Gartenbauwissenschaft, **65** (2). S. 73–XXX, 2000, ISSN 0016–478X. © Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Nachweis einer Kopplung der vier dominanten Resistenzgene „$M_1M_2M_3M_4$“ gegen den Falschen Mehltau bei Spinat aus der Wildform Spinacia turkestanica

Detection of a Linkage of the Four Dominant Mildew Resistance Genes „$M_1M_2M_3M_4$“ in Spinach from the Wildtype Spinacia turkestanica

S. Handke, H. Seehaus und M. Radies
(Institut für Zierpflanzenzüchtung in der Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Ahrensburg)

Zusammenfassung

Nach einer Kreuzung der Spinatsorte ‘Spinoza’mit den Resistenzgenen „M_1M_2“ gegen den Falschen Mehltau mit der Wildform *Spinacia turkestanica* mit dem Resistenzgen „M_3“ wurde in der 4. und 5. Generation der Selektion der homozygote Genotyp „$M_1M_2M_3$/$M_1M_2M_3$“ nach künstlichen Infektionen mit *Peronospora spinaciae*, mit den Pathotypen D1, D2 und D3 ausgelesen. Nach zweimaliger Kreuzung mit der anfälligen Sorte ‘Spica’ vom Genotyp „$m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$“ wurde die Kopplung der 3 genannten dominanten Mehltauresistenzgene nachgewiesen. Nach einer weiteren Prüfung mit NL4 konnte das Vorhandensein des Gens „M_4“ bestätigt werden und damit die Kopplung und Homozygotie der 4 Resistenzgene „$M_1M_2M_3M_4$“. Nach einer Zusammenarbeit mit VISSER, der die Resistenzgene „M_1M_2“ in *Spinacia turkestanica* fand, kann angenommen werden, daß „$M_1M_2M_3M_4$“ als Kopplungsblock aus der Wildform stammt.

Summary

The spinach variety ‘Spinoza’bearing the mildew resistance genes “M_1M_2” was crossed with the spinach wildtype *Spinacia turkestanica* carrying the mildew resistance gene “M_3”. In the 4. and 5. generation of the selection by artificial infections with *Peronospora spinaciae*, race D1, D2 and D3 the homozygous genotype “$M_1M_2M_3/M_1M_2M_3$” was confirmed.

As the genes “M_1M_2” are linked on chromosome 1, a linkage test was made by crossing the genotype “$M_1M_2M_3/M_1M_2M_3$” two times with the variety ‘Spica’, which is susceptible to mildew and of the genotype “$m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$”. In the BC_1 a 1:1 segregation of the genotype “$M_1M_2M_3/m_1m_2m_3$” : “$m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$” confirmed the linkage of “$M_1M_2M_3$”. After an artificial infection by *Peronospora spinaciae*, race NL4, the same BC_1 segregated also in 1:1. Thus the new gene “M_4” from *Spinacia turkestanica* probably was detected and a linkage of the four mildew resistance genes “$M_1M_2M_3M_4$” confirmed.. After co-operation with Visser, who tested progenies from *Sp. turkestanica* by *Peronospora’spinaciae*, races D1 and D2, it can be accepted, the block of the four genes originates from *Sp. turkestanica.*

1 Dem Institute for Horticultural Plant Breeding in Wageningen sagen wir Dank für die Überlassung der Wildform *Sp. turkestanica*.
2 Der Firma A.R. ZWAAN in Xanten sagen wir Dank für die Sorte ‘Spinoza’.
3 Der Firma POP VRIEND B.V. in Andijk sagen wir Dank für die Zurverfügungstellung des Pathotypen NL4.

Einleitung

Die Kombination der drei Mehltauresistenzgene „$M_1M_2M_3$“ war bisher in Spinat nur bei F_1-Sorten in der heterozygoten Form möglich, da zwar „M_1“ und „M_2“ einerseits bzw. „M_1“ und „M_3“ andererseits in enger Kopplung auf Chromosom 1 (nach DRESSLER 1958) liegen, aber auf verschiedenen Genotypen (REIMANN-PHILIPP et al. 1975). Nach Feststellung des Einzelgenes „M3“ in der Wildform *Spinacia turkestanica* (EENINK 1976) und mit der gleichen Chromosomenzahl (2n=2x=12) wie bei *Sp. oleracea* (DOLCHER 1949), erschienen neue Versuche aussichtsreich, die Resistenzgene „M_1M_2“ der Sorte ‘Spinoza’ mit dem Gen „M_3“ von *Sp. turkestanica* zu kombinieren.

