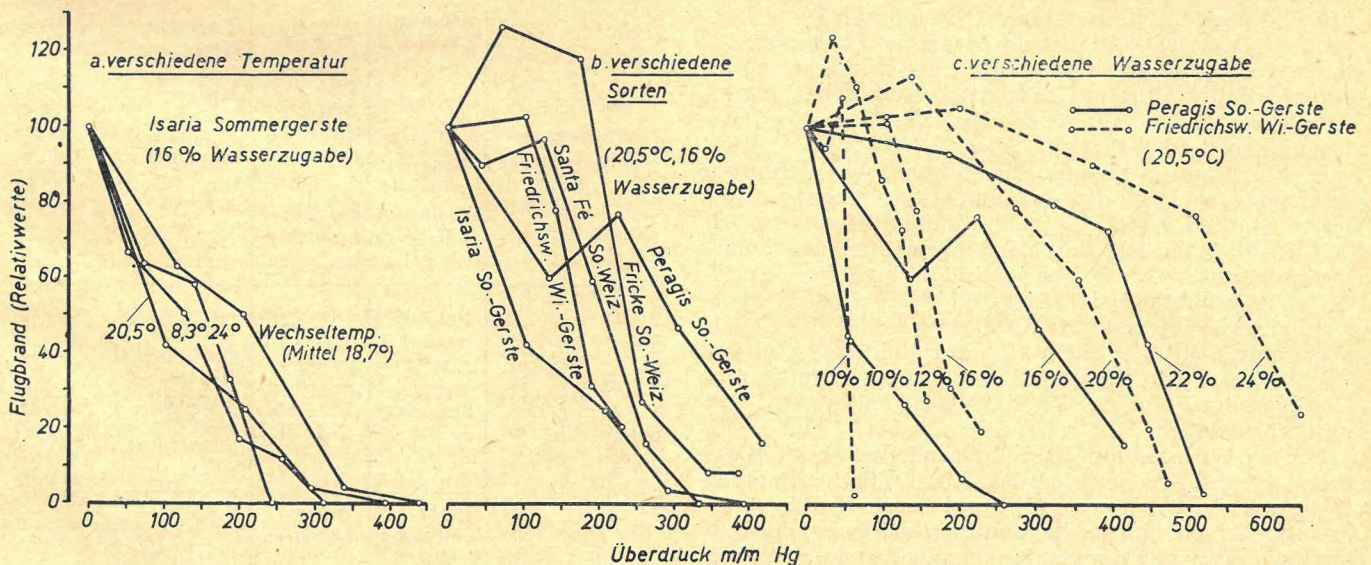


Abb. 9. Druckanstieg in den Versuchsgefäßen und Wirkung auf den Flugbrand bei anaerober Benetzung.

In Abb. 9b ist dieser bei Behandlung verschiedener Sorten gemessene Druckanstieg direkt zum Flugbrandbefall in Beziehung gesetzt. Ein Zusammenhang zwischen beiden Größen ist nicht zu verkennen. Bei 340 bis 450 mm Überdruck etwa dürfte bei allen Sorten volle Wirkung auf den Flugbrand erreicht sein. Ein ähnliches Ergebnis ergibt die Druckmessung bei dem bereits oben (vgl. Abb. 6) wiedergegebenen Versuch mit anaerober Behandlung von „Isaria“-Gerste bei verschiedener Temperatur. Auch hier geht die Wirkung auf den Flugbrand — unabhängig von den sehr unterschiedlichen Behandlungszeiten — dem Druckanstieg parallel (Abb. 9a).

