

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie
der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Einige Untersuchungen über haploide Pflanzen von *Solanum tuberosum*

Von DIETRICH ROTHACKER und GUDRUN SCHÄFER

Mit 4 Abbildungen

Einleitung

Haploide sind bereits von einer großen Anzahl Arten und Bastarden bekannt geworden (KOSTOFF, 1942; HARLAND, 1955; OLSSON und HAGBERG, 1955; dort weitere Literatur). Auch bei verschiedenen Arten knollentragender Solanaceen wurden Haploide beschrieben.

Haploides *S. tuberosum* fanden zufällig bereits vor mehr als 20 Jahren LAMM (1938) bei der Kreuzung *S. tuberosum* × *S. chaucha* ($2n = 36$) und IVANOVSKAJA (1939) bei der Kreuzung *S. tuberosum* (Auro-ra) × *S. phureja* (*S. rybinii*, $2n = 24$).

Nach COOPER und RIEMANN (1958), RIEMANN, COOPER und TSENG (1959) wurden auch in reinen *S. tuberosum*-Kreuzungen Haploide gefunden. Wir haben dies allerdings bisher nicht bestätigen können. Erstmals berichten dann HOUGAS und PELOQUIN, (1957) über Haploide der Sorte Katahdin, die aus der Kreuzung mit $2n = 24$ chromosomigen Species entstanden. In weiteren Veröffentlichungen, vornehmlich von diesen beiden Autoren (HOUGAS und PELOQUIN, 1958a, b, 1959, 1960a, b und ROSS, 1958; PELOQUIN und HOUGAS, 1959a, b, 1960 sowie KAWAKAMI und MATSUBAYASHI, 1960) werden Arbeiten, Ergebnisse und Probleme, die mit den haploiden Formen des *S. tuberosum* in engem Zusammenhang stehen, ausführlich besprochen.

Über Haploide von *S. demissum* berichten BAINS und HOWARD (1950), HOWARD (1958), DODDS (1950), die bei Kreuzungen *S. demissum* × *S. phureja* (*S. rybinii*), *S. toralapanum* und anderen $2n = 24$ chromosomigen Species gefunden wurden. ROTHACKER (unveröff.) fand drei weißblühende *S. demissum*-Haplonten durch Bestäubung von *S. demissum* (weiß) mit der $2n = 48$ chromosomigen Art *S. acaule*.

Durch Kreuzung *S. polytrichon* mit *S. stoloniferum* ($2n = 48$) bekam MARKS (1955) einen haploiden Sämling von *S. polytrichon*. Auch bei den nicht knollentragenden *Solanum*-Arten erzielte JØRGENSEN (1928) durch die Kreuzung *S. nigrum* ($2n = 72$) × *S. luteum* ($2n = 24$) eine haploide Pflanze von *S. nigrum* mit $2n = 36$ Chromosomen.

Im ersten Teil (I) dieser Arbeit soll über einige vergleichende morphologische, histologische und chemisch-physikalische Untersuchungen an haploiden $2n = 24$ und tetraploiden $2n = 48$ (normalen) *S. tuberosum*-Sämlingen berichtet werden. Im zweiten Teil (II) sollen die Besonderheiten und Möglichkeiten, die sich durch die Verwendung haploider *S. tuberosum*-Pflanzen für die Züchtungen ergeben, besprochen werden.

Material

1. Schaffung haploider Pflanzen

Nach den Angaben von HOUGAS und PELOQUIN (1957) wurde versucht, auf dem Wege der Kreuzung zwischen *S. tuberosum* (Sorten) und $2n = 24$ chromosomigen Species zu Samen bzw. Pflanzen mit der Hälfte des somatischen Chromosomensatzes des *S. tuberosum*-Elters zu kommen (Abb. 1). Die hier dargelegten Untersuchungsergebnisse wurden an Haplonten, die durch Kreuzung der Sorte Apta mit $2n = 24$ chromosomigen kultivierten Species entstanden sind, erzielt. Zum Vergleich benutzten wir $2n = 48$ chromosomige Selbstungssämlinge dieser Kultursorte. Der Kreuzungserfolg, gemessen an der Anzahl lebensfähiger Samen, ist im Vergleich zu Kreuzungen zwischen *S. tuberosum*-Sorten gering. Von den daraus resultierenden Sämlingen beträgt der Anteil Haploider wiederum nur einen geringen Teil (vgl. Tab. 1). Bei verschiedenen *S. tuberosum*-Eltern zeigt der Kreuzungserfolg ($2n = 48$ ♀) deutliche Unterschiede. Wir bekamen von einigen nachweislich bei *S. tuberosum*-Kreuzungen gut geeigneten Eltern — wie z. B. der Sorte Schwalbe — bisher keine bzw. nur sehr wenig Samen. PELOQUIN, HOUGAS und GABERT (1960) bestätigen dies und konnten darüber hinaus noch feststellen, daß auch der zur Bestäubung benutzte Pollen-elter von großem Einfluß auf den Anteil Haploider ist.

2. Kultivierung des Materials

Sämtliche für den Vergleich zwischen den beiden Valenzstufen $2n = 24$ und $2n = 48$ herangezogenen Pflanzen wurden als Sämling im Gewächshaus bei gleichen Ernährungs- und Standraumbedingungen im 15 cm Ø Tontopf kultiviert.

3. Kontrolle der Chromosomenzahl

Bereits am Habitus konnte ein Teil der haploiden Sämlinge unter den tri- und tetraploiden Pflanzen erkannt werden. Eine endgültige Einstufung war jedoch erst durch die Chromosomenzählung möglich¹. Die Selbstungssämlinge der Sorte Apta wurden keiner zytologischen Kontrolle unterworfen.

Angewendete Untersuchungsverfahren

A. am Blatt

a) von haploiden und tetraploiden Pflanzen wurden die Längen- und Breitenmaße der Blätter (Endfieder, die 1.—4. Jochpaare) ermittelt.

¹ Die erforderlichen Chromosomenzählungen übernahm das zytologische Labor unter Leitung von Herrn Schreiter, wofür wir unseren besonderen Dank aussprechen.

