

Aus dem Botanischen Institut, Abteilung Genetik, und dem Phytopathologischen Institut der Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald

Die *Phytophthora*-Resistenz einiger Tomatensorten und ihrer Nachkommenschaft

Von ELISABETH GÜNTHER und GERHARD GRÜMMER

Mit 2 Abbildungen

Im norddeutschen Küstengebiet leiden Kartoffel- und Tomatenfelder besonders stark unter *Phytophthora*-Befall. Ohne regelmäßige Spritzungen mit Fungiziden ist der Tomatenanbau in diesem Gebiet unrentabel, da an Handelssorten bis zu 100% Befall auftreten kann (GRÜMMER und GÜNTHER, 1959). Die Züchtung einer hochresistenten Tomate ist daher für dieses Gebiet wünschenswert. Um geeignetes Ausgangsmaterial für die Züchtung und für genetische Untersuchungen zu finden, prüften wir ein großes Kulturtomaten-Sortiment (GÜNTHER und GRÜMMER, 1958) und verschiedene Herkünfte von Wildarten der Tomate (GRÜMMER und GÜNTHER, 1961) unter Feldbedingungen auf *Phytophthora*-Befall.

An den Früchten der Sorte 'Atom' wurde mehrere Jahre hindurch keinerlei *Phytophthora*-Befall beobachtet, was mit den Angaben von GOODMAN (1957) und DIERKS (briefliche Mitteilung) übereinstimmt. Im Jahre 1961 stellten wir zum ersten Male auch an 'Atom' einen schwachen *Phytophthora*-Befall (6,5% der Früchte) fest. Alle befallenen Früchte zeigten Symptome, die von den typischen Erscheinungen etwas abwichen. Im Jahre 1962 war der Braunfäule-Befall an Tomaten allgemein sehr hoch und stieg auch bei 'Atom' gegenüber 1961 an. Die ursprüngliche Annahme, daß 'Atom' gegen alle unter Feldbedingungen auftretenden *Phytophthora*-Rassen immun sei, hat sich also nicht bestätigt. Ihr Befall war trotzdem in den letzten Jahren erheblich geringer als der anderer Handelssorten.

Von den übrigen Sorten wurden 'Fanal' und 'Ružový Ker' nur wenig von *Phytophthora* befallen. Im Ertrag und in der Fruchtqualität waren diese beiden Sorten unter unseren Bedingungen durchaus anbauwürdig, während 'Atom' wegen der starken Anfälligkeit gegen Bakteriosen und der kleinen Früchte zum Anbau weniger geeignet ist.

Die Züchtung *Phytophthora*-resistenter Kartoffeln wird wegen der großen ökonomischen Bedeutung dieser Kulturpflanze seit Jahrzehnten in zahlreichen Ländern betrieben (vgl. hierzu SCHICK, MÖLLER, HAUSSDÖRFER und SCHICK, 1958). Die Grundlagen der Resistenz sind daher bei Kartoffeln besser bekannt als bei Tomaten. Bei der Kartoffel unterscheidet man zwischen Überempfindlichkeits-Resistenz (major gene resistance) und anderen Faktoren, die eine Ausbreitung der Infektionsstellen und die Sporulation des Erregers verzögern (minor gene resistance). Für die Überempfindlichkeits-Reaktion der Kartoffel gegenüber *Phytophthora infestans* sind bisher vier R-Gene aus dem Genom von *Solanum demissum* und einigen anderen *Solanum*-Arten sowie ein weiteres Gen (R6) von *S. stoloniferum* beschrieben worden (BLACK, MASTENBROEK, MILLS und PETERSON, 1953; SCHICK, SCHICK und HAUSSDÖRFER, 1958);

sie vererben sich unabhängig voneinander und dominant (FRANSEN, 1958).

Die Existenz besonderer „Tomatenrassen“ von *Phytophthora infestans* ist schon vor längerer Zeit vermutet worden (GIDDINGS und BERG, 1919; BERG, 1926; RÖDER, 1935). Mit Hilfe eines größeren Tomatensortimentes (WILSON und GALLEGLY, 1955) konnten mehrere Tomatenrassen von *Phytophthora infestans* differenziert werden, die als „T-Rassen“ im Gegensatz zu den „P-Rassen“ an Kartoffeln bezeichnet wurden. Die Klassifizierung von Isolaten bei der Prüfung an Tomaten war unabhängig von den Ergebnissen der Rassendifferenzierung an Kartoffeln.

