

Biochemische Identifizierung von Topinamburknollen (*Helianthus tuberosus L.*)

KARL-HEINZ STANDKE und GERHARD RÜHL

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

1. Einleitung

Im Rahmen der Nutzbarmachung pflanzen genetischer Ressourcen werden zwecks biochemischer Charakterisierung auch elektrophoretische Techniken sowie in jüngerer Zeit RFLP eingesetzt. Die so erhaltenen genetischen Informationen sowie Hinweise auf Herkunftsgebiete und Verwandtschaftsverhältnisse der Genotypen bestimmter Kulturarten können wertvolle Hinweise für die Pflanzenzüchtung darstellen.

Bei Mais (Goodman und Stuber, 1980), Weizen (Kobrehel und Gautier, 1974), Hafer (Andersen, 1982), Reis (Inouye und Hagiwara, 1980) sowie z.B. Kartoffeln (Stegemann, 1977) konnte mittels elektrophoretischer Techniken bereits eine eindeutige Charakterisierung bestimmter Sorten und Genotypen bzw. Klone anhand von Protein- und Esterasespektren erzielt werden.

Die am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL befindliche Sammlung pflanzen genetischer Ressourcen beinhaltet auch ca. 100 Topinamburklone der Herkunftsländer Frankreich, UdSSR, Ungarn und Deutschland.

Die Topinamburknollenkollektion entstand überwiegend durch Zusendungen von Privatpersonen, Institutionen und Universitäten nach öffentlichen Sammelaufrufen des Institutes in Fachzeitschriften und Tageszeitungen. Dieser Aspekt läßt eine eingehende Untersuchung des Materials auf Herkunftsland, mögliche Duplikate etc. dringend erforderlich erscheinen.

Aus diesem Grunde werden die eingesandten Muster seit 1981 in Kleinparzellen angebaut und eine phänotypische und ertragsphysiologische Charakterisierung durchgeführt. Dadurch konnte jedoch nur eine relativ begrenzte Anzahl von Klonen als eindeutig verschiedenartig klassifiziert werden, so daß ein Hinzuziehen biochemischer Parameter wünschenswert schien.

In dieser Arbeit werden erste Ergebnisse polyacrylamidgel-elektrophoretischer Verfahren zur Charakterisierung von Topinamburklonen an 36 ausgewählten Klonen der Sammlung vorgestellt.

2. Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial und Probenvorbereitung

Knollen der zu untersuchenden Topinamburklone wurden sofort nach der Abreife eingefroren (-20 °C). Die Herstellung der Knollenpreßsäfte sowie deren Aufbewahrung erfolgte nach Stegemann (1988).

2.2 Polyacrylamidgelelektrophorese

Zum Einsatz kamen Elektrophoresekammern der Fa. Labor-Müller (POOMA-PHOR, Laufstrecke 15 cm) und der Fa. Bio-

metra (Multigel, Laufstrecke 7 cm). Die POOMA-PHOR-Apparatur erwies sich für die Poro-PAGE aufgrund der größeren applizierbaren Probenmenge als vorteilhaft. Zur Stromversorgung wurde das ECPS 3000/150 der Fa. Pharmacia herangezogen. Die Herstellung der Gele sowie die Färbe- und Entfärbetechniken entsprachen den Angaben in Stegemann (1988). Die Trennung erfolgte über Nacht unter Verwendung von Amidoschwarz als Frontmarker bei einer Spannung von 300 bzw. 450 V. Die aufgetragene Probenmenge betrug bei Porositätsgradientengelen 35-70 µl, bei Disc- und SDS-Gelen 10-20 µl. Nur diesen letzteren Proben wurde zur Dichtesteigerung 60 %ige Saccharoselösung hinzugefügt.

2.3 Auswertung der Gele

Trotz der Methodenoptimierung enthalten die Protein- sowie Esterasespektren große Bereiche ohne verwertbaren Informationsgehalt für eine Klon - Charakterisierung (s. Abb. 1). Aus diesem Grunde erfolgte eine willkürliche Einteilung der gesamten Spektren in Bereiche mit bzw. ohne brauchbaren Informationsgehalt (vergl. Abb. 2).

