

DIE GETREIDEROSTE IN IRAN

WIRTSBEREICH, UNTERSCHIEDUNG, BEDEUTUNG, BEKÄMPFUNG

Von

E. NIEMANN, G. SCHARIF und A. BAMDADIAN

A. Die in Iran vorkommenden Getreide-Rost-Arten und ihre Wirte

Für Iran wurde bisher das Vorkommen von sechs Getreiderosten beschrieben (4,12,13,14). Die Tabelle 1 zeigt den bisher in Iran bekannt gewordenen Wirtsbereich für diese Arten, sowie den Wirtsbereich, wie er aus anderen Ländern angegeben wird, getrennt nach Aecidien-Generation (Zwischenwirt) und Uredo-Teleuto-Generation (Getreide-, Hauptwirt).

Die Tabelle zeigt, daß unsere Kenntnis über den Wirtsbereich besonders von *P. triticina*, *P. striiformis* und *P. coronata* in Iran noch sehr lückenhaft ist. Ein Vergleich mit den Angaben aus anderen Ländern läßt es als sicher annehmen, daß diese Arten auch in Iran noch auf zahlreichen weiteren Gräsern vorkommen. Eine intensivere Bearbeitung dieser Frage wäre in Zukunft wegen der großen praktischen Bedeutung der Getreideroste dringend erwünscht.¹⁾

B. Unterscheidungsmerkmale der Getreideroste

Die sechs in Iran vorkommenden Getreideroste lassen sich nach der Ausbildung der Sporenlager und der Sporenform nach den in Tabelle 2 und Abbildung 1 zusammengestellten Merkmalen unterscheiden.

Nach den wichtigsten Merkmalen der einzelnen Roste läßt sich der nachstehende Bestimmungsschlüssel aufstellen:

I. Teleutosporen nur einzellig (nicht mit zweizelligen Sporen vermischt). Nur auf Gerste vorkommend:

Uromyces iranensis

1) Zusendung von Rostproben von Wildgräsern wird unter Angabe der Grasart an das "Forschungs-Institut für Pflanzenkrankheiten und-Schädlinge" in Teheran-Evin erbeten.

II. Einzellige und zweizellige Teleutosporen zugleich und miteinander gemischt vorkommend. Rostpusteln sehr klein. Nur auf Gerste vorkommend:

Puccinia hordei

III. Teleutosporen nur zweizellig.

1. Teleutosporen am Scheitel mit kronenartigen Zacken. Nur auf Hafer vorkommend:

Puccinia coronata

2. Teleutosporen an der Spitze ohne solche kronenartigen Zacken (abgerundet, schräge oder zugespitzte Spitze). Auf verschiedenen Getreidearten vorkommend:

A. Teleutosporen meist langgestielt (Stiel etwa so lang wie die Spore). Uredosporen länglich; Keimsporen in der Äquatorialzone angeordnet. Pusteln vorwiegend an Blattscheiden und Halmen. Pusteln oft zu großen Polstern zusammenfließend; aufreißend; am Rande von den Epidermisresten umgeben (sich rauh anführend) (Abb. 2):

Puccinia graminis

B Uredosporen rundlich; Keimsporen über die ganze Spore verteilt. Teleutosporen kurz gestielt.

a) Uredolager gelb oder orange; häufig in Streifen angeordnet; vorwiegend auf den Blattspreiten. Teleutolager streifig-schmal; lange von der Epidermis bedeckt bleibend:

Puccinia striiformis

b) Uredolager braun; einzeln auf den Blattspreiten liegend (nicht streifig oder zu größeren Polstern zusammenfließend); nicht von der aufgerissenen Epidermis umsäumt:

Puccinia triticina

C. Verbreitung und Bedeutung

Da von den Getreidearten nur Weizen und Gerste in Iran wichtig sind, haben nur die auf ihnen vorkommenden Rostarten wirtschaftliche Bedeutung.

a) Als wichtigster Rost des Weizens und zugleich als wichtigste Getreidekrankheit Irans - ist der **G e l b r o s t**, *P. striiformis*, zu betrachten. Im Norden im Küstenbereich des Kaspischen Meeres von der Moghan-Steppe bis Gorgan mußte in der Vergangenheit jedes Jahr mit starkem Befall gerechnet werden. In den gebirgigen Gebieten entlang Albors und Zagros tritt er gleichfalls jährlich, aber epidemisch nur alle 4-5 Jahre auf. In den Bewässerungsgebieten in Khoozestan ist er häufig, aber wegen der relativ kurzen Vegetationszeit weniger schädigend (4,8,9). Eine Schätzung der durchschnittlichen jährlichen Weizen-Verluste durch Gelbrost für die einzelnen Anbaugelände Irans wird in Tabelle 3 gegeben. Der durchschnittliche Befall für das gesamte Land liegt danach bei etwa 4,5%; der Schaden in Geldwert bei 800 Millionen Rial (etwa 43 Mill. DM). Auch Gerste wird im Kaspischen Küstengebiet häufig stärker von Gelbrost befallen.

Diese Verhältnisse haben sich in den letzten Jahren etwas geändert, seit vom "Saattgutamt" die Gelbrost - resistente Weizensorte "Akova" im Kaspischen Gebiet eingeführt wurde. Man trifft dort heute nur noch auf den anfälligen Lokalsorten stärkeren Gelbrost-Befall.