Für Tomaten beschrieben GALLEGLY und MARVEL (1955) unterschiedliche Resistenz-Typen. Der eine Typ war durch ein dominantes Gen bedingt, für den zweiten Typ wurde Polygenie angenommen. WILSON und GALLEGLY (1955) prüften ein umfangreiches Tomatensortiment gegen verschiedene von Kartoffeln und Tomaten isolierte Stämme des Erregers und stellten deutliche Unterschiede im Verhalten der Sorten fest.

Eine Differenzierung der Tomatenrassen von *Phytophthora infestans* ist in den letzten Jahren in Mitteleuropa nicht vorgenommen worden. Es ist daher nicht sicher, ob auch bei uns mit mehreren T-Rassen zu rechnen ist. Gewisse Unterschiede in der Ausprägung der Symptome an den Früchten machen Untersuchungen in dieser Richtung erforderlich. Auch die Abgrenzung der Fruchtfäulen durch *Ph. infestans* gegen die Krankheitsbilder anderer *Phytophthora*-Arten macht gewisse Schwierigkeiten.

Zu den Kreuzungsversuchen wurden anfangs nur Sorten mit geringer Anfälligkeit herangezogen, um zu prüfen, ob sie die gleichen Gene für die Resistenz enthalten. Für die Sorte 'Atom' war mit der Beteiligung sonst nicht vorkommender Resistenzgene zu rechnen, weil diese Sorte viele Jahre befallsfrei war. Die Befallszahlen an F₁-Hybriden der Kreuzung 'Ružový Ker' × 'Atom' und der Kreuzung 'Fanal' × 'Atom' (Tab. 1) zeigen, daß keine dominanten

Tabelle 1. *Phytophthora*-Befall der F₁.

F ₁ Fanal × Atom	34	} Prozentsatz der von <i>Phytophthora</i> befallenen Früchte (1961)
F ₁ Ružový Ker × Atom	12	
P Atom	7	
P Fanal	66	

Resistenzgene von 'Atom' wirksam wurden. Beide F₁-Nachkommenschaften wiesen einen deutlich höheren *Phytophthora*-Befall auf als 'Atom'. Die unterschiedlichen Befallszahlen der beiden verschiedenen F₁-Nachkommenschaften zeigen, daß auch der andere Kreuzungselter einen entscheidenden Einfluß auf das Verhalten der F₁ gegen *Phytophthora* ausübt.

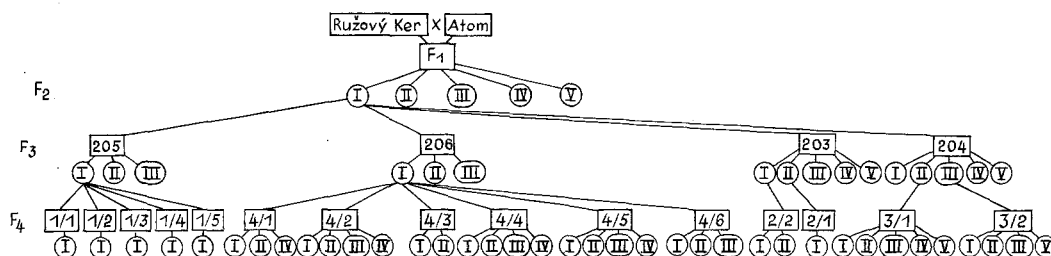


Abb. 1. Übersicht über die Nachkommenschaft der Kreuzung 'Ružový Ker' x 'Atom'. Die römischen Ziffern geben die Befallsklassen an (vgl. Tab. 2), die arabischen die Stammmummern.

Die F_1 der Kreuzung 'Ružový Ker' x 'Atom' war wesentlich schwächer befallen als die Kreuzung mit 'Fanal'. Demnach enthält 'Ružový Ker' für die Kombination mit 'Atom' besser geeignete Resistenzgene als 'Fanal'.

