

DIE BRAUNFLECKIGKEIT DER MELONENFRÜCHTE (MELONENSTERBEN)

VON EYVANKEY

Von

G. SCHARIF, E. NIEMANN, K. DEHYAR und G. SCHIRZADI

I. Geschichte der Erkrankung und Verbreitung

Das Auftreten der Braunfleckigkeit der Melonenfrüchte (Eyvankey - Krankheit, Melonensterben) wurde zum ersten mal vor etwa 25 Jahren beobachtet. In den Jahren 1940 und 1941 trat damals im Melonen - Anbau - Gebiet von Eyvankey und Garmsar diese Krankheit sehr stark auf, rief bedeutende Schäden hervor und zwang teilweise zur Einstellung des Melonenanbaus. Nach dem kalten Winter 1941/42 trat die Erkrankung nicht mehr in Erscheinung, und die Melonen in beiden Gebieten waren gesund.

Erneut trat die Braunfleckigkeit 1959 in diesen beiden Gebieten auf, ohne in diesem Jahr aber schon stärkere Ausfälle hervorzurufen. Die Schäden des folgenden Jahres 1960 veranlaßten die Melonen-Anbauer jedoch, sich um Hilfe an das Landwirtschaftsministerium zu wenden.

Nach mehreren trocken-warmen Wintern steigerte sich das Melonensterben von Jahr zu Jahr derart, daß 1963 in Eyvankey die Melonen zu 90% erkrankt waren. Nach dem kalten Winter 1963/64 war die Erkrankung 1964 dann schlagartig wieder verschwunden.

Die Braunfleckigkeit wurde von uns in geringerem Ausmaß auch an Melonenfrüchten in Varamin (1961, 1967) und Shahriar (1961) festgestellt. Da in Varamin daneben starker Befall durch andere Melonenkrankheiten auftrat (z. B. *Phytophthora*), war die Abgrenzung der Schädigungen hier infolge der Überlagerung der verschiedenen Symptome nicht immer eindeutig. Eine einzelne erkrankte Frucht wurde 1964 in Abaregh (Kerman) beobachtet. 1966 trat plötzlich die Braunfleckigkeit sehr stark an Melonenfrüchten in Saveh auf (etwa 80% Befall). 1967 wurde ein mindestens 50% iger Schaden in Murtschehort bei Isfahan beobachtet. Vereinzelt zeigten dort auch die Früchte der Wassermelonen die Symptome der Braunfleckigkeit.

An *Melonenpflanzen* wurden ähnliche Krankheitssymptome 1963 in Azarbayejan und bei Torbate—Heydarieh beobachtet. Da jedoch keine reifen Melonen vorhanden waren oder nicht nach Fruchtsymptomen bonitiert wurde, sind diese Angaben über das Vorkommen der Braunfleckigkeit etwas unsicher.

Insgesamt gesehen scheint es danach, als wenn die Braunfleckenkrankheit der Melonenfrüchte zwar in Eyvankey und Garmsar besonders ausgeprägt und typisch auftrat. Sie ist aber nicht auf diese Gebiete begrenzt, sondern bildet auch für andere Melonengebiete der iranischen Trockenzone ein Problem.

II. Symptome der Erkrankung

Das **Hauptsymptom** der Erkrankung zeigt sich im Spätsommer, kurz vor der Reife, an den **Früchten**: Äußerlich erscheinen die Melonenfrüchte dann zumeist gesund, ohne Flecken oder Deformationen, und von normaler Größe. Beim Aufschneiden zeigen sich jedoch im Fruchtfleisch braun verfärbte Stellen von ein bis mehreren cm Größe. Sie sind unregelmäßig im Fleisch verteilt und lassen meist keinerlei Beziehung zu irgendwelchen Wunden, Einstichstellen oder sonstigen Unregelmäßigkeiten auf der Melonenschale erkennen (Abb.1). Nur auf leichteren Böden, wie bei Isfahan oder Saveh, wurde des öfteren beobachtet, daß die Fruchtschale über diesen Flecken leicht eingesunken oder geschrumpft ist. Bei sehr starkem Auftreten der braunen Flecken wurde in diesen Gebieten auch teilweise eine Welke bzw. ein Schrumpfen der gesamten Frucht festgestellt. Derartige Früchte lassen sich dann schon durch eine Druckprobe mit den Fingern oder durch den Ton, den sie beim Beklopfen geben, von gesunden Früchten unterscheiden. In Eyvankey hingegen blieben die braunfleckigen Früchte fast immer ohne Welke- oder Schrumpfsymptome. Erfahrene Bauern konnten allerdings auch hier schon häufig durch Beklopfen feststellen, ob die Melone gesund oder braunfleckig war. Es entwickeln sich keinerlei Fäulen aus den braun verfärbten Flecken des Fruchtfleisches.

Erkrankte Melonenfrüchte werden nicht süß und haben oft einen leicht seifigen Geschmack. Die Verminderung des Zuckergehaltes in kranken Melonen zeigt sich bei refraktrometrischer Messung des Preßsaftes (Tab. 1).

Tab. 1. Refraktrometrische Messung des Zuckergehaltes in Melonen (1966).

Früchte	Zahl der Früchte	Zuckergehalt in % (Mittelwert)
gesund	1104	11,4
braunfleckig	83	9,7

Neben diesen Fruchtsymptomen zeigen sich auch Symptome an anderen Teilen der Pflanze, die jedoch nicht so klar und eindeutig sind, daß alleine nach ihnen die Erkrankung immer mit Sicherheit diagnostiziert werden könnte.

An den Blättern und Trieben: Nach anfänglich normaler Entwicklung der Melonenpflanzen beginnen die Blätter zu Beginn des Sommers zu vergilben. Die Vergilbung zeigt sich zuerst zwischen den Blattadern, besonders am Blattrand, und breitet sich allmählich über die ganze Blattspreite aus. Die Blätter werden brüchig. Die Internodien am Ende der Ranken sind gestaucht (Tab. 1b). Am Ende der Triebe stehen viele Blüten gehäuft zusammen. Die Pflanzen sterben allmählich im Laufe des Sommers ab. Bei frühem Absterben werden keine oder nur kleine Früchte ausgebildet. Bei spätem Absterben erreichen die Früchte noch die normale Größe, zeigen dann aber die oben beschriebenen Symptome.

Tab. 1b. Internodienlänge an den Ranken von gesunden und kranken Melonenpflanzen (1967). Mittelwerte aus jeweils sechs Ranken.

		Nr. des Internodiums (von der Spitze beginnend)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Länge																			
gesunde Pflanzen	cm	0.30	0.91	0.42	0.02	0.42	0.63	0.13	0.23	0.33	0.35	0.34	0.37	0.34	0.37	0.32	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36
kranke Pflanzen	cm	0.20	0.30	0.60	0.81	0.01	0.11	0.21	0.21	0.2	1.3	1.8	2.0	2.4	2.4	2.6	2.7	2.7	2.5	2.1	3.4
	im Vergleich zu gesunden Pflanzen (./)	67	36	41	39	41	42	38	38	36	38	52	53	71	65	81	78	76	69	85	92

An den Wurzeln: Die feinen Seitenwurzeln fehlen häufig und es werden kaum Wurzelhaare ausgebildet. Ofters wurden in den Befallsjahren Hauptwurzeln beobachtet, die etwa eine Handbreit unterhalb der Bodenoberfläche in mehrere getrennte Stränge aufgespalten waren. Später, nach dem völligen Absterben der oberirdischen Pflanzenteile, beginnt die Hauptwurzel zuerst in dieser Zone zu vermorschen. Es zeigt sich dann auch häufig eine sekundäre rötliche (*Fusarium*) oder grau-schwarze (*Macrophomina*) Verfärbung der vermorschten Wurzel durch Bodenpilze.

Diese Krankheitserscheinungen bei der Melone werden häufig mit folgenden anderen Melonenkrankheiten verwechselt, die ein Absterben der Melonen, Vergilbungen oder Fruchtfäulen hervorrufen können. Nie wurde dabei aber die für die Eyvankey-Krankheit typische Braunfleckigkeit der Melonenfrüchte beobachtet.

Phytophthora- Befall der Melonenpflanzen äußert sich in einer schlagartig auftretenden Welke. Innerhalb kurzer Zeit, oft nach einem Tag, brechen die Pflanzen vollkommen zusammen und sterben ab. (Zum Unterschied dazu: Bei der Eyvankey-Krankheit sterben die Pflanzen allmählich ab). Der Stengelgrund und Wurzeln sind eingeschnürt und faulen. An den Früchten treten normalerweise keine Symptome auf,

Doch kann der Pilz gelegentlich auch die Frucht infizieren und dann eine Fäule hervorrufen (siehe unten). Die Erkrankung kommt in den meisten Melonengebieten Irans vor und ist z.T. bei stärkerer Sommerbewässerung häufig. Eine *Phytophthora* sp. wurde von *Ehrschad* aus solchen Melonenpflanzen von Eyvankey, Varamin und Saveh isoliert. Bei Pathogenitätsprüfungen im Gewächshaus konnten damit ohne Schwierigkeit eine Stengelgrundfäule bei Melonen, mit plötzlichem Absterben der Pflanzen, sowie Fruchtfäulen erzeugt werden.

