

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Bernburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Prüfung der *Pythium*-Resistenz beim Mais im Embryonentest

Von I. FOCKE und R. FOCKE

Bekanntlich veranlaßt oder fördert feuchtkaltes Wetter nach der Maisaussaat Schäden am quellenden und keimenden Korn sowie am Sämling, und zwar gebietsweise unterschiedlich stark. Die Ursachen sind recht verschiedenartig und oft komplexer Natur. Neben parasitären Schäden können Fehler bei der Saatgutgewinnung, Aufarbeitung, Beizung, Lagerung und Aussaat vorkommen. Die einschlägige Literatur ist umfangreich, ihre Angabe würde an dieser Stelle aber den gewählten Rahmen sprengen. Die durch genannte Möglichkeiten entstehenden Ertragsausfälle sind mitunter bedeutsam. Es ist daher erforderlich, die Gefahrenquellen für den Maisaufgang zu prüfen und Wege zu ihrer Verhinderung zu finden.

Wir beschäftigen uns in den vorliegenden Untersuchungen mit Bodenpilzen aus der Gattung *Pythium*, die, gefördert durch kalte und vor allem feuchte Witterung, nach PHILIPP (1959) und eigenen Beobachtungen auch in unserem Raum schädigend am keimenden Mais auftreten.

Wir gehen besonders auf Fragen der erblichen *Pythium*-Resistenz zahlreicher Maisstämme bzw. -sorten ein, die wir nach einer erarbeiteten Testmethode geprüft haben.

Beschreibung der Methode

Ausgehend von der Arbeitsweise von HOOKER und DICKSON (1952) mit isolierten Maisembryonen haben wir folgende Methode erarbeitet, die unter unseren Verhältnissen besser ausführbar ist. Äußerlich gesund aussehendes, ungebeiztes Saatgut wird ausgesucht. Zur Prüfung gelangenden gebeizten Proben wird vorher die Beize abgewaschen. Anschließend werden die Samen in einer 0,1%igen Sublimatlösung 2 Minuten lang oberflächlich desinfiziert, gründlich mit sterilem dest. Wasser nachgewaschen und sofort in sterilem dest. Wasser bei 27° C im Brutschrank 24^h eingequollen. Nach dieser Zeit werden unter weitgehend keimfreien Bedingungen die Keimlinge mit Scutellum aus dem Endosperm herausgelöst und in zuvor sterilisierte Petrischalen (20 cm Durchmesser) auf Rundfilter gelegt. Die Schalen werden weitere 24^h bei 27° C im Brutschrank belassen. Die keimfähigen Embryonen bilden in dieser Zeitspanne im allgemeinen bereits kräftige Primärwurzeln aus, auch der Sproß¹ beginnt zu wachsen. Nur gesunde, einwandfrei gekeimte Embryonen werden aus den Schalen entnommen und auf 2 Tage alte Plattenkulturen von *Pythium spec.* gelegt. Für die Plattenkulturen wird 2%iger Maismehltagar verwendet (zur Vermehrung der Pilze nehmen wir sterilisierte Mohrrüben in Erlenmeyerkolben; die Stammkulturen werden auf Hafermehltagar gehalten). Entsprechende Kontrolleembryonen werden auf unbeimpften Maismehltagar gelegt. Auf jede Platte (9 cm Durchmesser) kommen 10 Embryonen. Sie werden in einem Kreis so angeordnet, daß die Wurzeln zur Kreismitte weisen.

¹ Unter „Sproß“ verstehen wir hier der Einfachheit halber die Gesamtheit von 1. Nodium, Mesokotyl, Koleoptile und der später aus letzterer hervorbrechenden Plumula.

Alle Saatgutproben werden in 8facher Wiederholung geprüft, so daß sich jeder erhaltene Wert im Minimum aus 80 Einzelwerten zusammensetzt. Die mit Embryonen belegten *Pythium*- und Kontrollplatten werden 4 Tage in einem Kühlschrank bei 11° C gehalten. Nach dieser Frist werden die Embryonen auf Petrischalen von 5 cm Durchmesser und 2 cm Höhe übertragen, in die zuvor je eine doppelte, mit Knopscher Nährlösung getränkte Lage Rundfilter gelegt wurde. Diese kleinen Petrischalen, in die jeweils 4 junge Keimpflänzchen kommen, werden immer zu 10 in Petrischalen von 20 cm Durchmesser und 4,5 cm Höhe zusammengestellt. So gelangen nach 48stündiger Inkubationszeit bei Zimmertemperatur und diffusum Tageslicht pro Prüfnummer 2 große Petrischalen mit insgesamt 80 Keimpflanzen zur Auswertung.

Die Auswertung erfolgt in nachstehender Weise. Von jedem Keimpflänzchen wird die Sproßlänge, die Länge der Primärwurzel, die Anzahl Adventivwurzeln und Nebenwurzeln sowie bei den infizierten Nummern die Schädigung von Sproß und Wurzeln ermittelt. Wir nahmen eine getrennte Beurteilung von Sproß und Wurzel vor, weil sie unterschiedlich stark befallen werden können.

Die Schädigung äußert sich neben den sichtbaren nekrotischen Stellen auch in Wuchshemmungen von Sproß und Wurzel. Wir hielten es daher für angebracht, deren Längen zu bestimmen. Die Messung der Sproßlängen bereitet keine Schwierigkeiten, sie wird in den nachstehenden Tabellen als Durchschnittswert in cm angegeben. Die Messung der Wurzellängen wird häufig durch Krümmungen der Wurzel erschwert. Daher haben wir in Längeneinheiten von je 5 mm gemessen, begnügen uns also mit der Feststellung, ob der Längenwert einer Wurzel zwischen 0 und 5, 5 und 10, 10 und 15 mm usw. liegt. In den Tabellen werden die Durchschnittswerte in cm angegeben.

Nebenwurzeln werden in den meisten Fällen während der Versuchsdauer wenig oder gar nicht gebildet, wir haben sie in den Tabellen vernachlässigt. Die Anzahl der Adventivwurzeln haben wir in den Tabellen pro Prüfnummer auf 100 Pflanzen berechnet angegeben.

Zur Auswertung des *Pythium*-Schadens an den Embryonen ist folgendes zuzufügen. Bei einer derartig starken Infektionsquelle, wie sie hier gegeben ist, ist eine einfache Unterscheidung zwischen befallenen und nicht befallenen Keimpflänzchen nicht möglich, weil fast das gesamte Prüfmaterial mehr oder weniger stark vom Pilz angegriffen wird. Da aber erhebliche Unterschiede in der Befallsstärke bestehen, haben wir getrennt für Sproß und Primärwurzel die Einteilung in 5 Befallsklassen vorgenommen:

- 0 = keine äußerlich sichtbare Schädigung
- 1 = vereinzelt nekrotische Flecken an Sproß bzw. Wurzel
- 2 = Sproß- bzw. Wurzelspitze braun und weichfaul
- 3 = starke Läsionen am überwiegenden Teil des Sprosses bzw. der Wurzel
- 4 = Sproß bzw. Wurzel vollständig braun und weichfaul.

