

## Ermittlung der Salztoleranz in vitro bei Wildarten und Kultursorten der Kartoffel

NESET ARSLAN, GUNDA MIX und NASIR EL BASSAM

Ziraat Fakültesi, Tarla Bitüki Bolümü, Ankara, Türkei  
und

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – FAL

### Einleitung

In ariden und semiariden Gebieten wird das Wachstum der Kulturpflanzen oft durch die Bodenversalzung beeinträchtigt. Die Salze gelangen in die Wurzelzone im wesentlichen durch das Bewässerungswasser und durch den kapillaren Aufstieg aus dem salzhaltigen Grundwasser. Die Salze beeinflussen das Pflanzenwachstum direkt, d. h. durch die Erhöhung des osmotischen Drucks, und indirekt, d. h. durch den Mangel an verfügbarem Wasser.

Weltweit sind etwa 1000 Mill. Hektar Kulturland von der Bodenversalzung mehr oder weniger betroffen, in der Türkei 2 Mill. Das Symptom Versalzung zeigt sich zunächst durch Ertragsrückgang und im fortgeschrittenen Stadium mündet es in totalen Ertragsausfall.

Zur Nutzung dieser Böden kommt es heute darauf an, optimale Kulturbedingungen zu schaffen, die den jeweiligen ausgewählten Sorten angepaßt sein müssen. Dies ist allerdings nicht immer möglich und mit erheblichem technischen Aufwand verbunden. Man kann aber in der Züchtung auch umgekehrt den Weg gehen, an die Gegebenheiten der Umwelt bestmöglich adaptierte Genotypen zu entwickeln, deren Identifizierung aber geeignete Selektions- und Screeningmethoden erfordert.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit dem Versuch, die Gewebekulturtechnik zur Erfassung der Salzverträglichkeit einiger Kartoffelgenotypen zu prüfen. In der Türkei steht die Kartoffel im Anbau nach Weizen, Zuckerrübe und Gerste an 4. Stelle. Sie wird sowohl als Grundnahrungsmittel als auch als Gemüsebeilage verwendet. Die Kartoffel gilt als salzempfindliche Pflanze, die schon bei einem Versalzungsgrad von 1,7 mmhos/cm höhere Ertragsminderung zeigt.

### Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit folgenden Wildarten und Kultursorten durchgeführt, die im laufenden Text der Kürze halber als Versuchspflanzen bezeichnet werden.

Versuchspflanzen Nr.	Herkunftsland	
1. Solanum chacoense	Argentinien	Genzentrum
2. Solanum phureja	Kolumbien	
3. Solanum sparsipilum	Bolivien	
4. Solanum tuberosum „Hansa“	Bundesrepublik Deutschland	Züchter
5. Solanum tuberosum „Frühbote“	Bundesrepublik Deutschland	

Die oben genannten Wildarten und Sorten wurden in Aussaatkisten ausgesät. Nach 8 Wochen konnten die Sprosse der Pflanzen abgeschnitten und in nodale Segmente zerschnitten werden. Nachdem die nodalen Segmente in einer 3%igen Calciumhypochloridlösung für 10 min. oberflächlich sterilisiert worden waren, konnten sie auf einen Nährboden, der nur der Vermehrung des Pflanzenmaterials diente, aufgelegt werden.

Der Nährboden enthielt die Murashige und Skoog (1962)-Salze, 0,4 mg/l Thiamin HCl, 1 mg/l Gibberellinsäure, 20 g/l Saccharose und 6 g/l Agar. Der Zusatz von 1 ml/l B9 zum Vermehrungsnährboden diente zur Entwicklung kräftiger, kompakterer Pflanzen (Mix 1981). Nach 8wöchiger Kultur wurden die in vitro vermehrten Pflanzen in nodale Segmente zerschnitten und auf Nährböden mit unterschiedlichen Salzzusammensetzungen und Konzentrationen (Tabelle 1) gebracht. In diesem Versuch wurden NaCl und MgCl<sub>2</sub> im Verhältnis 70 : 30 % verwendet, da die meisten Salzböden eine Anzahl von Salzen, vor allem Chloride des Natriums und Magnesiums enthalten. Der Grundnährboden entsprach dem Vermehrungsnährboden ohne B9.