Anders ist es bei den Versuchen mit verschiedener Wasserzugabe, wie sie in Abb. 7 gezeigt werden. Bei geringem Wassergehalt ist hier schon bei sehr niedrigen Drucken, bei hoher Wasserzugabe erst bei sehr viel höherem Druck die Wirkung auf den Flugbrand vorhanden (Abb. 9c). Eine direkte Beziehung Überdruck/Wirkung auf den Flugbrand, wie sie bei verschiedener Temperatur und bei verschiedenen Sorten gefunden wurde, besteht hier also nicht. Bei beiden Sorten ist aber die Tendenz deutlich zu erkennen, daß mit Steigerung der Wasserzugabe auch der für die Wirkung erforderliche Überdruck höher liegt.

IV. Diskussion

In vorjährigen Untersuchungen mit Weizen (Niemann, 15) konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß die Schädigung der Triebkraft vorwiegend durch die starke Mikroorganismenentwicklung in der Quellbrühe hervorgerufen wird. In gleicher Richtung deuten die hier wiedergegebenen Untersuchungen mit Einquellung unter keimarmen Bedingungen (bromsterilisiertes Saatgut, Salzlösung), in alter Quelllösung oder bei Wasserwechsel sowie die Bestimmung des Keimgehaltes in der Quellbrühe. Allerdings ist wohl nicht so sehr die absolute Zahl wie vielmehr die qualitative Zusammensetzung der Mikroflora (anaerobe und aerobe Organismen, Fäulnis- oder Gärungserreger) von Bedeutung. Der günstige Einfluß der Sauerstoffbelüftung wie auch der Verlauf des Redoxpotentials deuten darauf hin, daß für die Keimschädigung in erster Linie anaerobe Organismen verantwortlich sind.

Ob der pH-Wert und das Redoxpotential in der Einquellbrühe gleichfalls primär die Triebkraft des eingequollenen Saatgutes beeinflussen, oder ob sie nur sekundär — über die Begünstigung bestimmter Organismengruppen in der Brühe — von Bedeutung oder gar nur als Folge dieser Mikroorganismenentwicklung aufzufassen sind, ist noch unklar. Die Versuche mit CO₂-Belüftung wie auch die Messungen des pH-Wertes und Redoxpotentials lassen hier vorerst noch keine Deutung zu. Doch ist es in diesem Zusammenhange von Interesse, daß von anderer Seite (9) die triebkraftbegünstigende Wirkung eines Beizmittelzusatzes bei Warmbädern vorwiegend auf die alkalische Reaktion der Beizlösung zurückgeführt wird.

In Versuchen mit Reinkulturen anaerober Bakterien konnte Hewitt (7) den von ihm — nach einem anfänglichen starken Abfall — beobachteten Wiederanstieg des Redoxpotentials auf Katalasemangel im Nährmedium zurückführen. In unserem Fall muß diese Erklärungsmöglichkeit ausscheiden, da auch nach Wiederanstieg des Potentials die Katalaseaktivität der Quellbrühe noch weiter zunimmt. Ob der gleichzeitig auftretende Abfall der Katalaseaktivität im Saatgut selber Ursache oder Folge der Triebkraftschäden ist, läßt sich nicht entscheiden.

Für die Wirkung auf den Flugbrand sind andere Faktoren entscheidend als für die Triebkraftschädigungen (Niemann, 15). Tynner (19) wie auch Hebert (6) konnten zeigen, daß der Bekämpfungserfolg bei der Einquellung bzw. bei der anaeroben Benetzung nicht mit der Mikroorganismenaktivität in Zusammenhang steht. Zur gleichen Deutung führt der eigene Einquellversuch