Eine Schädigung der Sekundärwurzeln wurde lediglich mit „befallen“ vermerkt.

Völlig ungeschädigte Keimpflänzchen und solche, die einen unbefallenen Sproß und eine gering befallene Primärwurzel haben, werden nach der Auswertung oberflächlich mit Sublimat desinfiziert und in Knopscher Nährlösung weitergezogen. Nach genügender Kräftigung werden die Pflänzchen in Blumentöpfe umgesetzt. Das Saatgut solcher Pflanzen wird wiederum im Embryonentest auf seine Anfälligkeit hin geprüft und entsprechend selektiert.

Wir waren bestrebt, die Methode unter Beibehaltung der notwendigen Exaktheit so einfach und kurzfristig wie möglich zu gestalten. Eine experimentelle Gegenüberstellung der Methode von HOOKER und DICKSON mit unserer ergab gleichsinnige Werte. Zugunsten der amerikanischen Methode ist zu sagen, daß sie bessere Beobachtungsmöglichkeiten über die progressive Verringerung der Anfälligkeit gegen *Pythium* mit dem Älterwerden der Embryonen bietet. Die genannten Autoren prüften das Verhalten von Maisembryonen, die sie — noch nicht vom übrigen Korn getrennt — nach 24stündigem Vorquellen 0, 3, 6, 9, 12 und 15 Tage bei 12° C vorkeimten und dann isolierten. Nach ihren Angaben sind die Embryonen aller geprüften Stämme nach 0 und 3 Tagen noch stark anfällig, werden mit zunehmender Zahl an Vorkeimtagen stammweise unterschiedlich schnell resistenter und sind nach 15 Tagen praktisch alle resistent. Die Methode schien uns trotz des großen Vorteils einer Beobachtung mehrerer Stadien in vielfacher Hinsicht als zu aufwendig für unsere Verhältnisse, zumal sich das Herauspräparieren aus mehrtägig angekeimten

Körnern schwieriger gestaltet als das sofortige Isolieren und nachfolgende Vorkeimen. Wir verzichteten daher auf die natürliche Kaltkeimung und arbeiteten mit Hilfe einiger Standardsorten oben beschriebene Methode aus. Wir erfassen mit der 1tägigen Vorkeimung bei 27° C etwa das Stadium, das nach der Methode von HOOKER und DICKSON nach 6- bis 9tägiger Vorkeimung bei 12° C erreicht wird, ein Stadium, in dem sich die Unterschiede zwischen stark und schwach anfälligen Maisen besonders deutlich zeigen. Zunächst führten wir neben der 1tägigen noch eine 2tägige Vorkeimung bei 27° C vor der Infektion durch. Damit erfaßten wir ein Stadium, das weit resistenter als das nach 9tägiger Vorkeimung bei 12° C ist; HOOKER und DICKSON erreichten an 3tägig bei 24° C vorgekeimten Körnern bereits vollständige Resistenz.

Vergleichende Ergebnisse nach 6- und 9tägiger Vorkeimung bei 12° C und 1- und 2tägiger Vorkeimung bei 27° C zeigt Tabelle 1. Vorausgeschickt sei, daß die mit der amerikanischen Methode geprüften Embryonen nach demselben Schema ausgewertet wurden wie die mit unserer Methode geprüften. HOOKER und DICKSON haben die Embryonen insgesamt beurteilt, also keine Unterteilung in Sproß- und Wurzelschädigung vorgenommen.

Die Werte zweier Zahnmaise und zweier Hartmaise sind in Tab. 1 so geordnet, daß die entsprechenden Stadien miteinander verglichen werden können. Zunächst ist ganz offensichtlich, daß nach beiden Methoden die 2 geprüften Zahnmaise anfälliger als die beiden Hartmaise sind. Nach jeder Art der Vorkeimung sind sie stärker geschädigt als die Hartmaise. Abgesehen von geringfügigen Ausnahmen trifft für

Tabelle 1. Vergleich der Methode von HOOKER und DICKSON mit dem hier erarbeiteten Embryonentest.

Vorkeimung	Sproßschädigung in %					Wurzelschädigung in %					Sproßlänge	Wurzellänge	Adventivwurzeln	Kontrolle			
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4				Sproßlänge	Wurzellänge	Adventivwurzeln	
WIR 25	6 Tage bei 12°	1,2	0	0	0	98,8	0	0	0	0	100,0	0,1	0,9	1,3	1,1	1,5	265
	1 Tag bei 27°	15,6	9,7	1,6	4,6	68,4	0,4	0	1,0	1,6	97,0	0,7	0,8	33,4	1,5	2,8	265
	9 Tage bei 12°	16,5	13,9	6,3	6,3	57,0	0	0	0	7,6	92,4	0,7	1,5	125,3	1,4	2,4	315
	2 Tage bei 27°	16,7	33,3	3,3	16,7	30,0	0	0	20,0	30,0	50,0	1,7	1,6	130,0	2,6	3,7	366
Pet. Goldflut	6 Tage bei 12°	2,5	0	0	0	97,5	0	0	0	0	100,0	0,2	0,8	1,3	1,2	3,0	265
	1 Tag bei 27°	13,0	8,0	1,0	4,0	73,0	0	0	1,4	0,3	98,0	0,8	0,8	37,8	1,9	3,1	345
	9 Tage bei 12°	8,5	9,8	3,7	7,3	70,7	0	0	0	28,0	72,0	0,8	1,6	45,1	1,2	3,5	270
	2 Tage bei 27°	68,5	15,0	6,9	2,7	6,9	0	0	42,5	26,0	31,5	2,7	1,8	223,3	3,4	3,5	318
Petkus 788	6 Tage bei 12°	3,8	3,7	1,3	7,5	83,7	0	0	0	0	100,0	0,2	1,0	3,8	1,4	2,7	
	1 Tag bei 27°	48,0	16,0	3,0	3,0	30,0	0,4	0,2	12,8	10,4	76,0	1,6	1,1	47,0	1,6	3,7	77
	9 Tage bei 12°	16,0	24,7	6,2	7,4	45,7	0	0	18,3	42,7	39,0	0,7	1,8	73,2	1,3	4,7	82
	2 Tage bei 27°	76,7	20,0	3,3	0	0	0	0	63,3	26,7	10,0	3,2	1,9	105,0	3,1	4,7	110
Strenzfelder	6 Tage bei 12°	12,3	0	2,5	4,9	80,1	0	0	0	1,2	98,8	0,4	0,8	4,9	1,1	2,5	15
	1 Tag bei 27°	37,4	15,4	5,6	5,6	36,0	0,6	0,6	12,4	14,0	72,2	1,4	1,0	17,7	1,4	2,0	30
	9 Tage bei 12°	26,0	32,5	6,5	10,4	24,7	0	0	9,1	41,6	49,4	1,0	1,5	54,5	1,2	2,3	70
	2 Tage bei 27°	92,9	2,9	1,4	1,4	1,4	0	0	57,1	24,3	18,6	2,8	1,6	212,8	2,4	2,5	308