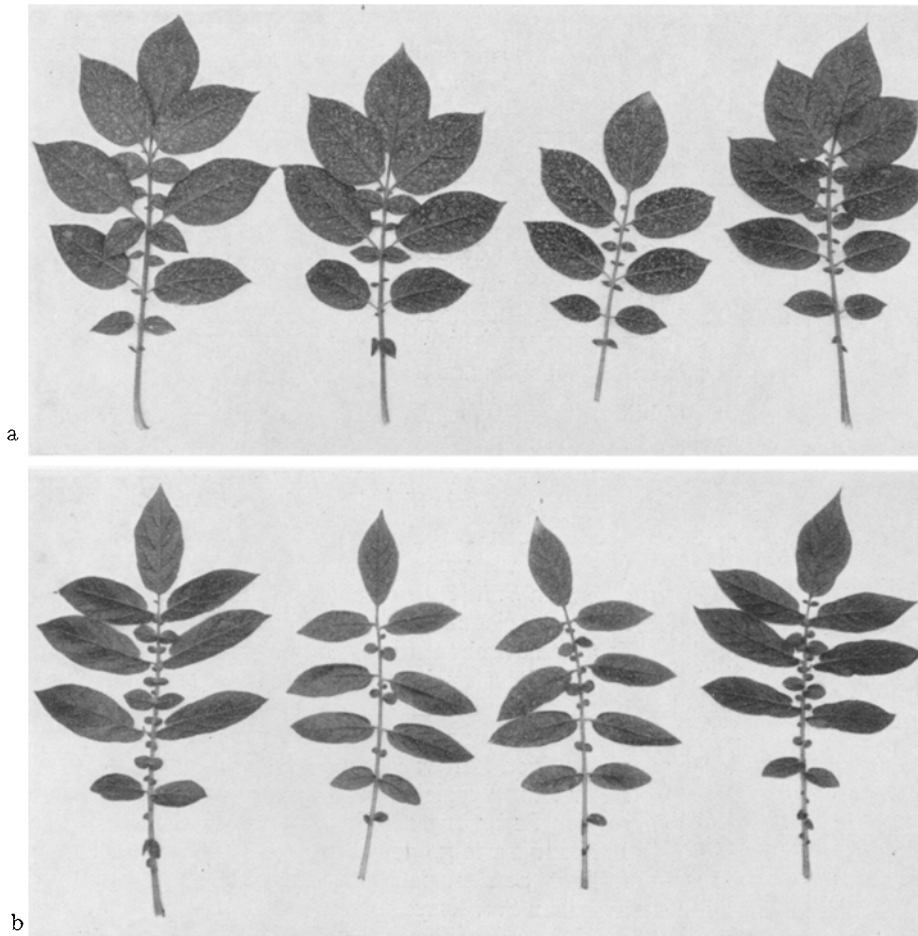


Abb. 1. Blätter verschiedener Valenzstufen der Sämlinge von *S. tuberosum* — Sorte Apta — a) $2n = 48$ *S. tuberosum*; b) $2n = 24$ *S. tuberosum*.

b) An den Blättern der gleichen Pflanzen untersuchte MEINL die Anzahl Chloroplasten/Spaltöffnung, Chloroplasten/Flächeneinheit, Spaltöffnungen/mm² nach der bei MEINL und ROTHACKER (1961) beschriebenen Methode.

verschiedener Literaturangaben erwies sich die von SCHULZE (1931) beschriebene Methode als die geeignetste. Das Verfahren beruht im Prinzip auf der Mazeration der Zellverbände durch Kochen in Wasser. Die auf diese einfache Art und Weise isolierten Zellen

b) Trockensubstanzgehalt. Er wurde im Rahmen der Proteinbestimmung ermittelt.

c) Eiweißgehalt. Rohweiß wurde nach der Methode von Kjeldahl bestimmt¹.

2. Histologische Untersuchungen. Probenahme.

Für die Untersuchungen wurde je Knolle mit dem Korkbohrer (0,8 cm Ø) ein Zylinder vom Nabel bis Kronenende ausgestanzt. Ein Teil dieser Proben diente den Stärkekorngößenbestimmungen und der andere Teil den Zellgrößenmessungen. Von der Restknolle wurden die chemischen Analysen durchgeführt

a) Stärkekorngößenbestimmungen. Aus dem mit Wasser aufgeschwemmten Reibsel wurde ein Tropfen abgenommen und mikroskopisch mit einer Okularskala — 1 Teilstrichabstand = 4,25 μ — 100 Längen und Breiten der Stärkekörner je Probe gemessen.

b) Zellgrößenbestimmungen. Nach der Prüfung

Tabelle 1. Kreuzungsergebnisse zur Schaffung haploider *S. tuberosum*-Pflanzen. — 1959/60, Sorte Apta —

Ergebnisse der Kreuzungen (1959)		
Bestäubte Blüten	Anzahl	1413
Geerntete Beeren	Anzahl	633
Beeren mit Samen	Anzahl	306; % der Gesamtzahl 46
davon erzielte Samen insges.	Anzahl	379
erzielte Samen je bestäubte Blüte	Anzahl	0,27
erzielte Samen je geerntete Beere	Anzahl	0,6
Aus den geernteten Samen aufgezogene Pflanzen	Anzahl (1960)	194; % der Gesamtzahl 51
Ergebnisse der Chromosomenzählungen (1960)		
Pflanzen mit $2n = 36$ Chromosomen	Anzahl	133; % der Gesamtzahl 68,6
Pflanzen mit $2n = 24$ Chromosomen	Anzahl	18; % der Gesamtzahl 9,3
Pflanzen mit $2n = 48$ Chromosomen	Anzahl	42; % der Gesamtzahl 21,6
Pflanzen mit $2n = 72$ Chromosomen	Anzahl	1; % der Gesamtzahl 0,5
bestäubte Blüten je erzielte haploide Pflanze	Anzahl	79

B. an der Knolle

1. Chemisch-physikalische Untersuchungen

a) Stärkegehalt. Von sämtlichen für die Untersuchungen verwendeten Knollen wurde mittels des Schwemmverfahrens der Stärkegehalt festgestellt (ROTHACKER, unveröff.).

ließen sich gut in einer Wasseraufschwemmung mikroskopisch messen. Ebenso wie unter 2b wurden je Muster 100 Längen und 100 Breiten der Zellen ge-

¹ Dem chemischen Labor, unter Leitung von Herrn Dr. EFFMERT, sei an dieser Stelle für die Durchführung der Eiweiß-Serienanalysen gedankt.

messen, wobei ein Teilstrichabstand der Okularskala = 10,4 μ betrug.

Verrechnung der gefundenen Werte

Grundsätzlich wurden für die Verrechnungen die Teilstrichwerte verwendet. Mit Hilfe vereinfachter Summenverfahren (KOLLER, 1953) wurden von den Häufigkeitswerten (x) das Mittel \bar{x} , der mittlere Fehler (m), die Streuung der Einzelwerte (s) und die Variationskoeffizienten ($S\%$) ermittelt. Für die Prüfung der Signifikanz der Differenzen wurden GD und P-Werte verwendet. Die gewonnenen Verhältnisse $2n = 48:2n = 24$ wurden bei den verschiedenen Untersuchungen mit Hilfe des bei KAPPERT (1953, S. 101) angegebenen Homogenitätstests für genetische Aufspaltungen auf ihre statistische Übereinstimmung überprüft.

Tabelle 2. Vergleich jeweils der Blattlängen, Blattbreiten und Blattindices von Haploiden ($2n = 24$) und Tetraploiden ($2n = 48$) der Sorte Apta miteinander.

Gemessene Fiederblätter	Anzahl unters. Genotypen	$2n = 24$		$2n = 48$		Verhältnis $2n=24:2n=48$
		\bar{x}	Variationsbreite	\bar{x}	Variationsbreite	
Blattlänge (cm)						
Endfieder	$2n = 24$ $2n = 48$	9 9	5,4 3,9—6,2	6,2 5,4—7,0		1:1,1
I. Jochpaar	9 9	9 9	4,4 2,6—5,9	5,7 4,9—6,4		1:1,3
II. Jochpaar	9 9	9 9	4,5 1,9—6,6	5,4 3,2—6,8		1:1,2
III. Jochpaar	7 8	8 8	4,1 1,4—5,4	4,1 2,8—5,7		1:1,01
IV. Jochpaar	4 1	1 1	2,7 1,8—3,2	2,8 2,5—3,0		1:1,04
\bar{x} sämtlicher Fiederblätter (Endfieder und I.—III. Jochpaar)		9	4,6 1,4—6,6	5,3 2,5—7,0		1:1,2
Blattbreite (cm)						
Endfieder	$2n = 24$ $2n = 48$	9 9	2,5 1,8—3,0	3,7 3,2—4,6		1:1,5
I. Jochpaar	9 9	9 9	1,9 1,4—2,7	3,3 2,5—3,8		1:1,7
II. Jochpaar	9 9	9 9	1,9 1,2—2,7	2,9 1,9—3,8		1:1,6
III. Jochpaar	7 8	8 8	1,7 0,8—2,6	2,4 1,7—3,2		1:1,4
IV. Jochpaar	4 1	1 1	1,5 1,1—1,7	1,9 1,7—2,0		1:1,3
\bar{x} sämtlicher Fiederblätter (Endfieder und I.—III. Jochpaar)		9	2,0 0,8—3,0	3,1 1,7—4,6		1:1,5
Blattindices $\left(\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}}\right)$ (cm)						
Endfieder	$2n = 24$ $2n = 48$	9 9	2,27 2,07—3,00	1,67 1,48—1,75		1:0,74
I. Jochpaar	9 9	9 9	2,34 1,86—2,67	1,73 1,50—1,97		1:0,74
II. Jochpaar	9 9	9 9	2,35 1,58—2,72	1,76 1,57—1,96		1:0,75
III. Jochpaar	7 8	8 8	2,28 1,60—2,78	1,69 1,48—1,87		1:0,74
IV. Jochpaar	4 1	1 1	1,87 1,64—2,06	1,49 1,47—1,50		1:0,79
\bar{x} sämtlicher Fiederblätter (Endfieder und I.—III. Jochpaar)		8	2,32 1,58—3,00	1,72 1,47—1,97		1:0,74