Die Pflanzen der F_2 und der folgenden Generationen wurden nach ihrer Befallsstärke in 5 Klassen aufgeteilt:

Gruppe I	0–3 Früchte mit <i>Phytophthora</i> je Pflanze
Gruppe II	4–6 Früchte mit <i>Phytophthora</i> je Pflanze
Gruppe III	7–10 Früchte mit <i>Phytophthora</i> je Pflanze
Gruppe IV	11–20 Früchte mit <i>Phytophthora</i> je Pflanze
Gruppe V	>20 Früchte mit <i>Phytophthora</i> je Pflanze

Die Aufspaltung der F_2 erfolgte in beiden Nachkommenschaften sehr unterschiedlich. In der F_2 der Kreuzung 'Ružový Ker' x 'Atom' waren mehr als 50% der Pflanzen in die Gruppe I einzuordnen, bei der F_2 der Kreuzung 'Fanal' x 'Atom' dagegen in die Befallsgruppe V, das heißt, sie hatten mehr als 20 befallene Früchte je Pflanze (vgl. Tab. 2). Es ist daher anzunehmen, daß die Sorten 'Ružový Ker' und 'Fanal' verschiedene Resistenzgene besitzen.

Tabelle 2. *Phytophthora*-Befall der F_2 (1961).

	I 0–3 Früchte einer Pflanze von <i>Phytophthora</i> befallen	II 4–6	III 7–10	IV 11–20	V >20
F_2 Ružový Ker x Atom	59	8	13	5	15
F_2 Fanal x Atom	8	16	11	11	53

Die Werte in den Tabellen 2, 3 und 4 geben den Prozentsatz der F_2 -Pflanzen in der betreffenden Befallsgruppe an.

Für die Anzucht der F_3 wurden aus der F_2 der Kreuzung 'Ružový Ker' x 'Atom' die nur wenig von *Phytophthora* befallenen Pflanzen (vgl. Abbildung 1) mit möglichst großen Früchten und geringem Bakterienbefall ausgelesen. Da im Jahre 1962, dem Anbaujahr der F_3 , stärkerer *Phytophthora*-Befall auftrat als 1961 ('Atom' 1961 7%, 1962 aber 52% befallene Früchte), waren trotz der Selektion höhere Befallszahlen zu verzeichnen als in der F_2 . Die Aufteilung der Pflanzen in Befallsgruppen zeigt aber, daß trotz günstiger Witterungsbedingungen für die Ausbreitung von *Phytophthora* der Anteil stark befallener Pflanzen im Vergleich zur F_2 um 10% zurückgegangen war (vgl. Tab. 3). Hervorzuheben sind die geringen Befallszahlen der Linien 205 und 206, die erheblich unter der Vergleichssorte, dem resistenten Ausgangselter 'Atom', lagen.

In der F_4 bewährte sich die Nachkommenschaft der Linie 205 auch unter den Witterungsbedingungen des Jahres 1963

und blieb mit 0,2% Befall weit unter dem Befall von 3,6% der Sorte 'Atom'. Fünf der F_4 -Linien von 205 verhielten sich gleich; alle 70 Pflanzen konnten in die Befallsgruppe I eingeordnet werden. Demnach erfolgte in der F_4 in bezug auf die Resistenz keine Aufspaltung mehr.

In den Nachkommenschaften der Linie 206 traten dagegen noch einige stärker befallene Pflanzen auf; der Anteil *Phytophthora*-kranker Früchte entsprach insgesamt etwa dem der Sorte 'Atom'. Sehr gute Resistenzeigenschaften wies die F_4 der Linie 203 auf, in der einheitlich nur Pflanzen mit geringem *Phytophthora*-Befall vorkamen. Die Nachkommenschaft der Linie 204 dagegen spaltete stark und enthielt neben resistenten auch einige stark befallene Pflanzen. Aus der Tabelle 4 ist der Anteil *Phytophthora*-kranker Früchte und die Verteilung der Pflanzen auf die Befallsklassen zu ersehen.

Anders lagen die Verhältnisse bei den 'Fanal'-Hybriden. In der F_2 der Kreuzung 'Fanal' x 'Atom' traten keine geeigneten resistenten Typen auf, deren Nachbau lohnend erschienen wäre. Daher mußte auf stärker befallene Pflanzen für die Gewinnung von Saatgut zurückgegriffen werden (Abb. 2). In der F_3 kamen die Linien 207 und 208 zum Anbau, die sehr stark aufspalteten. In der F_4 der Linie 207 starben alle Pflanzen kurz nach der Reife der ersten Früchte ab. Zu diesem Zeitpunkt hatte wegen der

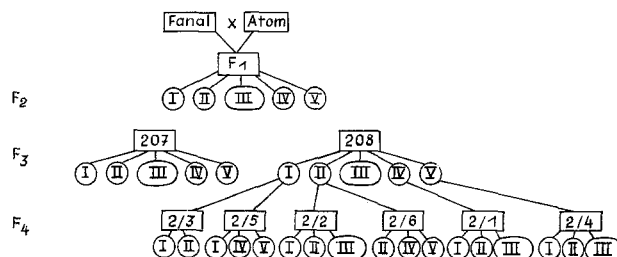


Abb. 2. Übersicht über die Nachkommenschaft der Kreuzung 'Fanal' x 'Atom', Bezeichnungen wie in Abb. 1.