alle 4 Sorten bzw. Stämme die Reihenfolge: 6 Tage bei 12°, 1 Tag bei 27°, 9 Tage bei 12°, 2 Tage bei 27° vorgekeimt mit darauffolgender gleichartiger Behandlung (4 Tage bei 11°, 2 Tage bei Zimmertemperatur) zu. Zur Vervollständigung sind die Meßwerte von Sproß, Wurzel und Adventivwurzeln zugefügt. Auf die Zusammenhänge zwischen den Längenwerten der Kontrollen und den entsprechenden Schädigungsgraden wird in der Diskussion noch eingegangen werden.

Ergebnisse

Mit Hilfe des von uns erarbeiteten Embryonentestes wurde einigen Fragestellungen nachgegangen.

1. Verhalten sich Maisstämme bzw. -sorten gegenüber verschiedenen pathogenen *Pythium*-Arten gleich?
2. Besteht zwischen Convarietäten bzw. Sorten ein signifikanter Unterschied in der Anfälligkeit gegen *Pythium spec.*?
3. Sind Beziehungen zwischen Saatgutqualität und Anfälligkeitsgrad feststellbar?
4. Tritt bei Hybriden ein Heterosiseffekt hinsichtlich des Befallsgrades auf?

stärksten befallenen Sorten zwischen 0,2 und 3,2; bei den Wurzeln zwischen 2,2 und 4,0. Alle Sorten, die einen Mittelwert der Sproßschädigung zwischen 0 und 2 aufweisen, gelten bezüglich des Sprosses als schwach befallen, zwischen 2,1 und 4,0 als stark befallen. Für die Wurzeln mußte eine andere Einteilung vorgenommen werden, weil sie nur Mittelwerte über 2 haben. Hier gelten noch die Sorten als schwach befallen, die einen Mittelwert der Wurzelschädigung von 3,6 aufweisen, 3,7 bis 4,0 gilt als stark befallen. Das erscheint zunächst sehr hoch gegriffen, ist aber berechtigt, wenn man die Schnelligkeit, mit der Wurzeln bis zum Schädigungsmittelwert 3,6 bei längerer Vorkeimung resistent werden, in Betracht zieht. Nach diesen festgelegten Grenzwerten haben wir die Sorten in drei Befallsgruppen gegliedert. Sorten, bei denen sowohl der Sproß als auch die Wurzel schwach befallen sind, wurden der Befallsgruppe „schwach“ zugeordnet; Sorten, bei denen der eine Teil stark, der andere schwach befallen ist, wurden der Befallsgruppe „mäßig“ zugeordnet. Von einer Ausnahme abgesehen ist in der Befallsgruppe „mäßig“ die Wurzel stark befallen, da sie

Tabelle 2. Schädigung von 2 Hart- und 2 Zahnmais durch 2 verschiedene *Pythium*-Arten.

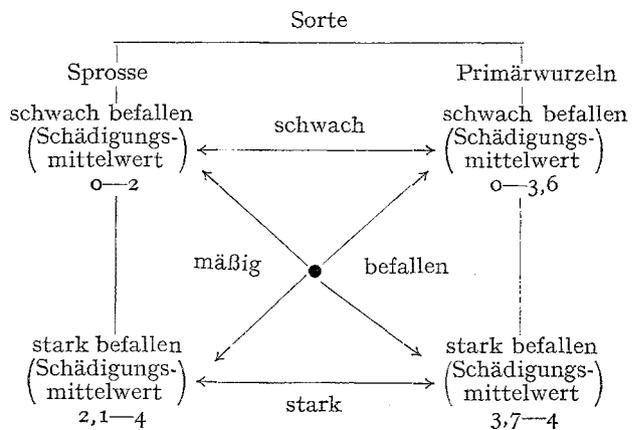
	<i>Pythium spec.</i> (Strenzfeld)										<i>Pythium ultimum</i> (Rumänien)									
	Sproßschädigung in %					Wurzelschädigung in %					Sproßschädigung in %					Wurzelschädigung in %				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Petkus 788	48,0	16,0	3,0	3,0	30,0	0,4	0,2	12,8	10,4	76,1	55,0	14,8	3,6	4,8	21,7	0	0	7,8	20,0	72,2
Strenzfelder	37,4	15,4	5,6	5,6	36,0	0,6	0,6	12,4	14,0	72,2	43,1	15,0	5,1	5,5	31,3	0,8	0	10,6	21,7	66,9
Wir 25	15,6	9,7	1,6	4,6	68,4	0,4	0	1,0	1,6	97,0	14,9	3,9	3,2	3,9	74,1	0,3	0	0,6	1,0	98,0
Pet. Goldflut	13,1	8,0	1,1	4,0	73,8	0	0	1,4	0,4	98,2	23,4	8,6	1,6	0,8	65,6	0	0	1,6	0	98,4

Zur Bearbeitung der ersten Fragestellung wurden 2 verschiedene *Pythium*-Arten verwendet, und zwar eine hier in Strenzfeld isolierte Art und ein *Pythium ultimum* aus Rumänien. Unsere 4 Standardsorten wurden vergleichenden Prüfungen unterzogen, deren Ergebnisse der Tab. 2 zu entnehmen sind.

Pythium ultimum ist im allgemeinen etwas weniger pathogen, die Reaktion der 4 Sorten¹ auf die beiden *Pythium*-Arten ist in der Tendenz aber die gleiche. Das entspricht den Ergebnissen von HOOKER (1956), der keine spezifische Resistenz von Maisstämmen gegenüber bestimmten *Pythium*-Arten fand. Für die Resistenzprüfung ist dieser Befund, den wir im Embryonentest bestätigen konnten, bedeutsam, weil danach die Ermittlung des Resistenzgrades mit einer einzigen pathogenen *Pythium*-Art ausreicht, um Schlüsse auf das Verhalten der geprüften Maisstämme gegen andere pathogene Arten dieser Gattung zu ziehen.