Tabelle 1

Rostart	Vorkommen auf Wirtspflanzen						
	Land	Zwischenwirte (Aecidiengeneration - I)	Hauptwirte (Uredo = II und Teleuto = III generation)				Wildgräser
			Getreide				
			Weizen	Gerste	Hafer	Roggen	
1. <i>Puccinia triticina</i> Erikss. = <i>P. rubigovera tritici</i> (Erikss. et Henn.) Carl. (z. T. zur Sammelart <i>P. recondita</i> Rob. et Desm. gestellt) Braunrost, leaf rust, rouille brune	Iran	?	+				?
andere Länder	<i>Thalictrum</i> sp. (1,2,4)	+	+		+	Wildgräser aus den Gattungen <i>Hordeum</i> , <i>Secale</i> , <i>Agropyron</i> , <i>Aegilops</i> , <i>Elymus</i> , <i>Bromus</i> (1,3,7)	
2. <i>Puccinia striiformis</i> West. = <i>P. glumarum</i> (Schm.) Erikss. et Henn. Gelbrost, stripe rust (yellow rust), rouille jaune	Iran		+	+			<i>Aegilops triaristata</i> , <i>Agropyrum orientale</i> , <i>Boissiera pumilio</i> , <i>Bromus danthoniae</i> , <i>B. tectorum</i> , <i>Dactylis glomerata</i> (10), <i>Hordeum murinum</i> (unveröff.)
andere Länder	unbekannt		+	+		+	Auf etwa 230 ver- schiedenen Wildgrä- sern aus etwa 40 ver- schiedenen Gattun- gen (8).

Tabelle 1

Rostart	Land	Vorkommen auf Wirtspflanzen					
		Zwischenwirte (Aecidiengeneration =I)	Hauptwirte (Uredo = II und Teleuto = III generation)				Wildgräser
			Getreide				
			Weizen	Gerste	Hafer	Roggen	
3. <i>Puccinia graminis</i> Pers. Schwarzrost, stem rust, rouille noire	Iran	<i>Berberis vulgaris</i> , <i>B. integerrima</i> (4)	+	+	+	+	<i>Aegilops cylindrica</i> , <i>A. triaristata</i> , <i>Agropyrum aucheri</i> , <i>A. intermedium</i> , <i>A. repens</i> , <i>Alopecurus agrestis</i> , <i>Bromus danthoniae</i> , <i>Elymus caput-medusae</i> , <i>Festuca elatior</i> , <i>Hordeum murinum</i> , <i>H. fragile</i> , <i>Lolium perenne</i> (1).
	andere Länder	<i>Berberis</i> sp. (<i>B. vulgaris</i> , <i>B. canadensis</i>) <i>Mahonia</i> sp. (1)	+	+	+	+	Auf etwa 100 verschiedenen Gräsern aus dem Tribus <i>Paniceae</i> (1)
4. <i>Puccinia coronata</i> Corda. Kronenrost, crown rust, rouille couronnée ou orangée	Iran	§			+		<i>Alopecurus agrestis</i> (1)
	andere Länder	<i>Rhamnus</i> sp. (<i>R. carthartica</i> u.a.), <i>Elaeagnus</i> sp., <i>Shepherdia</i> sp. (1)				+	Auf über 50 Wildgräsern aus dem Tribus <i>Avenae</i> (1)
5. <i>Puccinia hordei</i> Otth. = <i>P. anomala</i> Rostr. = <i>P. simplex</i> Erikss. et Henn. Gerstenzwergrost, dwarf leaf rust, rouille brune, rouille naine de l'orge.	Iran	§		+			<i>Hordeum bulbosum</i> , <i>H. violaceum</i> (4)
	andere Länder	<i>Ornithogalum</i> sp. (<i>O. umbellatum</i> u.a.) (1)			+		
6. <i>Uromyces iranensis</i> Vienn.—Bourg.	Iran (13,14)	unbekannt			+		

Tabelle 2. Unterscheidung der Getreideroste

Rostart	Sporenlager	Sporen
<i>P.tritici- na</i>	<p>Sporenlager vor allem auf der Blattspreite, selten auf Blattscheiden und Halmen.</p> <p><i>Uredolager</i>: Runde Pusteln; im Frühjahr teilweise ringförmig auf den Blättern gruppiert, später einzeln verstreut. Auf beiden Blattseiten, häufiger jedoch auf der Oberseite. Ockerbraun. Aufreißend, aber ohne auffällige Epidermisreste. Die Uredolager fließen nur selten zu größeren Polstern zusammen.</p> <p><i>Teleutolager</i>: Oval. Schwarz. Von der Epidermis bedeckt bleibend. Besonders häufig auf der Blattunterseite gebildet.</p>	<p><i>Uredosporen</i>: Rund bis schwach eiförmig (Unterschied zu <i>P.graminis</i>) .13-24 x 16-32 μ, Feinstachelig. 4-8 unregelmäßig verteilte Keimporen. Schwach gelb-braun.</p> <p><i>Teleutosporen</i>: Zweizellig. Länglich, keulig oder keilförmig; am Scheitel gerundet oder abgestumpft. 13 - 24 x 32-65 μ. Kurzgestielt. Haselbraun.</p> <p>Die Sporen sind in den Lagern am Rand von einer dünnen Schicht brauner Paraphysen umgeben.</p>
<i>P.striiformis</i> (= <i>P.glu- marum</i>)	<p>Sporenlager vor allem auf den Blattspreiten, teilweise auch auf den Spelzen(Name!), seltener auf Blattscheiden und Halme übergreifend.</p> <p><i>Uredolager</i>: Gelb (Name!) bis orange Auf jüngeren Blättern einzeln oder verstreut liegend; auf älteren Blättern streifenförmig (Name!). Bei</p>	<p><i>Uredosporen</i>: Kugelig bis leicht ellipsoidisch. 16-26 x 19-30 μ. Feinstachelig. 10-15 unregelmäßig verteilte Keimporen. Farblos-gelblich.</p>