Tabelle 1: Zusammensetzung und Konzentration der den Nährböden zugeführten Salze zur Ermittlung der Salztoleranz (nach El Bassam, 1967)

zugesetzte Salze	Konzentrationsstufen (mmhos/cm)			
	0 (Kontrolle)	4	8	16
NaCl	–	1,64	3,27	6,60
MgCl × 6H <sub>2</sub> O	–	0,57	1,14	2,35

Die Einstellung des pH-Wertes aller Nährböden auf 5,8 erfolgte nach der Zugabe der verschiedenen Konzentrationen von NaCl und MgCl × 6H<sub>2</sub>O. Danach wurden Saccharose und Agar der Nährlösung beigemischt. Nach dem Abfüllen der Nährböden in die Kulturgefäße (50 ml pro Kulturgefäß) erfolgt das Autoklavieren bei 1,1 bar/120°C 15 min. An einer Laminar Flow Bank wurden 7 nodale Segmente je Variante in ein Kulturgefäß gelegt. Die angesetzten Kulturen wurden bei 20–22°C und einer Tageslänge von 16 h bei 4000 lux für 6 Wochen kultiviert.

Die verschiedenen Behandlungen (Tabelle 1) wurden mit 4 Wiederholungen durchgeführt, d. h. von einer Versuchspflanze wurden 16 Kulturgefäße à 7 Nodien angesetzt. Nach der 6wöchigen Kulturdauer wurden folgende Merkmale bestimmt:

1. Zahl der sproßbildenden Nodien
2. Zahl der wurzelbildenden Nodien
3. Längenwachstum der Sprosse
4. Anzahl der Sprosse pro Nodium
5. Anzahl der Blätter
6. Wurzelanzahl und Wurzellänge
7. Oberirdische Grünmasse (Frischgewicht)
8. Besondere Beobachtungen: a) Anzahl der Stolonen  
b) Verfärbung der Pflanzen  
c) Blattgröße.

### Ergebnisse

1. Zahl der sproßbildenden Nodien

Alle Nodien in den Behandlungen haben nicht immer Sprosse gebildet. Bei 8 mmhos/cm bestand noch kaum ein Unterschied zwischen den Wildarten und Kultursorten in

der Sproßbildung. Die Sproßbildung war bei den 3 Wildarten und der Sorte „Hansa“ um etwa 8–11 % reduziert. Alle Nodien der Sorte „Frühbote“ hatten Sprosse gebildet.

Bei 16 mmhos/cm bildeten 0,4 % der Nodien der Sorte „Frühbote“ und *S. sparsipilum* keine Sprosse, wogegen bei der Sorte „Hansa“ schon 50 % aller Nodien keine Sprosse mehr gebildet hatten. Als nächste Gruppe sind *S. phureja* und *S. chacoense* zu nennen, die ihr Sproßwachstum um etwa 15–20 % eingestellt hatten.

## 2. Zahl der wurzelbildenden Nodien

Die zwei Kultursorten bildeten bei 4 mmhos/cm noch ausreichend Wurzeln an allen Nodien. Bei den drei Wildarten wurde nur eine ganz leichte Reduktion in der Bewurzelung der Nodien beobachtet (0,5–0,8 %). Bei 8 mmhos/cm zeigten die Sorte „Frühbote“ und *S. chacoense* an allen Nodien ein Wurzelwachstum, wogegen bei „Hansa“, *S. phureja* und *S. sparsipilum* das Wurzelwachstum an den Nodien schon um 45 % reduziert war. 16 mmhos/cm schränkte bei „Hansa“ und *S. phureja* das Wurzelwachstum an Nodien schon auf 20 % ein. Die *S. sparsipilum* Nodien zeigten noch an 50 % eine Wurzelbildung. Die Sorte „Frühbote“ und auch *S. chacoense* zeigten nur bei 10 % bzw. 24 % keine Wurzelbildung an den aufgelegten Nodien. Beim Vergleich der Ergebnisse „Zahl der sproßbildenden Nodien“ und „Zahl der wurzelbildenden Nodien“ stellt sich ganz deutlich heraus, daß die Wirkung der Salzkonzentrationen auf die Wurzelbildung größer als auf die Sproßbildung war, wie es bei „Hansa“, *S. phureja* und *S. sparsipilum* gut zu beobachten war. „Frühbote“ und *S. chacoense* zeigten sowohl beim Sproß- als auch beim Wurzelwachstum eine gleiche, jedoch geringe Beeinflussung.