Zur Prüfung der zweiten Frage wählten wir eine größere Anzahl Sorten und Stämme aus verschiedenen Convarietäten: 23 Zahnmaise, 17 Halbzahlmaise, 25 Hartmaise, 1 Zuckermais, 1 Stärkemais und 1 Puffmais. In folgender Weise ordneten wir diese nach der Stärke des *Pythium*-Befalls. Wir bildeten für jede geprüfte Sorte den Mittelwert aus der Sproß- sowie aus der Wurzelschädigung, d. h. wir addierten die Produkte aus Anzahl mal Befallsklasse und mittelten die erhaltene Summe durch Gesamtanzahl Embryonen pro Sorte. Bei den Sprossen schwankt dieser Mittelwert von den am schwächsten befallenen zu den am

ganz allgemein von *Pythium* vorrangig angegriffen wird. Schließlich sind die Sorten, bei denen sowohl Sprosse als auch Wurzeln stark befallen sind, der Befallsgruppe „stark“ zugeordnet. In folgendem Schema ist das Gesagte noch einmal veranschaulicht.



Die drei Befallsgruppen konnten gegeneinander abgesichert werden. Die Mittelwerte betragen bei schwach befallen 0,9 (Sproß) und 3,4 (Wurzel), bei mäßig befallen 1,4 (Sproß) und 3,9 (Wurzel), bei stark befallen 2,7 (Sproß) und 4 (Wurzel). P% war in jedem Fall < 0,10.

In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse für die in vorstehender Weise abgegrenzten Befallsgruppen zusammengefaßt. Bei starker Schädigung nehmen Sproßlänge, Wurzellänge und Adventivwurzelanzahl sichtbar ab. Daß das keine Folge geringerer Vitalität der anfälligen Sorten ist, zeigen die Kontrollwerte. Die Adventivwurzelanzahl steigt infolge der überwiegenden Zu-

¹ Der Einfachheit halber sprechen wir fortan von Sorten, wenn es nicht erforderlich ist, Stämme oder Hybriden besonders herauszuheben.

Tabelle 3. Einordnung der geprüften Sorten nach Befallsgruppen und Convarietäten.

Befallsgruppen	Verteilung d. Sorten auf Conv. u. Befallsgruppen	Sproßschädigung in %					Wurzelschädigung in %					Sproßlänge in cm	Wurzellänge in cm	Adventivwurzeln in %	Kontrolle		
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4				Sproßlänge in cm	Wurzellänge in cm	Adventivwurzeln in %
schwach	17 Hartmaise 11 Halbzahnm. 1 Zahnmais 1 Stärkemais	59,9	19,3	3,9	3,3	13,5	0,4	0,6	18,9	19,4	60,5	1,7	1,2	64,9	2,0	3,9	103,1
mäßig	7 Hartmaise 4 Halbzahnm. 6 Zahnmaise	45,8	19,3	6,6	6,2	22,1	0	0,1	3,5	7,4	89,0	1,5	1,2	80,8	1,8	3,2	210,1
stark	1 Hartmais 2 Halbzahnm. 16 Zahnmaise 1 Zuckermais 1 Puffmais	20,7	15,2	2,9	4,9	56,2	0,02	0,09	0,3	1,4	98,2	1,0	1,0	51,7	2,1	3,5	255,0

sammensetzung der anfälligeren Befallsgruppen aus Zahnmaisem sogar erheblich an.

An dieser Stelle seien kurz unsere Beobachtungen über die Adventivwurzelbildung bei isolierten Maisembryonen eingefügt. Alle von uns geprüften Zahn- und Halb Zahnmaise zeigten in den Kontrollen reiche Adventivwurzelbildung, unter den 25 geprüften Hartmaisem fanden wir dagegen insgesamt 2, die in derselben Zeiteinheit die Adventivwurzelzahl der Zahnmaise erreichten. Wir haben unter dieser Version das Bildungsverhältnis von Haupt- zu Adventivwurzeln bei EBERT (1959) betrachtet und auch hier — von wenigen Ausnahmen abgesehen — die frühzeitigere Adventivwurzelbildung bei Zahnmaisem bestätigt gefunden. Nach der Tabelle von EBERT zu urteilen und nach Angaben von WINKEL (1960) wird diese Eigenschaft der Zahnmaise dominant vererbt. Daher weisen auch unsere Halb Zahnmaise die frühzeitigere Adventivwurzelbildung auf.

Aus der Tab. 3 geht eindeutig hervor, daß die von uns geprüften Zahnmaise unter den gegebenen Bedingungen stärker geschädigt werden als die Halb Zahn- und Hartmaise. Das bedeutet aber nicht, daß die Zahnmaise in jedem Fall eine Infektion schwerer überstehen als die Hartmaise, denn die eben besprochene Fähigkeit der Zahnmaise zur frühzeitigen Bildung langer, kräftiger Adventivwurzeln ermöglicht ihnen auch nach Infektion eine Weiterentwicklung, zumal die Adventivwurzeln nicht so stark wie die Primärwurzeln befallen werden. Bei 100%iger Schädigung der Primärwurzel kann ein Zahnmais also mit Hilfe seiner Adventivwurzeln weiterwachsen; wesentlich ist dabei allerdings, daß die Sproßbasis durch den Pilz nicht in Mitleidenschaft gezogen wird, sonst kommt es zu keiner bzw. anomaler Adventivwurzelbildung. Als Beispiel dafür sind in der Tab. 4 die Adventivwurzelzahlen von Embryonen einiger stark sowie mäßig geschädigter Zahn- und Halb Zahnmaise und zum Vergleich einiger schwach geschädigter Hartmaise aufgeführt. Wir sehen, daß die stark geschädigten Zahnmaise infolge Schädigung des Sprosses weniger Adventivwurzeln entwickeln als die mäßig geschädigten, bei denen die Sprosse

nur zu einem geringen Teil befallen sind. Viele Zahnmaise bringen aber trotz starken Befalls in der Zeiteinheit noch mehr Adventivwurzeln hervor als schwach geschädigte Hartmaise. Der einzige schwach geschädigte Zahnmais, INRA 200 x 787, weist pro 100 Embryonen in derselben Zeit 195 Adventivwurzeln auf. Aus der Zusammenstellung in Tab. 4 ist auch zu verstehen, warum die Sorten der Befallsgruppe „mäßig“ die höchste Adventivwurzelzahl aufweisen (Tab. 3).