mit oberflächlich sterilisiertem Saatgut. Es konnte aber bei der anaeroben Benetzung eine direkte Beziehung zwischen der Wirkung auf den Flugbrand und dem Druckanstieg in den Versuchsgefäßen festgestellt werden. Da dieser Druck zum größten Teil — neben anderen mikrobiellen Gärungsprodukten — durch Kohlendioxydbildung hervorgerufen wird, welches im Verlaufe der anaeroben Atmung entsteht, kann man folgern, daß diese Form der Atmung für den Bekämpfungserfolg ein entscheidender Faktor ist. Allerdings rühren die Atmungsprodukte nicht nur vom Saatgut, sondern auch von der anhaftenden Mikroflora her. Ihre Entwicklung wird unter anderem stark von der verfügbaren Wassermenge abhängig sein. Es ist daher verständlich, daß mit steigender Wasserzugabe infolge des zunehmenden mikrobiellen, für die Bekämpfung unwirksamen Atmungsanteils auch die Korrelation Druck/Wirkung auf den Flugbrand andere Werte annimmt. Von Interesse ist in diesem Zusammenhange auch die von Pichler (17) mit anderer Methodik gemachte Feststellung, daß Gerste gegenüber Weizen nach Warmbehandlung eine erhöhte Atmungsquote aufweist. Dies stimmt aufs beste mit den für Weizen erforderlichen längeren Behandlungszeiten überein.

Die Beziehung zwischen Atmungsdruck und Bekämpfungserfolg läßt sich eventuell verwenden, um die Wirkung von Bekämpfungsversuchen schon ohne Aussaat des Saatgutes erkennen zu können. Ein solcher Indikator wäre einfacher als die von Pichler (17) für den gleichen Zweck vorgeschlagene Azetaldehydbestimmung im behandelten Korn. Doch sind hierzu noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Für den weiteren Ausbau der Flugbrandbekämpfung ergeben sich — da die Wirkung auf die Triebkraft und die auf den Flugbrand unabhängig voneinander sind — zwei vordringlich zu bearbeitende Fragenkomplexe. Es muß einmal die qualitative Zusammensetzung der Mikroflora an Saatgut verschiedenen Alters, Reife- und Gesundheitszustandes und verschiedener Vorbehandlung sowie ihre Beeinflussbarkeit durch Chemikalien untersucht werden. Derartige Untersuchungen sind auch im Hinblick auf die Lagerfähigkeit von Saatgut nicht ohne Bedeutung (Spicher, 18). Zum anderen ist die Atmung feuchten Saatgutes und ihre Beeinflussbarkeit durch Chemikalien mit genaueren Methoden zu untersuchen.

Abschließend erscheint es angebracht, die Kaltverfahren einmal im Zusammenhang mit den anderen Möglichkeiten zur Flugbrandbekämpfung, deren es ja viele gibt (13), zu betrachten.

Benetzungsverfahren	Heißbenetzung(3) 3-4 Std. 51-51,5° C	Warmbenetzung (4) 3 Std. 46° C	Chemische Bekämpfung (2) (6) Mehrere Tage bei Zimmertemperatur
	Solarmethode (11) Mehrere Stunden feucht an der Sonne		
Einquellverfahren	Heißwasserbeizung Vorquellung, dann 10 Min. 52° C	Warmwasserdauerbad 2-2 1/2 Std. 45-46° C	Kaltwasserquellung (19) Mehrere Tage bei Zimmertemperatur
	Heißverfahren	Warmverfahren	
abnehmende Temperatur zunehmende Behandlungsdauer			

Daß es möglich ist, alle Verfahren zwanglos in ein solches Schema einzuordnen, und daß zum anderen auch für die Warmwasserbehandlung von anderen Autoren die anaerobe Atmung als wirksames Moment herausgestellt wurde, zeigt, daß für alle Verfahren im Grunde dieselben Grundlagen gelten. Die klassische Heißwasserbeizung und das anaerobe Benetzungsverfahren, ja — wie aus den Angaben von Böning und Wagner (2) zu schließen ist — auch die chemische Bekämpfung, sind dann nur als extreme Abwandlungen eines und desselben Grundverfahrens aufzufassen.

Welche Form der Flugbrandbekämpfung unter deutschen Verhältnissen einmal für die Praxis am günstigsten sein wird, läßt sich heute noch nicht übersehen, doch dürften die Benetzungsverfahren hier wohl die besseren Aussichten bieten. Zur weiteren Klärung der Grundlagen können aber auch weiterhin Untersuchungen unter Verwendung der Einquellmethoden wertvolle Beiträge liefern.