Aghab-Setid: Diese Krankheit bewirkt eine langsame Vergilbung der älteren Blätter nahe der Stengelbasis. Später vertrocknen die Stiele dieser Blätter; die Spreiten werden nekrotisch oder vertrocknen. Die Ursachen sind noch nicht bekannt. Wahrscheinlich handelt es sich um eine physiologisch bedingte Erkrankung.

Macrophomina phaseoli: (in Eyvankey Zak-zia = Schwarzstengel genannt): Der Stengel und die Basis der Ranken sind zuerst olivfarben, später braun verfärbt. Bei starkem Befall vermorscht das Gewebe. Die Verfärbung und Vermorschung ist auf scharf begrenzte Zonen beschränkt. Es kommt zur Ausscheidung eines gummiartigen Saftes, der auf den befallenen Stellen zu schwarzen Tröpfchen erstarrt (Abb 2). Solange die befallene Stengelstelle noch nicht völlig abgestorben ist, können die Pflanzen oder zumindest einzelne Ranken weiterwachsen und gesunde Früchte geben. Von *Ehrschad* durchgeführte Infektionsversuche mit Kulturen von *Macrophomina* im Gewächshaus gaben an Melonenpflanzen keinen Erfolg. Im Feld von Eyvankey wurde bei künstlicher Infektion an verwundeten Pflanzen 100% Befall erzielt.

An den Früchten treten durch *Fusarium* sp. und *Phytophthora* sp. Fäulen auf. Sie sind (im Gegensatz zur Braunfleckigkeit der Frucht) schon äußerlich anzusehen und bewirken eine zuerst begrenzte, später die ganze Frucht erfassende Weichfäule. Braune, nicht faulende Verfärbungen, die auf das Innere der Frucht beschränkt sind, treten nicht auf. Isolierungen von *Fusarium* sp. und *Phytophthora* sp. aus solchen Fäulen gaben bei Pathogenitätsprüfung an Melonenfrüchten wieder Naßfäulen und niemals das Befallsbild der "Braunfleckigkeit" von Eyvankey.

III. Die Melonen - Anbau - Gebiete von Eyvankey, Garmsar und Saveh

Eyvankey liegt etwa 70 Km östlich von Teheran an der Straße nach Mashhad am Südrand des Elburs-Gebirges. Garmsar liegt noch etwa 30 Km weiter nach Osten (Abb.3). Unmittelbar südlich von Garmsar beginnt die Salzwüste. Beide Gebiete werden durch die im Gebirge entspringenden Flüsse bewässert. Der Eyvankey-Fluß ist im Sommer trocken, der Garmsar-Fluß ist meistens auch im Sommer wasserführend.

Das Eyvankey-Gebiet ist im Süden durch einen niedrigen Höhenzug begrenzt. Er enthält die größte der in den iranischen Bodenkarten verzeichneten Salzlagerstätten, die an mehreren Stellen im Tagebau zur Salzgewinnung abgebaut wird (siehe Bodenkarte des Boden-Institutes, Teheran, 1). Der Salzstock wird zwischen Eyvankey und Garmsar von der Hauptstraße durchschnitten, dort tritt eine stark salzhaltige

Quelle zu Tage. Er setzt sich im Gebirge nördlich von Garmsar fort. Auch dort sind mehrere Minen für den Abbau von Steinsalz vorhanden. Der Garmsar-Fluß durchquert dieses salzföhrende Gebirgsgebiet. Auch der Eyvankey-Fluß entspringt mit einem seiner Zuflüsse in einem salzhaltigen Gebiet.

Die Ebene von Eyvankey liegt etwa 900-1100 m hoch. Sie fällt etwas von Norden nach Süden ab. Der Salzgehalt des Bodens nimmt nach Süden hin zu. Der Grundwasserspiegel liegt im Norden der Ebene in etwa 35 m Tiefe, im Süden in 4 m Tiefe. 1)

Die Melonen - Anbau - Fläche liegt südlich von Eyvankey. Melonen werden dort, wenn das Land voll ausgenutzt ist, ohne Fruchtwechsel angebaut. Die Bewässerung erfolgte ursprünglich mit dem Wasser des Eyvankey-Flusses durch Furchenbewässerung der Felder im Winter für 1 - 2 Wochen. Eine zusätzliche Sommerbewässerung war schon deshalb nicht üblich, da der Eyvankey-Fluß im Sommer kein Wasser führt. In den letzten Jahren wurden südlich von Eyvankey jedoch Tiefbrunnen angelegt, deren Wasser jetzt (besonders wenn die Wassermenge im Winter nicht ausreichend war) für eine zusätzliche Sommer-Furchen-Bewässerung verwendet wird. Zur Zeit bestehen 18 solche Brunnen von 30-110 m Tiefe. Ihr Wasser ist salzhaltiger als das des Flusses. Das Land wird gewöhnlich etwa eine Woche nach Abschluß der Winterbewässerung bis 35-40 cm Tiefe umgegraben oder gepflügt. Die Aussaatzeit richtet sich nach der Witterung (ausreichende Wärme, Frühjahrsregen) und der gewünschten Reifezeit der Melonen. Sie liegt meist zwischen 25 April und Anfang Juli. Die Melonensaat wird 18-20 Std. in Wasser vorgequollen. Dann werden je 6-8 Samen je Pflanzloch so tief eingesät, daß sie in der noch feuchten Erdschicht zu liegen kommen. Der Abstand der Pflanzlöcher ist 1 m x 1, 50 m. Die überschüssigen Pflanzen im Pflanzloch werden später bis auf eine entfernt. Zu Beginn des Sommers werden die Pflanzen bis auf zwei Ranken entgeizt; an jeder Ranke wird nur eine Frucht belassen. Die jungen Früchte werden zum Schutz gegen die Melonenfliege (*Myopardalis pardalina* Bigot) und auch, um sie vor zu starker Sonneneinstrahlung zu schützen, mit Blättern und darauf einer dünnen Schicht Erde abgedeckt. Nach einem weiteren Monat wird die schlechtere der beiden Früchte an jeder Pflanze entfernt. Die Reife der Melonen erfolgt je nach Saatzeit von Beginn bis Ende des Herbstes.

Ursprünglich wurde in Eyvankey eine Melone mit grüner, glatter Schale kultiviert. Sie ist auch heute noch zu geringem Anteil in den Feldern zu finden. Zumeist ist sie aber durch die typische Eyvankey-Melone (Abasschouri) mit grau-grüner rauher Schale ersetzt. Diese Sorte ist ihrer dicken Fleischschicht, des guten Geschmacks und der guten Transportfähigkeit wegen beliebt und besonders zur Versorgung des Teheraner Marktes geeignet. Sie wurde vor längerer Zeit auch in Garmsar eingeföhrt. In den letzten Jahren wird sie neben anderen Sorten auch in Varamin gebaut. In den neu angelegten Melonengebieten von Shahriar und Saveh wird vorwiegend die Eyvankey-Melonen-Sorte

1) Nach freundlicher Auskunft von Herrn Dr. Hauser, vormals Experte der FAO im Institut für Bodenkunde in Teheran-Amirabad.

kultiviert.

Eyvankey hat 3 500 Einwohner; dazu kommen noch 6 000 Einwohner in den umliegenden Dörfern. Melonen bilden die Hauptkultur dieses Gebietes. Ganz vereinzelt wird daneben Weizen oder Gerste gebaut. Nur in den Gärten gibt es etwas Gemüsebau. Der Granatapfel ist die einzige Obstart.

Garmsar liegt in 850 m Höhe. Das Gebiet hat mehr Getreideanbau als Eyvankey. Die Kulturmethode für die Melonen ist ähnlich wie in Eyvankey.

Saveh liegt etwa 120 Km südwestlich von Teheran. Die Hauptkultur dort war Getreide. Erst in den letzten Jahren wurden vermehrt Melonen unter Übernahme der Sorte und der Kulturmethoden von Eyvankey angebaut.

IV. Wirtschaftliche Bedeutung der Braunfleckigkeit

Im Jahr 1959, vor der starken Ausbreitung des Melonensterbens, wurden im Gebiet von Eyvankey etwa 3000 ha Melonen gebaut. Bis 1963 ging infolge der Erkrankung der Anbau auf nur 150 ha zurück. Der Mindesterlös aus 1 ha gesunder Melonen beträgt 50 Tsd. Rial. Der jährliche Wert einer gesunden Melonenernte wäre danach mit etwa 150 Mill. Rial anzusetzen (etwa 8 Mill. DM).

Nach dem Auftreten des Melonensterbens wurden zwar anstelle der Melonen auf einigen Feldern andere Kulturen wie Weizen, Zuckerrüben, Baumwolle oder Granatapfel angebaut. Sie erfordern aber einen vergleichsweise hohen finanziellen Aufwand für die Bewässerung, so daß die Bauern nicht sonderlich an ihrem Anbau interessiert sind. Andere Kulturen gedeihen entweder auf den versalzten Böden nicht oder das verfügbare Wasser reicht zur Bewässerung nicht aus. Weite Flächen in Eyvankey sind daher in den letzten Jahren brach liegen geblieben.

Eyvankey ist in seiner Entwicklung durch das Auftreten des Melonensterbens stark zurückgeworfen worden. Eine Anzahl Bauern und Arbeiter sind in andere Gebiete abgewandert. Andere waren zum Verkauf ihres landwirtschaftlichen Inventars oder sogar der Brunnen gezwungen. Neubau von Brunnen oder Neubeschaffungen landwirtschaftlicher Geräte wurden nicht vorgenommen.