## 3. Längenwachstum der Sprosse

Alle Versuchspflanzen zeigten zwar in unterschiedlicher Intensität (*S. chacoense* 11,8 cm; *S. phureja* 7,0 cm) bei 0 mmhos/cm das größte Längenwachstum ihrer Sprosse. Mit steigender Salzkonzentration verringerte sich jedoch das Längenwachstum. Die Reduzierung des Längenwachstums war bei der Sorte „Hansa“ am stärksten, wogegen die Sorte „Frühbote“ am wenigsten in ihrem Wachstum bei 16 mmhos/cm beeinträchtigt wurde.

Setzt man das Längenwachstum bei „Hansa“ bei 0 mmhos/cm gleich 100 %, sank es bei 4 mmhos/cm auf 30 %, bei 8 mmhos/cm auf 19,2 % und bei 16 mmhos/cm auf 8,2 % (Tabelle 2).

Bei „Frühbote“ ergaben sich in der gleichen Reihenfolge folgende Prozentsätze: 74,5 %, 56,6 % und 24,3 %.

## 4. Anzahl der Sprosse

Aus Tabelle 3 geht deutlich hervor, daß *S. chacoense* als einzige Versuchspflanze bei 4 mmhos/cm eine starke Hemmung der sich bildenden Sprosse aufzeigt.

Die als doch empfindlich eingestuften Versuchspflanzen „Hansa“, *S. phureja* und *S. chacoense* zeigten bei der Behandlung mit 16 mmhos/cm ein kaum reduziertes Sproßwachstum. Der Grund dafür liegt wohl darin, daß besonders bei dieser Behandlungsvariante der Vegetationspunkt der Pflänzchen schnell abgestorben war und folglich verstärkt die Ausbildung von Seitentrieben (ein verstärkter Seitenaustrieb) eingesetzt hat.

Beim Vergleich der absoluten Werte in den einzelnen Behandlungen bei „Frühbote“ sieht man deutlich, daß diese Sorte die meisten Sprosse (3) bei 0 mmhos/cm gebildet hat, sich aber auch bei 16 mmhos/cm noch 2 Sprosse je Nodium entwickeln konnten.

## 5. Anzahl der Blätter

Die Blattanzahl pro Pflanze war zwischen den Behandlungen und den Versuchspflanzen sehr unterschiedlich. Alle Versuchspflanzen zeigten zwar bei unterschiedlicher Zahl (*S. sparsipilum* 10; *S. phureja* 14 Blätter) bei 0 mmhos/cm die höchste Anzahl gebildeter Blätter (Tabelle 4). Ebenfalls zeigten alle Versuchspflanzen bei der Behandlung 16 mmhos/cm die geringste Anzahl gebildeter Blätter. Die Sorte „Hansa“ zeigte die stärkste Einbuße (60 %) bei der Blattbildung, wogegen die Sorte „Frühbote“ und *S. phureja* noch etwa 70 % ihrer Blätter bei 16 mmhos/cm verglichen mit der 0-Variante ausbilden konnten. Die restlichen zwei Wildarten zeigten nur eine reduzierte Blattausbildung um 35 %.