Untersuchungsergebnisse — Vergleich zwischen haploiden ($2n = 24$) und normalen tetraploiden ($2n = 48$) Pflanzen

1. *Blattlängen, Blattbreiten.* In den Sämlingspopulationen aus der Kreuzung zwischen $2n = 24$ chromosomigen Primitivkartoffeln und der Sorte Apta ($2n = 48$) treten Pflanzen in vier Ploidiestufen auf. Die haploiden Pflanzen ($2n=24$) darunter fallen durch eine insgesamt geringere vegetative Entwicklung auf, besonders deutlich ist dies bei den Abmessungen der Fiederblätter zu erkennen. Der Unterschied zwischen $2n = 24$ und $2n = 48$ ist so deutlich, daß wir auf die weitere Feststellung einer statistisch gesicherten Signifikanz verzichten.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Blattmessungen sowie der Indexrechnung $\left(\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}}\right)$ aus den Summen

von jeweils 9 Blättern (= Genotypen) wiedergegeben. Die Breite ist bei den haploiden Blättern stärker reduziert, d. h. sie sind schmaler als die Blätter der Tetraploiden. Besonders deutlich ist dies an dem kleineren Blattindex der $2n = 24$ Pflanzen zu erkennen.

Nach den Angaben von HOUGAS und PELOQUIN (1957) an der Sorte Katahdin ($2n = 24$ und $2n = 48$) errechneten wir ein Verhältnis mittlere Länge des Endfiederblättchens haploid:tetraploid = 1:1,4—6, während wir bei der Sorte Apta nur ein Verhältnis von 1:1,1 ermitteln konnten.

2. *Spaltöffnungen und Chloroplastenzahl.* Wie bereits angegeben, sind die Untersuchungsergebnisse über Chloroplastenzahl je Spaltöffnung, je Flächeneinheit und die Spaltöffnungsanzahl je mm^2 im Rah-

men anderer Untersuchungen bei MEINL und ROTHACKER (1961) veröffentlicht. Aus Gründen der Vollständigkeit sollen die wichtigsten Ergebnisse hier angeführt werden:

	haploid	tetraploid	
Zahl der Chloroplasten je Spaltöffnung	1	1,2	sämtliche Diff. sind sehr gut bzw. gut signifikant
Zahl der Chloroplasten je Flächeneinheit	1	1,1	
Zahl der Spaltöffnungen je mm^2	1	2,1	

3. *Zellgröße, Länge und Breite.* Da es bekannt ist, daß bei vielen Pflanzen Polyploide sich im Vergleich zu den normalen Ausgangspflanzen durch größere Zelldimensionen auszeichnen, schien eine Unter-

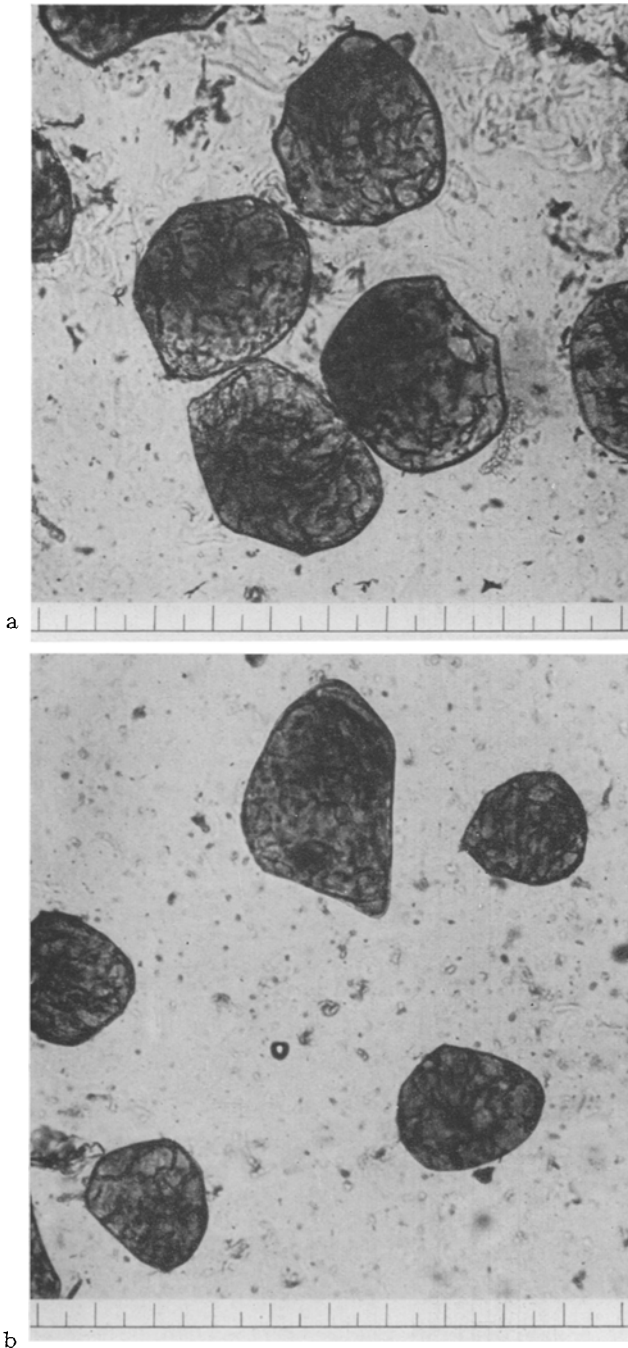


Abb. 2. Nach der von SCHULZ (1931) angegebenen Methode präparierte Zellen von Kartoffelknollen verschiedener Valenzstufen a) $2n = 48$ *S. tuberosum*; b) $2n = 24$ *S. tuberosum*; ein Teilstrich = $10,4 \mu$.

suchung der Zellgröße, Länge und Breite von Wert (Abb. 2). Auch in diesen Untersuchungen sind hohe statistisch signifikante Unterschiede zwischen $2n = 24$ und $2n = 48$ zu erkennen (Tab. 3).

Der Wert Länge \times Breite der Zelle, errechnet aus den Mittelwerten der einzelnen Pflanzen, beträgt für die Haploiden 137,9 und für die Tetraploiden 198,4, das entspricht einem Verhältnis dieses Wertes beim Vergleich haploid:tetraploid = $1:1,4$. Diese Ergebnisse sind der Ausdruck absolut größerer Zellen bei den Tetraploiden.

Durch Errechnung des Zellindexes $\left(\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}}\right)$ läßt sich jedoch nicht nachweisen, daß zwischen Haploiden und Tetraploiden andere Beziehungen von Länge:Breite in den Zellen bestehen. Der Vergleich haploid:tetraploid verhält sich wie 1 (absolut 1,26):1 (absolut 1,24).

Wenn wir uns auch noch nicht vollkommen im klaren sind, in welcher Weise die absoluten Zelldimensionen durch die angewendete Präpariertechnik verändert werden, so ist doch anzunehmen, daß die bestehenden Relationen zwischen den Größendimensionen erhalten bleiben. Diesbezügliche Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

HOUGAS und PELOQUIN (1957) kommen bei ihren Untersuchungen an der Sorte Katahdin bei der mittleren Stomatalänge zu einem Verhältnis haploid:tetraploid = $1:1,4$.