Material und Methoden

Für das Vorhaben wurden die diözische, gegen den Pathotyp NL3 des Falschen Mehltaues resistente, scharfsamige Wildform *Sp. turkestanica (Sp.t.)* 87/21[1] mit dem Mehltauresistenzgen „M_3“, die diözische, gegen die Mehltaurasse D1 und D2 resistente, rundsamige Sorte ‘Spinoza’ 68/59[2] mit den Mehltauresistenzgenen „M_1M_2“ und die ebenfalls diözische, mehltauanfällige („$m_1m_2m_3$“), rundsamige, aus eigener Vermehrung stammende Sorte ‘Spica’ S 77/1 benutzt. Zur Herstellung von Nachkommenschaften wurde *Sp.t.* in pollensicheren Kabinen vermehrt, die im Freiland standen (HANDKE 1976). Wie aus Tab. 2 hervorgeht, befanden sich in der vermehrten Population außer den, gegen die Pathotypen D1, D2 und D3, resistenten auch anfällige Pflanzen. Alle künstlichen Infektionen mit *Peronospora spinaciae* erfolgten mit den eigenen Pathotypen D1, D2 und D3, identisch mit NL1, NL2 und NL3 sowie mit NL4[3], mit geringen methodischen Verbesserungen nach HANDKE (1970). Das dabei benutzte Testsortiment und seine Reaktion gegenüber den Pathotypen D1, D2, D3 und NL4 geht aus Tab.1 hervor. Eine Mehltauprüfung der Wildform mit NL4 war aus organisatorischen Gründen am Schluss des Vorhabens nicht mehr möglich. Außerdem ging aus der Literatur hervor, dass in *Sp.t.* Resistenz gegen NL4 vorhanden ist (BRANDENBURGER et al. 1992).

Alle Pflanzenanzuchten und Kreuzungen wurden im Gewächshaus bei einer Temperatureinstellung von +20 °C am Tage und +15 °C in der Nacht durchgeführt. Die Isolierung von Kreuzungen (IK) und Geschwisterpaarungen (IGP) erfolgte in Terylen-Bestäubungshüllen[4] mit einer Höhe von 530 mm und einer Breite von 300 mm, die mit einer Sichtscheibe von 180 mm Höhe auf der Vorder- und Rückseite, 250 mm über der Basis, versehen sind (Abb. 1).

4 Nach eigenem Entwurf von der Firma DURAWELD Ldt. in Scarborough in England gefertigt.

Tab. 1. Testsortiment zur Bestimmung der Pathotypen von *Peronospora spinaciae*, Pathotypen D1, D2, D3 und NL4.
Test set to determinate Peronospora spinaciae races D1, D2, D3 and NL4.

Testsorte Name	Genotyp	Resistenz (R) bzw. Anfälligkeit (a) bei Pathotyp D1	D2	D3	NL4
Frühemona	$m_1m_2m_3m_4/m_1m_2m_3m_4$	a	a	a	a
Spica	wie Frühemona	a	a	a	a
FrüRemona	$M_1M_2m_3m_4/M_1M_2m_3m_4$	R	R	a	a
Spinoza	wie FrüRemona	R	R	a	a
Califlay	$M_1m_2M_3m_4/M_1m_2M_3m_4$	R	a	R	a
Medania	wie Califlay	R	a	R	a
Bolero F_1	–	R	R	R	R

Tab. 2. Ergebnisse der Mehltauprüfungen mit den Pathotypen D1, D2 und D3 an 5 Nachkommenschaften (87-230/1, /4, /5, /6 und /7) einer isoliert abgeblühten Population der Wildform *Spinacia turkestanica* (R – resistent, a – anfällig) [1] Mehltautestungen 1 und 2 führte J. DE VISSER durch.
Results of mildw tests with the races D1, D2 and D3 on 5 progenies (87-230/1, /4, /5, /6 and /7) of an isolated population of the wildtype Spinacia turkestanica (R – resistant, a – susceptible).