Tabelle 3. *Phytophthora*-Befall der F_3 (1962).

	I 0–3 Früchte einer Pflanze von <i>Phytophthora</i> befallen	II 4–6	III 7–10	IV 11–20	V >20	Befallene Früchte der Gesamternte in %
F_3 Ružový Ker x Atom						
1. Linie (205)	78	11	11	0	0	13
2. Linie (206)	76	15	9	0	0	20
3. Linie (203)	21	24	17	31	7	43
4. Linie (204)	11	30	18	26	15	53
Insgesamt	48	20	14	14	5	33
F_3 Fanal x Atom						
1. Linie (207)	44	17	11	22	6	34
2. Linie (208)	10	25	5	10	50	84
P Atom						52

trockenen Sommermonate Juni und Juli die *Phytophthora*-Epidemie noch nicht eingesetzt, so daß kaum Befall auftrat. Die gesamte auswertbare F_4 der Kreuzung 'Fanal' \times 'Atom' war daher Selektion aus der Linie 208, die in der F_3 ziemlich stark befallen war. In vier von sechs F_4 -Linien spalteten keine Pflanzen mit mehr als 10 kranken Früchten heraus. Daher ist anzunehmen, daß in diesen Linien eine gewisse Anreicherung von Resistenzgenen erfolgt ist. In den beiden übrigen Linien traten dagegen zahlreiche stark befallene Pflanzen auf.

Als Arbeitshypothese zur Deutung der gewonnenen Ergebnisse wird mit einer Beteiligung von drei intermediären Resistenzgenen gerechnet, von denen „Gen 1“ einen doppelt so starken Einfluß wie „Gen 2“ oder „Gen 3“ haben müßte. Allein die Sorte 'Atom' besäße dann das „Gen 1“, welches den Befall besonders stark vermindert, und außerdem noch eins der beiden anderen Resistenzgene. Der Sorte 'Ružový Ker' fehlt das stark wirkende Resistenzgen; sie besitzt aber dafür „Gen 2“ und „Gen 3“. In der Sorte 'Fanal' wäre keins der drei Resistenzgene vorhanden. Insgesamt ist bei den Tomaten sicher mit einer Beteiligung weiterer Gene an der Feldresistenz zu rechnen, da 'Fanal' weniger befallen wird als das übrige Sortiment.

Nach dieser Arbeitshypothese sollen Pflanzen selektiert werden, welche die Resistenzgene von 'Atom' und 'Ružový Ker' vereinigen und damit den Ausgangssorten in bezug auf *Phytophthora*-Resistenz überlegen sind. Die Linie 205 stellt bereits eine deutliche Verbesserung dar und ist möglicherweise eine Transgression. Allerdings muß die Anbauwürdigkeit der gewonnenen Stämme durch einen genügend hohen Ertrag an Früchten guter Qualität und Größe gegeben sein.

Die Richtigkeit der Arbeitshypothese über die Beteiligung von drei Genen muß durch weitere Untersuchungen ermittelt werden.

Zusammenfassung

1. Es wird über das Verhalten gegen *Phytophthora*-Befall bei den Nachkommenschaften der Kreuzungen 'Ružový Ker' \times 'Atom' und 'Fanal' \times 'Atom' berichtet.

2. Für eine Beteiligung dominanter Resistenzgene ergaben sich keine Anhaltspunkte. Die Ergebnisse machen das Vorhandensein mehrerer intermediärer Resistenzgene wahrscheinlich, die teils aus dem Genom der Sorte 'Atom', teils aus 'Ružový Ker' stammten.

3. Einige Linien der F_4 aus der Kreuzung 'Ružový Ker' \times 'Atom' übertrafen einheitlich auch die wenig befallene Sorte 'Atom' in ihrer Resistenz.

4. Die Sorte 'Atom' war in Greifswald mehrere Jahre frei von *Phytophthora*, wurde aber ab 1961 ebenfalls befallen, jedoch schwächer als andere Sorten.

Tabelle 4. *Phytophthora*-Befall der F_4 (1963).