An *S. demissum* läßt sich nach den Angaben von HOWARD und SWAMINATHAN (1953) ein Verhältnis haploid ($2n = 36$):tetraploid ($2n = 72$) = $1:1,5-8$ errechnen.

4. *Stärkekorngroße, Länge und Breite.* Es sollte geprüft werden, ob die Stärke als wesentlicher Zellinhaltsstoff der Kartoffelknolle in Abhängigkeit von der Valenzstufe Größenunterschiede aufweist (Abb. 3). Es läßt sich auch für dieses untersuchte Merkmal die eindeutige Tendenz einer Verringerung der Länge bzw. Breite bei den Haploiden im Vergleich zu den Tetraploiden erkennen (Tab. 4).

Das Produkt Länge \times Breite, errechnet aus den Mittelwerten, beläuft sich bei den $2n = 24$ Pflanzen auf 15,1 und bei den $2n = 48$ Pflanzen auf 22,2, das entspricht einem Verhältnis haploid:tetraploid = $1:1,5$ und zeigt recht eindrucksvoll, daß die Stärkekörner der tetraploiden Pflanzen beträchtlich größer sind.

Errechnet man den Stärkekornindex $\left(\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}}\right)$, so erhält man ebenso wie bei den Zellen das Verhältnis diploid:tetraploid = 1 (absolut 1,36):1 (absolut 1,30).

5. *Trockensubstanz und Stärkegehalt.* Diese beiden Werte unterliegen wegen ihrer gegenseitigen Abhängigkeit auch gleichsinnig wirkenden Tendenzen, wie sie aus Tabelle 5 zu ersehen sind.

Die statistische Sicherung der Differenzen zwischen Haploiden und Tetraploiden ist bei der Trockensub-

Tabelle 3. Vergleich der Zellgrößen von Haploiden ($2n = 24$) und Tetraploiden ($2n = 48$) der Sorte Apta (in Teilstrichen).

Valenzstufe	gemessene Zellgrößen	Anzahl unters. Genotypen	\bar{x}	m	FG (n-1)	D	% 0,1 GD 1,0 5,0	P %	s %	Verhältnis $2n=24:2n=48$
$2n = 24$	Länge	16	13,2	0,095	1588	2,51	0,26	0,10 (***)	28,76	1:1,2
$2n = 48$		16	15,7	0,094	1390		0,34 0,44		22,41	
$2n = 24$	Breite	16	10,5	0,075	1498	2,18	0,21 0,27	0,10 (***)	27,71	1:1,2
$2n = 48$		16	12,6	0,076	1419		0,35		22,52	

Tabelle 4. Vergleich der Stärkekorngrößen von Haplloiden ($2n = 24$) und Tetraploiden ($2n = 48$) der Sorte Apta (in Teilstrichen).

Valenzstufe	gemessene Stärkekorngrößen	Anzahl unters. Genotypen	\bar{x}	m	FG (n-1)	D	% GD 0,1 1,0 5,0	P %	s %	Verhältnis 2n=24:2n=48
2n = 24	Länge	16	4,4	0,071	1486	1,06	0,21	0,10 (***)	61,97	1:1,2
2n = 48		16	5,5	0,079	1400		0,27 0,35		53,61	
2n = 24	Breite	16	3,4	0,051	1488	0,64	0,14	0,10 (***)	57,83	1:1,2
2n = 48		16	4,1	0,051	1403		0,19 0,24		47,40	

Tabelle 5. Vergleich des Stärke- und Trockensubstanzgehaltes von Haplloiden ($2n = 24$) und Tetraploiden ($2n = 48$) der Sorte Apta (in %).

Valenzstufe	untersuchte Substanz	Anzahl unters. Genotypen	\bar{x}	m	FG (n-1)	D	% GD 0,1 1,0 5,0	P %	s %	Verhältnis 2n=24:2n=48
2n = 24	Stärke	16 ¹	15,9	0,564	15	2,03	1,43	0,57 (**)	3,55	1:1,1
2n = 48		16 ²	17,9	0,433	31		1,91 2,48		2,42	
2n = 24	Trockensubstanzgehalt	16 ¹	23,1	0,790	15	2,03	1,99	4,9 (*)	13,61	1:1,1
2n = 48		16 ¹	25,1	0,603	31		2,67 3,44		13,59	

¹ Je Genotyp eine Knolle untersucht. — ² Je Genotyp zwei Knollen untersucht.

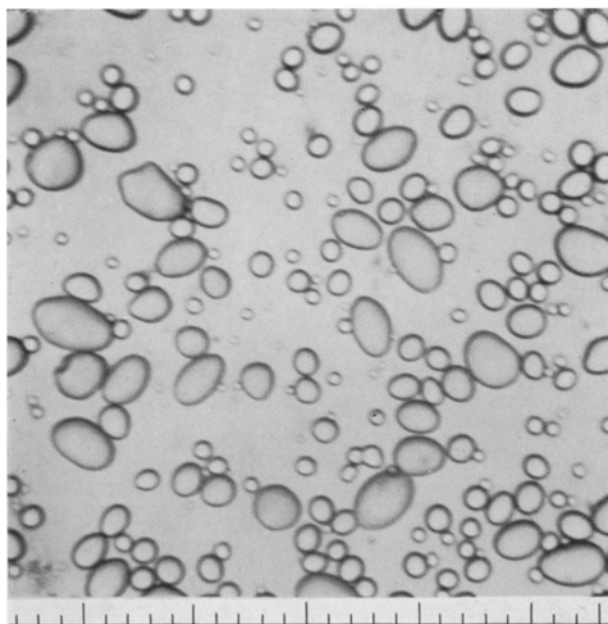
stanz nur schwach bei $P = 5\%$ signifikant. Dies hat seine Ursache in der geringen Zahl von Einzelwerten, wobei die genaueren Ermittlungen bei den Trockensubstanzbestimmungen bedingt feinere Unterschiede ergeben und damit eine größere Streuung verursachen als bei der größeren Methode der Stärkebestimmung.

6. *Roheiweißgehalt.* Im Gegensatz zum Trockensubstanz- und Stärkegehalt konnten keine Unterschiede im Eiweißgehalt zwischen den Knollen der haploiden und der tetraploiden Pflanzen festgestellt werden.

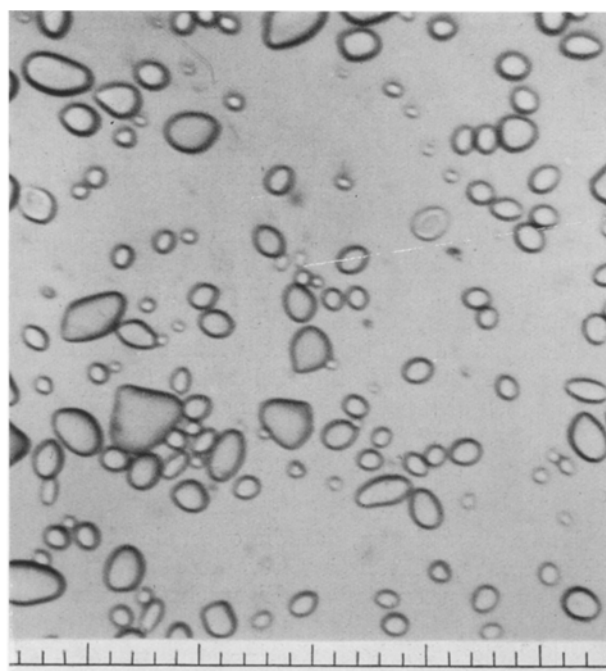
Im Mittel von je 16 Pflanzen hatten die $2n = 24$ - und die $2n = 48$ -chromosomigen Genotypen 1,67%

Roheiweiß in der Frischsubstanz. Nach den Angaben einer Anzahl Autoren entsprechen diese Ergebnisse in der Tendenz den vergleichenden Eiweißuntersuchungen von diploiden und artifiziellen polyploiden Pflanzen verschiedener Species.