2.3.1 Esterasespektren

Zur Auswertung wurde der Esterasen-Feinbandenbereich EST-F (s. Abb. 2) nach Auftrennung der Esterase-Isoenzyme in einem 10-20 %igen Porositätsgradientengel herangezogen. Da der Frontmarker bei Beendigung des Laufes das Gel bereits verlassen hat, wurde willkürlich 14 cm von der Auftragsstelle entfernt in Laufrichtung der Bezugspunkt zur Ermittlung der Rf-Werte festgelegt. Beurteilt wurde stets das Vorhandensein bzw. Fehlen der 17 maximal erscheinenden Feinbanden. Darüber hinaus mußte als weiteres Kriterium die Bandenintensität zu Hilfe genommen werden.

2.3.2 Proteinspektren

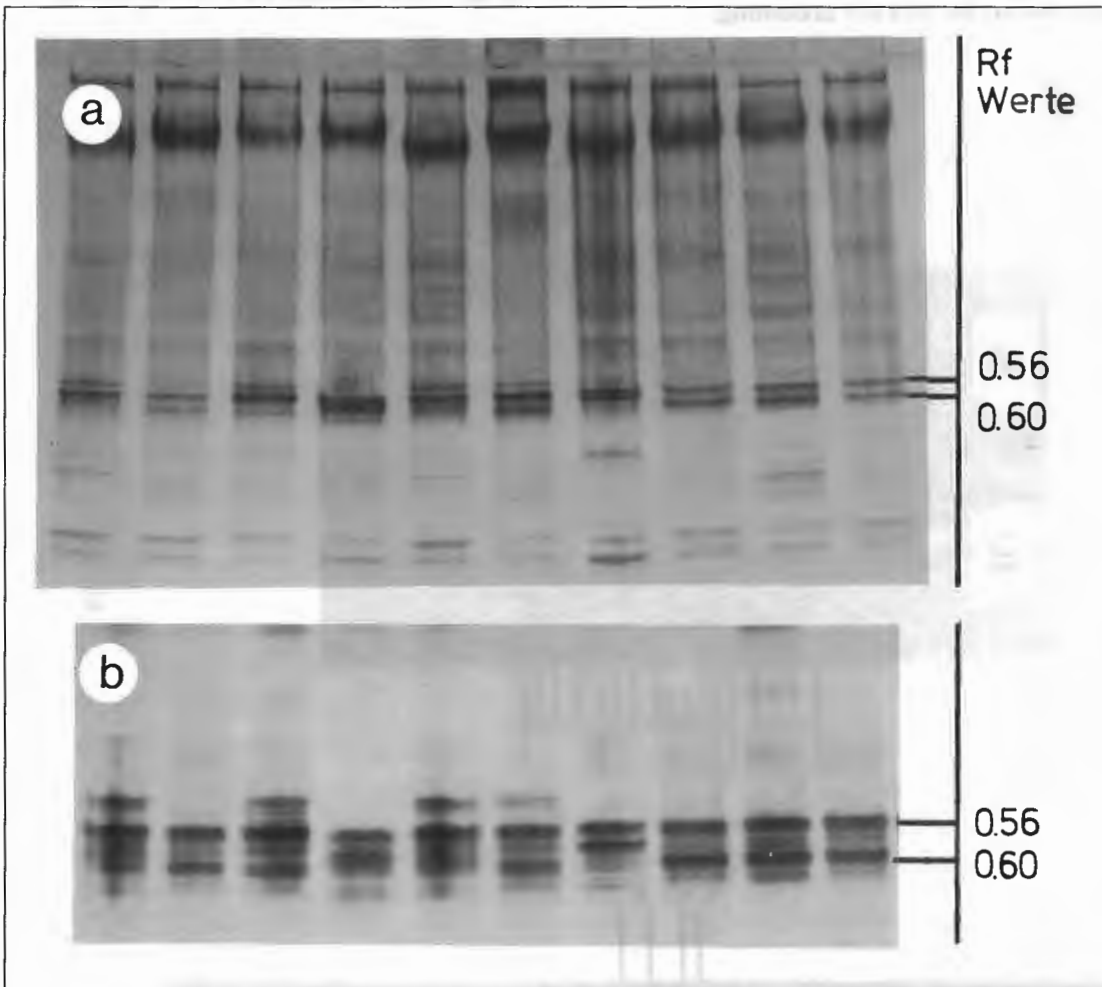
Im Falle der nativen Proteinspektren konnte bei der Auswertung mit echten Rf-Werten operiert werden. Einzig verwertetes Kriterium ist das Vorhandensein bzw. Fehlen von Banden in den informativen Bereichen des Spektrums.