## 6. Wurzellänge und -anzahl

Tabelle 5 macht sehr deutlich, daß die Sorte „Hansa“ das längste Wurzelwachstum auf dem Kontrollnährboden (0 mmhos/cm) zeigt. Bei 16 mmhos/cm verkürzte diese Sorte das Längenwachstum der Wurzeln auf 0,9 %; dann folgte *S. phureja* mit noch 2,3 % der Wurzellänge. Die beiden Wildarten *S. chacoense* und *S. sparsipilum* lagen noch

Tabelle 2: Absolute und relative Werte „Längenwachstum der Sprosse“

Salzkonz. mmhos/cm	<i>S. chacoense</i>		<i>S. phureja</i>		<i>S. sparsipilum</i>		„Hansa“		„Frühbote“		x	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
0	11,813	100	7,090	100	7,778	100	9,858	100	9,245	100	9,157	100
4	4,595	38,9	4,335	61,4	4,385	56,4	2,988	30,3	6,925	74,9	4,464	50,7
8	3,313	28,0	2,485	35,0	4,553	58,5	1,890	19,2	5,513	59,6	3,551	28,8
16	1,963	16,6	1,500	21,2	1,355	17,4	0,813	8,2	2,250	24,3	1,636	17,9

Tabelle 3: Absolute und relative Werte „Anzahl der Sprosse“

Salzkonz. mmhos/cm	<i>S. chacoense</i>		<i>S. phureja</i>		<i>S. sparsipilum</i>		„Hansa“		„Frühbote“		x	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
0	1,743	100	2,258	100	1,153	100	1,073	100	3,570	100	1,611	100
4	0,125	7,2	1,090	48,3	0,465	40,3	2,688	250,5	2,395	67,1	1,353	84,0
8	0,673	38,6	1,548	68,6	0,465	40,3	2,225	207,4	2,070	58,0	1,396	86,7
16	1,740	99,8	2,243	99,3	0,50	43,4	0,058	89,3	2,000	56,0	1,48	92,4

bei 24,2% bzw. 32,5% Wurzellänge nach der höchsten Salzkonzentrationsbehandlung. Die Sorte „Frühbote“ war mit weitem Abstand die Versuchspflanze, die das beste Längenwachstum der Wurzel (60%) noch bei 16 mmhos/cm zeigen konnte.

Die Wurzelanzahl pro Pflanze hatte sich bei allen 5 Versuchspflanzen mit Zunahme der Salzkonzentration verringert. Diese Abnahme aber hing wieder sehr stark von den einzelnen Versuchspflanzen ab. Die Sorte „Hansa“ und S. phureja zeigten die größten Unterschiede zwischen 0 mmhos/cm (10 bzw. 3 Wurzeln) und 16 mmhos/cm (1 bzw. 0,5 Wurzeln). Die Sorte „Frühbote“ und S. sparsipilum konnten bei allen Salzkonzentrationen eine ähnliche Wurzelanzahl (8 bzw. 4 Wurzeln) beibehalten. Betrachtet man alle Daten, die die Wurzeln betreffen, so kommt man zu dem Schluß, daß „Frühbote“ und S. sparsipilum auch die höchsten Salzkonzentrationen mit geringster Einschränkung in ihrem Wachstum überstehen. Die Sorte „Hansa“ und S. phureja müßten nach diesen Ergebnissen als sehr salzempfindlich eingestuft werden.

#### 7. Oberirdische Grünmasse (Frischgewicht)

Die Salzkonzentrationen hatten einen starken Einfluß auf das Frischgewicht der oberirdischen Teile der Versuchspflanzen. Das Frischgewicht der oberirdischen Teile war bei der Sorte „Frühbote“ erst bei 16 mmhos/cm auf 62% abgesunken, wogegen die Sorte „Hansa“ nur mehr 9% des Frischgewichtes, bezogen auf die Kontrolle (100%), aufweisen konnte. Bei den drei Wildarten zeigte S. sparsipilum bei 8 mmhos/cm noch 73% des Frischgewichtes, das aber bei der höchsten Salzkonzentration auf 37% absank. S. phureja reagierte schon bei 8 mmhos/cm mit einer Abnahme um 54%, S. sparsipilum mit 27%; doch bei 16 mmhos/cm war S. phureja mit einer Abnahme von nur 56% S. sparsipilum etwas überlegen (63%).

S. chacoense zeigte schon bei 4 mmhos/cm, ähnlich wie die Sorte „Hansa“, eine Abnahme des Frischgewichtes um 60%. Bei 16 mmhos/cm konnten nur mehr 23% eines möglichen Frischgewichtes (100% Kontrolle) gebildet werden.