7. *Homogenität der quantitativen Verhältnisse bei den untersuchten Merkmalen.* Mit Ausnahme des Roh-eiweißgehaltes haben bei den untersuchten Merkmalen die haploiden Pflanzen im Vergleich zu den tetraploiden Pflanzen kleinere Meßwerte. Es schien deshalb angebracht zu untersuchen, inwieweit unabhängig von den Dimensionen die Relationen



a



b

Abb. 3. Stärkekörner von Kartoffelknollen verschiedener Valenzstufen a) $2n = 48$ *S. tuberosum*; b) $2n = 24$ *S. tuberosum*; ein Teilstrich = $4,25 \mu$.

$2n = 24$: $2n = 48$ homogen sind. Zu diesem Zwecke wurden mit Hilfe des χ^2 -Testes, wie er für die Überprüfung von genetischen Spaltungsverhältnissen angewendet wird, die Beziehungen $2n = 24$: $2n = 48$ bei folgenden Merkmalen verrechnet:

Blattlänge \times Blattbreite (\bar{x} Endfieder und 1.—3. Jochpaar), Chloroplastenzahl je Spaltöffnung, Zellbreite, Zelllänge, Stärkekornbreite, Stärkekornlänge, Trokenschubstanzgehalt %, Stärkegehalt %.

Das Mittel aus der Summe der genannten 8 Verhältnisse $2n = 24$: $2n = 48$ verhielt sich relativ wie 1:1,2. Der χ^2 -Test ergab 1,9697, das entspricht einem P%-Wert bei FG 7 von 90—95.

Es muß weiteren Untersuchungen an einem größeren Zahlenmaterial unter Berücksichtigung der Streuungen vorbehalten bleiben, einen unanfechtbaren Nachweis darüber zu führen, ob die Zellgröße wirklich die Bedeutung hat, wie wir vermuten.

Allgemeine Schlußfolgerungen aus den gewonnenen Ergebnissen

Unterschiede haploid:tetraploid in der Blattgröße, in der gesamten Blattfläche sowie auch in anderen morphologischen und histologischen Merkmalen waren nachzuweisen, und die Tendenzen waren ähnlich.

Aufschlußreich war auch, daß Unterschiede zwischen haploiden und tetraploiden Formen im Stärke- und Trockensubstanzgehalt, aber nicht im Eiweißgehalt bestanden. Es hat den Anschein, daß der Eiweißgehalt im Gegensatz zu den übrigen untersuchten Merkmalen nicht von den durch unterschiedliche Valenzstufen bedingten Zellgrößen abhängig ist. Vermutlich wird deshalb auf dem Wege der Polyploidie das Verhältnis Eiweiß:nicht-eiweißhaltiger organischer Substanz nicht wesentlich verändert werden können.

Diese noch unvollständigen Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß die Merkmalsausprägung mancher züchterisch wichtigen Eigenschaft weitgehend durch die gegebene Ploidiestufe bestimmt wird. In entsprechend erweiterten Untersuchungen sollte man klären, welche Variationsbreite in morphologischer, histologischer und physiologischer Hinsicht erreichbar ist und welche Veränderungen die verschiedenen Ploidiestufen zulassen. Wahrscheinlich wird z. B. die Stärkekorngröße durch die Größe der Zellen begrenzt, und diese bekommt wiederum durch die jeweilige Ploidiestufe ihre Schranken gesetzt. Will man unter diesen Voraussetzungen die Stärkekorngröße extrem vergrößern, so wäre dies über eine Erhöhung der Ploidiestufe von $2n = 48$ auf $2n = 60$ oder $2n = 72$ möglich.

Es ist anzunehmen, daß die optimale Ploidiestufe nicht für alle züchterisch wertvollen Merkmale gleich ist. Wir vermuten, daß alle Eigenschaften, die direkt von der Zellgröße abhängig sind — wie in unserem Beispiel die Stärkekorngröße — in einem stärkeren Maße durch die Ploidiestufe beeinflusst werden als andere nicht direkt davon abhängige Faktoren.

Bedeutung haploider *S. tuberosum*-Pflanzen für die Züchtung und Genetik

1. *S. tuberosum*-Kulturkartoffel-Genome verschiedener Ploidiestufen

Es gibt in den natürlichen Verbreitungsgebieten der kultivierten Kartoffeln von Mexiko bis Chile, wie bereits RYBIN (1933) feststellte, di-, tri-, tetra- und pentaploide Formen. Die größte Verbreitung haben dort unter den kultivierten Arten die $2n = 48$ chromosomigen Formen, die sich auch ausschließlich in den sekundären Anbaugebieten, wie Europa, Nordamerika und den übrigen Kontinenten, durchgesetzt haben.

Obwohl es sehr wahrscheinlich ist, konnte bisher nicht einwandfrei nachgewiesen werden, daß die tetraploide Stufe des *S. tuberosum*-Genoms die optimale Polyploidiestufe für die züchterisch wertvollen Merkmale darstellt.

Durch bestimmte Kreuzungen (teilweise mit Colchizin behandelt) können *S. tuberosum-andigenum*-Genome verschiedener Valenzstufen geschaffen werden:

$2n = 24$ (haploid) \times $2n = 24$ (haploid)	= $2n = 24$ (haploid)
$2n = 24$ (haploid) \times $2n = 48$ (tetraploid/ <i>S. tuberosum</i>)	= $2n = 36$ (triploid)
$2n = 36$ (triploid)-Colchizinbehandlung-Polyploidisierung	= $2n = 72$ (hexaploid)
$2n = 72$ (hexaploid) \times $2n = 49$ (tetraploid/ <i>S. tuberosum</i>)	= $2n = 60$ (pentaploid)
$2n = 72$ (hexaploid) \times $2n = 24$ (diploid/haploid)	= $2n = 48$ (tetraploid)
$2n = 48$ (tetraploid)-Colchizinbehandlung-Polyploidisierung	= $2n = 96$ (octoploid)
$2n = 96$ (octoploid) \times $2n = 24$ (diploid/haploid)	= $2n = 60$ (pentaploid)
$2n = 96$ (octoploid) \times $2n = 48$ (tetraploid)	= $2n = 72$ (hexaploid)

Manche Valenzstufen können theoretisch auf zwei verschiedene Weisen erzeugt werden. Schwierigkeiten bereitet es, die haploiden Formen bei Kreuzungen als Pollenelter zu verwenden, weil der überwiegende Teil dieser Pflanzen wegen schlechten Pollens keine Befruchtungen zuläßt.

An einem entschieden umfangreicheren Beobachtungsmaterial stellten HOU GAS und PELOQUIN (1960b) Ähnliches fest, daß nämlich der Anteil pollenfertiler Typen unter den „Roh“-Haploiden sehr gering ist. Andererseits sind Genotypen mit fertilen Eizellen nicht selten.

2. Fertilität und Kreuzbarkeit

Der größte Teil haploider *S. tuberosum*-Pflanzen bildet kleinere, aber sonst normale Blüten aus. Die Fertilität ist unterschiedlich, der größte Teil der Pflanzen hat eine gute Fertilität der Eizellen, verbunden mit Pollensterilität, ein Teil ist steril und einige wenige Pflanzen sind als Mutter wie auch als Pollenelter gleich gut zu gebrauchen.

Bereits eine beachtliche Anzahl verschiedener Species-Bastarde zwischen haploidem *S. tuberosum*- und anderen Arten sind hergestellt worden (HOU GAS und PELOQUIN, 1959, 1960a).