3. Ergebnisse

3.1 Zeitpunkt der Knollenentnahme

Beim Vergleich der Protein- und Esterasebanden in Erde gelagerter Topinamburknollen mit den Spektren der Preßsäfte direkt nach der Abreife geernteter und sofort eingefrorener Knollen wurden deutliche Unterschiede sichtbar. Dazu wurden in drei verschiedenen Erntejahren die Knollen am gleichen Tag und elf Wochen nach der Ernte gelelektrophoretisch untersucht. Die Ergebnisse zeigten deutliche Unterschiede in den Protein- und Esterasespektren in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer (Spektren nicht dargestellt).

Abbildung 1: a) Protein- und Esterasespektren der Topinamburklone 11-20. Die Trennung erfolgte in 10-28 %igen Polyacrylamidporositätsgradienten-gelen bei einer Spannung von 450 V (16 h)



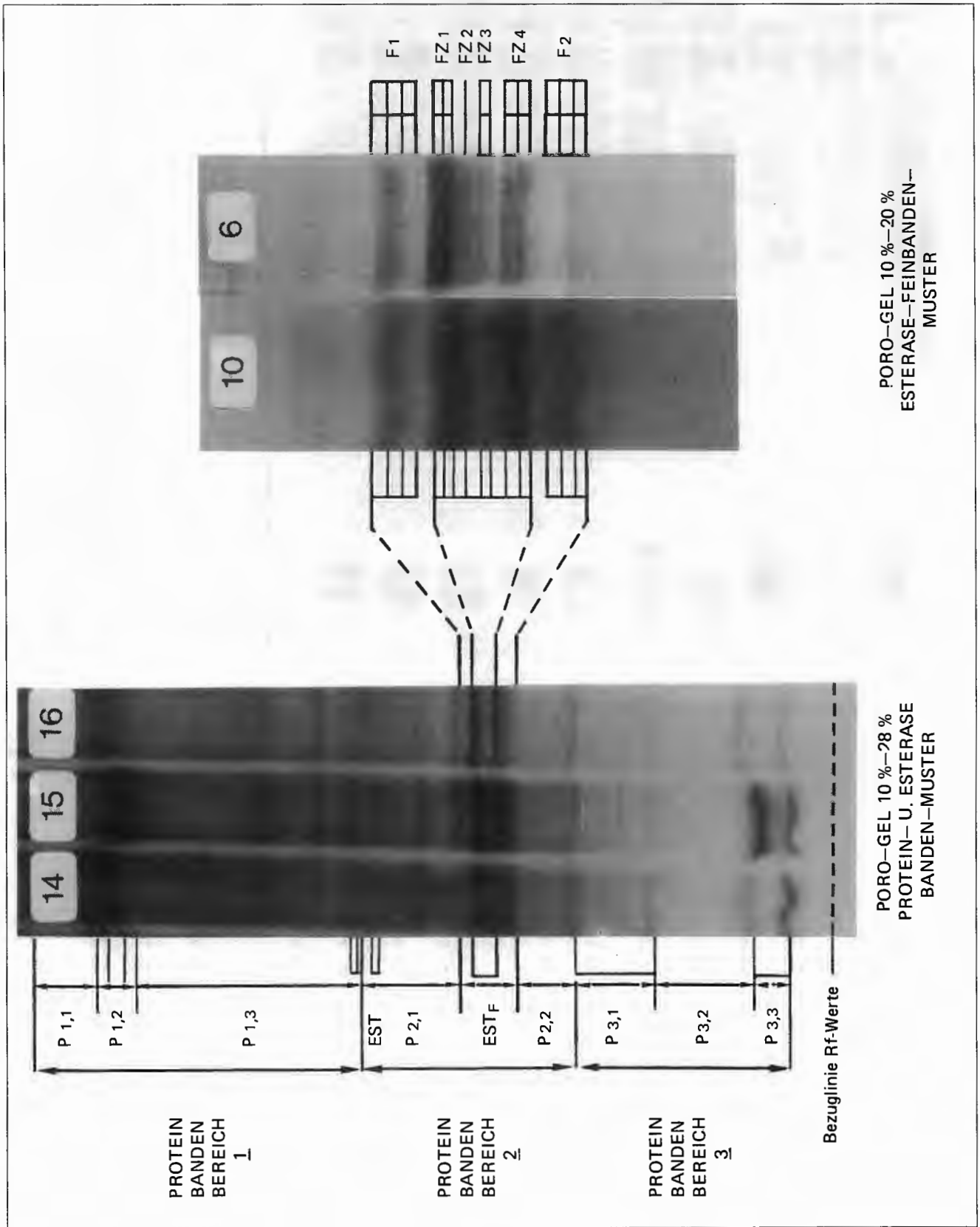
b) Esterase-Feinbandenmuster (EST-F) der Topinamburklone 11-20. Die Trennung fand in 10-20 % igen PA-Porositätsgradientengele bei einer Spannung von 300 V (15 h) statt.