Tabelle 2

Rostart	Sporenlager	Sporen
	<p>starkem Befall sind die Blätter am Rande eingerollt und zerschlitzt. Der Rost tritt schon früh im Frühjahr auf, bevor die anderen Rostarten erscheinen.</p> <p><i>Teleutolager</i>: In schmalen, strichförmigen Pusteln, streifig angeordnet. Braun-schwarz. Lange von der Epidermis bedeckt bleibend. Teleutolager werden in der warmen Jahreszeit in den alten Uredolagern gebildet und sind besonders häufig auf der Blattunterseite.</p>	<p>Gelegentlich sind am Rande der Uredolager spatelförmige Paraphysen vorhanden.</p> <p><i>Teleutosporen</i>: Zweizellig. Länglich-keulig; Obere Zelle am Scheitel unregelmäßig abgeschrägt oder gerundet; stets unsymmetrisch. Fußzelle (Stiel) kurz oder fehlend. 13-24 x 32-56 μ. Haselbraun. Die Teleutosporen sind in den Lagern am Rand von braunen Paraphysen umgeben.</p>
<i>P.graminis</i>	<p>Sporenlager vor allem auf Stengeln und Blattscheiden; seltener auf den Blattspreiten und Ährenspindeln.</p> <p><i>Uredolager</i>: Länglich; pustelartig, oft zu großen polsterartigen Lagern zusammenfließend. Rot-braun bis schokoladen-braun. Die Lager reißen bald auf und sind dann am Rand von der aufgerissenen Epidermis umsäumt. (Sie fühlen sich daher rauhan).</p> <p><i>Teleutolager</i>: Schwarz-braun. Mit fortgeschrittener Jahreszeit in den alten Uredolagern</p>	<p><i>Uredosporen</i>: Länglich-ellipsoidisch (Unterscheidung von den anderen Rostarten). 13-24 x 21-42 μ. Mit derben Stacheln. 4 (seltener 5) Keimsporen in der Äquatorialzone angeordnet. Gelbbraun.</p> <p><i>Teleutosporen</i>: Zweizellig. Länglich-keulig; am Scheitel häufig abgerundet oder etwas</p>

Tabelle 2

Rostart	Sporenlager	Sporen
	<p>oder unabhängig davon gebildet. Die Lager reißen bald auf und bleiben am Rand von den Epidermisresten umsäumt.</p>	<p>zugespitzt, mit stark verdickter Membran. 16-23 x 35-58 μ. Langgestielt; Stiel so lang oder länger als die Spore (etwa 60 μ). Braun. Lager ohne Paraphysen.</p>
<i>P. coronata</i>	<p>Sporenlager auf den Blattspreiten und Blattscheiden; seltener auch an den Blütenorganen. <i>Uredolager</i>: Rostbraune; einzeln stehende, ausstäubende Pusteln. Zuerst rund oder länglich; später zu unregelmäßigen Mustern zusammenfließend. Die Epidermis ist nicht aufgerissen (Unterschied zu <i>P. graminis</i>). <i>Teleutolager</i>: Oft in unregelmäßigen Ringen um die Uredolager herum gebildet. Schwarz - braun. Von der Epidermis bedeckt bleibend.</p>	<p><i>Uredosporen</i>: Kugelig oder schwach eiförmig. 16-20 x 18-24 μ. Feinstachelig. 6-8 unregelmäßig verteilte Keimporen. Orange-gelb. <i>Teleutosporen</i>: Zweizellig. Keulig-verlängert. 13-19 x 30-67 μ. Nur sehr kurz gestielt. Am Scheitel mit 3-10 kornartigen Zacken (Name!). Dunkelbraun.</p>
<i>P. hordei</i>	<p><i>Uredolager</i>: Auf beiden Blattseiten, vorwiegend aber auf der Blattoberseite. Weniger auf den Blattscheiden. Pusteln sehr klein (bis höchstens 0,5 mm), zerstreut liegend. <i>Teleutolager</i>: Auf beiden Blattseiten, vorwiegend aber</p>	<p><i>Uredosporen</i>: Breit-ellipsoidisch. 16-24 x 22-29 μ. Feinstachelig. 8-10 unregelmäßig verteilte Keimporen. Gelblich. <i>Teleutosporen</i>: Nur zu einem geringen Anteil zweizellig;</p>

Tabelle 2

Rostart	Sporenlager	Sporen
	Blattunterseits Schwärzlichbraun. Punktförmig. Lange von der Epidermis bedeckt bleibend.	am Scheitel abgeschrägt oder gerundet; am Septum etwas eingeschrürt. Die meisten Sporen sind einzellig (Mesosporen); länglich, keulenförmig oder unsymmetrisch kantig; am Scheitel abgestutzt. 15-25 x 26-32 μ . Die Sporen sind in den Lagern am Rand von einer dünnen Schicht bräunlicher Paraphysen umgeben.
<i>U.iranensis</i>	<i>Uredolager</i> : Auf den Blattspreiten, Spärlich entwickelt. Pulverig. Fuchs- oder rostrot. <i>Teleutolager</i> : Reichlich gebildet. Punktförmig. 0,2-1,2 mm lang. Von einem gelblichen Hof umgeben.	<i>Uredosporen</i> : Sphaerisch oder ellipsoidisch. 17-30 x 15-24 μ . <i>Teleutosporen</i> : Kugelig, birnförmig, eiförmig oder kantig. 17-26,5 x 12,5 - 23 μ . Mit einem nicht persistenten Stiel.

Von Interesse ist, daß auch in Rußland die Gebiete zu beiden Seiten des Kaspischen Meeres (besonders südlich des Kaukasus, etwas weniger auch in der Turkmenensteppe) zu den am stärksten durch Gelbrost bedrohten Gebieten gehören (8). Es muß danach das ganze Gebiet um das südliche Kaspische Meer zu den besonders stark Gelbrostgefährdeten Gegenden der Erde gezählt werden. Auch in der Ost- und Zentral-Türkei und im Norden von West-Pakistan (besonders im Gebiet von Peschawar und in den Hochtälern) ist Gelbrost häufig und von großer Bedeutung. In diesen an Iran grenzenden Ländern wurde aus Jahren mit schweren Epidemien teilweise 50 - 95 % Befall bzw. Ertragsausfall durch *P.striiformis* gemeldet (8).