Erfolgreich waren hierbei Kreuzungen mit Arten aus den Series *Commersoniana*, *Cuneolata*, *Demissa*, *Megistacroloba* und *Tuberosa*; ohne Erfolg waren Bastardierungen mit den Arten der Series *Bulbocastana*, *Cardiophylla*, *Circaeifolia*, *Conicibaccata*, *Morelliformia*, *Pinnatisecta* und *Polyadenia*. Wir erzielten bisher Bastarde mit *S. raphanifolium* (Meg.), *S. tamatinae*, *S. simplicifolium* und *S. phureja* (Tub.).

Es ist zweckmäßig, den Kreuzungserfolg an der Anzahl erzielter haploider Pflanzen zu messen. Durch eine von PELOQUIN und HOUGAS (1959a und b) beschriebene Dekapitationstechnik sowie durch Anwendung der Pollenkühlagerung nach HOWARD (1958) kann der Kreuzungserfolg verbessert werden.

zinbehandlung) haploider Klone müßte man zu tetraploiden Formen mit einer beachtlichen Homozygotie gelangen. Mit solchem Material könnten vielleicht die Fragen über die Möglichkeit einer bewußten Ausnutzung der Heterosis für die Kartoffelzüchtung geprüft werden.

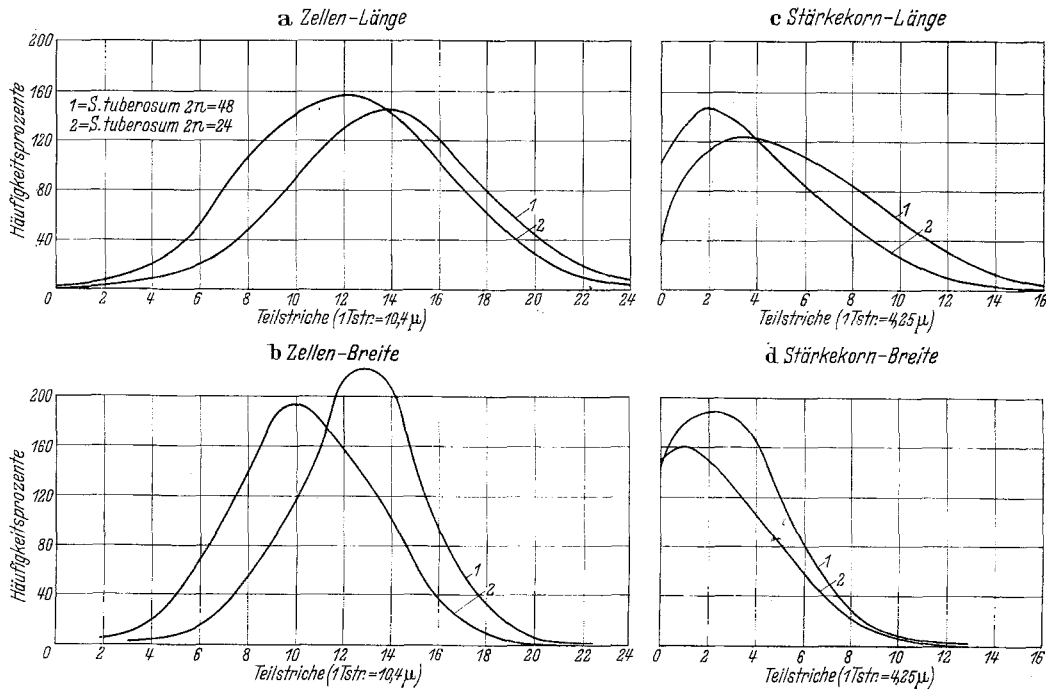


Abb. 4. Häufigkeitsverteilung einiger untersuchter Knollenmerkmale von Pflanzen unterschiedlicher Valenzstufe — *S. tuberosum* (Apta) a) Zellenlänge 2n = 48 und 2n = 24; b) Zellenbreite 2n = 48 und 2n = 24; c) Stärkekornlänge 2n = 48 und 2n = 24; d) Stärkekornbreite 2n = 48 und 2n = 24.

3. Erhaltung und Erschließung des Keimplasmas diploider wilder und kultivierter Species

Der größte Teil (etwa 60%) der bekannten knollentragenden *Solanum*-Arten ist diploid (2n = 24). Für die Züchtung sind diese Arten bisher kaum genutzt worden, weil Kreuzungsschwierigkeiten bestehen und der Wildcharakter — die geringe Knollenbildung, die meist vorherrschende Anlage für photoperiodische Kurztagsreaktion usw. — eine richtige Beurteilung und Bewertung für die derzeitigen züchterischen Belange schwer gestatten. Die Erhaltung dieser Formen ist aufwendig und in der Regel nur in Topfkultur unter Glas möglich. Hybriden dieser Wildarten mit 2n = 24 Chromosomen kann man wahrscheinlich unter Freilandbedingungen anbauen, um Knollen zu erhalten, die Resistenz-, Qualitäts-, Ertrags- usw. -beurteilungen zulassen. Es ist u. U. auch möglich, Knollen dieser Muster ein Jahr bei + 4 °C in der Kühlkammer zu überlagern und damit die Erhaltung des wichtigen Genreservoirs zu rationalisieren.

4. Genetische Überlegungen zur Anwendung Haploider in der Kartoffelzüchtung

a) Homozygote Eltern für die Züchtung

Analog zur Züchtungsarbeit mit anderen Kulturpflanzen, insbesondere zur Maiszüchtung, wird von einigen Autoren die Möglichkeit einer Leistungssteigerung durch die Schaffung von Hybriden unter Verwendung weitgehend homozygoter Stämme (Inzuchten) erwogen (KRANTZ, 1946; KRANTZ und HUTCHINS, 1929; GUERN, 1940; ENGEL, 1957; RUDORF, 1950). Durch künstliche Polyploidisierung (Colchi-

b) Disome Aufspaltungen

Im Rahmen der Züchtung, insbesondere der Resistenzzüchtung, ist die Kenntnis der Vererbungs- und Aufspaltungsverhältnisse wertvoll. Da die diploiden Species immer stärker auf Grund bestimmter Resistenz oder Qualitätseigenschaften für die Züchtungsarbeiten herangezogen werden, werden im allgemeinen die 24 chromosomigen Eltern künstlich polyploidisiert entsprechend der Valenzstufe von *S. tuberosum*. Das hat zur Folge, daß relativ einfache Erbgänge auf 2n = 24 chromosomiger Basis durch die Verdoppelung des Chromosomensatzes unter Umständen komplizierter werden und die Züchtung erschweren.

Es wird deshalb zweckmäßig sein, durch Kreuzung mit haploidem *S. tuberosum* genetische Analysen in der diploiden Phase vorzunehmen, bei bifaktoriellen Erbanlagen Homozygotie zu erreichen und dann das Material zu polyploidisieren, um nach Möglichkeit Formen zu erhalten, die tetrasome die gewünschte Eigenschaft vererben. Die Quote positiver Selektionstypen, welche die gewünschten Eigenschaften tragen, nimmt entsprechend den Regeln für tetrasome Vererbungsweise unabhängig davon, ob Chromosomen oder Chromatidenspaltungsverhältnisse angenommen werden, zu, und die Züchtungsarbeit wird rationalisiert.

c) Genetische Fragen von vorerst vorwiegend theoretischer Bedeutung

Die direkt die praktische Züchtung berührenden Probleme sollten vorrangig bearbeitet werden. Daneben gibt es aber auch Fragen, deren Beantwortung vorerst vorwiegend theoretischer Natur sind, die je-

doch durch ihre Lösung ohne Zweifel beachtlichen Wert für die Züchtung erlangen können.

In Anlehnung an HOUGAS und PELOQUIN (1958b) sind in diesem Zusammenhang zu nennen:

Untersuchungen über die auto- oder allopoloide Natur des *S. tuberosum*-Genoms.