Apparatur, Laufpuffer und Probenvorbereitung entsprach den Angaben von Stegmann (1988). Die Zuordnung der Laufspuren zu den Klonen 11-20 erfolgt in aufsteigender Folge von links nach rechts.

Tabelle 1: Esterase-Feinbandenmuster (EST-F) der untersuchten Topinamburklone 1 - 10. Die Bezifferung und Einteilung des Feinbandenbereiches wurde entsprechend der rechten Spalte in Abb. 2 vorgenommen. Die Auswertung umfasst das Fehlen (0) bzw. Vorhandensein (1-3) der 17 maximal auftretenden Esterase-Feinbanden sowie die Bandenintensität nach spezifischer Anfärbung (1 = geringe Intensität, 2 = mittlere Intensität, 3 = hohe Intensität)

Lau- fende Nr.	Feinbanden-Muster der Esterasen																Nach EST-F Bereich nicht un- terscheid- bar Genotypen								
	F1				FZ1				FZ2				FZ3					FZ4				F2			
	4 Banden bei Rf				3 Banden bei Rf				1 Bde				2 Banden Rf				3 Banden bei Rf				4 Banden bei Rf				
	0,540	0,546	0,555	0,557	0,565	0,569	0,574	0,580	0,585	0,588	0,594	0,599	0,603	0,608	0,614	0,619	0,623								
1	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	0	0							
2	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1							
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2							
4	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	0	0							
5	0	1	1	1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0							
6	3	3	1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	0	0	= 16						
7	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	= 10						
8	0	0	0	0	3	3	3	1	2	2	3	3	0	3	3	0	0	0							
9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0							
10	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	= 7						

Abbildung 2: Unterteilung der Protein- und Esterasespektren sowie des Esterase-Feinbandenbereiches. Das Proteinspektrum wurde willkürlich in drei Bereiche unterteilt. Diese wurden zur Auswertung ihrem Informationsgehalt entsprechend weiter untergliedert (z.B. P1,1/P1,2/P1,3). Die Entstehung und Unterteilung des Esterase-Feinbandenbereiches EST-F infolge eines veränderten Porositätsgradienten erläutert der rechte Teil der Abbildung.