Anschließend sei jetzt auf Beobachtungen hinsichtlich der Saatgutqualität im Zusammenhang mit der Anfälligkeit gegen *Pythium* eingegangen (3. Fragestellung). Die Korngröße steht in keiner direkten Beziehung zur Befallsstärke. Wir haben kleinkörnige Sorten (sowohl Endosperm als auch Scutellum und Keimling klein) zusammen mit besonders großkörnigen geprüft und fanden sowohl unter ersteren als auch unter letzteren schwach und stark anfällige Formen. Anders liegen die Verhältnisse, wenn nicht voll ausgebildetes, unreifes Saatgut geprüft wird. Das ist verständlicherweise anfälliger. In Tab. 5 sind beispielsweise Embryonen derselben Sortenhybride verglichen, die einmal von vollausgereiftem Saatgut, zum andern von später Aufzucht unausgereiftem Saatgut stammen. Die letzteren waren wesentlich kleiner, aber nicht, weil die Kleinkörnigkeit ihren Eigenschaften entspricht, sondern weil sie eine anomale Entwicklung durchlaufen haben. Die Embryonen schlechter Qualität hatten zum Teil noch die Fähigkeit zu keimen, aber nicht mehr die Kraft, dem Angriff des Pilzes zu widerstehen.

Ähnliche Erfahrungen sind an ganzen Körnern gemacht worden. HOOKER (1955, 1956) zeigte beispielsweise, daß unreifer Mais anfälliger ist als reifer, wenn

Tabelle 4. Adventivwurzelzahl pro 100 Embryonen bei stark und mäßig geschädigten Zahn- und Halb Zahnmaisem sowie schwach geschädigten Hartmaisem.

Zahn- u. Halb Zahnmaise stark geschädigt	Zahn- u. Halb Zahnmaise mäßig geschädigt	Hartmaise schwach geschädigt
INRA 94 x 101 90,0	INRA x 786 167,0	Schindelmeiser 36,9
P 702 85,2	INRA 50 x 57 165,0	Petkus 788 31,2
Mv 39 65,8	INRA x 780 160,0	Strenzfelder 17,7
787 60,7	INRA 58 x 61 155,0	G 15 x G 3 15,4
704 60,0	INRA x 784 131,0	Strenz. x Schindelm. 14,3
718 59,8	724 107,0	G 10 x H 13 12,5
786 56,0	711 100,0	G 10 x Schindelm. 12,0
Mv 1 58,8	W 802 80,2	1522 F x Schindelm. 10,0
Goldflut 37,8		K/4 6,0
WIR 25 33,4		Bündener Herrschaft 0

Tabelle 5. Vergleich der Schädigung von S 704 bei reifem und unreifem Saatgut.

	Sproßschädigung in %					Wurzelschädigung in %					Sproßlänge in cm	Wurzellänge in cm	Adventiv- wurzeln pro 100 Embryonen
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4			
S 704/F 2 reif	65,6	11,3	10,8	2,2	10,0	1,3	0	22,1	16,8	59,8	1,6	1,3	81
S 704/F 2 unreif	19,9	3,3	4,0	1,3	71,5	0	0	0,7	0	99,3	0,65	1,0	0

er auf *Pythium*-Befall in kaltem Boden geprüft wird. DICKSON, HOPPE, HOLBERT und JANSSEN fanden schon 1929 eine Beziehung zwischen den Umweltbedingungen in der Reifeperiode des Mais und seiner Entwicklung und Ernte im nächsten Jahr. Neuere Untersuchungen in dieser Richtung liegen u. a. von RUSH und NEAL (1951) vor. Über die Abhängigkeit der Saatgutqualität von den Lagerungsbedingungen sind von TSCHEREMISSINOW (1958) zusammenfassende Hinweise gegeben worden, die ohne Zweifel auch auf den *Pythium*-Befall von Einfluß sein werden. An ganzen Körnern spielen außerdem Perikarpschäden eine bedeutende Rolle für die Anfällig-

keitsfelder, Schindelmeiser, G 10 und die Kombinationen Strenzfelder × Schindelmeiser, G 10 × Schindelmeiser). Die Kreuzungspartner und die Kreuzungen waren mit Ausnahme von G 10 alle gleichmäßig schwach befallen.

Für die Zahnmaiskombinationen verwendeten wir 4 Geschwisterkreuzungen von INRA 200 als mütterliche Partner und 4 Primitivformen mittelamerikanischer Herkunft als väterliche Partner. Nebeneinander wurde das Verhalten der Eltern und Hybriden gegenüber *Pythium* getestet. Die Ergebnisse sind in Tab. 6 zusammengestellt.

Tabelle 6. Beziehung zwischen Heterosiseffekt und Anfälligkeit gegen *Pythium*.

	Sproßschädigung in %					Wurzelschädigung in %					Sproßlänge	Wurzellänge	Adventiv- wurzeln	Kontrolle		
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4				Sproßlänge	Wurzellänge	Adventiv- wurzeln
Zahnmaishybriden	47,7	21,1	6,3	4,5	20,3	0,3	0	3,5	7,4	88,8	1,6	1,3	163	1,9	3,7	301
INRA (♀)	32,3	17,9	9,3	6,5	34,0	0	0,2	1,0	3,8	95,0	1,1	1,1	103	1,8	3,7	248
Zahnmaise (♂)	19,1	8,9	4,0	9,9	58,1	0	0,3	3,1	5,8	90,8	1,1	1,0	98	2,2	3,2	316

keit von Mais gegen *Pythium* und andere Fußkrankheitserreger, besonders dann, wenn die Schäden in Embryonalnähe oder an der Krone lokalisiert sind (TATUM u. ZUBER 1943; HOPPE 1949; HOPPE u. MIDDLETON 1950; WORTMAN u. RINKE 1951). Über die Rolle des gesunden Perikarp- und Endospermgewebes bei der *Pythium*-Resistenz sei auf Bemerkungen von HASKELL u. SINGLETON (1949), HOOKER u. DICKSON (1952) sowie GERM u. KIETREIBER (1954) verwiesen. Die aufgezählten Untersuchungen und Beobachtungen zeigen, daß die Anfälligkeit des Mais gegen *Pythium* zu einem nicht geringen Teil von der Saatgutqualität abhängig ist. Bei gleich guter Qualität ist aber das genotypische Verhalten der Maisstämme ausschlaggebend (HOOKER u. DICKSON 1952 und eigene Erfahrungen).