Test-Nr.	1[1]		2[1]		3		4		5	
	Pflanzenzahl in Testungen 1–5 mit den Pathotypen									
Material	D1		D2		D3		D3		D3	
	R	a	R	a	R	a	R	a	R	a
87-230/1	16	4	16	3	24	0	35	5	18	8
87-230/4	–	–	–	–	28	1	27	0	21	15
87-230/5	33	11	30	9	19	0	31	0	23	3
87-230/6	25	15	27	11	24	0	22	2	36	10
87-230/7	–	–	–	–	32	1	16	3	21	5
Frühemona	0	25	0	27	0	22	0	20	–	–
Spica	–	–	–	–	0	21	0	21	0	17
FrüRemona	–	–	–	–	0	22	0	18	–	–
Spinoza	–	–	–	–	–	–	–	–	0	17
Califlay	–	–	–	–	20	0	18	0	18	0
Medania	27	0	0	28	–	–	–	–	–	–

Tab. 3. Ergebnisse der Mehltauprüfungen mit *Peronospora spinaciae*, Pathotypen D1, D2 und D3 an der F_1(Spinoza × *Sp. turkestanica*) und reziprok (R – resistent, a – anfällig).
Results of mildew tests with Peronospora spinaciae, races D1, D2 and D3 on the F_1(Spinoza × Sp. turkestanica) and reciprocal (R – resistant, a – susceptible).

Material		Kreuzungssamen, geerntet	Geprüfte Pflanzenzahl bei Mehltautest mit					
			D1		D2		D3	
F_1	(Eltern)	n	R	a	R	a	R	a
89-307	(*Sp.t.* 230/4 × Spinoza 68/59)	8	–	–	–	–	5	0
89-308	(*Sp.t.* 230/4 × Spinoza 68/59)	3	–	–	–	–	3	0
89-309	(Spinoza × *Sp.t.* 230/1)	8	–	–	–	–	6	0
89-310	(Spinoza × *Sp.t.* 230/1)	15	–	–	–	–	14	0
89-311	(Spinoza × *Sp.t.* 230/7)	45	12	0	12	0	20	0
89-312	(Spica)							
Spinoza 68/59			66	0	61	0	0	63
Frühemona			0	31	0	28	0	18
FrüRemona			27	0	26	0	0	19
Califlay			30	0	0	29	19	0

Ergebnisse

Von 23 im Jahr 1987 in einer pollensicheren Kabine vermehrten Einzelpflanzen der Wildform *Sp.t.* hatten 15 davon ausreichend Saatgut. Fünf EPN (Einzelpflanzennachkommenschaften) wurden für Mehltautests mit D1, D2 und D3 ausgewählt (Tab. 2, Test 1–5). In fast allen EPN traten noch anfällige Pflanzen auf. Nach dem Mehltautest mit D3 wurden resistente Pflanzen für die Kreuzung mit der Sorte 'Spinoza' weiterkultiviert. Fünf von 10 angesetzten Kreuzungen brachten im Frühjahr 1989 Samen. Die F_1-Pflanzen zeigten einen intermediären Wuchstyp und waren resistent gegen die Mehltaurassen D1, D2 und D3. Sie bestätigen damit ebenfalls die gelungene Kreuzung (Tab. 3).

Zur Feststellung, ob die in der F_1 gefundene Resistenz der Gene „$M_1M_2M_3$" in einem Chromosom vorliegt, wurden Kreuzungen der F_1 mit der anfälligen Sorte 'Spica' vom Genotyp „$m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$" durchgeführt und mit dem Pathotyp D3 geprüft. Die für die Weiterarbeit benutzten F_1[F_1(Spinoza × *Sp.t.*) × Spica]-Nachkommenschaften und reziprok sind in Tab. 4 aufgeführt. Sie zeigen im χ^2-Test durchweg P%, die über 5 liegen und bestätigen damit eine 1:1 Spaltung, die bei der Kombination $M_1M_2M_3/m_1m_2m_3$ × $m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$ zu erwarten war. In dieser Generation wurde die Form der Samen beurteilt. Nachkommenschaften, bei denen bei der Kreuzung die Wildform als Mutter benutzt worden war, sind „scharfsamig". Dagegen sind die, die Spinoza als Mutter hatten, rundsamig. Diese Beobachtung spricht auch dafür, dass die Kreuzung gelungen war (Tab. 4), weil Scharfsamigkeit ein dominantes Merkmal ist (NOHARA 1922).