	I 0-3 Früchte einer	II 4-6 Pflanze von	III 7-10 Phytophthora befallen	IV 11-20	V >20	Befallene Früchte der Gesamternte in %
F_4 Ružový Ker \times Atom						
Linie 1/1 (185)	100	0	0	0	0	0,5
Linie 1/2 (186)	100	0	0	0	0	0,2
Linie 1/3 (187)	100	0	0	0	0	0
Linie 1/4 (188)	100	0	0	0	0	0
Linie 1/5 (189)	100	0	0	0	0	0,3
Insgesamt	100	0	0	0	0	0,2
Linie 2/1 (181)	100	0	0	0	0	0,3
Linie 2/2 (182)	90	10	0	0	0	1,6
Insgesamt	97	3	0	0	0	0,6
Linie 3/1 (183)	10	30	10	40	10	11
Linie 3/2 (184)	70	10	15	0	5	3
Insgesamt	50	17	13	13	7	6
Linie 4/1 (190)	60	30	0	10	0	3
Linie 4/2 (191)	44	33	11	11	0	7
Linie 4/3 (192)	70	30	0	0	0	2
Linie 4/4 (193)	30	40	10	20	0	6
Linie 4/5 (194)	30	40	20	10	0	4
Linie 4/6 (195)	70	20	10	0	0	2
Insgesamt	56	30	7	7	0	4
Gesamte F_4 R. K. \times A.	77	14	5	5	1	2
F_4 Fanal \times Atom						
Linie 2/1 (197)	70	20	10	0	0	3
Linie 2/2 (198)	30	50	20	0	0	5
Linie 2/3 (199)	60	40	0	0	0	4
Linie 2/4 (200)	20	40	40	0	0	5
Linie 2/5 (201)	10	0	0	60	30	29
Linie 2/6 (202)	0	22	0	33	44	32
Insgesamt	32	29	12	15	12	11
P Atom						3,6

Literatur

1. BERG, A.: Tomato late blight and its relation to late blight of potato. West Virginia Agric. Exper. Station Techn. Bull. 205, 31 Seiten (1926).
2. BLACK, W., C. MASTENBROEK, W. R. MILLS and L. C. PETERSON: A proposal for an international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and of genes controlling immunity in *Solanum demissum* derivatives. Euphytica 2, 173-179 (1953).
3. FRANDSEN, N. O.: Resistenzzüchtung gegen pilzliche und bakterielle Krankheiten der Kartoffel. In: KAPPERT-RUDOLF, Handb. Pflanzenzüchtung (2. Aufl.) 3, 71-97 (1958).
4. GALLEGLY, M. E., and M. E. MARVEL: Inheritance of resistance to tomato race 0 of *Phytophthora infestans*. Phytopathology 45, 103-109 (1955).
5. GIDDINGS, N. J., and A. BERG: A comparison of the late blights of tomato and potato. A preliminary report. Phytopathology 9, 209-210 (1919).
6. GOODMAN, O.: Breeding tomatoes to resist blight. Grower 47, 179-183 (1957).
7. GRÜMMER, G., and E. GÜNTHER: Spritzversuche zur Bekämpfung der Fruchtfäulen an Tomaten. Nachrbl. für den Deutschen Pfl.schutzdienst (Berlin) 13, 122-126 (1959).
8. GRÜMMER, G., and E. GÜNTHER: Die Feldresistenz der Früchte von Wildtomaten gegen parasitische Pilze. Der Züchter 31, 106-114 (1961).
9. GÜNTHER, E., and G. GRÜMMER: Untersuchungen über die Fruchtfäulen der Tomate. Gartenbauwiss. 23, 130-159 (1958).
10. RÖDER, K.: Untersuchungen über die *Phytophthora*-Krankheit der Tomate. Phytopathol. Zeitschr. 8, 589-614 (1935).
11. SCHICK, R., K. H. MÖLLER, M. HAUSDÖRFER und E. SCHICK: Die Widerstandsfähigkeit von Kartoffelsorten gegenüber der durch *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary hervorgerufenen Krautfäule. Der Züchter 28, 99-105 (1958).
12. SCHICK, R., E. SCHICK und M. HAUSDÖRFER: Ein Beitrag zur physiologischen Spezialisierung von *Phytophthora infestans*. Phytopathol. Zeitschr. 31, 225-236 (1958).
13. WILSON, J. B., and M. E. GALLEGLY: The interrelationship of potato and tomato races of *Phytophthora infestans*. Phytopathology 45, 473-476 (1955).