Zusammenfassung

Einquellung von Gerste nach dem Kaltwasserverfahren unter variierten Bedingungen sowie Messungen in der Einquellflüssigkeit oder am Saatgut führten zu dem Ergebnis, daß bei diesem der Flugbrandbekämpfung dienenden Verfahren die als unerwünschte Nebenwirkung auftretende Keimschädigung am Saatgut vorwiegend durch die starke Entwicklung anaerober Mikroorganismen in der Quellbrühe bedingt ist. Durch entsprechende Wahl der Einquellbedingungen (z. B. Saatgutsterilisation, Wasserwechsel) können diese Keimschäden ohne Beeinträchtigung der Wirkung auf den Flugbrand herabgesetzt werden.

Mit den anaeroben Benetzungsverfahren ist bei Gerste auch bei einer Temperatur von nur 8,3°C oder bei einer Wasserzugabe von nur 10% eine volle Wirkung auf den Flugbrand zu erreichen, allerdings erst nach sehr langen Behandlungszeiten. Bei 16% Wasserzugabe zum Saatgut und einer Temperatur von 20,5°C ist bei verschiedenen Gersten- und Weizensorten eine unterschiedliche Behandlungsdauer von 120—320 Stunden erforderlich. Erhöhung der Temperatur oder der Wasserzugabe verkürzt diese Zeiten sehr. Bei Gerste ruft dieses Verfahren keinerlei Keimschädigungen hervor; bei Weizen treten infolge der erforderlichen langen Behandlungszeiten schon Keimschäden am Korn auf.

Die Wirkung auf den Flugbrand geht bei dem anaeroben Benetzungsverfahren, unabhängig von der Temperatur oder der verwendeten Sorte, dem durch anaerobe Atmung hervorgerufenen Druckanstieg in den verschlossenen Versuchsgefäßen parallel. Es ist daher möglich, durch Messung des Überdrucks in den Gefäßen den Zeitpunkt zu erkennen, zu dem volle Wirkung auf den Flugbrand erreicht ist, vorausgesetzt, daß der Wassergehalt im Saatgut konstant gehalten wird. Bei Änderung der Wasserzugabe gilt diese Korrelation nicht, denn mit steigendem Wassergehalt liegt auch der für die Wirkung erforderliche Druck höher. Wahrscheinlich hängt dies mit der zunehmenden (aber für den Bekämpfungserfolg unwesentlichen) Atmung der dem Saatgut anhaftenden Mikroorganismen zusammen.

Summary

Injury to seed wheat and barley resulting from cold water-soak treatment against loose smut, is chiefly caused by anaerobic microorganisms developing in the soaking broth. By varying soaking conditions (sterilisation of seed, change of water) this injurious effect could be depressed.

Anaerobic storage for a long time (up to 800 hours) was effective against loose smut of barley at a temperature as low as 8,3°C or addition of only 10% water to the seed. Increasing temperature or amount of water considerably shortens the duration of the treatment. Satisfactory results with

various varieties of barley and wheat were obtained after 120—320 hours storage by addition of 16% water at a temperature of 20,5°C. Germination of barley was not reduced after this time, while germination of wheat was decreased, but not as much as in the case of water-soak treatment.

Effect of anaerobic storage against loose smut showed a correlation to the pressure of the air in the closed containers, caused by anaerobic respiration. Thus it was possible, by measuring this pressure, to fix the moment, where complete control of loose smut was obtained, independent of the variety of grain or temperature of treatment. This correlation is only true, if amount of water in the seed is not varied.