Die Aufstellung eines Karyogrammes (Pachytänanalyse) von typischen Vertretern der europäischen Kulturkartoffel (*S. tuberosum* ssp. *tuberosum*), den chilenischen $2n = 48$ chromosomigen kultivierten Formen (*S. tuberosum* ssp. *tuberosum*) mit Langtagscharakter und den andinen $2n = 48$ chromosomigen Indianerkartoffeln (*S. tuberosum* ssp. *andigenum*). Es ließen sich sicherlich durch die Chromosomen-Differenzierung weitere Hinweise für die Abstammung der Kulturkartoffeln erbringen.

Untersuchungen über die Basiszahl der knollentragenden Solanaceen. Untersuchung über die Wirkung des Dosage-Effektes an bestimmten Merkmalen.

Wirkung der Mutationsauslösung mit Hilfe mutagener Strahlen oder Chemikalien bei *S. tuberosum*.

Studium der Chromosomen- oder Chromatiden-spaltung.

Weniger aufwendige Verfahren bei der Schaffung haploider Genotypen, die aller Wahrscheinlichkeit nach durch die Zusammenarbeit aller daran interessierten Personen in nächster Zeit entwickelt werden können, werden den haploiden Kartoffelformen ein weites Anwendungsfeld in Züchtung und Forschung erschließen.

Zusammenfassung

Nach den Angaben von HOUGAS und PELOQUIN (1957—1960) wurden haploide Pflanzen von der *S. tuberosum*-Kulturkartoffelsorte Apta hergestellt. Es wurden vergleichende Untersuchungen zwischen den Tetraploiden ($2n = 48$) — Selbstungssämlinge der *S. tuberosum*-Sorte — und den Haploiden ($2n = 24$) in folgenden Merkmalen angestellt:

Blattlänge und Breite

Chloroplastenzahl der Spaltöffnungen am Blatt

Stärkegehalt, Trockensubstanzgehalt

Roheiweißgehalt der Knolle und

Zell- und Stärkekorngrößen ebenfalls an der Knolle.

Mit Ausnahme des Eiweißgehaltes bestehen bei den übrigen untersuchten Merkmalen zwischen den Tetraploiden ($2n = 48$) und den Haploiden ($2n = 24$) gesicherte Differenzen, wobei die höherchromosomigen Muster größere Werte ergeben.

Im zweiten Teil (II) wird auf die züchterischen und genetischen Möglichkeiten, die sich durch die Herstellung haploider *S. tuberosum*-Formen ergeben, hingewiesen:

1. In absehbarer Zeit wird es durch geeignete Kreuzungen möglich sein, *S. tuberosum*-Kulturkartoffel-Genome der Valenzstufen $2n$ 24, 36, 48, 60 und 72 zu erstellen.

2. Die Fertilität und Kreuzbarkeit der haploiden Formen ist unterschiedlich, wobei im allgemeinen die Fertilität der Eizelle größer ist als die der Pollen.

3. Die Erhaltung und Erschließung des Keimplasmas diploider wilder und kultivierter Species wird mit Hilfe haploider $2n = 24$ chromosomiger *S. tuberosum*-Formen besser möglich sein.

4. Für eine bewußte Inzucht-Heterosiszüchtung bei Kulturkartoffeln können Haploide möglicherweise ein geeignetes Ausgangsmaterial bieten.

5. Komplizierte Aufspaltungsverhältnisse bei tetraploidem *S. tuberosum* ($2n = 48$) lassen sich unter Umständen in der haploiden Phase leichter erkennen.

6. Sicherlich werden Haploide ein wertvolles Forschungsobjekt für spezielle Fragen der Abstammungslehre, Zytologie und Genetik bei *S. tuberosum* darstellen.

Literatur

1. BAINS, G. S., and H. W. HOWARD: Haploid *S. demissum* plants. Nature, London, 166, 795 (1950).
2. COOPER, D. C., and G. H. RIEMANN: Diploid plants in a seedling population of the cultivated potato. Amer. Potato J. 35, 642 (1958).
3. DODDS, K. S.: Polyhaploids of *S. demissum*. Nature, London, 166, 795 (1950).
4. ENGEL, K. H.: Grundlegende Fragen zu einem Schema für Arbeiten mit Inzuchten bei Kartoffeln. Der Züchter 27, 98—124 (1957).
5. GUERN, A. P.: (On self-pollinated strains of potatoes.) Proc. Lenin Acad. Agric. Sci. UdSSR (russisch) (1940). Ref.: P. Breed. Abstr. 11, 153 (1941).
6. HARLAND, S. C.: The use of haploids in cotton breeding. Ind. Jour. Gen. 15, 15—17 (1955).
7. HOUGAS, R. W., and S. J. PELOQUIN: A haploid plant of the potato variety Katahdin. Nature 180, 1209—1210 (1957).
8. HOUGAS, R. W., and S. J. PELOQUIN: Genetic variation among haploids of the common potato. Abstr. of papers presented on the 42 Meeting of the Pot. Ass. of America. Amer. Potato J. 35, 722 (1958a).
9. HOUGAS, R. W., and S. J. PELOQUIN: The potential of potato haploids in breeding and genetic research. Am. Potato J. 35, 701—707 (1958b).
10. HOUGAS, R. W., and S. J. PELOQUIN: Hybrids of *Solanum tuberosum* haploids and the tuber-bearing *Solanum*-species. Pot. Ass. of Am., Abstr. Papers, 43. Ann. Meet. 12.—16. Aug. (1959).
11. HOUGAS, R. W., and S. J. PELOQUIN: Kreuzbarkeit *Solanum tuberosum* Haploider mit diploiden *Solanum*-Arten (Abstr.). EAPR, 1. Triennial Conference of the EAPR, 12. — 17. Sept. 1960, Braunschweig-Völknerode (1960a).
12. HOUGAS, R. W., and S. J. PELOQUIN: Initial evidence concerning the feasibility of potato breeding at the diploid level. Abstr. Papers 44. Ann. Meet. Am. Potato Ass. Amer. Potato J. 37, 348 (1960b).
13. HOUGAS, R. W., S. J. PELOQUIN and R. W. ROSS: Haploids of the common potato. J. Heredity 49, 103—106 (1958).
14. HOWARD, H. W.: The storage of potato pollen. Amer. Potato J. 35, 676—679 (1958).
15. HOWARD, H. W., and M. S. SWAMINATHAN: The cytology of haploid plants of *Solanum demissum*. Genetica 26, 381—391 (1953).
16. IVANOVSKAJA, E. V.: (Eine haploide Pflanze von *S. tuberosum*.) Doklady Akademii Nauk SSSR (Ber. Akad. Wiss. UdSSR) 24, 517—520 (1939) (russisch).
17. JØRGENSEN, C. A.: The experimental formation of heteroploid plants in the genus *Solanum*. J. Genet. 19, 133—211 (1928).
18. KAPPERT, H.: Die vererbungswissenschaftlichen Grundlagen der Züchtung. 2. Aufl. Verl. Paul Parey, Berlin-Hamburg, 335 S. (1953).
19. KAWAKAMI, K., and M. MATSUBAYASHI: Studies on the haploid plants of *Solanum tuberosum*. I. Morphological characteristics of the polyhaploid plants. Ikushugaku Zasshi/Jap. J. Breeding 10, 10—18; Ref.: Plant Breed. Abstr. 31, 635 (1960).
20. KOLLER, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. 3. Aufl. Verl. Dietrich Steinkopff, Darmstadt, 73 S. (1953).
21. KOSTOFF, D.: The problem of haploidy. Bibliogr. Genetica 13, 1—148 (1942).
22. KRANTZ, F. A.: Potato breeding methods. III. A suggested procedure for potato breeding. Min. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 173 (1946).
23. KRANTZ, F. A., and A. E. HUTCHINS: Potato breeding method. II. Selection in inbred lines. Minn. Agr. Exp. Sta. Techn. Bull. 58 (1929).
24. LAMM, R.: Notes on a haploid potato hybrid. Hereditas 24, 391—396 (1938).
25. MARKS, G. E.: A polyhaploid plant of *Sol. polytrichon* Rydb. Nature, London, 175, 469 (1955).
26. MEINL, G., and D. ROTHACKER: Chloroplastenzahl und Valenzstufe bei verschiedenen Kartoffelspecies. Z. f. Bot. 49, 380—392