P.striiformis ist ein Rost, der durch kühle Witterung begünstigt wird. Er tritt daher schon früh im Jahr auf. Zum Sommer, mit dem Einsetzen trocken-heißer Witterung kommt der Befall zum Stillstand oder der Rost verschwindet dann ganz. In den letzten Jahren wurde von uns im Kaspischen Bereich (besonders stark bei Astara) jeweils schon im Januar Uredo-Fruktifikation auf anfälligen Weizensorten (Lokalsorten)

Tab.3. Weizenverluste durch *P.striiformis* in Iran (bzw. mögliche Ertragssteigerung, die beim Weizen durch Ausschalten des Gelbrostes jährlich im Durchschnitt zu erreichen wäre). Berechnet auf der Grundlage des Weizen-Ertrages von 1960 (siehe *Mudra* 9, Tab.1 und 2).

Zone ¹⁾	Anbaufläche ²⁾ in 1000ha	Ertrag ²⁾ in 1000 t	geschätzter jährlicher durchschnittlicher Verlust durch <i>P.striiformis</i> %	jährlicher Verlust durch Gelbrost (bzw.mögliche Ertragssteigerung durch Ausschalten des Rostbefalls)	
				in 1000 t ⁴⁾	in Millionen Rial ⁵⁾
Kaspische Zone	299	285	(5)-17,5-(30)	59	354
Azarbayejan	927	548	(2)-5 -(10)	29	154
West-Zone ⁶⁾	1,033	696	(1)-3 -(5)	22	132
Khorasan	445	389	(1)-3 -(5)	12	72
Khoozestan	306	157	(1)-3 -(5)	5	30
Teheran-Zone ⁷⁾	293	271	(<1)-2 -(5)	5	30
Fars (einschl. Golf-Küste)	436	257	<1	<2,5	<15
Esfahan-Zone	157	189	<1	<1,9	<11
Kerman (einschl. Golf-Küste)	78	92	<1	<0,9	< 5
Sistan-Balootchestan	38	41	<1	<0,4	< 3
Iran gesamt	4.012	2.925	4,5 ⁸⁾	137,7	806

Anmerkungen : 1) Die Einteilung nach Anbauzonen entspricht nicht den Provinz-Grenzen (siehe *Mudra* 9,S.5). 2) Die Anbaufläche umfaßt Winter-und Sommer-Weizen, bewässert+unbewässert insgesamt. Seit 1960 wurde der Weizenanbau in einzelnen Gebieten stark ausgeweitet (z.B. in Gorgan auf das Doppelte). Die wertmäßige Berechnung des Rostausfalles würde daher heute teilweise zu wesentlich höheren Werten führen. 3) Rohe Schätzung des Befalls auf Grund unserer Beobachtungen in den letzten sechs Jahren. In Klammern wurde die Schwankung des Befalls in den einzelnen Jahren angegeben. Berechnung des Mittelwertes unter Berücksichtigung der Häufigkeit stärkeren Rostauftrittens .4) Berechnet nach: $\frac{\text{Ertrag (in Tsd.t)} \times 100}{100 - \% \text{ Befall}}$. 5) Berechnet unter Zugrundelegung eines Durchschnittspreises von 6.000 Rial je t Weizen .6) Etwa Kermanshahan, Kordestan, Hamedan, Lorestan. 7) Südlich des Albors-Gebirges gelegene Gebiete (Teheran und Semnan). 8) Errechnet nach: $\frac{137,7 \times 100}{2925 + 137,7}$

und Gräsern beobachtet. Der Rost kann hier also ohne weiteres im Uredo - Stadium überwintern und von dort aus im Frühjahr schnell den Weizen in den umliegenden, weniger begünstigten Trocken - oder Gebirgsgebieten befallen. Ein Nebenwirt für die Aecidien-Generation ist ja bisher für den Gelbrost nicht bekannt (siehe Tabelle 1) . Für ihn ist also alleine die Überwinterung im Uredo-Stadium auf Gramineen von Bedeutung.

Nach allgemeiner Ansicht ist die Übersommerung des Gelbrostes in Gebieten, die trocken-heiße Sommer haben, nicht möglich. Dazu würden z. B. Khoozestan, Azar-bajejan! und die zentraliranische Hochebene gehören. Man nimmt an, daß der Gelbrost hier in angrenzenden kühleren Gebirgsgebieten auf Getreide oder Gräsern übersommert (7).

Spezielle Untersuchungen über die Übersommerung unter den südiranischen Klimabedingungen liegen jedoch noch nicht vor, so daß wir hier zur Zeit noch auf Vermutungen angewiesen sind. Es wäre auch durchaus möglich, daß der Gelbrostbefall in Khoozestan jährlich von Uredosporen seinen Ausgang nimmt, die im Norden (etwa im Gebiet von Astara oder der Moghan-Steppe) in klimatisch günstigeren Lagen übersommert und überwintert haben und dann durch den Wind nach Süden verweht werden. Solches weiträumiges Verwehen von Rostsporen aus den primären Entstehungszentren einer Epidemie ist zum Beispiel auch aus Nordamerika und Europa bekannt (15).