Literatur

1. Bever, W. M.: Differential lethal effect of hot-water treatment on the loose smut mycelium in nine varieties of winter wheat. *Phytopathology* **41**. 1951, 875—879.
2. Böning, K., und Wagner, F.: Erfolgreiche Versuche über eine chemische Bekämpfung des Gerstenflugbrandes (*Ustilago nuda* [Jens.] Rostr.). *Angew. Bot.* **31**. 1957, 197—209.
3. Bonne, C.: Beitrag zur Flugbrandbekämpfung des Weizens. Untersuchungen zur Heißwasser-Kurzbeize. *Angew. Bot.* **23**. 1941, 304—341.
4. Gassner, G.: Neuere Versuche zur Bekämpfung des Gerstenflugbrandes. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* **2**. 1950, 65—67.
5. —, und Kirchhoff, H.: Versuche zur Bekämpfung des Gerstenflugbrandes. *Phytopath. Zeitschr.* **7**. 1934, 303—314.
6. Hebert, T. T.: A new method of controlling loose smut of barley. *Plant Dis.Repr.* **39**. 1955, 20—22.
7. Hewitt, L. F.: *Oxidation-reduction potentials in bacteriology and biochemistry*. 6. ed. Edinburgh 1950.
8. Janke, A.: *Arbeitsmethoden der Mikrobiologie*. 2. Aufl. Bd. **1**. Dresden u. Leipzig 1946.
9. Linskens, H. F.: Untersuchungen über den Einfluß eines Beizmittelzusatzes zu Warmbädern. *Zeitschr. Pflanzenkrankh.* **57**. 1950, 177—183.
10. —: Die unterschiedliche Empfindlichkeit von Samen gegenüber Heißwasserbädern (Untersuchungen an Weizen). *Phytopath. Zeitschr.* **21**. 1953, 45—52.
11. Luthra, J. C.: Solar energy treatment of wheat loose smut (*Ustilago tritici* [Pers.] Rostr.). *Indian Phytopathology* **6**. 1954, 49—56.
12. Niemann, E.: Vergleichende Untersuchungen über die Ausscheidung keimungshemmender Stoffe aus Früchten und Samen unter besonderer Berücksichtigung von *Foeniculum vulgare* Miller. *Flora* **139**. 1952, 185—242.
13. —: Fortschritte bei der Bekämpfung des Weizen- und Gerstenflugbrandes (*Ustilago tritici* [Pers.] Rostr. und *U. nuda* [Jens.] Rostr.) in den letzten Jahren. I. Die Heiß- und Warmwasserbeizung. *Zeitschr. Pflanzenkrankh.* **63**. 1956, 389—404.
14. —: Neue Wege zur Bekämpfung des Weizen- und Gerstenflugbrandes (*Ustilago tritici* [Pers.] Rostr. und *U. nuda* [Jens.] Rostr.) (Sammelbericht II). *Zeitschr. Pflanzenkrankh.* **64**. 1957, 79—86.
15. —: Kaltwasserquellung und anaerobes Benetzungsverfahren zur Flugbrandbekämpfung bei Weizen. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* **10**. 1958, 26—30.
16. Pelshenke, P., Hampel, G., Schäfer, W., Kleber, W., Lüdecke, H., und Heuer, E. in: *Handbuch der landwirtschaftl. Versuchs- u. Untersuchungsmethodik („Methodenbuch“)* Bd. **15**. Radebeul u. Berlin 1953.
17. Pichler, F.: Zur Frage der Warmwasserbehandlung des Saatgutes bei der Flugbrandbekämpfung. 2. Mitt. *Pflanzenschutzberichte* **17**. 1956, 1—26.
18. Spicher, G.: Vergleichende Untersuchungen über die Mikroflora des Getreides. *Zentralbl. Bakteriol.* **2**. Abt. **109**. 1956, 589—610.
19. Tynner, L. E.: Factors influencing the elimination of loose smut from barley by water-soak treatments. *Phytopathology* **47**. 1957, 420—422.
20. Winkelmann, A.: Untersuchungen zur Bekämpfung des Gersten- und Weizenflugbrandes. *Angew. Bot.* **29**. 1955, 3—13.

Eingegangen am 1. Februar 1958.