Damit soll die Frage nach der Beziehung zwischen Kreuzungseffekten und Anfälligkeit gegen *Pythium* angeschnitten werden. Wir haben die Reaktion gegenüber *Pythium* bei den Kombinationen Hartmais × Hartmais, Zahnmais × Zahnmais und Hartmais × Zahnmais getestet. Die Kombination Hartmais × Hartmais ergab keine gesicherten Unterschiede im Befallsgrad und den Meßwerten (geprüft wurden

Die Kontrollwerte weisen keine eindeutigen Unterschiede zwischen den geprüften Kreuzungspartnern auf. Hinsichtlich der Sproßlänge und Adventivwurzelbildung liegen die Hybriden zwischen den Eltern, in der Primärwurzellänge liegen sie über den Werten der väterlichen Partner. Die Ergebnisse der *Pythium*-Infektion beweisen aber die eindeutige Überlegenheit der Hybriden. Nicht nur die geringste Sproß- und Wurzelschädigung ist bei ihnen erkennbar, sondern auch die geringste Hemmung des Sproß- und Wurzelwachstums sowie der Adventivwurzelbildung. Bei den väterlichen Partnern ist neben der Wurzelschädigung eine besonders starke Sproßschädigung zu beobachten.

Der Grad der Anfälligkeit bei der Kombination Hart- × Zahnmais wurde an den Bernburger Hybriden S 701, S 702, S 704, S 705 und deren Eltern Strenzfelder (♀), Schindelmeiser (♀), K/4 (♀), F/5 (♀) und P 702 (♂) geprüft. Zusammenfassende Ergebnisse sind in Tab. 7 zu finden.

Aus den Kontrollwerten ist zu entnehmen, daß die S-Hybriden in diesem Stadium hinsichtlich der Sproß- und Wurzellänge sowie der Adventivwurzelanzahl intermediäre Verhältnisse zeigen. Ein Heterosiseffekt tritt aber deutlich unter den erschwerten Bedingungen

Tabelle 7. Beziehung zwischen Heterosiseffekt und Anfälligkeit gegen *Pythium*.

	Sproßschädigung in %					Wurzelschädigung in %					Sproßlänge	Wurzellänge	Adventiv- wurzeln	Kontrolle		
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4				Sproßlänge	Wurzellänge	Adventiv- wurzeln
S-Hybriden	68,8	14,8	4,0	2,3	10,0	0,3	0	29,0	16,3	53,4	1,6	1,3	96	2,0	3,9	139,8
Hartmaise (♀)	36,1	25,8	9,4	7,7	20,9	0,2	1,9	16,9	15,2	65,6	1,5	1,1	48	2,2	3,3	85,7
Zahnmaise (♂)	42,3	8,3	3,2	3,8	42,3	0	0,6	0	0,6	98,7	1,2	1,1	85	1,8	4,4	254,0

der *Pythium*-Infektion in Erscheinung. Die Hartmaismütter reichen, obgleich sie alle nur schwach befallen werden, nicht an die S-Hybriden heran.

Diskussion

Das zum Teil schwer schädigende Auftreten von *Pythium* (nach HOOKER 1953 sind in Wisconsin 8 verschiedene *Pythium*-Arten samenzerstörend und wurzelfäuleerregend am Mais¹) in den amerikanischen Maisanbaugebieten hat schon vor einigen Jahrzehnten die Forderung nach *Pythium*-resistenten Maisstämmen notwendig gemacht. Auch in der Sowjetunion spielt nach Angaben von NEMLIENKO (1958) und KÜHNEL (1959) *Pythium* eine bedeutende Rolle. Grundlegende Untersuchungen über die Wechselbeziehungen zwischen Wirt und Parasit bei unterschiedlicher Temperatur und Feuchte (DICKSON u. HOLBERT 1926; JOHANN, HOLBERT u. DICKSON 1928; FLOR 1930 und KENDRICK 1953) führten dazu, den zu prüfenden Mais bei niederen Temperaturen mit *Pythium* zu infizieren. Verschiedene Methoden der Infektion und nachfolgende Auswertung auf Resistenz wurden erarbeitet. Gewöhnlich wurde in Glasgefäßen, Blumentöpfen oder im Feld mit Erde bzw. Sand gearbeitet und eine längere Entwicklung der infizierten Körner bzw. Pflanzen abgewartet (VALLEAU, KARRAKER u. JOHNSON 1926; EDGERTON, TIMS und MILLS 1929; ELLIOTT 1942; HO 1944; SEMENIUK, WALLIN u. MELHUS 1947; HOPPE 1951; DE BRUIN 1953). Bei aller Verschiedenheit der Versuchsdurchführung war die Feststellung übereinstimmend, daß es verschwindend wenig Maisstämme gibt, die resistent gegen *Pythium* sind, daß aber gesicherte Unterschiede im Grad der Anfälligkeit vorhanden sind. Beispielsweise führen SEMENIUK, WALLIN u. MELHUS (1947) an, daß von 988 getesteten Maisstämmen lediglich 6 in die Klasse der resistentesten eingeordnet werden konnten, 71 in die nächstbeste Klasse, während die Mehrheit der geprüften Maisstämme mit weiteren Unterschieden merkbar anfällig war. In Untersuchungen über die Natur der Resistenz gegen *Pythium* fand HOOKER (1951), daß der Maisembryo, getrennt von allen übrigen Teilen des Samens, deutliche Resistenzunterschiede zeigt. Damit eröffnete sich die Möglichkeit, viele variable, die Resistenz beeinflussende Faktoren auszuschalten und die Reaktion des Genotyps auf den Pilz präziser erfassen zu können. Die 1 Jahr später von HOOKER und DICKSON erschienenen Ergebnisse bestätigten, daß diese Möglichkeit realisierbar ist und zu interessanten Erkenntnissen führt. 1956 berichtete HOOKER, daß die bei niederen Temperaturen an Maispflanzen in verseuchtem Boden ermittelte *Pythium*-Resistenz ein Wertmaßstab für die Resistenz gegen alle Krankheiten der Fußkrankheitserregergruppe des Maises zu sein scheint, während Kolbenfäulen als unabhängig davon wirkende Faktoren bezeichnet wurden. Wenn sich ersterer Befund bestätigt, dürfte die *Pythium*-Resistenzprüfung noch an Bedeutung gewinnen.

Wir haben unsere Arbeitsmethode, die vor allem eine strenge Selektion auf *Pythium*-Resistenz erzielen soll, daher auf der Grundlage des amerikanischen Embryonentestes aufgebaut. Trotz der abweichenden Methoden und des unterschiedlichen Pilz- und Maismaterials wurden ähnliche Ergebnisse von HOOKER

und DICKSON und uns erhalten. Bei der Prüfung von resistenten und anfälligen Inzuchtlinien und den entsprechenden Kreuzungspaaren fanden die genannten Autoren, daß Hybriden schneller resistent wurden als Inzuchtlinien, auch schneller als die als resistent bezeichneten Inzuchten. 1956 konnte HOOKER auf Grund seiner eingehenden Untersuchungen ganz allgemein sagen, daß „die Resistenz der Hybriden gewöhnlich proportional der Anzahl an resistenten Inzuchtlinien ist, die zu ihrer Synthese benötigt wurden.“ Wir konnten darüber hinaus zeigen, daß das Gesagte nicht nur für Zahnmaislinien und deren Hybriden zutreffend ist, sondern auch für Mehrfach- und Sortenhybriden. Ganz besonders gut erwiesen sich dabei Hybriden aus Hart- × Zahnmais, deren mütterlicher Elter (Hartmais) die größere Resistenz und deren väterlicher Elter die frühzeitige Entwicklung der weniger anfälligen Adventivwurzeln vererbt (vgl. hierzu auch PINNELL 1949 sowie HOOKER 1955).