In Garmsar war der Schaden durch die Braunfleckigkeit etwas geringer, (da hier neben Melonen häufiger auch andere Kulturen, wie Getreide, angebaut werden), aber auch immer noch von großer wirtschaftlicher Bedeutung. In Varamin und Shahriar war das Auftreten der Braunfleckigkeit bisher begrenzt. Daß aber auch für diese Gebiete die Braunfleckigkeit eine potentielle Gefahr bedeutet, zeigt deren plötzliches und stark schädigendes Auftreten in dem neu angelegten Melonengebiet von Saveh im Jahr 1966.

V. Experimentelle Untersuchungen in den Jahren (1961 bis 1966):

Seit 1961 werden Versuche auf gepachteten Feldern im Anbaugebiet von Eyvankey durchgeführt, um die Ursachen der Braunfleckigkeit zu klären und Bekäm-

1) Wir danken Herrn *Dr. Esfandiari* für sein stetes Interesse und die Förderung, die er als Staatssekretär im Landwirtschaftsministerium und als Direktor des "Forschungsinstitutes für Pflanzenkrankheiten und-Schädlinge" den Versuchen angedeihen ließ.

pfungsmaßnahmen zu finden. Auf einer Konferenz von Experten verschiedener Institute (Landw. Fakultät der Universität Teheran, Bodenkundliches Institut Teheran, Saatgut-Institut Teheran, Forschungs-Institut für Pflanzenkrankheiten und – Schädlinge) unter Vorsitz von Ing. *Mirheydar* wurde am 19.11.1962 die weitere Richtung für die Fortführung der Versuche festgelegt.

Die Durchführung der Versuche in Eyvankey erfolgte im Jahre 1961 durch Dr. Rump. 1962 und 1963 wurden die Versuche durch Ing. *Dehyar*, 1964 von ihm und Ing. *Schirzadi* angelegt. 1965 und 1966 führte Ing. *Schirzadi* die Versuche durch.

Den mittleren Befall durch Braunfleckigkeit in den Kontrollparzellen der Versuche im Gebiet von Eyvankey von 1962 bis 1966 zeigt die Tabelle 2.

Tab.2. Durchschnittlicher Befall durch Braunfleckigkeit in Eyvankey

Jahr	1962	1963	1964	1965	1966
Befall %	88	91	7,2	0,5	0,7

Das plötzliche Verschwinden der Erkrankung im Jahr 1964 erschwerte die Auswertung der Versuche sehr. Ab 1965 wurde die Fragestellung für die Versuchsanlage daher darauf abgestellt, durch Änderung der Anbauverhältnisse (Bodenversalzung, Bewässerung) künstlich die Krankheitssymptome zu erzeugen, um so Rückschlüsse auf ihre Ursachen zu ermöglichen.

Insgesamt wurden in den letzten fünf Jahren 20 verschiedene Versuchsgruppen auf dem Feld in Eyvankey oder im Gewächshaus in Teheran-Evin durchgeführt. Die Versuchsanlage erfolgte jeweils mit 4–6 Wiederholungen. Im folgenden wird ein Überblick über diese Arbeiten und ihre Ergebnisse gegeben. Versuche, die kein Ergebnis brachten, werden nur kurz erwähnt, ohne auf die Methodik im einzelnen näher einzugehen.

1) Versuche zur Isolierung pilzlicher oder bakterieller Krankheitserreger (1961-1966):

Mikroskopische Untersuchung des braunverfärbten Gewebes im Fruchtfleisch der Melonen zeigte, daß die Zellwände braun verfärbt sind. Bakterien oder Pilzmyzel konnte nicht festgestellt werden.

Isolierungsversuche unter sterilen Bedingungen ergaben kein Auswachsen von Pilzen aus den verfärbten Flecken im Fruchtfleisch. Vereinzelt traten Bakterien auf, die jedoch bei Prüfung an Melonenfrüchten nicht pathogen waren.

Die Wurzeln von abgestorbenen Pflanzen mit braunfleckigen Früchten sind meistens vermorscht und von Pilzen besiedelt. Solche vermorschten Wurzeln wurden zerkleinert und der Anzuchterde von Melonenpflanzen im Gewächshaus zugesetzt. Es traten keinerlei Krankheitserscheinungen an den Melonen auf.

Im Wurzelhals, den Wurzeln oder in basalen Stengelteilen konnte mikroskopisch kein Pilzmyzel festgestellt werden. Isolierungen aus noch nicht vermorschten Teilen

kranker Melonenpflanzen ergaben häufig *Fusarium* sp. Alle diese Isolierungen erwiesen sich bei Pathogenitätsprüfungen, die Ing. Ehrschad und Ing. Schirzadi durchführten, als nicht pathogen für Melonenpflanzen.

Über weitere Isolierungen von *Macrophomina*, *Fusarium* und *Phytophthora* aus Pflanzen mit andersartigen Krankheitssymptomen wurde bereits auf S. 3 berichtet.

2) Bodenbehandlung mit Fungiziden (1963,1966:)

Im Jahre 1963, in dem die Braunfleckigkeit in Eyvankey sehr stark auftrat, wurden Versuchspartellen vier Wochen vor der Aussaat mit verschiedenen Fungiziden behandelt :

Ceresan (quecksilberhaltiges Trockenbeizmittel. 22, 5 g je m²).

TMTD-Spritzpulver, 80 %ig(62,5 g je m²).

Arasan (50% Thiram. 20 g je m²).

Methylbromid (100 g je m²; 48 Std. unter Plastikfolie abgedeckt).

Keine dieser Behandlungen brachte eine Verminderung des Krankheitsauftretens im Vergleich zur Kontrolle.

Die Pflanzen auf den mit Methylbromid behandelten Parzellen zeigten starke phytotoxische Schäden (Auflaufschäden, Kümmerwuchs, Blattnekrosen). Möglicherweise liegt eine Komplexbildung des Methylbromids mit irgendwelchen Bestandteilen der stark versalzene Böden von Eyvankey vor.

Der Methylbromid - Versuch wurde 1966 wiederholt. In diesem Jahr gab es kaum Befall mit Braunfleckigkeit in Eyvankey. Ein Unterschied im Befall zwischen den behandelten Parzellen und den Kontrollen war auch in diesem Jahr nicht festzustellen. Es traten aber wieder phytotoxische Schäden an den Pflanzen auf, wenn auch nicht so stark wie 1963.

3) Saatgutbeizung (1961,1963,1965):

Ein Saatgut-Beiz-Versuch mit Ceredon (COBH+Phenylquecksilberchlorid) wurde 1961 von Dr. Rump durchgeführt. 1963 wurde von uns Beizung mit Ceresan (quecksilberhaltiges Beizmittel) erprobt. In beiden Jahren war die Beizung ohne Wirkung gegen die Braunfleckigkeit.

Beizungen mit Rhizoctol-Combi (Methylarsinsulfid+COBH), Ceresan und Brasicol (Pentachlornitrobenzol) im Jahr 1965 waren nicht auswertbar, da in diesem Jahr der Befall auch in den ungebeizten Parzellen zu gering war.

4) Untersuchung auf Virus-Befall (1963):

Pflanzen, deren Früchte Braunfleckigkeit zeigten, wurden an das Virus-Institut der Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig geschickt. Bei Abreibung auf verschiedene Indikatorpflanzen konnten dort keine Anzeichen für Virus-Befall festgestellt werden.

5) Klimatologische Messungen (ab 1962):

Nach Ansicht der Bauern wird das Auftreten der Braunfleckigkeit von der Witterung des vorhergehenden Winters beeinflusst. So wurde uns bereits 1961 von den

Bauern in Garmsar gesagt, daß sie erst dann wieder Melonen anbauen könnten, wenn der Boden im Winter für 3-4 Wochen bis etwa 30 cm Tiefe gefriert. Das Verschwinden der Melonenkrankheit nach dem kalten Winter 1963/64 bestätigt diese Bauernregel.

Um eine etwaige Witterungsabhängigkeit der Erkrankung zu erfassen, wurde der Witterungsverlauf von Garmsar an Hand der klimatologischen Messungen des Meteorologischen Amtes analysiert. Von uns wurden seit 1962 Messungen in Eyvankey durchgeführt (Abb. 4). Es ist zu erkennen, daß die Winter 1959/60, 1962/63 und 1963/64 verhältnismäßig trocken waren. Der Winter 1962/63 war verhältnismäßig warm. Die tiefen Temperaturen des Winters 1963/64 heben sich deutlich hervor.

Die normalen meteorologischen Messungen in 2m Höhe über dem Boden geben nicht die Temperaturverhältnisse im Wurzelbereich im Boden wieder. Die Abb. 5 zeigt, daß in 5 cm Bodentiefe, gerade unter der Bodenoberfläche infolge der Sonneneinstrahlung tagsüber wesentlich höhere Temperaturen erreicht werden als in der Luft. In 20 cm Bodentiefe liegt morgens die Temperatur höher, mittags niedriger als in der Luft. Der Temperaturverlauf ist hier also ausgeglichener.