Auch hier, bezogen auf das Frischgewicht, kann die Sorte „Frühbote“ als sehr salztolerant im Vergleich zu der Sorte „Hansa“ eingestuft werden. Die drei Wildarten nehmen hier, wie bei den anderen Merkmalen, eine Mittelstellung ein.

#### 8. Besondere Beobachtungen

##### a) Stolonen

Die Sorte „Frühbote“ bildete auf allen und S. sparsipilum auf keiner der Salzkonzentrationen Stolonen. Die anderen drei Versuchspflanzen entwickelten auf den verschiedenen Salzvarianten unterschiedlich viele (1–4) Stolonen. Diese Beobachtung konnte nicht direkt mit den Salzvarianten und den Versuchspflanzen in Verbindung gebracht werden. Für die Sorte „Frühbote“ läßt sich vielleicht daraus entnehmen, daß sie auch unter Salzstreß noch zur Stolonen- und damit zur Knollenbildung befähigt wäre.

##### b) Verfärbung der Blätter und Stengel

Die steigenden Salzkonzentrationen hatten einen gewissen Einfluß auf die Verfärbung der Blätter und Stengel. Mit Zunahme der Salzkonzentration konnte eine violett Verfärbung der Stengel beobachtet werden, was auf eine verstärkte Anreicherung von Anthocyan wie bei induziertem Phosphormangel hindeutet. Die Blätter zeigten mit zunehmendem Salzgehalt im Nährboden eine Aufhellung der grünen Blätter, wobei hier Wildarten und Kultursorten gleich reagierten.

##### c) Blattgröße

Die Salzkonzentrationen hatten einen Einfluß auf die Blattgröße. Mit Zunahme der Salzkonzentration verkleinerten sich, mit Ausnahme bei der Sorte „Frühbote“, die Blätter. Dieses war besonders deutlich bei „Hansa“ und S. phureja zu beobachten. Die Sorte „Frühbote“ bildete die Ausnahme, da ihre Blätter selbst durch die Behandlung mit 16 mmhos/cm kaum eine Veränderung in der Größe erfuhren.

Beim Ergebnisvergleich der bestimmten Merkmale läßt sich sehr deutlich der Unterschied der beiden Kultursorten aufzeichnen. Bei der Sorte „Frühbote“ muß es sich nach den erzielten Ergebnissen um eine mehr oder weniger salzverträgliche Sorte handeln, wobei die Sorte „Hansa“ als eine salzempfindliche Sorte eingestuft werden muß. Wenn die Ergebnisse betrachtet werden, nehmen die drei Wildarten eine Zwischenstellung ein, wobei S. phureja mehr zu einer salzempfindlichen und S. sparsipilum zu einer mehr unempfindlichen Wildart gezählt werden könnte.

Die Ergebnisse bei S. chacoense sind so unterschiedlich, daß hier eine Zuordnung nicht aus den erzielten Ergebnis-

Tabelle 4: Absolute und relative Werte „Anzahl der Blätter“

Salzkon. mmhos/cm	S. chacoense		S. phureja		S. sparsipilum		„Hansa“		„Frühbote“		x	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
0	13,813	100	14,365	100	10,553	100	12,690	100	13,465	100	13,953	100
4	11,190	81,0	10,050	70,0	11,285	106,9	7,038	55,5	12,930	96,0	10,499	75,2
8	9,073	65,7	10,273	71,5	9,518	90,2	6,015	47,3	11,963	88,8	9,368	67,1
16	8,428	61,0	10,035	69,9	6,833	64,7	5,043	39,7	9,563	71,0	7,981	57,2