Diese Beobachtung läßt vermuten, daß der "Ruhezustand" der Knolle sich lediglich auf eine Hemmung der Keimung beschränkt, daß aber offensichtlich weiterhin biochemische Veränderungen in der Knolle ablaufen, die andere Isoenzymformen erscheinen lassen.

bereiche unterteilen. Der Protein-Bandenbereich 1 umfaßt Proteine mit Rf-Werten zwischen 0 und 0,42, der Protein-Bandenbereich 2 solche mit Rf-Werten zwischen 0,42 und 0,69, und der Bandenbereich 3 umfaßt den Rf-Wertbereich von 0,69 bis 0,96.

3.2 Anpassung der Methode an Topinambur

An zehn Klonen der ca. 100 Topinamburherkünfte wurde versucht, charakteristische Verteilungsmuster der Proteine in 8 %igen Standard-, Disc-, SDS- und 10-28 %igen Porositätsgradientengelen mit unterschiedlichen Acrylamidkonzentrationen zu erhalten. Nur die Porositätsgradientengele mit 10-28 %igem Acrylamid ergaben bei einer Laufstrecke von mindestens 15 cm und den oben angegebenen Spannungswerten eine hinreichende Auflösung der Esterase- und Proteinbanden. Diese Beobachtung ließ eine charakteristische Klondifferenzierung auch für eine größere Anzahl von Klonen erwarten. Die Disc- und SDS-Gele ergaben bei den getesteten pH-Werten entweder eine viel zu hohe Anzahl von Banden oder kaum Unterschiede in den Bandenmustern.

3.3 Esterasespektren

Das Esterase-Spektrum nach Trennung in 10-28 %igen Porositätsgradientengelen ist beispielhaft für die Topinamburklone 11 bis 20 photographisch dargestellt (Abb. 1). Bei allen Klonen konnten zwischen den Rf-Werten 0,56 und 0,59 mindestens zwei starke Banden beobachtet werden.

Diese Banden wurden in 10-20 %igen Polyacrylamidgelen in weitere sechs Banden aufgetrennt (Abb. 2). Ferner konnten innerhalb dieses Bereiches zusätzlich drei feinere Banden identifiziert werden. Vor und hinter dem Rf-Bereich zwischen 0,56 und 0,60 sind noch weitere acht Banden deutlich erkennbar. Damit stehen insgesamt 17 Esterase-Finbanden (EST-F) zur Charakterisierung der 36 beispielhaft ausgewählten Klone der Topinambursammlung zur Verfügung.

Zur Verdeutlichung des Auswertungsschemas ist in Tabelle 1 für die Topinamburklone 1 bis 10 das Fehlen bzw. Vorhandensein sowie die Intensität der 17 möglichen EST-F-Banden angegeben.

3.4 Spektren nach kombinierter Protein- und Esteraseanfärbung

In 10-28 %igen Porositätsgradientengelen aufgetrennte und auf Proteine und Esterasen angefarbte Preßsaftproben der Klone 1 bis 10 zeigen gleichfalls über die gesamte Laufstrecke charakteristische, wiederkehrende scharfe Proteinbandenmuster (Abb. 1).

Nach ihrem Informationsgehalt im Sinne einer biochemischen Charakterisierung lassen sich diese Spektren in drei Protein-Banden-

Tabelle 2: **Ergebnis der Auswertung der Esterase- und Proteinspektren von 36 ausgewählten Topinamburklonen. Die Tabelle zeigt, welche der untersuchten Topinamburklone mit Hilfe des Esterase- bzw. Esterase- und Proteinbandenmusters differenziert werden können. Spalte 3 und 4 geben Auskunft über Klone, die mit den eingesetzten Verfahren nicht unterschieden werden können. Die hier eingetragenen Zahlen weisen auf Klone mit identischen Protein- bzw. Esterasespektren hin. War die ursprüngliche Herkunft des Klons nicht bekannt, wurde in die Spalte 2 die Abkürzung nb eingesetzt.**