Infolge der hohen Sommertemperaturen in Eyvankey, der niedrigen Luftfeuchtigkeit (teilweise unter 10%) und der teilweise sehr starken Winde, ist die Verdunstung in diesem Gebiet besonders hoch. Das wirkte sich bei eigenen Verdunstungsmessungen in Eyvankey im Sommer 1964 so aus, daß schon nach wenigen Stunden Messung der Wasservorrat des Verdunstungsmessers erschöpft war.

6) Düngungsversuche (1961,1962,1963,1965):

Von Dr. *Rump* wurden 1961 Versuche mit Spurenelement-Gabe sowie mit Handelsdünger durchgeführt. Verwendet wurden dabei Mangansulfat, Kupfersulfat, Borax, Magnesiumsulfat und Nitrophoska. Das Krankheitsauftreten konnte dadurch in keinem Fall vermindert werden. Mit steigender Nitrophoska-Gabe (von 10 bis 30 g je Pflanzloch) war die Pflanzenentwicklung schlechter.

1962 und 1963 wurden Düngungsversuche in Eyvankey durchgeführt mit Stallmist (40 t/ha), Stickstoff-Phosphorsäure - Düngung (200 Kg 45% iges Superphosphat + 420 Kg 21% iges Ammonsulfat je ha) und Spritzung mit Spurenelementen (Borax, $MgSO_4$, $CuSO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$). Die Pflanzen waren dadurch zwar zum Teil üppiger entwickelt. Gesicherte Unterschiede im Auftreten der Braunfleckigkeit konnten aber in beiden Jahren nicht festgestellt werden.

Nochmalige Düngungsversuche im Jahr 1965 brachten schon deshalb kein Ergebnis, da die Krankheit in diesem Jahr kaum auftrat.

7) Bodenbearbeitung (1962,1963):

Unterhalb der Pflugsohle befindet sich in vielen Feldern in Eyvankey eine Verdichtungsschicht, die von den Melonenwurzeln nur schwer durchdrungen werden kann. 1962 wurde diese Schicht an den Pflanzstellen in einigen Parzellen bis zu 80 cm Tiefe durch Umgraben gelockert. Die Kontrollparzellen wurden in ortsüblicher Weise

umgegraben. Die Zahl der braunfleckigen Melonen auf den tief umgegrabenen Parzellen war zwar auch noch hoch, lag aber in fast allen Fällen deutlich niedriger als in den normal bearbeiteten Vergleichsflächen.

Tab. 3. Wirkung der Bodenbearbeitung auf das Auftreten der Braunfleckigkeit

Bodenbearbeitung	% braunfleckiger Früchte (Mittel aus 12 Wiederholungen)
tief umgegraben	84,3
bis zur normalen Tiefe gegraben	92,8

Die Differenz von 8,5% zwischen beiden Behandlungen ist signifikant.

Wiederholung der Versuche im Jahre 1963, wobei ein Teil der Parzellen mit dem Untergrundpflug bis 75 cm Tiefe gelockert, ein anderer Teil nur bis 30 cm Tiefe gepflügt wurde, brachten zwar geringfügige Unterschiede. Das geringere Krankheitsauftreten auf den tief gepflügten Parzellen im Vergleich zur Kontrolle war aber nicht gesichert.

8) Bodenart (1962, 1963, 1964):

Im Jahr 1962 wurden alle Versuche in gleicher Anordnung auf drei verschiedenen Flächen im Osten, in der Mitte und im Westen des Anbaugesbietes von Eyvankey angelegt. Die Felder im Osten sind mehr sandig, die im Westen und der Mitte haben einen höheren Lehmanteil. Das Ergebnis zeigt Tabelle 4.

Tab.4. Mittlerer Befall durch Braunfleckigkeit auf Feldern an drei verschiedenen Stellen der Ebene von Eyvankey

Lage des Feldes	% braunfleckiger Früchte
Feld Ost	91,5
Feld Mitte	87,9
Feld West	86,3

Der Unterschied zwischen Feld Ost und Feld West ist signifikant; zwischen Feld Ost und Feld Mitte ist er nicht signifikant. Zwischen Feld Mitte und Feld West besteht kein deutlicher Unterschied.

Ein ähnlicher Versuch im Jahr 1963 brachte keine gesicherten Unterschiede im Befall durch Braunfleckigkeit zwischen den Feldern im Osten und Westen von Eyvankey.

Im Jahr 1964 wurden bei Eyvankey und auf dem Versuchsfeld in Teheran-Evin mehrere Gruben von 4 x 4 m Größe und 1 m Tiefe ausgehoben. Sie wurden mit Plastikfolie ausgekleidet und entweder mit Erde aus dem Anbaugesbiet von Eyvankey oder mit Erde aus Teheran-Narmak gefüllt. Dann wurden jeweils 9 Melonen eingesät. In Eyvankey wurde dieser Versuch in zweifacher Wiederholung angelegt, in Evin nur einfach. Sowohl in Eyvankey wie in Evin waren die Melonen in beiden Erdarten

völlig frei von der Braunfleckigkeit. (Im Gebiet von Eyvankey trat die Krankheit in diesem Jahr zu durchschnittlich 7,2 % auf).

9) Melonensorten (1964,1965):

1964 wurden versuchsweise verschiedene Melonensorten bzw. – Herkünfte in Eyvankey ausgesät, Von jeder der acht Sorten wurden 6 Reihen mit je 12 Pflanzen angebaut. Bei zwei der Sorten liefen nur eine bzw. vier Pflanzen auf; sie waren daher nicht auswertbar. Das Ergebnis für die übrigen Sorten gibt Tabelle 5.

Tab. 5. Befall verschiedener Melonensorten durch Braunfleckigkeit

Sorte	Herkunft	ausgewertete Pflanzenzahl	% Früchte mit Braun- fleckigkeit	Signifikanz- grenze für P = 5%
Mirza Kalby (Karbala)	Khorasan	62	0	bis 6%
Madjidi Marand	Azarbajejan	45	0	bis 8%
Kalle Gorgy	Khorasan	15	0	bis 21%
Khatai Ferdouss	Khorasan	50	8	3–20%
Roughan tcharaghy	Khorasan	58	10	5–21%
Sooski Esfahan	Esfahan	46	12	6–25%
Eyvankey-Sorte "Abasschouri" (als Vergleich)	Eyvankey	181	7	4–12%

Wegen der geringen Pflanzenzahl und des auch in der Vergleichssorte schwachen Befalls sind die Unterschiede zwischen den Sorten nicht voll gesichert. Der Versuch wurde daher mit den besten Sorten im Jahr 1965 wiederholt. Da in diesem Jahr der Befall mit Braunfleckigkeit im Eyvankey-Gebiet noch geringer war (im Durchschnitt 0,5%) blieb diese Vergleichsprüfung ohne Ergebnis.

10) Saatgut aus braunfleckigen Früchten (1964):

Es wurde Saatgut ausgesät, das einmal aus gesunden Früchten, zum andern aus braunfleckigen Früchten der Ernte 1963 stammte.

Tab. 6. Aussaat von Melonen-Saatgut aus kranken und aus gesunden Früchten

Samen aus	Auflauf %	ausgewertete Pflanzenzahl	% braunfleckiger Früchte
gesunden Pflanzen und Früchten	99	399	0,2
kranken Pflanzen mit braunfleckigen Früchten	90	3345	5,9

Der Unterschied im Befall von 5,7 % ist hoch signifikant.

11) Anbaumethode (1964):

Im Jahr 1964 wurden verschiedene Anbaumethoden erprobt:

- a. Entsprechend der ortsüblichen Methode: Auf flachen Parzellen, Winterbewässerung durch Überfluten; keine Sommerbewässerung.
 - b. Anbau der Melonen in Furchen. Ohne Sommerbewässerung.
 - c. Anbau in Furchen. Mit Sommerbewässerung.
 - d. Anbau auf Dämmen. Ohne Sommerbewässerung.
 - e. Anbau auf Dämmen. Mit Sommerbewässerung.
- Die verschiedenen Anbaumethoden sind schematisch in Abb.9 dargestellt.
Da der Befall 1964 allgemein sehr gering war, traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Pflanzmethoden auf.

12) Unterschiedliche Saatzeit (1964,1965):

Im Jahr 1964 wurden Versuche mit drei verschiedenen Saatzeiten durchgeführt (Tab.7). Die Anlage des Versuches erfolgte in siebenfacher Wiederholung.

Tab.7. Auftreten der Braunfleckigkeit bei verschiedener Saatzeit

Saatzeit	% Früchte mit Braunfleckigkeit
<i>Früh</i> : 5. Mai	6,3
<i>Normal</i> : 15. Mai (entsprechend der normalen Saatzeit der Bauern in diesem Jahr)	8,7
<i>Spät</i> : 21. Juni	0

Der Unterschied im Befall durch Braunfleckigkeit bei Spätsaat gegenüber den anderen beiden Saatzeiten ist signifikant.

Wiederholung des Versuches im Jahr 1965 gab wegen des zu geringen Befalls in diesem Jahr kein Ergebnis.

13) Bewässerung (1962,1963,1966):

In den Jahren 1962 und 1963 wurden Versuche mit folgenden Bewässerungsarten durchgeführt:

- a. Winterbewässerung durch sieben Tage Überfluten mit Flußwasser.
- b. Winterbewässerung durch 20 Tage Überfluten.
- c. Winterbewässerung wie bei a). Zusätzlich wurde im Sommer etwa alle zehn Tage eine Furchenbewässerung mit Tiefbrunnen-Wasser gegeben.