Von Interesse schien uns bei diesen Untersuchungen die Feststellung, ob eine Korrelation zwischen Sproßlänge und -schädigung, Wurzellänge und -schädigung sowie zwischen Sproß- und Wurzelschädigung besteht. Aus diesem Grund haben wir die Durchschnittswerte der Kontrollsproßlängen und -wurzellängen von 154 geprüften Sorten und Stämmen zu ihrem entsprechenden durchschnittlichen Befall in Beziehung gesetzt. Es ergab sich, daß zwischen Sproßlänge und -schädigung eine negative, jedoch nicht signifikante Korrelation ($r = -0,09$) besteht. Das entsprach unseren Erwartungen, da in mehreren Fällen kurze, in anderen Fällen relativ lange Sprosse besonders geringen Befall zeigten. Zwischen Wurzellänge und -schädigung besteht eine geringe, aber gesicherte negative Korrelation ($r = -0,55$). Mit steigender Wurzellänge wird demnach die Schädigung geringer. Hier sei auf die Untersuchungen von HOLBERT und KOEHLER (1924) hingewiesen, die fundamentale, mit der Wurzelfäuleanfälligkeit korrelierte Unterschiede im Wurzelsystem verschiedener Maisinzuchtstämmen fanden. Zwischen Sproß- und Wurzelschädigung konnten wir eine gesicherte positive Korrelation ($r = +0,48$) finden. Es ist also eine gewisse Abhängigkeit des Schädigungsgrades von Sproß und Wurzel vorhanden. Diese ist aber doch nicht groß genug, um eine getrennte Beurteilung der Anfälligkeit von Sproß und Wurzel vernachlässigen zu können. In der Praxis spielt die Schädigung von Sproßteilen durch *Pythium* nur bei sehr schwerem Befall eine Rolle, in dem beschriebenen Embryonentest ist sie aber zur Einschätzung der Anfälligkeit von Sorten bzw. Stämmen sehr wesentlich.

Beobachtungen über das unterschiedliche Reaktionsvermögen von Sproß und Wurzel auf verschiedene Temperaturen sollen an anderer Stelle diskutiert werden. Das Sproßwachstum der Embryonen wird durch höhere Temperaturen stärker gefördert. Das gibt eine Erklärungsmöglichkeit für die durch Wärme erzielbare Entwicklungsbeschleunigung des Maises.

Abschließend sei hier noch hervorgehoben, daß von den Ergebnissen der Prüfung isolierter Maisembryonen auf das Resistenzverhalten im Feldbestand geschlossen werden kann. HOOKER und DICKSON fanden eine gute Übereinstimmung der Werte des Embryonentestes mit dem Befall gleicher Linien und Hybriden im Feld. Eigene Vergleiche in größerem Umfang bleiben weiteren Versuchen vorbehalten. Außerdem sollen

¹ Vgl. auch HO, W., and I. E. MELHUS, *Phytopathology* 30, 10 (Abstr.) (1940).

zur Zeit laufende Untersuchungen klären, ob sich durch Selektionsmethoden hochresistente Formen gegen *Pythium*-Befall aufbauen lassen.

Zusammenfassung

1. Mit Hilfe des von uns erarbeiteten Embryonentestes konnte bestätigt werden, daß die geprüften Maissorten auf den Angriff verschiedener pathogener *Pythium*-Arten in gleicher Weise reagieren.

2. Hinsichtlich der Saatgutqualität wurde festgestellt, daß zwischen Korngröße und Anfälligkeit gegen *Pythium* kein direkter Zusammenhang besteht; stark anfällig sind dagegen Maiskörner, die auf Grund ungenügender Reife klein geblieben sind.

3. Unter den 68 hier ausgewerteten Sorten und Stämmen bestehen signifikante Unterschiede hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber *Pythium spec.*

4. Die Anfälligkeit von Sproß und Wurzel ist nicht gleich stark. In der Regel sind Sproß und Adventivwurzeln resistenter als Primärwurzel und Nebenwurzeln.

5. Werden die geprüften Sorten nach ihrer Zugehörigkeit zu den entsprechenden Convarietäten geordnet, sind die Halbzahnmaise am resistantesten. Vorwiegend schwach anfällig sind auch die Hartmaise. Die geprüften Zahnmaise sind zum größten Teil stark anfällig. Der getestete Zuckermais und der Puffmais sind stark anfällig, während der Stärkemaissstamm nur schwach befallen wird.

6. Alle getesteten Zahnmaise neigen zu frühzeitiger Adventivwurzelbildung; die geschädigten Zahnmaise haben dadurch eine Chance, sich trotz schweren Befalls weiterzuentwickeln.

7. Die Halbzahnmaise unserer Prüfungen sind vorwiegend Kombinationen aus Hart- × Zahnmais. Sie vereinigen daher in sich die relativ gute Resistenz der Hartmaiswurzel und die schnelle Bildungsfähigkeit der Zahnmaisadventivwurzeln.

8. Hybriden aus Zahn- × Zahnmais und Hart- × Zahnmais erwiesen sich im geprüften Stadium nach *Pythium*-Infektion dem besseren Elter überlegen (Heterosis), in der nicht infizierten Kontrolle verhielten sie sich intermediär bzw. dominant.

9. Aus der Tabelle 1 kann abgeleitet werden, daß bei tieferen Keimtemperaturen das Wurzel- zum Sproßwachstum in einem weiteren Verhältnis steht als bei höheren Temperaturen. Das wird als ein Grund für die erzielbare Entwicklungsbeschleunigung des Maises unter höheren Anzuchttemperaturen angesehen.