Um nun Nachkommenschaften mit den 3 Resistenzgenen auslesen zu können, wurden an der F_1[F_1(Spinoza × *Sp.t.*) × Spica] und reziprok isolierte Geschwisterpaarungen (IGP) vorgenommen und die daraus entstandenen F_2 mit den Rassen D1, D2, D3 und einer Mischung von D2-D3 auf ihre Mehltauresistenz untersucht (Tab. 5). Dabei war nur die EPN 91-277/1 in allen 4 Prüfungen frei von anfälligen Pflanzen (Tab. 5).

Zur weiteren Bestätigung des Vorhandenseins homozygot-resistenter EPN mit den 3 Resistenzgenen „$M_1M_2M_3$", wurden F_2-Pflanzen, überwiegend aus 91-277, einer nochmaligen IGP unterzogen und F_3-EPN hergestellt (Tab. 6). Alle in der Tab. 6 aufgeführten



Abb. 1. Terylen-Bestäubungshülle für 2 Pflanzen, z.B: für isolierte Kreuzungen und isolierte Geschwisterpaarungen bei Spinat.
Terylen-pollination bag for 2 plants, e.g. for isolated crossings and isolated brother and sister matings in spinach.

Nachkommenschaften waren nach einem Mehltautest mit einem Gemisch von D1, D2 und D3 100%ig resistent und bestätigen damit die schon an der F_2 festgestellte Homozygotie der 3 erwünschten Mehltauresistenzgene.

Zum Abschluss dieser Arbeiten sollte in einer weiteren Testkreuzung die Kopplung der 3 Mehltauresistenzgene

„$M_1M_2M_3$“ in der EPN 92-194, die von 91-277 abstammt, bestätigt werden und eine Prüfung mit dem damals neuen Pathotyp NL4 erfolgen. Dazu wurde die Kreuzung 92/244 angesetzt: Sorte Spica × 92-194/6. Um an einer 1:1 Spaltung die Kopplung von sogar vier Resistenzgenen „$M_1M_2M_3M_4$“ zu finden, mußte die F_1(Spica × 92-194/6) mit Spica zurückgekreuzt werden. Die Ergebnisse der Mehltauprüfungen der F_1 und R_1 mit einem Gemisch von D1, D2 und D3 sowie mit NL4 gehen aus Tab.7 hervor. Die F_1 92/244 war 100%ig resistent gegen das Rassengemisch von D1, D2 und D3. Der Stamm 92-194/3, ein Geschwisterstamm von 92-194/6 war auch gegen NL4 100%ig resistent. Ebenso fünf der 6 EPN der R_1 zeigten ohne Ausnahme, wie auch bei der Prüfung mit dem Rassengemisch von D1, D2 und D3, eine 1:1 Spaltung resistenter zu anfälligen Pflanzen. Die 1:1 Spaltungen werden durch die χ^2-Werte, die über P% = 5 liegen, bestätigt. Der Stamm 92-194 ist damit homozygot resistent gegen 4 Erreger des Falschen Mehltaues *Peronospora spinaciae* und besitzt die 4 Resistenzgene „$M_1M_2M_3M_4$“ in gekoppelter Form, wahrscheinlich in Chromosom 1.

Diskusssion

Die Ergebnisse von EENINK (1976) stimmen mit den eigenen überein. Er fand in der Wildform *Spinacia turkestanica* eine Resistenz gegen den Pathotypen NL3 bzw. D3 des Falschen Mehltaus bei Spinat. Nach den Mehltauprüfungen von VISSER (1994) ist in der Wildform außerdem eine Resistenz gegen D1 und D2 bzw. NL1 und NL2 vorhanden, die auch von BOUKEMA (1997) bestätigt wurde (Tab.2).

Daß die Kreuzungen zwischen der Wildform und der Sorte Spinoza gelungen waren, kann dadurch belegt werden, dass (1) die F_1 einen intermediären Wuchstyp hatte, (2) bei den Mehltauprüfungen gegen die Pathotypen D1, D2 und D3 resistent war (Tab.3) und (3) einige EPN der F_1[F_1(Spinoza × *Sp.t.*) × Spica] noch die Scharfsamigkeit der Wildform besaßen (Tab.4), die dominant vererbt wird. In der Kreuzung ist damit die Kombination der Mehltauresistenzgene „$M_1M_2M_3$ × $M_1M_2m_3$“ erfolgt.