Gesicherte Unterschiede im Krankheitsbefall konnten durch keine dieser Bewässerungsarten erreicht werden.

Im Jahr 1966, in dem kein starker Befall auftrat, wurden die zwei in Tabelle 8 angegebenen Bewässerungsarten erprobt.

Tab .8. Wirkung verschiedener Bewässerungsverfahren auf das Auftreten der Braunfleckigkeit.

Bewässerung	Zahl der Wiederholungs-Parzellen	% Melonen mit Braunfleckigkeit
a) 16 Tage Winterbewässerung durch Überfluten mit Fluß- und Tiefbrunnen-Wasser; von Mitte Juni bis Ende August dann zusätzlich zehn mal Furchenbewässerung.	10	0.7
b) 1 Tag Frühjahrsbewässerung vor Aussaat; im Sommer Furchenbewässerung wie bei a),	5	5.2

Der geringere Befall nach Winterbewässerung a) ist hoch signifikant.

14) Bodenabdeckung mit Plastikfolie (1966):

Ein Teil der Versuchspartellen wurde im Winter vollständig mit Plastikfolie abgedeckt, um ein Eindringen der Winterregen in den Boden zu verhindern. Andere Partellen blieben im Winter ohne Plastik-Abdeckung, wurden aber im Sommer nach dem Auflaufen der Melonenpflanzen zwischen den Pflanzen und in den Bewässerungsfurchen vollständig mit Plastikfolie bedeckt. Die Folie wurde 5 cm hoch mit Erde bedeckt, um vergleichbare Temperaturverhältnisse zu schaffen. Durch die sommerliche Plastik-Abdeckung sollte die Verdunstung von der Bodenoberfläche und die kapillare Wasserbewegung im Boden aus dem Untergrund zur Oberfläche herabgesetzt werden. Kontrollpartellen blieben im Winter und Sommer ohne Plastik-Abdeckung. Bewässert wurde in allen Fällen durch 1 Tag Überflutung im Frühjahr und Furchenbewässerung im Sommer. Der Versuch lief in fünffacher Wiederholung.

Tab.9. Plastik-Abdeckung der Versuchspartellen.

Abdeckung	% Früchte mit Braunfleckigkeit
Kontrolle (nicht abgedeckt)	5.2
Plastik-Abdeckung im Winter	7.2
Plastik-Abdeckung im Sommer	4.3

Plastik-Abdeckung im Winter führt danach zu stärkerer Braunfleckigkeit als Plastik-Abdeckung im Sommer. Differenz von 2,9 % zwischen diesen beiden Behandlungen ist hoch signifikant. Die Unterschiede beider Behandlungen zur Kontrolle sind nicht signifikant.

15) Salzzugabe zum Boden (1965, 1966):

Ein Versuch, bei dem die Pflanzen im Feld von Eyvankey 1965 im Verlauf der Vegetation ständig mit Salzlösungen verschiedener Konzentration gegossen wurden, ergab gegenüber den normal bewässerten Kontrollpflanzen keinen erhöhten Befall mit Braunfleckigkeit.

Im Jahr 1966 wurde der Salzversuch mit abgeänderter Methodik wiederholt. Die Parzellen wurden im Winter 16 Tage durch Überfluten bewässert. Dann wurde Salz aus den Ausscheidungen des Flusses bzw. der Quelle zwischen Eyvankey und Garmsar in verschiedener Menge aufgestreut und in den Boden eingearbeitet. Es wurde nochmals zum Einwaschen des Salzes einen Tag bewässert und dann mit Melonen besät.

Im Sommer wurde Furchenbewässerung durchgeführt. Der Versuch lief in fünf-facher Wiederholung.

Tab. 10. Salzzugabe zum Boden.

Zugesetzte Salzmenge Kg/m ²	% Früchte mit Braunfleckigkeit
0 (Kontrolle)	0,9
0,6	0,6
1,2	1,5
1,8	3,8

Der Prozentsatz braunfleckiger Früchte steigt mit der Salzmenge an. Der Befall von 3,8 % bei 1,8 Kg/m² Salzzugabe ist gesichert höher als der Befall in den Parzellen mit 0,6 Kg/m² bzw. in den Kontrollparzellen.

16) Salzversuch im Gewächshaus (1963-1967):

Melonen wurden im Gewächshaus in Erde in Töpfen kultiviert. Im Verlauf des Versuches wurde wöchentlich etwas Salz (aus den Ausscheidungen des Flusses zwischen Eyvankey und Garmsar) durch Untergrundbewässerung zugeführt, so daß der Salzgehalt im Boden im Verlauf der Vegetationszeit und mit dem Alter der Pflanzen laufend anstieg. Nach Vorversuchen wurde die Salzmenge in drei verschiedenen Mengen abgestuft: 4g, 8g, 16g je Woche. Die Kontrollpflanzen erhielten kein Salz. Einmal im Monat wurde eine Volldüngung gegeben. Der Versuch wurde mehrfach zu verschiedenen Jahreszeiten wiederholt.

Bei den höheren Salzgaben zeigt sich im Verlauf der Vegetation zuerst ein fleckiges Vergilben der Blattspalten bei den Melonenpflanzen (Abb.6). Bei stärkerer Schädigung schrumpfen und Vertrocknen die Blattstiele, und die Blätter sterben ab (Abb.7). Zuerst zeigen sich diese Symptome an den älteren Blättern. Endlich stirbt die ganze Pflanze ab. Junge Pflanzen sind für die Bodenversalzung empfindlicher als ältere Pflanzen. Verkürzung der Internodien am Ende den Ranken oder gehäuft stehende Blüten am

Triebende wurden nicht beobachtet. Die Früchte bleiben im Gewächshaus nur klein (etwa 20 cm lang). Braunfleckigkeit oder Geschmacksbeeinträchtigungen konnten an ihnen nicht festgestellt werden.

Ein Schrumpfen und Vertrocknen der Blattstiele wurde besonders 1962 und 1963, etwas weniger in anderen Jahren, auch bei Melonen im Feld von Eyvankey beobachtet (Abb 8). Auch bei Murtchehort (Isfahan) trat dieses Symptom 1967 in den geschädigten Melonenfeldern sehr stark auf. Pflanzen mit "Aghab-Sefid" - Symptomen zeigen auf fortgeschrittenem Stadium der Erkrankung gleichfalls dies Vertrocknen der Blattstiele (vergl. Abschnitt II).

Diese Erscheinungen waren ursprünglich von uns als Sonnenbrand oder Dürreschädigungen gedeutet worden. Nach Vergleich mit den Gewächshaus-symptomen handelt es sich aber mit größerer Wahrscheinlichkeit um Salzsäden. Ebenfalls ist in Eyvankey zu hohem Prozentsatz ein Absterben der Melonen-Keimpflanzen unter Symptomen der Versalzung zu beobachten. Die Bauern berücksichtigen dies von vornherein bei der Saatmethode, indem sie eine größere Anzahl von Samen je Pflanzloch einsäen (siehe Abschnitt III) und für die nicht aufgelaufenen Pflanzen zum Teil mehrfach nachsäen.

17) Borversuch im Gewächshaus (1965-1967):

Um zu prüfen, ob die Symptome der Braunfleckigkeit durch zu hohen Borgehalt im Boden hervorgerufen sein könnten, wurde ein Gewächshausversuch mit Bor-Zusatz zum Boden durchgeführt. Die Versuchsdurchführung erfolgte ähnlich, wie unter 16) für den Salzversuch beschrieben. Statt Salz wurde den Pflanzen jedoch wöchentlich 5 mg Borax je Topf zugesetzt.

An den Blättern bilden sich als Folge hoher Bor-Gabe scharf begrenzte Randchlorosen aus, die später nekrotisch werden. Fruchtsymptome (Braunfleckigkeit, Geschmacksbeeinträchtigungen) wurden nicht festgestellt.

18) Anbau von Kulturpflanzen unterschiedlicher Salzempfindlichkeit (Indikatorpflanzen) im Feld (1966):

Es ist bekannt, daß die einzelnen Kulturpflanzen unterschiedlich empfindlich für den Salzgehalt des Bodens sind (4,S.67).

Aus den Pflanzengruppen mit unterschiedlicher Salztoleranz wurden die folgenden in Eyvankey mit jeweils einer Reihe in kleinen Parzellen mit mehrfacher Wiederholung angebaut:

Hohe Salztoleranz: Baumwolle

Mittlere Salztoleranz: Weizen, Tomaten, Kohl

Geringe Salztoleranz: Rotklee, Rettich, Phaseolus-Bohnen, Ackerbohnen

Nur Baumwolle und Weizen entwickelten sich hiervon gut und ohne irgendwelche Symptome einer Schädigung. Allerdings blieben auch diese Pflanzen verhältnismäßig klein. Die andern Arten liefen entweder überhaupt nicht auf, starben später unter typischen Dürresymptomen ab oder zeigten kümmerwuchs mit Blattschädigungen.