Tabelle 5: Absolute und relative Werte „Wurzellänge“

Salzkon. mmhos/cm	S. chacoense		S. phureja		S. sparsipilum		„Hansa“		„Frühbote“		x	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
0	4,750	100	6,625	100	7,625	100	10,750	100	8,625	100	7,675	100
4	2,050	43,2	0,700	10,6	10,250	134,4	6,150	57,2	7,125	82,6	5,225	68,5
8	2,425	51,1	0,625	9,4	4,975	65,2	3,525	32,8	8,875	102,9	4,085	53,2
16	1,150	24,2	0,150	2,3	2,475	32,5	1,00	0,9	5,075	58,8	1,970	25,7

sen gezogen werden kann. Diese Testung auf Salzverträglichkeit verschiedener Wildarten und Kultursorten gibt jedoch den ersten Hinweis, daß mit Hilfe einer in vitro-Behandlung nach kurzer Zeit die Möglichkeit besteht, Pflanzenmaterial auf seine Salzverträglichkeit vielleicht einordnen zu können. Ob diese Ergebnisse der in vitro-Testung auf intakte Pflanzen übertragbar sind, sollen dazu durchgeführte Gefäßversuche, über die später berichtet wird, beantworten.

### Zusammenfassung

Zwei Kartoffelsorten (Hansa, Frühbote) und drei Wildarten (*S. chacoense*, *S. phureja*, *S. sparsipilum*) wurden auf ihre Salzverträglichkeit in vitro getestet. Nodale Segmente der 5 Versuchspflanzen wurden auf Nährböden aufgelegt, die vier verschiedenen Salzkonzentrationen enthielten. Nach 6wöchiger Kultur wurden die regenerierten Pflänzchen mit Hilfe von 9 ausgewählten Merkmalen ausgewertet.

Die Ergebnisse der in vitro-Testung konnten sehr deutlich zeigen, daß „Frühbote“ eine salzverträgliche und „Hansa“ eine sehr salzempfindliche Sorte sein muß. Die drei Wildarten nahmen eine Zwischenstellung ein, wobei *S. phureja* mehr den salzempfindlichen und *S. sparsipilum* mehr den salzverträglichen Wildarten zuzuordnen ist. Aus den Ergebnissen bei *S. chacoense* läßt sich keine Tendenz, ob empfindlich oder unempfindlich, feststellen.

### Salt tolerance Determination in vitro of wildspecies and varieties of potatoes

Salinity problems in crop production exist in arid and semi-arid regions of the world where rainfall is not sufficient and irrigation is necessary. Salt tolerant cultivars of potatoes could allow farmers to utilize saline soils for production. The investigations aimed at the identification of genotypes with tolerance to salinity.

Two varieties (Hansa and Frühbote) and three wildspecies of potatoes (*S. chacoense*, *S. phureja*, *S. sparsipilum*) have been tested by in vitro method. Nodal segments of five plants of each cultivar have been transferred on nutrient media with four different salt concentrations. The regenerated plants were evaluated after six weeks by means of nine characteristics.

The results of the in vitro testing indicated very clearly that the „Frühbote“ is a salt tolerant and „Hansa“ a salt susceptible variety.

The wild species showed an intermediat reaction. *S. sparsipilum* was more salt tolerant than *S. phureja*, *S. chacoense* showed no distinct tendency.

### Literatur

El Bassam, N.: Vegetationsversuche zur Wirkung verschiedener Salze und Salzkonzentrationen im Bewässerungswasser. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn (1967).

Handa, A.K.; Bressan, R.A.; Hasegawa, P.M.: Tolerance to water and salt stress in cultured cells. Proceedings Plant Tissue Culture, Japan (1982), S. 471–474.

Lin, M.C.; Yeh, H.S.: Selection of a NaCl tolerant line through stepwise salinized sugarcane cell cultures. Proceedings Plant Tissue Culture, Japan (1982), S. 477–478.

Mix, G.: Kartoffelsorten aus dem Reagenzglas – Bedingungen zur Langzeitlagerung. Der Kartoffelbau 7 (1981), S. 198–199.

Murashige, T.; Skoog, F.: A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum 15 (1962), S. 473–497.

Mass, E.V.: Crop tolerance. California Agriculture, 38 (1984), S. 20–22.

Shalhevet, J.; Hsiao, Th.C.: Salinity and drought. Irrig. Sci., 7 (1986), S. 249–264.

Verfasser: Arslan, Neset, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitüki Bölümü, Türkei; Mix, Gunda, Dr. agr.; El Bassam, Nasir, Dr. agr., Institut für Pflanzenbau und Pflanzzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Institutsleiter: Prof. Dr. agr. Manfred Dambroth.