An der F_1 [F_1(Spinoza × *Sp.t.*) × Spica] wurde nachgewiesen, anhand der 1:1 Spaltungen, dass die in der F_1(Spinoza × *Sp.t.*) vorhandene Resistenz gegen die 3 Pathotypen D1, D2 und D3 in einem Chromosom in gekoppelter Form vorliegt. Dabei traten folgende Genkombinationen auf: 1 $M_1M_2M_3/m_1m_2m_3$: 1 $m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$ (Tab.4). Bei einer nicht vorhandenen Kopplung der Gene „M_1M_2“ mit „M_3“ wäre bei einer Mehltauprüfung mit D3 eine 3:1 Spaltung anfälliger zu resistenten Pflanzen aufgetreten.

Im nächsten Schritt waren durch eine isolierte Geschwisterpaarung der resistenten Pflanzen 1/4 homozy-

Tab. 4. Ergebnisse der Mehltauprüfungen mit dem Pathotyp D3 an der F_1[F_1(Spinoza × *Sp.t.*) × Spica] und reziprok zur Feststellung einer 1:1 Spaltung (R – resistent, a – anfällig).
Results of a mildew test with the race D3 on the F_1[F_1(Spinoza × Sp.t.) × Spica] and reciprocal to testa 1:1 segregation (R – resistant, a – susceptible).

Material		Samenform	Mehltautest mit D3 geprüfte Pflanzenzahl (n)		χ^2-Test für 1:1 Spaltung bei FG = 1	
			R	a	χ^2	P%
89/47	89-310 × 312	scharfsamig	21	27	0,76	38,3
89/48	89-310 × 312	scharfsamig	19	19	0	100,0
89/52	89-310 × 312	scharfsamig	11	18	1,68	19,5
89/55	89-310 × 312	scharfsamig	13	5	2,56	11,0
89/66	89-312 × 310	rundsamig	8	5	0,70	40,3
89/70	89-312 × 310	rundsamig	5	11	0,75	38,6
89/71	89-312 × 310	rundsamig	5	9	1,14	28,6
Frühemona			0	18		
FrüRemona			0	18		
Califlay			18	0		

Tab. 5. Ergebnisse der Mehltauprüfungen mit den Pathotypen D1, D2, D3 und einem Gemisch von D2-D3 an der F_2[F_1(Spinoza × *Sp.t.*) × Spica] (R – resistent, a – anfällig).
Results of mildew tests with the races D1, D2, D3 and a mixture of D2-D3 on the F_2[F_1(Spinoza × Sp.t.) × Spica] (R – resistant, a – susceptible).

Material		Pflanzenzahl (n) in den Mehltautestungen mit den Pathotypen							
		D1		D2		D3		D2-D3	
		R	a	R	a	R	a	R	a
91-274/1	89/48	22	6	–	–	12	0	18	11
91-274/3	89/48	–	–	24	5	24	5	–	–
91-276/1	89/53	20	0	–	–	18	0	21	0
91-277/1	89/54	30	0	18	0	18	0	32	0
91-277/2	89/54	29	0	27	2	27	0	31	0
91-286/1	89/55	28	0	17	0	17	0	–	–
91-286/3	89/55	28	0	27	0	27	0	–	–
Frühemona		0	31	0	29	0	16	0	25
FrüRemona		28	0	24	0	0	17	5	19
Califlay		29	0	0	28	14	0	0	29

Tab. 6. Ergebnisse der Mehltauprüfungen mit einem Gemisch der Pathotypen D1, D2 und D3 an der F_3[F_1(Spinoza × *Sp.t.*) × Spica] (R – resistent, a – anfällig).
Results of a mildew test with a mixture of the races D1, D2 and D3 on the F_3[F_1(Spinoza × Sp.t.) × Spica] (R – resistant, a – susceptible).

Material		Pflanzenzahl in den Mehltautestungen mit einem Gemisch der Pathotypen D1, D2 und D3	
		R	a
92-193/1	91-276	29	0
92-193/8	91-276	32	0
92-217/6	91-276	27	0
92-194/6	91-277	28	0
92-195/2	91-277	29	0
92-195/3	91-277	28	0
92-218/2	91-277	31	0
92-218/3	91-277	32	0
92-198/3	91-286	20	0
92-198/6	91-286	28	0
Frühemona		0	27
FrüRemona		0	28
Califlay		2	29

gote $M_1M_2M_3/M_1M_2M_3$-Genotypen zu erwarten. Tatsächlich wurden 2 F_2-Nachkommenschaften gefunden, die bei 4 Mehltautests (Tab. 5) 100% resistent blieben. Damit wurde der gewünschte Genotyp selektiert.