Literatur

1. BRUIN, I. TH. de: Twee kiemschimmels van mais. Tijdschr. Plantenziekten 59, 254—255 (1953). — 2. DICKSON, J. G., and J. R. HOLBERT: The Influence of Temperature upon the Metabolism and Expression of Disease Resistance in Selfed Lines of Corn. J. Amer. Soc. Agron. 18, 314—322 (1926). — 3. DICKSON, J. G., P. E. HOPPE, J. R. HOLBERT and G. JANSSEN: The Influence of Environment during Maturation upon Predisposition to Seedling Blight in Wheat and Corn Strains. Phytopathology 19, 79 (Abstr.) (1929). — 4. EBERT, D.: Die Ausbildung des Keimwurzelsystems bei Mais in Abhängigkeit vom Reifegrad. Dtsch. Landwirtschaft. 10, 126—128 (1959). — 5. EDGERSON, C. W., E. C. TIMS and P. J. MILLS: Relation of the Root-Rot Disease of Sugar Cane. Phytopathology 19, 549—563 (1929). — 6. ELLIOTT, CH.: Relative Susceptibility to *Pythium* Root Rot of Twelve Dent Corn Inbreds. J. agric. Res. 64, 711—723 (1942). — 7. FLOR, H. H.: Relation of Environmental Factors to Growth and

Pathogenicity of *Pythium* Isolated from Roots of Sugar Cane. Phytopathology 20, 319—328 (1930). — 8. GERM, H., und M. KIBTREIBER: Die Prüfung der Vitalität des Maiskornes. Bodenkultur (Wien), Sonderh. 5, 29—47 (1954). — 9. HASKELL, G., and W. R. SINGLETON: Use of Controlled Low Temperature in Evaluating the Cold Hardiness of Inbred and Hybrid Maize. Agronomy J. 41, 34—40 (1949). — 10. HO, W.: Soil Inhabiting Fungi Attacking the Roots of Maize. Iowa agric. exp. Sta. Res. Bul. 332, 403—446 (1944). — 11. HOLBERT, J. R., and B. KOEHLER: Anchorage and Extent of Corn Root Systems. J. agric. Res. 27, 71—78 (1924). — 12. HOOKER, A. L.: The Corn Embryo as a Factor in Resistance in *Pythium* during Germination. Phytopathology 41, 17 (Abstr.) (1951). — 13. HOOKER, A. L.: Correlation of Resistance to Eight *Pythium* Species in Seedling Corn. Phytopathology 43, 476 (Abstr.) (1953). — 14. HOOKER, A. L.: Correlation of Resistance to Eight *Pythium* Species in Seedling Corn. Phytopathology 46, 175—176 (1956). — 15. HOOKER, A. L.: Association of Resistance to several Seedling, Root, Stalk, and Ear Diseases in Corn. Phytopathology 46, 379—384 (1956). — 16. HOOKER, A. L.: Intra-inbred Line Variation in Resistance to a *Pythium* Seedling Disease of Corn. Agronomy J. 47, 580—582 (1955). — 17. HOOKER, A. L.: Additional Seed Factors Affecting Stands of Corn in Cold Soils. Agronomy J. 47, 582—585 (1955). — 18. HOOKER, A. L., and J. G. DICKSON: Resistance to *Pythium* Manifest by Excised Corn Embryos at Low Temperatures. Agronomy J. 44, 443—447 (1952). — 19. HOPPE, P. E.: Differences in *Pythium* Injury to Corn Seedlings at High and Low Soil Temperatures. Phytopathology 39, 77—84 (1949). — 20. HOPPE, P. E.: A New Technique for Incubating Seed Corn in Cold Soil for Disease Tests. Phytopathology 41, 747—751 (1951). — 21. HOPPE, P. E.: A Glass-Tumbler-Paper-Doll Technique for Seed Corn Incubation and Germination Tests. Phytopathology 41, 856—858 (1951). — 22. HOPPE, P. E., and J. T. MIDDLETON: Pathogenicity and Occurrence in Wisconsin Soils of *Pythium* Species which Cause Seedling Disease in Corn. Phytopathology 40, 13 (Abstr.) (1950). — 23. JOHANN, H., J. R. HOLBERT and J. G. DICKSON: A *Pythium* Seedling Blight and Root Rot of Dent Corn. J. agric. Res. 37, 443—464 (1928). — 24. KENDRICK, E. L.: The Influence of Environment on the Physiology and Pathogenicity of *Pythium* Species on Corn Seedlings. Phytopathology 43, 477 (Abstr.) (1953). — 25. KÜHNEL, W.: Samenübertragbare Maiskrankheiten und ihre Bekämpfung. Nachrichtenbl. dtsh. Pflanzenschutzdienst (Berlin) N.F. 13, 166—169 (1959). — 26. NEMLIENKO, F. E.: Control of Maize Diseases during the Prae-Sowing and Sowing Periods. (russ.) Plant Prot. Moscow 2, 32—35 (1957); Ref. in Rev. appl. Mycol. 37, 280 (1958). — 27. PHILIPP, A.: Untersuchungen über *Marasmius spec.* an Mais. Ein Beitrag zur Kenntnis der Keimlings- und Fußkrankheiten des Mais. Kühn-Arch. 73, 42—84 (1959). — 28. PINNELL, E. L.: Genetic and Environmental Factors Affecting Corn Seed Germination at Low Temperatures. Agronomy J. 41, 562—568 (1949). — 29. RUSH, G. E., and N. P. NEAL: The Effect of Maturity and Other Factors on Stands of Corn at Low Temperatures. Agronomy J. 43, 112—116 (1951). — 30. SEMENIUK, G., J. R. WALLIN and I. E. MELHUS: Root-Necrosis Resistance in Maize. Phytopathology 37, 20 (Abstr.) (1947). — 31. TATUM, L. A., and M. S. ZUBER: Germination of Maize under Adverse Conditions. J. Amer. Soc. Agron. 35, 48—59 (1943). — 32. TSCHEREMISSINOW, N. A.: Wege der Pilzinfektion beim Maissaatgut und Maßnahmen der Prophylaxe. Sowjetwissenschaft, Naturwiss. Beitr. 1, 294—297 (1958). — 33. TSCHEREMISSINOW, N. A.: Die Anwendung der Mitschurinschen Lehre bei der Bekämpfung der Maiskrankheiten. Sowjetwissenschaft, Naturwiss. Beitr. 2, 1316—1329 (1958). — 34. VALLEAU, W. D., P. E. KARRAKER and E. M. JOHNSON: Corn Root Rot — a Soil-Borne Disease. J. agric. Res. 33, 453—476 (1926). — 35. WINKEL, A.: Die Keimwurzelbildung verschiedener Maissorten und die Bedeutung von Keimwurzeluntersuchungen für die Hybridmaiszüchtung. Vortrag, gehalten am 3. 2. 1960 auf der Maiszüchertagung in Bernburg/Saale. — 36. WORTMAN, L. S., and E. H. RINKE: Seed Corn Injury at Various Stages of Processing and Its Effect upon Cold Test Performance. Agronomy J. 43, 299—305 (1951).