Lau- fende Nr.	Klon- beschreibung	Identische Klon-Nummern nach	
		Esterase- Feinbandenspektren	Protein- und Esterase-Spektren
1	Blanka		
2	Waldspindel		
3	(Bayern)		
4	(Schlesw.-Holst.)		
5	Topianka		
6	Rote Zonenkugel	= 16	= 16
7	(Schwarzwald)	= 10, 15	= 10, 15
8	Medius		
9	Novost		
10	(Schwarzwald)	= 7, 15	= 7, 15
11	nb		
12	nb		
13	nb		
14	nb		
15	nb	= 10, 7	= 10, 7
16	nb	= 6	= 6
17	Fusceau 60		
18	Nahotka	= 20	= 20
19	Violett Rennes		
20	KWI 204	= 18	= 18
21	nb		
22	nb		
23	BT 3 (Ungarn)		
24	BT 4 (Ungarn)	= 27	= 27
25	Bela		
26	12/84 (Jugosl.)		
27	Onta (Canada)	= 24	= 24
28	nb		
29	nb		
30	nb		
31	nb		
32	nb		
33	nb	= 35	= 35
34	nb		
35	nb	= 33	= 33
36	Twarf (Wage- ningen)		

Mit 10-20 %igen Porositätsgradientengelen läßt sich bei verlängerter Laufstrecke von 13 cm der Protein-Bereich 1 und 2, einschließlich der Esterase-Feinbanden, weiter auftrennen und zur Charakterisierung nutzen. Die Auswertung wird jedoch durch die hohe Anzahl der Proteinbanden erschwert.

3.5 Anzahl unterscheidbarer Klone im untersuchten Teil der Topinamburknollensammlung

Das Ergebnis der Auswertung der Esterase- und Proteinspektren der 36 untersuchten Klone (zwei Wiederholungen) läßt sich wie folgt zusammenfassen:

unterscheidbare Klone:	27
nicht unterscheidbare Klone:	9

Der Tabelle 2 ist darüber hinaus im Detail zu entnehmen, welche der 36 getesteten Klone mit welchem Verfahren unterscheidbar bzw. mit den angewandten Verfahren nicht zu differenzieren sind.

4. Diskussion

Zu Beginn der hier dargestellten Experimente wurde versucht, in Analogie zu den Arbeiten zur Identifizierung von Kartoffelklonen vorzugehen (Stegemann, 1984). Dabei zeigte sich jedoch schnell, daß gravierende Unterschiede in mehrfacher Hinsicht bestehen.

Einerseits besitzen Topinamburknollen einen geringeren Proteingehalt als Kartoffelknollen (Pätzold, 1957), so daß der Preßsaft aus Topinamburknollen konzentriert oder eine größere Probenmenge appliziert werden muß. Andererseits müssen Topinamburknollen stets sofort nach der Abreife analysiert bzw. zur Aufrechterhaltung des physiologischen Zustandes eingefroren werden.

Vorversuche zeigten sehr deutlich, daß die Kaltlagerung (+3 °C) von Topinamburknollen in Erde zwar eine vorzeitige Keimung verhindert (Boswell, 1931; Stelzner und Schwarze, 1939; Charney und Bongen-Ottoko, 1977 bzw. 1981), jedoch trotzdem massive biochemische Veränderungen gestattet, die sich z.B. in deutlich abweichenden Esterasespektren manifestieren.

Die Esterasespektren der Kartoffel hingegen scheinen im Verlaufe der Knollenruhe und Kaltlagerung unverändert zu bleiben (Stegemann und Schnick, 1982).

Darüber hinaus konnten im Gegensatz zur Situation bei Kartoffelknollen unter Verwendung von Standard- und Disc-Gelen keinerlei auswertbare Unterschiede zwischen den Topinamburklonen aufgespürt werden. Es entstanden Spektren mit wenigen diffusen breiten Banden, so daß auf die aufwendigeren Porositätsgradientengele ausgewichen werden mußte.