(1961). — 27. OLSSON, G., and A. HAGBERG: Investigations on haploid rape. *Hereditas* **41**, 227—237 (1955). — 28. PELOQUIN, S. J., and R. W. HOUGAS: Haploidy in *Solanum tuberosum* and in the subspecies *andigena*. *Pot. Ass. of Am. Abstr. Papers*. 43 Ann. Meet. 12.—16. Aug. (1959a). — 29. PELOQUIN, S. J., and R. W. HOUGAS: Decapitation and genetic markers as related to haploidy in *Solanum tuberosum*. *Eur. Pot. J.* **2**, 176—183 (1959b). — 30. PELOQUIN, S. J., and R. W. HOUGAS: Genetic variations among haploids of the common potato. *Am. Pot. J.* **37**, 289—297 (1960). 31. PELOQUIN, S. J., R. W. HOUGAS and A. C. GABERT: The frequency of Haploids in *Solanum tuberosum*. *Abstr. Papers* 44 Ann. Meet. Pot. Ass. Am. Amer. Potato J. **37**, 350 (1960). — 32. RIEMANN, G. H., D. C. COOPER and P. M. TSENG: Appearance and detection of diploid plants ($2x = 24$) in seedling popu-

lations of *Solanum tuberosum*. *Abstr. Papers* 43. Ann. Meet. Pot. Ass. Am. Amer. Potato J. **36**, 232—305 (1959). — 33. ROTHACKER, D.: Die Schwemmanalyse von Sämlingspopulationen, ein Hilfsmittel der Kartoffelzüchtung (unveröff.). — 34. RUDORF, W.: Beobachtungen auf dem Gebiet der Pflanzenzüchtung in den USA. *Z. Pflanzenzücht.* **28**, 273—354 (1950). — 35. RYBIN, V. A.: Cytological investigation of the South American cultivated and wild potatoes, and its significance for plant breeding. *Trud. priklad. Bot. Genet. Selekc.* (Arb. angew. Bot. Genet. Selekt.) Ser. 2, Nr. 2, 3—100 (1933) (russisch). — 36. SCHULZE, W.: Untersuchungen über die Zellgröße von Knollen verschiedener Kartoffelsorten und ihre Beeinflussung durch Anbaubedingungen sowie ihre Beziehungen zwischen Zellgröße und Stärkekorngroße. *Angew. Bot.* **13**, 209 (1931).

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Hohenthurm bei Halle/Saale

Eine einfache Methode der Prüfung auf Winterfestigkeit bei Getreide

Von H. SCHMALZ

Mit einer Abbildung

A. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten sind eine Reihe Verfahren ausgearbeitet worden, die auch in relativ milden Wintern dem Züchter eine direkte Erfassung von Winterfestigkeitsunterschieden bei Getreide ermöglichen. Da mit Hilfe von indirekten Methoden bekanntlich eine sichere Testung von Resistenzunterschieden häufig nicht möglich ist und auch die Arbeitsaufwendigkeit derartiger Methoden gewöhnlich recht hoch veranschlagt werden muß, wurden in immer stärkerem Umfange Prüfmethode entwickelt, die die in der Mehrzahl der Jahre nicht genügend differenzierenden Winter stärker wirksam werden lassen. Dieses Ziel kann einmal dadurch erreicht werden, daß Bedingungen geschaffen werden, die den winterlichen Belastungsfaktoren bessere Angriffsmöglichkeiten bieten. Zu diesen Verfahren, die auch als Provokationsmethoden bezeichnet werden können, zählen zum Beispiel die künstliche Schneefreihaltung (HOESER 1954, SCHMALZ 1957), die Variation der Schneedecke (TUMANOV et al. 1935), der Anbau auf erhöhten Beeten (JENKEN 1948) oder in besonders exponierten Lagen, die künstliche Schaffung einer Eiskruste (TUMANOV o. J.), der Kastenbau (Weißenstephaner Kastenmethode) und Hochstellung der Kästen (AUFHAMMER 1953, 1955, HOESER 1954, SCHMALZ 1957, SEGEŤA 1957, POTOČANAC et al. 1960). Andererseits kann das Zuchtmaterial durch besondere Maßnahmen in einen für die winterlichen Belastungen besonders empfindlichen Zustand versetzt werden. Dadurch wird erreicht, daß milde Winter wie strenge wirken. Für derartige Maßnahmen ist auch der Ausdruck Sensibilisierung verwendet worden (HÄNSEL 1960). Unerläßliche Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung derartiger Methoden in der Pflanzenzüchtung ist, daß sich die Sortenrangfolgen nach einer solchen sensibilisierenden Behandlung nicht verschieben. Erwünscht ist dabei, daß nach Möglichkeit die Unterschiede von der resistentesten bis zur empfindlichsten Versuchsvariante noch größer erscheinen als im Normalzustand. Weiterhin muß ein solches Ver-

fahren ohne übermäßig großen Aufwand die Prüfung umfangreicher Serien gestatten. Zu den Methoden, die hierfür vorgeschlagen worden sind und sich auch bereits zum Teil in die pflanzenzüchterische Praxis eingeführt haben, gehören: die Vorsaats-Jarowisation (VASILJEV 1934, TALALAEV 1936, HOFFMANN 1937, 1952, RUDORF 1938, SCHMALZ 1957, GRAHL 1960 u. v. a.), die photoperiodische Induktion (RUDORF 1938, SCHMALZ 1953, 1957, RIMPAU 1958), eine Gibberellinbehandlung (CORNS 1959, MÜLLER 1960), eine Beschattung (FEEKES 1957) und die Behandlung mit den Herbiciden DNOC (Dinitro-o-kresol) oder MCPA (Chlor-methylphenoxyessigsäure) (FEEKES 1960). Zwischen der Gruppe der Provokationsmethoden und der der Sensibilisierungsverfahren bestehen allerdings in manchen Fällen keine scharfen Grenzen. Ein Anbau in hochgestellten Kästen wird z. B. einmal den winterlichen Belastungsbedingungen stärkeren Zugang ermöglichen, gleichzeitig aber auch infolge des geringeren Bodenvolumens eventuell den Vitalitätsgrad der Pflanzen beeinflussen. Es kann allerdings angenommen werden, daß bei Getreide diese Vitalitätsminderung noch gering ist, während der Kastenbau bei Pflanzenarten mit tiefgehenden Pfahlwurzeln, wie z. B. bei Raps und Rüben, stärker die Resistenz beeinflussen wird. Deshalb kann bei der Durchführung von Winterfestigkeitsprüfungen mit Raps und Rüben die Kastenmethode nur mit Vorbehalt empfohlen werden. Am hiesigen Institut wurde z. B. in mehrjährigen Versuchen unter Verwendung unserer relativ kleinen Kästen ($36 \times 36 \times 12$ cm innere Weite) regelmäßig gefunden, daß der im Freiland winterfestere Winterrüben stärker geschädigt wurde als der im Freiland anfälligere Winterraps. Solange man innerhalb einer Pflanzenart bleibt und die Kästen groß genug wählt, kann diese Methode aber anscheinend doch mit Erfolg auch beim Raps angewandt werden, wie Ergebnisse von SCHULZ (1960) zeigen.

Die genannten Provokationsmethoden und die verschiedenen Sensibilisierungsverfahren können selbst-