19) Bodenuntersuchung (1962,1963,1964,1966):

Da die Vermutung bestand, daß Bodenfaktoren oder der Salzgehalt des Bodens Ursache der Braunfleckigkeit der Melonenfrüchte sein könnten, wurden in mehreren Jahren Bodenuntersuchungen im Gebiet von Eyvankey durchgeführt. 1)

Tab. 11. Bodenanalysen im April 1962 an drei Stellen des Eyvankey-Gebietes (durchgeführt im Boden-Institut, Teheran-Amirabad)

Feld	Tiefe cm	pH	% lösliche Salze	absorptionsfähi- ges Kali ppm	pflanzenaufnehm- bares P ₂ O ₅ ppm
Ost	0-25	7,7	0,30	350	6,5
	25-75	7,8	0,19	330	2,5
Mitte	0-25	7,7	0,22	270	3,0
	25-75	7,9	0,05	190	1,0
West	0-25	7,8	0,16	260	3,5
	25-75	8,0	0,08	230	1,5

Das Feld im Osten hat den höchsten Salzgehalt. Allerdings wurden alle Untersuchungen im April, nach der Winterauswaschung durch Regen und Bewässerung gemacht. Im Sommer ist erfahrungsgemäß mit einer weiteren starken Zunahme der Versalzung zu rechnen. Der pH-Wert liegt mit 7,7-8,0 nicht ungewöhnlich hoch. Der Nährstoffgehalt der Böden ist im Osten am höchsten. Der Kaligehalt ist dabei für alle drei Felder als mittel und ausreichend zu bezeichnen. Der Phosphorsäuregehalt hingegen liegt in allen unter 7 und ist damit sehr niedrig.

Im Frühjahr 1963 wurden nochmals Bodenuntersuchungen an verschiedenen Stellen der Ebene von Eyvankey durchgeführt. Der pH-Wert, der Salzgehalt (ausgedrückt durch die Elektrische Leitfähigkeit) und der Kaligehalt der Böden zeigten ähnliche Werte wie 1962. Der Phosphorsäure-Gehalt in der oberen Bodenschicht lag zwischen 8 und 11, und damit in einem mittleren, gerade noch ausreichendem Bereich.

Im Sommer 1964 wurden von uns Bodensalzmessungen in Parzellen durchgeführt, in denen Melonen mit verschiedener Anbaumethode bzw. Bewässerung kultiviert worden waren. Die Abbildung 9 zeigt, daß die Salzverteilung in der oberen Bodenschicht je nach der Anbaumethode sehr unterschiedlich ist. Am ungünstigsten ist dabei unter dem Gesichtspunkt der Bodenversalzung der Anbau auf Wällen zu bewerten.

1966 wurde die jahreszeitliche Veränderung des Salzgehaltes durch monatliche Entnahme von Bodenproben in verschiedener Bodentiefe (bis hinab zu 150 cm) verfolgt. Der Salzgehalt wird durch die Leitfähigkeit des gesättigten Bodenextraktes ausgedrückt.

1) Die Bodenuntersuchungen wurden zum größten Teil im Boden-Institut in Teheran-Amirabad durchgeführt. Wir sind diesem Institut dafür zu großem Dank verpflichtet. Gleichfalls danken wir Herrn Dr. Hauser, Bodenexperte der FAO, der uns in den ersten Jahren durch seinen Rat und bei der Durchführung von Bodenuntersuchungen unterstützte.

Leitfähigkeitswerte über 4 sind kennzeichnend für Salzböden. In Abbildung 10 ist außerdem noch die Austauschkapazität für Natrium (E.S.P.) und die Verteilung der Niederschläge und der Bewässerung über das Jahr eingetragen. Die E.S.P. errechnet sich nach der Formel

$$E.S.P. = \frac{(E.Na) \cdot 100}{C.E.C.}$$

wobei (E.Na) das austauschbare Natrium in Milliäquivalent, C.E.C. die Kationen-Austauschkapazität ist. Der E.S.P.-Wert bildet ein Maß für die Alkalität des Bodens. Böden mit einem E.S.P. über 15 werden zu den Alkali-Böden, solche mit Werten unter 15 zu den Nicht-Alkali-Böden gestellt. Einzelheiten über Salz- und Alkali-Böden, die Meßwerte zu ihrer Charakterisierung und die Methodik der Bodenuntersuchung können dem "U.S. -Handbuch für Salz- und Alkali-Böden" (4) entnommen werden.

Die Leitfähigkeit und damit der Salzgehalt ist—wie zu erwarten— an der Bodenoberfläche durch die Verdunstung und die Salzausscheidung hoch. Im Herbst, Winter und Frühjahr ist der Salzgehalt in tieferen Schichten bis hinab zu 150 cm Tiefe verhältnismäßig gleichmäßig. Auffällig ist jedoch, daß im Sommer der Salzgehalt in der Tiefe ansteigt und z.B. im September in 150 cm Tiefe den hohen Leitfähigkeitswert von 17,8 erreicht. Das läßt darauf schließen, daß im Sommer mit dem kapillar aus dem Untergrund aufsteigenden Wasser Salze in höhere Bodenschichten aufsteigen. In mittleren Tiefen von 10–50 cm, also im Hauptwurzelbereich, wird der Salzgehalt im Sommer und Herbst stark durch die Bewässerung und die Herbst-Regen beeinflusst und liegt zeitweilig verhältnismäßig niedrig. Während des ganzen Jahres lag der Leitfähigkeitswert in fast allen Proben über 4. Der Eyvankey-Boden ist damit als Salz-Boden einzugruppierten.

Die Alkalität - gekennzeichnet durch den E.S.P. - Wert liegt im Sommer und Herbst mit Ausnahme der Bodenoberfläche meistens unter 15 (nichtalkalischer Boden). Besonders niedrig ist der E.S.P. - Wert im Spätherbst und zu Beginn des Winters. Zum Frühjahr steigt er wieder an und überschreitet die Alkalitätsgrenze von 15.

Die Zusammensetzung der Bodensalze für verschiedene Tiefen in den Monaten April und September 1966 zeigt Abbildung 11. Der Natrium-Anteil in den Salzen ist im Frühjahr in allen Tiefen etwa gleich. Im Sommer nimmt der Gehalt an allen Ionen, besonders aber Na^+ und Cl^+ in der Tiefe stark zu. Besonders an und kurz unterhalb der Bodenoberfläche ist der Na^+ - Anteil stark erhöht, da Natriumsalze leicht löslich und beweglich sind, und so besonders leicht mit dem Wasser zur Oberfläche aufsteigen.

Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Bodenzusammensetzung in verschiedenen Tiefen der Versuchspartellen aus dem Jahre 1966.

Tab. 12. Bodenzusammensetzung in verschiedener Tiefe des Versuchsfeldes von Eyvankey. Die Proben entstammen der gleichen Fläche wie die der Abb. 10.

(Untersuchungen im Boden-Institut in Teheran-Amirabad)

Tiefe cm	Größe der Bodenpartikel < 0,002 - 0,02 - 2,0 mm			Wasser-Kapazität %
	Ton	Schluff	Sand	
	prozentualer Anteil			
10-15	32,2	35,4	32,4	39
25-30	25,8	31,8	42,4	37
55-60	21,8	29,4	48,8	34
85-90	20,0	25,6	54,4	29
115-150	14,6	15,6	69,8	28
145-150	13,8	11,0	74,2	26

Der Sand-Anteil nimmt nach der Tiefe hin zu; dementsprechend wird die Wasserkapazität geringer.

Nachdem überraschend im Jahr 1966 die Melonen bei Saveh stark durch die Braunfleckigkeit geschädigt worden waren, wurde dort gleichfalls eine Bodenprobe entnommen und untersucht.

Tab. 13. Bodenprobe aus einem Melonenfeld bei Saveh.

Mischprobe aus 0-40 cm Tiefe, entnommen am 17.8.66

(Untersuchung im Boden-Institut, Teheran-Amirabad)

Elektr. Leitfähigkeit Eco. 10 ³	12,84 (entspricht etwa 0,27% Salz)
pH	7,8
E. S. P.	14
Wasserkapazität % S. P.	34
Na+ Milläquiv./L	3,30 (Na-Anteil=57%)
Mg++	0,94
Ca++	1,54
Summe Kationen	5,78
Cl-	2,55
SO ₄ ---	2,92
HCO ₃ -	0,25
Summe Anionen	5,72
ppm av. K	150
ppm av. P	2,0

Die Leitfähigkeit (Salzgehalt) liegt mit 12,84 hoch. Der Boden ist danach unter die Salzböden zu rechnen, auf denen nur salztolerante Pflanzen gebaut werden können. Der pH-Wert, E. S. P. und die Zusammensetzung der Bodensalze zeigt nichts Außergewöhnliches. Der Nährstoffgehalt des Bodens in Saveh ist niedrig.

20) Wasseruntersuchungen (1963,1966):

Für die Bewässerung der Parzellen im Februar 1963 wurde ein Gemisch von Fluß - und Brunnenwasser verwendet. Die Leitfähigkeit zweier Wasserproben betrug 925 bzw. 950 micromhos/cm. Das entspricht im Klassifizierungs-Schema des «US-Salinity-Laboratoriums» (4) der Wasser-Gruppe C3 mit hohem Salzgehalt, die nur bei guter Drainierung und für salztolerante Pflanzen zur Bewässerung geeignet ist.