Die Schädigung durch Gelbrost besteht in einem starken Absinken des Chlorophyll-Gehaltes der Getreideblätter und einem Verlust an Assimilationsfläche. Dadurch wird die Entwicklung der ober- und unterirdischen Pflanzenteile gehemmt; das Getreidekorn ist verkümmert. So wurde z.B. in anderen Ländern gefunden, daß bei der anfälligen Sorte «Michigan Amber» das 1000-Korngewicht von gesunden Pflanzen 36,22 g, bei stark mit Gelbrost befallenen Pflanzen aber nur 15,75 g war (7). Also ein über 50 %iger Ertragsausfall. Darüber hinaus ist aber auch die Kornqualität (Keimfähigkeit) stark beeinträchtigt.

b) Der S c h w a r z r o s t , *P. graminis*, wurde bisher in Iran für weniger gefährlich gehalten, da er anscheinend mehr zerstreut vorkam. In den Jahren 1962 und 1966 trat jedoch im südöstlichen Küstengebiet (Mazandaran und Gorgan) außerordentlich starker Schwarzrostbefall auf. Der dadurch in diesem Gebiet an Weizen bewirkte Ertragsausfall wurde von uns 1962 im Durchschnitt auf 70%¹⁾, 1966 auf 50% geschätzt. Ein 50 %iger Ertragsausfall durch Rost bedeutet alleine für den Bereich der Provinz Gorgan einen Schaden von 1.340 Millionen Rial (etwa 70 Mill. DM). Schwarzrost muß daher in Zukunft auch in Iran zu den besonders gefährlichen und bedrohlichen Getreidekrankheiten gerechnet werden und bedarf vermehrter Beachtung.

P. graminis ist ein wärmeliebender Rost. Er tritt daher erst später im Frühjahr und zu Beginn des Sommers auf, zu einer Zeit, wo der Gelbrost schon wieder zurücktritt. Schwarzrost wird sogar durch warme Frühsommer ausgesprochen begünstigt.

1) 1962 trat im Frühjahr in diesen Gebieten auch stärkerer Gelbrostbefall auf. Ein Teil des 70 %igen Schadens ist daher *P. striiformis* zuzuschreiben.

Abbildung 3 zeigt den Lebenszyklus des Schwarzrostes. Die Überwinterung erfolgt in winterkalten Gebieten in Form der Teleutosporen. Die bei ihrer Keimung im Frühjahr gebildeten Basidiosporen können nur die Berberitze infizieren. Erst die in den Aecidien auf der Berberitze (Abb. 4) entstehenden Aecidiosporen rufen dann wieder an Getreidepflanzen bzw. Gräsern Infektionen hervor. Der Schwarzrost hat also einen ausgesprochenen Wirtswechsel. Daraus ergibt sich, daß (im Gegensatz zum Gelbrost, wo kein Wechselwirt bekannt ist) der Berberitze als Schwarzrost-Wechselwirt in winterkalten Gebieten eine große Bedeutung für das Entstehen einer Schwarzrost-Epidemie zukommt. In den USA wurde daher zur Bekämpfung des Schwarzrostes ein Programm zur Vernichtung der Berberitzen eingeleitet. Seit 1917 wurden dort etwa 500 Millionen Berberitzen vernichtet.

In Iran sind *Berberis* sp. weit verbreitet. Beobachtungen im Kaspischen Gebiet ergaben aber, daß die Küstenebene dort frei von *Berberis* sp. ist. Die Berberitze tritt an den Nordhängen des angrenzenden Albors-Gebirges erst in größeren Höhengruppen auf. Im Gebiet südlich und südöstlich von Gorgan wurde sie beispielsweise vereinzelt in Höhen von 7-800 m beobachtet, in größerer Zahl dann ab 1000 m oberhalb der geschlossenen Waldgrenze (Abb. 5). Aecidien des Schwarzrostes wurden im Frühjahr 1967 außerordentlich häufig auf den Berberitzen südöstlich der Gorgan-Ebene (bei Dasht an der Straße nach Bojenoord) festgestellt, an der Straße nach Shahrud (südlich Gorgan) hingegen nur ganz vereinzelt.

Insgesamt gesehen glauben wir nicht, daß die Berberitze in Iran für das Entstehen von Schwarzrost-Epidemien eine entscheidende Bedeutung hat. Die Berberitzen-Bestände sind zu hoch gelegen und dadurch in der Entwicklung zurück. Zu der Zeit wo sich normalerweise auf ihnen eine größere Dichte von Aecidiosporen bildet, ist der Weizen in der Ebene schon so weit abgereift, daß eine Schwarzrostinfektion für ihn keine Gefahr mehr bildet.

Neben der in Abb. 3 angegebenen Überwinterung des Schwarzrostes in Form der Teleutosporen, mit obligatorischer Einschaltung der Berberitze als Wechselwirt, kann der Schwarzrost in Gebieten mit warmen Wintern auch in Form der Uredo-Sporen auf nicht umgepflügten Getreidestoppeln, Wintergetreide oder Wildgräsern überwintern. Von diesen Uredo-Sporen aus kann im Frühjahr direkt, ohne Einschaltung der Berberitze, erneut Getreide infiziert werden. Solche Überwinterung in Uredoform wurde von uns im Winter 1966/67 in nicht umgepflügten, wieder ausgewachsenen Weizenstoppeln bei Behschahr in der Kaspischen Küstenebene beobachtet. Die Sporen waren noch keim- und infektiösfähig. Da der Winter 1966/67 im Temperaturverlauf nicht anormal war, muß man wohl alljährlich im Kaspischen Bereich mit Uredo-Überwinterung des Schwarzrostes rechnen.