Die zur Bestätigung der F_2-Ergebnisse durchgeführte nochmalige IGP brachte in der F_3 in allen Nachkommenschaften wieder die erwartete 100%ige Resistenz nach einer Mehltauprüfung mit einem Gemisch der 3 Rassen D1, D2 und D3 (Tab. 6).

Der zum Abschluss der Arbeiten nochmals erfolgte Kopplungstest an der Nachkommenschaft 92-194, die auf 91-277 zurückgeht, zeigte im ersten Schritt nach Kreuzung mit Spica: $M_1M_2M_3/M_1M_2M_3$ × $m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$ die erwartete F_1: $M_1M_2M_3/m_1m_2m_3$ (92/244), die in einem Mehltautest mit einem Gemisch der 3 Pathotypen D1-D3 100%ig resistent blieb. Im zweiten Schritt: $M_1M_2M_3/m_1m_2m_3$ × $m_1m_2m_3/m_1m_2m_3$ spalteten nach einer Mehltauprüfung mit D1-D3 neun R_1 1:1. Bei dem zweiten Mehltautest mit NL4 entsprachen 5 von 6 EPN ebenfalls dieser Spaltung. Damit stimmt der zweite Kopplungstest mit dem ersten, nach der Kreuzung der Wildform mit der Sorte 'Spinoza' durchgeführten, überein. Bei einer nicht vorhandenen Kopplung der Gene „$M_1M_2M_3$" mit „M_4" wäre bei einer Mehltauprüfung mit NL4 eine 3:1 Spaltung von anfälligen zu resistenten Pflanzen aufgetreten. Die mitgeprüfte Nachkommenschaft 92-194 zeigte auch eine 100%ige Resistenz gegen NL4.

Wie in der Einleitung schon erwähnt, liegen die beiden Mehltauresistenzen „M_1M_2" (Kopplungsgruppe „M_1", auch bei Spinoza) und „M_1M_3" (Kopplungsgruppe „M_2") auf Chromosom 1 in enger Kopplung. Nach eigenen Untersuchungen (HANDKE et al. 1986) entstehen bei Kreuzungen der beiden Kopplungsgruppen „M_1" und „M_2" in der F_2 keine Rekombinanten. Deshalb wird angenommen, dass der neue Genotyp „$M_1M_2M_3M_4$" nicht durch die Kombination der Sorte 'Spinoza'mit der Wildform *Spinacia turkestanica* entstand, sondern als Genotyp in der Wildform vorhanden ist. Neu entstanden ist durch die Kreuzung der Wildform mit Sorte 'Spinoza' eine Kulturform mit 4-facher Mehltauresistenz, die als Basismaterial an die Praxis abgegeben wurde und die sich dazu eignet, F_1-Sorten aus der 4-fachen Mehltauresistenz und der Gurkenmosaikvirusresistenz herzustellen.

Eine Resistenz gegen den Pathotyp 4 wurde auch von BRANDENBURGER, et al. 1992 in *Spinacia turkestanica* festgestellt. Dagegen kommt 'Spinoza' nach diesen Autoren

Tab. 7. Ergebnisse der Mehltauprüfungen mit einem Gemisch der Pathotypen D1, D2 und D3 (Test 1) sowie NL4 (Test 2) an der R_1{Spica[F_1(F_3 × Spica)]} (R – resistent, a – anfällig).
Results of mildew tests with a mixture of races D1, D2 and D3 (test 1) and NL4 (test 2) on the BC_1 {Spica[F_1(F_3 × Spica)]} (R – resistant, a – susceptible)