Im Jahr 1966 wurden aus den Flüssen bei Garmsar und Eyvankey und aus zwei Tiefbrunnen bei Eyvankey monatlich Wasserproben entnommen. Das Untersuchungsergebnis für die Proben aus dem Garmsar-Fluß und einem der Tiefbrunnen ist in Abb. 12 wiedergegeben. Der Eyvankey-Fluß führte nur während dreier Monate im Jahr Wasser. Die Untersuchungen über den Salzgehalt aus dieser Zeit liegen etwa im gleichen Bereich wie beim Garmsar-Fluß.

Das Flußwasser hat im Herbst und Frühjahr, während der Regenzeit, den niedrigsten Salzgehalt (Leitfähigkeit etwa 1200 micromhos/cm).

Im Sommer während der Trockenzeit steigt der Salzgehalt fast auf das Doppelte an (Leitfähigkeit etwa 2200 micromhos/cm). Die Leitfähigkeit liegt in einem Bereich, der das Wasser nur noch in Ausnahmefällen als zur Bewässerung geeignet erscheinen läßt. Noch höher ist die Leitfähigkeit bei dem Tiefbrunnenwasser und zwar hier besonders hoch im Frühjahr (etwa 2750 micromhos/cm). Während des ganzen Jahres liegt die Leitfähigkeit des Tiefbrunnenwassers damit über der oberen noch für Bewässerungszwecke zulässigen Grenze von 2250 micromhos/cm (siehe 4, S. 79).

Der S.A.R.-Wert ist ein Maß für die Alkalität des Wassers. Er errechnet sich nach

$$\text{S.A.R.} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}}$$

Dieser Wert ist beim Flußwasser besonders im Sommer hoch und verschlechtert zu dieser Zeit noch zusätzlich die Eignung für Bewässerungszwecke. Das Flußwasser ist im Winter als C3S1 bis C3S2 einzugruppieren; im Sommer als C3S2 bis C3S3. Das Tiefbrunnenwasser gehört im ganzen Verlauf des Jahres zur Klasse C4S2 (siehe 4, S. 80). Bei der Zusammensetzung der Salze (Abb. 12, unterer Teil) fällt auf, daß im Flußwasser die Chloride, im Tiefbrunnenwasser hingegen die Sulfate überwiegen. Beim Flußwasser nimmt im Sommer der Gehalt an NaCl stark zu. Der Prozentgehalt an Na⁺, der sonst bei 50-60% liegt, steigt dadurch bis auf 78% an. Der pH-Wert (in der Abb. 12

nicht eingetragen) liegt für das Fluß- und Brunnenwasser zwischen 7,4 und 8,8.

VI. Diskussion der möglichen Krankheitsursachen

1) Parasitäre Faktoren

a. I n s e k t e n : In den Jahren mit starkem Auftreten der Eyvankey-Krankheit wurde kein außergewöhnlich starkes Auftreten von Insekten beobachtet, das als Ursache der Erkrankung in Frage käme. Da unsere Versuche mehrfach während der Vegetationsperiode mit Insektiziden gegen die Melonenfliege und Milbenbefall gespritzt wurden, sollte man annehmen, daß bei Insekten als Schadursache der Befall in unseren Feldern geringer als in den ungespritzten Bauernfeldern gewesen wäre. Das war jedoch nicht der Fall. Die Krankheitssymptome (langames Absterben der ganzen Pflanzen, Braunfleckigkeit im Innern der Früchte) sind außerdem nicht für Insektenschäden typisch. Insekten als primäre Ursache der Erkrankung scheiden daher aus.

b. N e m a t o d e n : Die Melonen in Eyvankey weisen keinen stärkeren Befall durch Wurzelgallennematoden (*Meloidogyne* sp.) auf. Bodenuntersuchungen auf freilebende Nematoden wurden zwar nicht durchgeführt. Doch wurden keinerlei Nekrosen an den Melonenwurzeln beobachtet, die auf freilebende Nematoden als Krankheitsursache schließen ließen. Es ist danach sehr unwahrscheinlich, daß Nematoden die Krankheitsursache sein könnten.

c. V i r e n : Feldbeobachtungen in Eyvankey zeigten, daß dort teilweise das Gurkenmosaik häufig ist. Mit der Braunfleckigkeit hat es aber offensichtlich nach den ganzen Symptomen und der Art des Auftretens nichts zu tun. Auch die Einsendung kranker Pflanzen nach Braunschweig (siehe V,4) ergab dort keinerlei Hinweis auf saftübertragbare Virose.

Es ist aber vorerst nicht mit Sicherheit auszuschließen, daß es sich bei der Eyvankey-Krankheit nicht um ein neues, nicht saftübertragbares Virus handeln könnte, das durch sehr bewegliche Insekten (z.B. Zikaden, ähnlich dem Stolbur-Virus der Kartoffel) übertragen wird. In diesem Fall würde sich der Einfluß der Wintertemperaturen (siehe V,5) auf die Krankheit als Beeinflussung der Überwinterung des Überträgers erklären lassen. Diese Möglichkeit müßte in Zukunft bei der weiteren Bearbeitung der Braunflecken-Krankheit mit im Auge behalten werden.

d. B a k t e r i e n : Es liegen bisher keine Anhaltspunkte dafür vor, daß Bakterien die Krankheitsursache sein könnten (siehe V,1). Auch die Symptome (langames Absterben ohne Stengelsymptome) sprechen nicht für Bakterienbefall.

e. P i l z e : **Manoutschehri** (2) nimmt an, daß die Eyvankey-Krankheit durch Pilze wie *Fusarium* sp. oder *Macrophomina* sp. hervorgerufen wird. Nach **Petiet** (3) konnte aus kranken Pflanzen, die zur Untersuchung nach Holland geschickt wurden, eine *Phytophthora* sp. isoliert werden, die Ursache einer Stengelfäule und damit der Eyvankey-Krankheit sein soll. Hierzu ist folgendes zu sagen.

Von **Manoutschehri** wurde bisher nicht nachgewiesen, daß die von kranken Melonen isolierten *Fusarium* sp. oder *Macrophomina* sp. an Melonenpflanzen die Symptome der Eyvankey-Krankheit hervorrufen oder überhaupt für Melonen pathogen sind. Da *Fusarium* und *Macrophomina* in Iran im Boden weit verbreitet sind, ist ihre Isolierung von Melonenwurzeln noch kein Beweis, daß sie damit auch die Ursache einer Erkrankung sind.

Bei der von **Petiet** erwähnten *Phytophthora*-Isolierung handelt es sich offensichtlich bei den eingesandten Pflanzen nicht um die Braunfleckenkrankheit sondern um die *Phytophthora*-Stengel-Fäule (siehe II).

Aus solchen Pflanzen wurde auch von **Ehrschad** *Phytophthora* isoliert. Bei Pathogenitätsprüfungen im Gewächshaus oder im Feld ruft sie aber ganz andere Symptome hervor (Stengelgrund – oder Wurzelfäulen, plötzliches Absterben, keine Braunfleckigkeit der Früchte). **Petiet** hebt ausdrücklich das Auftreten einer Stengelfäule hervor, die von uns bei der Eyvankey-Krankheit niemals beobachtet wurde.

Unsere eigenen Isolierungsversuche und Pathogenitätsprüfungen erbrachten bisher in keinem Fall einen Beweis dafür, daß die Braunflecken-Krankheit durch Pilze hervorgerufen wird (siehe V,1). Das ist allerdings nicht als endgültiger Beweis zu werten, daß Pilze nicht die Krankheitsursache sein könnten, denn Pathogenitätsprüfungen sind oft von den Umweltbedingungen oder dem Alter der Pflanzen abhängig und so nicht in jedem Fall erfolgreich.

Von den übrigen Untersuchungen oder Beobachtungen sprechen die Ergebnisse der Beiz-oder Bodenbehandlungsversuche mit Fungiziden gegen samen-oder bodenübertragene Pilze als Krankheitsursache (siehe V,2 und 3). Der erhöhte Befall in Pflanzen, die aus Samen erkrankter Pflanzen erwachsen (siehe V,10), könnte hingegen für eine samenübertragbare Krankheit sprechen. In diesem Fall wäre aber nicht verständlich, wie die Krankheit nach dem Auftreten kalter Winter (die ja nicht auf die Samen einwirken) so plötzlich verschwinden kann.

Zusammenfassend sind wir der Ansicht, daß bisher kein Beweis für Pilze als Ursache der Braunfleckigkeit vorliegt.

2) Nichtparasitäre Faktoren

a. **Klimatische Faktoren**: Das Krankheitsauftreten wird durch den Witterungsverlauf des Winters beeinflusst (siehe V,5). Da die Melonen jedoch zu dieser Zeit noch nicht ausgesät sind, kann es sich nicht um einen direkten Einfluß der Klimafaktoren auf die Melonenpflanze handeln. Ebenso wenig ist anzunehmen, daß die sommerliche Hitze direkt die Melonenschäden hervorruft. Es müßte dann eine Beziehung zwischen dem Auftreten der Erkrankung und den Sommertemperaturen zu erkennen sein, was nicht der Fall ist. Klimatische Faktoren wie Winterkälte, sommerliche Hitze, Wind, Lufttrockenheit, Niederschlagsmenge oder andere könnten daher nach unserer Ansicht nur indirekt über die Beeinflussung oder Verstärkung anderer Faktoren auf den Verlauf der Erkrankung einwirken (siehe unten).

b. **B o d e n f a k t o r e n** : Obwohl der Phosphorsäure-Gehalt der Böden oft niedrig ist (siehe V,6 und 19), konnte durch Düngung das Krankheitsauftreten nicht verhindert oder herabgesetzt werden. Auch Spurenelementgaben waren nicht wirksam (siehe V,6). Wenn die Symptome der Braunfleckigkeit auch in manchem Mangel-Erscheinungen ähneln, so glauben wir danach doch nicht, daß sie durch Nährstoff- oder Spurenelement-Mangel hervorgerufen werden.