Der Schaden durch Schwarzrost besteht, ähnlich wie beim Gelbrost, in der Ausbildung von Kümmerkorn (Abb. 6), das zudem nur verminderte Keimkraft hat. Eine

von uns 1966 in Gorgan genommene Stichprobe aus einem stark mit Schwarzrost befallenem Weizenfeld ergab (jeweils für 20 Weizenähren):

	Kornzahl	Kornertrag g	1000-Korngewicht
stark befallen	417	2,0	4,9
wénig befallen	767	16,7	21,7

Das bedeutet eine 88%ige Reduktion des Ertrages in den stark befallenen Ähren. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß auch die "wenig" befallenen, als Bezugsgröße verwendeten Ähren schon eine gewisse Ertragsdepression gegenüber völlig gesunden aufweisen werden.

c) Von den übrigen Weizen- und Gerstenrosten wurde *P. triticina* von uns nur verstreut vorkommend beobachtet. Wir halten diese Art daher nicht von größerer Bedeutung.

Puccinia hordei und *Uromyces iranensis* sind wahrscheinlich in der Vergangenheit häufig miteinander verwechselt worden. Die Häufigkeit beider Arten auf Gerste müßte daher noch durch weitere Beobachtungen geklärt werden. Nach **Viennot-Bourgin** (14) ist von beiden Arten auf Gerste *U. iranensis* in Iran bei weitem die häufigere, und verbreitet und oft schädigend.

D. Bekämpfung der Getreideroste

a) Eine Möglichkeit zur Rostbekämpfung besteht in der Ausschaltung der **Ü b e r w i n t e r u n g s - u n d I n f e k t i o n s q u e l l e n**. Beim Gelbrost war dies bisher nicht möglich, da keine Wechselwirte bekannt sind.

Beim Schwarzrost hingegen hat sich in anderen Ländern teilweise die Vernichtung der Berberitze als nützlich erwiesen (7,15). In Iran ist davon jedoch, wie oben erwähnt wurde, kein Erfolg zu erwarten. Die Ausrottung der Berberitzen im Gebirge dürfte wegen der Unzugänglichkeit dieser Gebiete außerdem praktisch auch kaum durchführbar sein. Man sollte aber versuchen, in Iran die Uredo-Sporen-Überwinterung so weit wie möglich zu unterbinden, indem man die Stoppeln von befallenen Weizenfeldern auf jeden Fall vor Beginn des Winters umpflügt und nicht bis zum Frühjahr liegen läßt.

b) Die wirksamste Möglichkeit zur Rostbekämpfung war bisher der Anbau **r e s i s t e n t e r G e t r e i d e s o r t e n**. Derartige Arbeiten wurden auch in Iran sowohl gegen Gelbrost wie gegen Schwarzrost begonnen (9). Nach den Erfahrungen, die in den letzten Jahrzehnten in der ganzen Welt auf diesem Gebiet gesammelt wurden, muß man jedoch damit rechnen, daß von einer Resistenzzüchtung gegen Rost immer nur **b e f r i s t e t e** Erfolge erwartet werden können. Der Grund hierfür liegt in der Rassenbildung des Rostpilzes.

Resistenz einer Sorte bedeutet, daß sie weniger durch den Rost befallen wird als andere Sorten. Nun gibt es auf Seiten des Rostpilzes aber ein Gegenstück zu dieser unterschiedlichen Anfälligkeit der Sorten: einzelne Biotypen des Rostes sind für einzelne Getreidesorten aggressiver, für andere weniger aggressiv, als andere Biotypen. Man bezeichnet diese unterschiedliche Aggressivität (da sie auf physiologische Ursachen zurückgeht) als physiologische Spezialisierung, physiologische Rassenbildung oder einfach **R a s s e n b i l d u n g** des Rostpilzes. Diese Wechselbeziehung zwischen Getreidesorte und Rostrasse wird durch folgendes Schema etwas verdeutlicht:

		Rost_ R a s s e		
		1	2	3
auf Getreide — S o r t e	A	Befall	Befall	Befall
	B	Befall	Befall	kein Befall
	C	Befall	kein Befall	kein Befall
	D	kein Befall	kein Befall	kein Befall

Das Schema gibt einige der Möglichkeiten, die sich beim Vorkommen von nur drei Rassen unterschiedlicher Aggressivität und vier Sorten unterschiedlicher Resistenz ergeben würden. Es sind aber bis heute etwa 300 Rassen für *P. graminis* und 50–60 Rassen für *P. striiformis* in der Welt bekannt. Es ist praktisch nicht möglich, die Resistenz gegen alle diese Rassen in einer Getreidesorte zu kombinieren.

Alle für den Anbau geeigneten Sorten sind immer nur gegen einen Teil der Rassen resistent. Damit bildet die Rassenbildung der Rostpilze das Grundproblem und Haupthindernis für die Resistenzzüchtung. Sobald in dem Anbauggebiet einer resistenten Sorte neue aggressive Rassen auftreten und sich verbreiten, kann die Resistenz der Sorte innerhalb weniger Jahre zusammenbrechen. Dafür gibt es seit Beginn der Resistenzzüchtung gegen Rost vor etwa 50 Jahren zahlreiche Beispiele.

In den USA brach beispielsweise 1935 die Resistenz der Sorte "Ceres" gegen *P. graminis* durch die Ausbreitung der Rostrasse 56 völlig zusammen. 1950 schlug dort die Resistenz der Sorten "Carleton" und "Stewart" durch das Auftreten der *P. graminis* –Rasse 15B in Anfälligkeit um. Für Gelbrost ist aus Europa bekannt, daß der ursprünglich resistente Weizen "Carsten V" durch die Verbreitung der Gelbrost-Rassen 5 und 7 anfällig wurde. 1955 erlebte Holland starke Gelbrost-Schäden, da die vorher resistente und weit verbreitete Sorte "Heine VII" durch die Rasse 7x befallen wurde (7).

Im letzten Jahr wurde aus England berichtet, daß die dort viel angebaute resistente Weizensorte "Rothwell Perdix" durch die neue Gelbrostrasse 60 befallen wird (5).