Material		Mehltautestungen: geprüfte Pflanzenzahl (n)				χ^2-Testungen für 1:1 Spaltung bei FG = 1	
		Test 1		Test 2		Test 1; Test 2	
		R	a	R	a	χ^2	P%
93/1	92/244[1]	3	2	–	–	–; –	–; –
93/2	92/244	11	8	10	6	0,47; 1,00	49,3; 31,7
93/3	92/244	13	6	10	9	2,58; 0,05	10,8; 82,3
93/4	92/244	8	10	–	–	0,22; –	63,9; –
93/5	92/244	5	4	–	–	–; –	–; –
93/6	92/244	7	12	8	5	1,32; 0,70	25,1; 40,3
93/7	92/244	10	7	6	3	0,53; –	46,7; –
93/8	92/244	11	4	–	–	–; –	–; –
93/11	92/244	9	9	9	8	0; 0,05	100,0 ; 82,3
93/12	92/244	11	8	–	–	0,47; –	49,3; –
93/14	92/244	9	12	6	9	0,43; 0,70	51,2; 40,3
93/15	92/244	9	10	–	–	0,05; –	82,3; –
92-194/3[2]		–	–	28	0		
92/244[1]		26	0	–	–		
Frühemona		1	13	0	5		
FrüRemona		1	10	0	4		
Califlay		0	15	0	14		
Bolero		–	–	7	0		

Anm.: [1] 92/244 = F_1(92-194/6 × Spica); [2] F_3 92-194/3.

und nach BOUKEMA (1997) als Resistenzquelle gegen Pathotyp 4 nicht in Frage.

Aus organisatorischen Gründen mussten die Arbeiten beendet werden, ohne festzustellen, ob die neue Mehltauresistenz aus der Wildform *Spinacia turkestanica* wirklich im Chromosom 1 liegt.

Eingegangen: 12.3.1999/27.7.1999

Literatur

BOUKEMA, W. 1997: Schriftliche Mitteilung am 29.1. an S. HANDKE.

BRANDENBURGER, L. P., T. E. MORELOCK und J. C. CORELLI 1992: Evaluation of spinach germplasm for resistance to a new race (race 4) of Peronospora farinosa f. sp. spinaciae. HortScience **27**, 1118–1119.

EENINK, A. H. 1976: Resistance in spinach to downy mildew. Proceedings EUCARPIA MEETING ON LEAFY VEGETABLES, Wageningen, 53–54.

DOLCHER, T. 1949: Caryologia, **2**, 55. Zitiert in: DARLINGTON, C. D. und A. P. WYLIE 1961: Chromosome Atlas of Flowering Plants. George Ellen & Unwin Ltd., London, 519 S.

DRESSLER, O. 1958: Zytogenetische Untersuchungen an diploidem und polyploidem Spinat (Spinacia oleracea) unter besonderer Berücksichtigung der Geschlechtsvererbung als Grundlage einer Inzucht-Heterosis-Züchtung. Z. Pflanzenzüchtung, **40**, 385–424.

HANDKE, S. 1970: Angaben zur künstlichen Infektion von Spinacia oleracea mit Peronospora spinaciae auf Grund von zehnjährigen praktischen Erfahrungen. Saatgutwirtschaft/SAFA, **22**, 43–44.

HANDKE, S. 1976: Auftreten männlicher Pflanzen in monözischen Spinatsorten. Z. Pflanzenzüchtung, **77**, 222–231.

HANDKE, S., F. WALTHER und H. SEEHAUS 1986: Induktion von Translokationen durch Röntgenbestrahlung von Spinat-Kreuzungsmaterial zur Kombination der beiden Mehltauresistenzen „M_1“ und „M_2“. Jahresbericht Forschung im Geschäftsbereich des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten., Teil L, 24–25.

NOHARA, S. 1922: Genetic studies on Spinacia. Jap. J. Bot., **1**, 111–120. Zitiert in: SNEEP, J. 1962: Spinat. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung, **VI**, 227–253. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 913 S.

REIMANN-PHILIPP, R., S. HANDKE, H. MARTENS und I. ORLOVIUS 1975: Untersuchungen über die Kopplung von Resistenz-Faktoren beim Spinat in ihrer Bedeutung für das Verständnis von dauerhafteren, weniger durch einen Zusammenbruch gefährdeten Resistenzen. Z. Pflanzenzüchtung, **75**, 327–332.

VISSER DE, J. in Firma POP VRIEND B. V. in Andijk/Niederlande, 1994: Schriftliche Mitteilung der Ergebnisse am 1.11. an S. HANDKE.

Anschrift der Verfasser: S. Handke, Volksdorfer Grenzweg 72, D 22359 Hamburg; H. Seehaus und M. Radies, Institut für Zierpflanzenzüchtung, Bornkampsweg 31, D 22926 Ahrensburg.