Bezüglich der Auswertung ist es im Falle von Topinamburklonen zusätzlich erforderlich, stets Esterasespektren hinzuzuziehen und dabei auch Intensitätsunterschiede korrespondierender Banden zur Charakterisierung zu nutzen. Die Kombination der beiden hier vorgestellten Verfahren gestattet es, den überwiegenden Teil der 36 aus der *Helianthus tuberosus*-Sammlung ausgewählten Klone zu unterscheiden. Für eine eindeutige Aussage zum Vorliegen von Duplikaten müssen die 10-28 %igen Porositätsgradientengele für Proteine und Esterasen noch verbessert und eventuell eine dritte Methode hinzugezogen werden.

In einer kürzlich erschienenen EC-Studie wird ebenfalls ein methodischer Einstieg zur biochemischen Charakterisierung mittels elektrophoretischer Techniken vorgestellt (Barloy, 1988). Bei 7 Topinamburklonen wurden Spektren der Knollenproteine sowie Bandenmuster der Blatteresterasen mittels SDS- und Disc-PAGE ermittelt und anhand der Resultate die 7 Klone in 3 Gruppen eingeteilt. SDS-PAGE resultierte jedoch bei Verwendung des Klonmaterials der deutschen Sammlung pflanzengenetischer Ressourcen in einer derartig hohen Bandenanzahl, daß eine gesicherte Auswertung unmöglich schien, und Disc-PAGE lieferte nicht die erwünschten klaren Bandenmuster. Die hier vorgestellte Trennung in Porositätsgradientengelen lieferte hingegen gute Resultate. Eine im oberen Proteinbandenbereich auftretende Hintergrundfärbung bei Verwendung von Coomassie Blau ließ sich durch die Kombination einer spezifischen Esteraseaktivitätsanfärbung, gefolgt von einer Proteinanfärbung mittels Coomassie Blau, deutlich reduzieren.

In dieser Arbeit wird außerdem im Gegensatz zur EC-Studie das Esterase-Isoenzympektrum der Knollen und nicht der Blätter untersucht. Bekanntermaßen ist es besonders bei krautigen Pflanzen außerordentlich schwierig, Blätter gleichen physiologischen Zustandes zu finden, insbesondere beim Vergleich früher, mittelfrüher und später Klone. Hier erschien es sinnvoller, Knollen direkt nach der Abreife des Krautes zu entnehmen und deren Esteraseformen elektrophoretisch aufzutrennen. Die hier vorgestellte Poro-PAGE-Technik zur besseren Auftrennung des Esterase-Feinbandenbereiches stellt ein zuverlässiges und informationsreiches Hilfsmittel zur Unterscheidung von Topinamburklonen dar. Die derzeitigen Aktivitäten befassen sich mit einer weiteren Optimierung der hier vorgestellten elektrophoretischen Verfahren, um gesicherte Aussagen über das Vorliegen echter Duplikate zu ermöglichen.

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Polyacrylamidgelelektrophorese wurden Protein- und Esterasebandenmuster von 36 Topinamburklonen aus den Preßsäften der Knollen hergestellt. Vergleichbare Banden sind nur zu erhalten, wenn die Knollen gleich nach der Ernte analysiert oder innerhalb eines Zeitraumes von maximal drei Wochen nach der Abreife bei -20 °C eingefroren werden, denn auch in der Ruhephase ist die Knolle stoffwechselfysiologisch noch aktiv.

Von den 36 Klonen zeigten 27 unterschiedliche Bandenmuster, 9 Klone waren mit den angewandten Verfahren von anderen Klonen nicht unterscheidbar. Aus den bisherigen Untersuchungen ist trotz einer noch starken blauen Untergrundfärbung im anodennahen Bereich der Porositätsgradientengele durch Coomassie Blau ein Weg gefunden worden, bei dem mit Hilfe von Esterasen-Feinspektren sowie Esterase- und Proteinbandenmustern Topinambur-Klone biochemisch charakterisiert werden können.

Weitere, noch nicht abgeschlossene Untersuchungen deuten darauf hin, daß die blaue Untergrundfärbung beseitigt werden kann.

Die Arbeit leistet durch die hier aufgezeigte Möglichkeit einer biochemischen Charakterisierung einen Beitrag zur Nutzbarmachung der genetischen Ressourcen von *Helianthus tuberosus* L.