Das Neuauftreten von Rostrassen oder die Änderung des Rassenspektrums in einem Gebiet im Verlauf der Jahre kann verschiedene Ursachen haben. Durch Mutation oder durch Hybridisation zwischen verschiedenen Rassen, die während der sexuellen Phase auf dem Wechselwirt zusammentreffen (für den Schwarzrost auf der Berberitze (siehe Abb.3), können sich ständig neue aggressive Rassen bilden. Durch den Wind werden solche Rassen über viele hundert oder sogar bis tausend Kilometer Entfernung in andere Getreide-Anbau-Gebiete verweht.

Da die Rassenprüfung aus arbeitstechnischen Gründen immer nur einen Ausschnitt aus dem Rassenspektrum erfassen kann, werden neue oder seltene Rassen am Anfang leicht übersehen. Dank der fehlenden Konkurrenz anderer aggressiver Rassen vermehren sich solche Rassen, wenn sie für eine Sorte pathogen sind besonders leicht auf Sorten, die für die anderen vorkommenden Rassen resistent sind. Sie führen dann häufig zu deren völligen Zusammenbruch. Es ist eine Erkenntnis aus langen Jahren der Resistenzzüchtung, daß die Einführung oder der vermehrte Anbau einer resistenten Getreidesorte in einem Gebiet nach mehr oder weniger langer Zeit dazu führt, daß die für diese Sorte aggressiven Rostrassen sich dort besonders vermehren. Man kann geradezu davon sprechen, daß jede Sorte die für sie aggressiven Rassen selektiert. Besonders gefährlich ist dies naturgemäß dort, wo weite Flächen unter staatlicher Regie mit nur einer Sorte bestellt werden ("Monokultur"). Wird hingegen eine Vielzahl von Sorten gebaut, so sind die Rückschläge durch das Auftreten neuer Rassen geringer.

Für die Entscheidung, ob in einem bestimmten Gebiet die Rostbekämpfung durch Resistenzzüchtung lohnend und sinnvoll ist, muß diese Rassenbildung des Rostes berücksichtigt werden. Aus ihr ergibt sich, daß wahrscheinlich die Resistenz einer neuen Sorte immer nur für eine Reihe von Jahren vorhalten wird. Es ist gegeneinander abzuwägen, wie hoch der jährliche Ausfall durch Rost in einem Gebiet sein kann und welche Aufwendungen auf der anderen Seite für die Erstellung und Einführung einer resistenten Sorte erforderlich sind.

Eine Schadensberechnung für die Gelbrostverluste beim Weizen wurde in Tabelle 3 für die einzelnen Anbauzonen Irans gegeben. Im Kaspischen Bereich ist danach der jährliche Schaden so hoch, daß es durchaus lohnend ist, für die Züchtung einer resistenten Sorte, die zum Anbau in diesem Gebiet geeignet ist, einige Millionen Rial aufzuwenden. Auch wenn man annimmt, daß die Resistenz nur für einige Jahre vorhalten wird, so ist der zu erzielende Mehrertrag immer noch um ein Vielfaches höher als der für die Züchtung notwendige Aufwand. Für Azerbayejan, die West-Zone und besonders Khorasan und Khoozestan würde eine solche Rechnung schon ungünstiger aussehen. Eine Resistenzzüchtung gegen Gelbrost für diese Gebiete scheint nur sinnvoll,

wenn sie mit geringem Aufwand möglich ist, oder die resistenten Sorten andere Werteigenschaften besitzen, die ihre Einführung wünschenswert erscheinen lassen. Für Südost-Iran und die Zentral-iranische Hochebene ist der Gelbrostverlust so gering, daß Gelbrost-Resistenz als Züchtungsziel nicht notwendig ist.

Entschließt man sich einmal zu dem beträchtlichen Aufwand einer Resistenz-züchtung, dann muß versucht werden, dem Auftreten neuer aggressiver Rassen so weit wie möglich vorzubeugen, und die zu erwartenden Rückschläge möglichst hinauszuschieben. Jedes Jahr, das die Resistenz einer Sorte länger erhalten bleibt, gestaltet die Rentabilitätsrechnung günstiger.

Von phytopathologischer Seite ist dazu zu klären, welche Rassen des Rostpilzes in dem vorgesehenen Anbauggebiet der resistenten Sorte und in dessen Nachbarschaft vorkommen, und wie sich dieses Rassenspektrum nach der Einführung der Sorte von Jahr zu Jahr ändert.

Da die Rassen sich morphologisch (nach der Sporenform, -Größe u. ä.) nicht unterscheiden lassen, muß die Erfassung der Rassen durch Austestung ihrer Pathogenität gegen ein Standard-Sortiment von Getreidesorten erfolgen, die für die einzelnen Rassen unterschiedlich anfällig sind. Dieses Sortiment von etwa 10-12 Sorten soll die wichtigsten Resistenzgene gegen den betreffenden Rost enthalten. Je nach dem Befallstyp, den die einzelnen Rostherkünfte auf diesem Standard-Sortiment ergeben, können sie den verschiedenen Rassen zugeordnet werden. Die genaue Methodik der Rassenprüfung wurde von uns in einer vorhergehenden Veröffentlichung am Beispiel des Weizengelbrostes beschrieben (10).