Bei der Frage, ob es sich um toxische Erscheinungen durch irgendwelche Bodenbestandteile handeln kann, wäre vor allem an eine Schädigung durch zu hohen Borgehalt zu denken. Es ist bekannt, daß zu hoher Borgehalt, wie er besonders auf Salzböden leicht auftritt, bei vielen Pflanzen schädigend wirken kann (.4). Es war leider bisher noch nicht möglich zur Klärung dieser Frage eine Boranalyse des Eyvankey-Bodens durchzuführen. Unsere Versuche im Gewächshaus (siehe V,17), bei denen Melonen unter Borzusatz zum Boden angezogen wurden, ergaben andersartige Symptome. Ein Beweis dafür, daß es sich um Borschädigungen handeln könnte konnte also nicht erbracht werden.

Es liegen viele Hinweise vor, daß der *Salzgehalt des Bodens* die Braunfleckigkeit verursachen oder zumindest an ihrem Auftreten beteiligt sein könnte. So gibt schon die Lage der beiden Hauptbefallsgebiete von Eyvankey und Garmsar unmittelbar neben der größten Salzlagerstätte Irans zu denken (siehe III und Abb .3). Nach den Bodenanalysen ist die Versalzung der Eyvankey-Böden hoch und nimmt anscheinend im Sommer durch Salzaufstieg aus dem Untergrund noch zu (siehe V,19). Auch für Saveh, wo oberflächlich keine Versalzung zu erkennen war, ergab die Bodenuntersuchung einen hohen Salzgehalt mit Leitfähigkeitswerten von 12, 84 (siehe Tab.13). Das Flußwasser in Garmsar und Eyvankey ist besonders im Sommer stark salzhaltig, und das Wasser der neu angelegten Tiefbrunnen hat einen höheren Salzgehalt als im allgemeinen für Bewässerungszwecke für zuträglich gehalten wird (siehe V,20). Auch das zur Bewässerung in Murtschehort (Isfahan) und Saveh verwendete Ghanat - oder Tiefbrunnen - Wasser zeigte eine verhältnismäßig hohe Leitfähigkeit zwischen 770 und 1380 micromhos. Das entspricht der Wasser-Klasse C3 ("high-salinity water"). Salzemfindliche Indikatorpflanzen wuchsen in Eyvankey nicht (siehe V,18), und auch die Bauern bauen dort nur Pflanzenarten mit einer gewissen Salztoleranz an (siehe III und IV). Durch Salzzugabe zum Boden (siehe V,15), Plastikabdeckung, wodurch die Wasserbewegung und Auswaschung des Bodens beeinflußt werden (siehe V,14), oder vermehrte Bewässerung (siehe V,13) konnte das Auftreten der Braunfleckigkeit beeinflußt werden.

Bei Gewächshausversuchen mit Salzzugabe (siehe V,16) wurden Blatt- und Blattstiel-Symptome sowie ein langsames Absterben beobachtet, was eine entfernte Ähnlichkeit mit den Symptomen von Eyvankey aufweist. Allerdings wurde dabei der entscheidende Beweis, das Hervorbringen der typischen Fruchtsymptome der Braunfleckigkeit, nicht erbracht. Auch aus der Literatur über die Wirkung der Bodenversalzung

auf die Pflanzen sind uns bisher keinerlei Angaben bekannt geworden, daß Salzschäden sich bei Melonen oder anderen Kulturpflanzen in derartigen Fruchtsymptomen äußern, wie sie bei der Braunflecken-Krankheit der Melonen zu beobachten sind.

Es ist danach unwahrscheinlich, daß die Bodenversalzung die alleinige Ursache für die Eyvankey-Krankheit sein kann. Es scheint uns aber möglich, daß durch das Zusammentreffen verschiedener physiologischer Faktoren die Melonenpflanze solchen Beanspruchungen ausgesetzt wird, daß es zum Zusammenbruch und zu den Symptomen der Braunflecken-Krankheit kommt. Diese Faktoren könnten sein:

A. Der *Salzaufstieg aus dem Untergrund* im Verlauf des Sommers. Während die Salzkonzentration im Frühjahr im Wurzelraum noch in erträglichen Grenzen liegt, ist im Sommer für die älteren Pflanzen mit Salzkonzentrationen zu rechnen, die das Wurzelsystem starken Beanspruchungen aussetzt (siehe Abb. 10). Die Auswaschung des Bodens durch die Winterbewässerung wird die Salzverteilung stark beeinflussen. Die Bewässerung hängt von der Menge des in den Flüssen verfügbaren Wassers ab. Die Winterkälte wiederum entscheidet darüber, ob in den angrenzenden Gebirgen, aus denen die Flüsse das Wasser erhalten, die Niederschläge als Regen fallen und schnell oberflächlich abfließen, oder ob sie als Schnee fallen, der langsam schmilzt und den Flüssen für längere Zeit Wassernachschub gibt.

B. Die in Garmsar und Eyvankey sehr *hohe Bodentemperatur* (siehe Abb. 5) kann im Sommer eine zusätzliche Belastung für das schon geschwächte Wurzelsystem bilden.

C. Durch hohe Lufttemperatur, große Lufttrockenheit und starke Winde ist im Sommer die *Verdunstung* in beiden Gebieten extrem hoch (siehe V, 5). Es ist vorstellbar, daß dies zusammen mit der Belastung durch die zunehmende Salzanhäufung und die Bodentemperaturen dann zum Zusammenbruch der Pflanzen führt.

D. Die *Anbauerhältnisse* (Bewässerungsmethode, Anbaufläche) der Melonen im Gebiet von Eyvankey und Garmsar (siehe III). In diesen Gebieten fehlte ursprünglich (d. h. vor der Anlage von Tiefbrunnen) im Sommer Wasser für Bewässerungszwecke fast vollständig. Nur im Winter stand Wasser aus den im Gebirge entspringenden Flüssen in mehr oder minder ausreichender Menge zur Verfügung.

Bei der typischen "Eyvankey" -Anbau-Methode werden daher die für Melonen vorgesehenen Felder eine bis mehrere Wochen lang (je nach verfügbarer Wassermenge) im Winter mit dem Flußwasser bewässert. Das bewirkte neben der Befeuchtung des Bodens-ohne, daß den Bauern dies bewußt wurde-auch eine gute Drainage bzw. Einwaschung des Salzes in tiefere Bodenschichten. Nachdem die Bauern sahen, daß mit dieser Methode in diesen sonst weniger ertragreichen Gebieten eine Melonenernte von hohem Flächenwert zu erzielen war, wurde der Melonenanbau von Jahr zu Jahr mehr ausgeweitet, ohne daß mehr Flußwasser zur Winterbewässerung zur Verfügung stand. Die Bewässerungszeit bzw. Wassermenge je Flächeneinheit wurde daher stetig herabgesetzt; die Salzaus-

waschung und Drainage dadurch verschlechtert. Beim Zusammentreffen mit den anderen unter A bis C genannten Faktoren könnte das zu einer von Jahr zu Jahr zunehmenden Verschlechterung der Böden und Erkrankung der Melonen führen. Nachdem der Melonenanbau so etwa 1941 und wieder 1963 wegen Unrentabilität fast eingestellt werden mußte, wurden dann nach einigen Jahren beim Neubeginn zuerst immer nur auf begrenzten Flächen Melonen kultiviert, für die genügend Flußwasser (bzw. relativ salzfreies Wasser) zur Verfügung stand, um den Boden durch Winterauswaschung in einem guten Zustand zu erhalten.

Diese Ansicht ist vorerst in manchem hypothetisch. Sie könnte aber doch als Arbeitshypothese für die zukünftige Versuchsplanung dienen. Es darf dabei allerdings nicht verkannt werden, daß es außerordentlich schwierig sein dürfte, experimentell Bedingungen zu schaffen, die etwa den komplexen Verhältnissen des Eyvankey - oder Garmsar-Gebietes entsprechen.

Als *vorbeugende Maßnahme* gegen die "Eyvankey - Krankheit" der Melonen wäre danach vor allem zu empfehlen, die Felder während des Winters ausreichend lange (etwa drei Wochen) mit Wasser geringen Salzgehaltes zu bewässern und damit zu drainieren. Die Anbaufläche darf nur soweit ausgeweitet werden, wie es die im Winter verfügbare Wassermenge zuläßt.

VII. Literatur

1. **Dewan, M.I. & Famouri, J.:** The soils of Iran. Rome, 1964.
2. **Manoutschehri, A.:** A brief report of disease of Eyvankey. 1962, Tehran (nicht veröffentlicht).
3. **Petiet, J.:** Improvement of vegetable production. (Report to the government of Iran, FAO-Report, No. 1964, 1965)
4. **Richards, L. A.** (Editor): Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Departm. Agric., Agric. Handbook No. 60, 1954.