Biochemical Identification of Jerusalem Artichoke Tubers (*Helianthus tuberosus L.*)

By means of polyacrylamide gel electrophoresis, protein and esterase banding patterns were prepared from tuber raw sap of 36 Jerusalem artichoke clones. For the production of comparable spectra it is indispensable to analyse the tubers immediately after harvest or to freeze the tubers at least within a three week period after harvest, due to its physiological activity during "dormancy".

27 of the 36 tested clones showed a distinct banding pattern, 9 clones could not be distinguished from other clones by means of the applied electrophoretic procedures. In spite of an intensive background staining of the porosity gradient gels by Coomassie Blue within the gel part near the anode, a way could be found to characterize Jerusalem artichoke clones by means of esterase fine spectra as well as a combined esterase/protein staining.

Further current investigations point out that the undesired blue stained background can be avoided.

This study contributes to the utilization of plant genetic resources of *Helianthus tuberosus L.* by showing a possibility for its biochemical characterization.

Abkürzungen

RFLP	= restriction fragment length polymorphism
Poro-PAGE	= Porositätsgradienten-Polyacrylamidgelelektrophorese
DISC	= Diskontinuierlich
SDS	= Sodium dodecyl sulphate
EST-F	= Esterase-Feinbandenbereich
PA	= Polyacrylamid

Literatur

Andersen, H.J.: Isoenzyme characters of 47 barley cultivars and their application in cultivar identification. - Seed Sci. and Technol. 10 (1982), S. 405-413.

Barloy, J.: Identification criteria for Jerusalem artichoke clones. In: Topinambur (Jerusalem artichoke); (eds.: Grassi, G. und Gosse, G.); Report of the Commission of the European Communities EUR 11855 EN-FR-IT (1988), S. 125-136.

Boswell, V.R.: Dauer der Keimruhe von Topinamburknollen. - Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 28 (1931), S. 297-300.

Charnay, D. und Bongen-Ottoko, B.: Abscisic acid and dormancy in Jerusalem artichoke. I. Changes in abscisic acid content in the tubers of *Helianthus tuberosus* during release from dormancy by cold treatment or anoxia. - Physiologie vegetale 15, 2 (1977), S. 403-412.

Charnay, D.: Effects of exogenous abscisic acid on the breaking of dormancy of in vitro cultured Jerusalem artichoke tubers at low temperatures. - Zeitschrift für Pflanzenphysiologie 101, 3 (1981), S. 195-205.

Goodman, M.M. und Stuber, C.W.: Genetic identification of lines and crosses using isozyme electrophoresis. - Am. Com. and Sorghum Ind. Res. Conf. Proc. 35 (1980), S. 10-31.

Inouye, J. und Hagiwara, T.: Classification of floating rice varieties by acid phosphatase and peroxidase zymogram. - Jap. J. Trop. Agric. 24 (1980), S. 159-164.

Kobrehel, K. und Gautier, M.F.: Variability in peroxidase isozyme in wheat and related species. - Can. J. Bot. 52 (1974), S. 755-759.

Pätzold, C.: Die Topinambur als landwirtschaftliche Kulturpflanze. - Herausgeg. vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1957).

Stegemann, H. und Loeschke, V.: Das europäische Kartoffelsortiment und seine Indexierung. - Potato Research 20 (1977), S. 101-110.

Stegemann, H. und Schnick, D.: Index 1982 Europäischer Kartoffelsorten. - Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, Heft 211 (1982).

Stegemann, H.: Biochem. Test Cultivar Identification. - Proc. ISTA Symposium Cambridge (1984), S. 20-31.

Stegemann, H.: Laborvorschrift für die Platten-Elektrophorese und isoelektrische Fokussierung. - Institut für Biochemie der BBA, Braunschweig (1988).

Stelzner, G. und Schwarze, P.: Untersuchungen zur Züchtung von Topinambur. - Züchter 11 (1939), S. 14-17.

Verfasser: Standke, Karl-Heinz, Dr. rer. nat.; Rühl, Gerhard, Dr. rer. nat., Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Professor Dr. Manfred Dambroth.