Von Seiten der Züchtung sind die erfolgversprechenden Sorten gegen die im Anbauggebiet vorkommenden Roststrassen auszutesten. Nur Sorten, die gegen **alle** diese Rassen und gegen möglichst viele Rassen der Nachbargebiete resistent sind, sind zur Einführung geeignet. Stehen aus Selektionen oder aus ausländischem Material solche Sorten nicht zur Verfügung, dann kann versucht werden, die gewünschte Resistenz gegen die einzelnen Rassen durch Einkreuzung zu kombinieren. Da eine Sorte selbstverständlich neben der Resistenz noch andere Qualitäten besitzen muß, sind der Kombination all dieser Werteigenschaften naturgemäß Grenzen gesetzt, und es ist ein langwieriger Weg, bis man so zu brauchbaren resistenten Sorten gelangt. Teilweise wird vorgeschlagen, bei Getreide nicht so sehr auf volle Resistenz gegen Rost (d. h. auf völlige Befallsfreiheit) zu züchten, sondern ruhig einen gewissen Befall in Kauf zu nehmen; dann aber dabei Sorten auszuwählen, die dadurch möglichst wenig geschädigt werden (6). Man bezeichnet dies als Toleranz. Auch bei diesem Zuchtziel darf aber die Rassenbildung des Rostes nicht unberücksichtigt bleiben, da damit zu rechnen ist, daß auch die Toleranz der Sorten gegen die einzelnen Rassen unterschiedlich ist, und sich beim Auftreten neuer Rassen ändern oder sogar völlig zusammenbrechen kann.

c) Eine Bekämpfung der Getreideroste auf direktem Weg durch Spritzung mit F u n g i z i d e n erschien lange Zeit nicht lohnend, da die vorhandenen Fungizide

entweder nicht genügend wirksam waren, oder zu viele Spritzungen erforderlich gewesen wären und die Bekämpfung damit nicht mehr rentabel war.

Erst in neuerer Zeit ist hier eine Änderung erfolgt. So wurde aus der Schweiz z. B. über erfolgreiche Bekämpfungsversuche gegen Gelbrost mit dem Fungizid "Sabitane" (Zineb-Nickel-Basis) berichtet (2). Noch aussichtsreicher scheint jedoch ein in den USA erprobtes systemisch wirkendes Fungizid (eine Oxathiin-Verbindung), das sich zur Saatgutbeizung oder Spritzung gegen Rost oder andere Pilzkrankheiten des Getreides einsetzen läßt (11). Allerdings hat auch dieses Mittel nur eine begrenzte Wirkungsdauer von 1-2 Monaten. Wenn die bisherigen Erfahrungen mit diesem Produkt sich auch weiterhin bestätigen, so dürfte es in Zukunft möglich sein, die bisherigen Möglichkeiten der Rostbekämpfung, wie sie unter a) und b) genannt wurden, wesentlich zu ergänzen und zu verbessern. Insbesondere könnte man daran denken, durch eine Saatgutbeizung die Überwinterung des Gelbrostes oder auch die Uredosporen-Überwinterung von *P. graminis* herabzusetzen und damit die Ausgangsquellen für eine Frühinfektion auszuschalten. Beim Schwarzrost, der ja nicht jedes Jahr schädigend auftritt, scheint es außerdem möglich, in Verbindung mit einem Beobachtungs- und Warndienst beim ersten Anzeichen einer stärkeren Frühsommer-Infektion durch eine sofortige gezielte Spritzung den weiteren Befall in Grenzen zu halten.

E. Zitierte Literatur

1. ARTHUR, J.C. : Manual of the rusts in the United States and Canada. 1934.
2. BOHNEN, K. : Die Gelbrostbekämpfung im Getreidebau. Mitt. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem, **108**: 125-129, 1963.
3. CHESTER, K.S. : The nature and prevention of the cereal rusts as exemplified in the leaf rust of wheat. 1946.
4. ESFANDIARI, E. : Les rouilles de céréales en Iran. Entomol. Phytopath. appl., Tehran, No. **4** : 29-30, 1947.
5. FUCHS, E. : Vorläufige Mitteilung über das Auftreten einer neuen und gefährlichen Weizengelbrostrasse. Nachr. Bl. dtsh. Pflanzenschutzd. Braunschw., **19** : 77-78, 1967.
6. HASSEBRAUK, K. : Gedanken zur Züchtung auf Getreiderostresistenz. Nachr. Bl. dtsh. Pflanzenschutzd. Braunschw., **11** : 166-169, 1959.
7. HASSEBRAUK, K. : Uredinales (Rostpilze) in Sorauer: Hdb. d. Pf. Krankh. **III**, 4. Lfg. : 183-263. 1962.
8. HASSEBRAUK, K. : Nomenklatur, geographische Verbreitung und Wirtschaftsbereich des Gelbrostes, *Puccinia striiformis* West. Mitt. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem, **116**: 75 pp. 1965.
9. MUDRA, A. : Report on progress in wheat and barley breeding in Iran during 1955-1964. (Min. Agric., Seed & Plant Breed. Improvem. Inst.) Teheran, 1964.

10. NIEMANN, E. , SCHARIF, G. & BAMDADIAN, A . : Physiologische Rassen beim Gelbrost (*Puccinia striiformis*) des Weizens in Iran. Entomol. Phytopath. appl., Teheran, 1967 (im Druck).
11. POWELSON , R. L. & SHANER, G. E. : An effective chemical seed treatment for systemic control of seedling infection of wheat by stripe rust (*Puccinia striiformis*). Pl. Dis. Reporter **50**: 806-807, 1966.
12. SCHARIF, G . & ERSHAD, D. : A list of fungi on cultivated plants, shrubs and trees of Iran. Evin-Teheran, Iran, 1966.
13. VIENNOT - BOURGIN , G. : Une nouvelle espèce de Rouille de l'Orge en Iran. Compt. rend. Sci. **542**: 410-512, 1956.
14. VIENNOT-BOURGIN, G . : Contribution a la connaissance des champignons parasites de l'Iran. Ann. Epiphyties **9**: 97-210, 1958.
15. ZADOKS, J. C. : Epidemiology of wheat rusts in Europe. FAO-Plant Prot. Bull. **13**: 97-108, 1965.