

also willkürlich und kann durch die Einführung anderer Werte für die einzelnen Inhaltsstoffe in ihrer absoluten Höhe — nicht in ihrem Verhältnis zueinander — verändert werden. Sie wirkt sich besonders bei der Multiplikation des *WNF* mit dem Ertrag, also der Bestimmung der *WNM* aus und gibt an, in welchem Umfang z. B. die Erhöhung des Gehaltes an einem Inhaltsstoff bei einem bestimmten Ertragsabfall noch günstig zu beurteilen ist. Die vorgeschlagene Abstufung dürfte m. E. ernährungsphysiologischen und ernährungswirtschaftlichen Anforderungen annähernd gerecht werden.

Es wäre wünschenswert, daß die vorgeschlagenen Formeln von verschiedenen Seiten überprüft werden, um bei Bewährung eine bessere Bezugsgröße als die Erntemasse im Gemüsebau einführen zu können. Die Maßnahmen in Züchtung, Versuchsanbau und Produktion können dann auf eine Erhöhung der wesentlichen Nährwertmengen im Gemüse ausgerichtet sein.

#### 4. Zusammenfassung

Für die Ernährung des Menschen können z. Z. folgende Stoffe im Gemüse als maßgeblich angesehen werden:

1. Vitamin C und Carotin
2. Mineralstoffe, Calcium und Eisen
3. Ballaststoffe (Rohfaser).

Um den wesentlichen ernährungsphysiologischen Wert des Gemüses zu kennzeichnen, werden die Gehaltswerte an diesen Stoffen mit den ernährungs-

physiologisch notwendigen Bedarfsnormen in Beziehung gesetzt. Die Summe aus diesen so gewonnenen einzelnen Wertzahlen wird als „Wesentlicher Nährwertfaktor“ (*WNF*) des Gemüses bezeichnet. Durch Multiplikation des *WNF* mit dem Ertrag erhält man eine Bezugsgröße für die Beurteilung von Sorten- und Anbauversuchen, die nicht nur die Erntemasse, sondern die „Wesentlichen Nährwertmengen“ (*WNM*) angibt. Die Berechnung der *WNF* wird mit der in dänischen Sortenversuchen angewendeten Bestimmung der „Ernährungswertzahl“ verglichen.

#### Literatur

1. BECKER, M.: Zur Vitamin-C-Bestimmung in frischem Pflanzenmaterial. Arch. f. Gartenbau **11**, 547—560 (1963).
- 2. BECKER, M.: Eine zweckmäßige Apparatur für die säulenchromatographische Carotinbestimmung. Arch. f. Gartenbau **11**, 543—546 (1963). — 3. DUGGEN, H.: Der biologische Wert des Gemüses. Deutsche Gartenbauwirt. **10**, 129—129 (1962). — 4. GRÄFE, H. K.: Zur effektiven Ernährungssituation der Werktätigen. Berlin: Akademie-Verlag 1959. — 4a. GRÄFE, H. K.: Ernährungsphysiologischer Wert des Gemüses. Arch. f. Gartenbau **10**, 54—64 (1962). — 5. GÖHLER, F., und M. BECKER: Die seriennäßige komplexometrische Bestimmung von Calcium in Böden und Pflanzaschen. Thaer-Archiv **5**, 241—249 (1961). — 6. RINNO, G.: Der Ernährungswert von Gemüse. Die Nahrung **9**, 455—468 (1965). — 7. RINNO, G.: Die Beurteilung des ernährungsphysiologischen Wertes von Gemüse. Arch. f. Gartenbau **13**, 415—428 (1965). — 8. ROE, J. H., und C. A. KUETHER: The determination of ascorbic acid in whole blood and urine through the 2,4-dinitrophenylhydrazine derivative of dehydroascorbic acid. J. biol. Chem. **147**, 399—420 (1943). — 9. SCHMIDT, L., M. OTT und W. SCHUPHAN: Methodenbuch Bd. IV. Radebeul 1953.

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Kleinwanzleben  
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

## Die chemische Zusammensetzung des Zuckerrübensamens

Von E. SOMMER

Mit 4 Abbildungen

In der Literatur findet man wenige Arbeiten, die sich eingehend mit den Inhaltsstoffen des Zuckerrübensamens befassen. Uns sind nur die bereits mehr als 50 Jahre zurückliegenden Abhandlungen von STROHMER und FALLADA (1906) sowie von STOKLASA (1906), die von DE ROUBAIX und LAZAR (1951) mitgeteilten Untersuchungsergebnisse MAXIMOVITSCHS und die Arbeiten von DE ROUBAIX und LAZAR (1955/56, 1957/58) bekannt. In der „Fysiologie cukrovky“ von DRACHOVSKÁ und ŠANDERA (1959) finden sich noch einige Durchschnittswerte von WEHMER aus dem Jahre 1911.

Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Zuckerrübensamens (einschließlich der Enzyme) befriedigt nicht nur ein theoretisches Interesse, sondern ist auch von physiologischer Bedeutung. Das Saatgut — und damit auch der eigentliche Samen — ist das erste Untersuchungsobjekt, bei dem die Bewertung der Qualität beginnt. Die hochmolekularen, unlöslichen Reservestoffe des Samens werden beim Keimungsprozeß durch Enzyme in transportfähige Verbindungen überführt und stellen zusammen mit anderen Inhaltsstoffen als ausbalanzierte Nährstoffbasis einen wichtigen Faktor für einen günstigen

Ablauf des Stoffwechselgeschehens und damit für die Qualität des Samens dar. Der Zuckerrübenkeimling

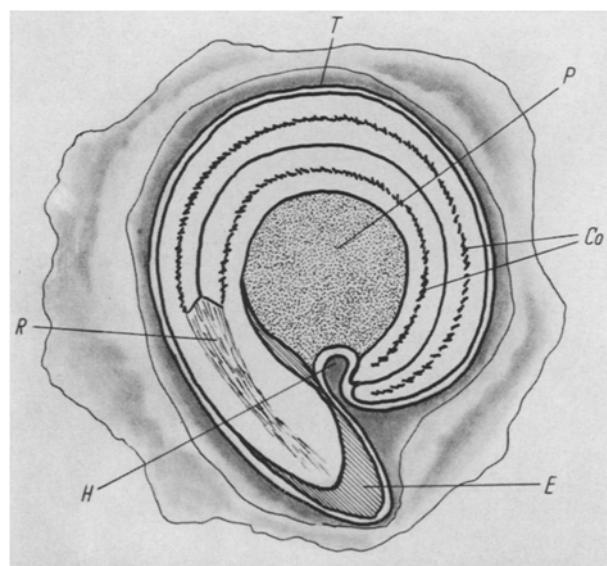


Abb. 1. Samen im Längsschnitt. — *P* = Perisperm; *E* = Endosperm; *R* = Wurzelchen; *U* = Samenschale; *Co* = Kotyledonen; *H* = Hilum.

Tabelle 1. Chemische Zusammensetzung von Zuckerrübensamen in % der Trockensubstanz (a) bzw. in % der Asche (b).

nach MAXIMOWITSCH	nach WEHMER
(a) Gesamt-Stickstoff (d. i. Roheiweiß)	3,57
Stärke	22,31
in Äther lösliche Stoffe	37,40
Reduzierende Zucker	21,85
Disaccharide	0,63
Wasserlösliche Zuckerstoffe	1,07
Hemizellulose	2,23
Asche	3,75 - 4,15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,09
K <sub>2</sub> O	0,812
CaO	0,132
(b) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	55,70
K <sub>2</sub> O	21,60
CaO	3,52
	(a) Nukleoproteide
	Eiweißstoffe
	Amide
	Fette (Glyzeride)
	Phytosterin
	Lecithin
	Stärke
	Pentosen
	Rohfaser
	N-freie Extraktstoffe
	Oxalsäure (als Ca-, K-Verbindungen)
	Asche
	(b) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	K <sub>2</sub> O
	CaO

entwickelt sich anfangs heterotroph, bis er eine autotrophe Lebensweise zu führen fähig ist.

### Material und Methodik

Zur Gewinnung von Samen als Untersuchungsmaterial verwendeten wir kleine Scheibenmühlen. Bei bestimmter Einstellung der geriffelten Scheiben und mehrmaligem Durchgeben der größer vorgebrochenen Knäuel erhält man neben zerbrochenen auch eine entsprechende Menge unbeschädigter Samen. Beim Drusch beregneter und wieder getrockneter Rübensamenträger springt ebenfalls ein Teil der Samen aus den Knäueln, da sich die Fruchtdeckel relativ leicht öffnen. Größere Samenmengen verschafften wir uns aus der Aufbereitungsanlage für segmentiertes Saatgut des DSG-B für Zuckerrübensamen Kleinwanzleben. Die unbeschädigten Samen wurden aus diesen Proben ausgelesen, fein zerrieben und mit dem Samenmehl oder dem wässrigen Samenmehlextrakt die Analysen durchgeführt.

Für die Bestimmung der Inhaltsstoffe (außer Gesamt- und Eiweißstickstoff) verwendeten wir Samenmehlextrakte. 10 g Samenmehl wurden zwei Stunden mit 500 cm<sup>3</sup> aqua dest. geschüttelt und dann zentrifugiert, das Zentrifugat mit Bleiessig enteiweißt, zur Entfernung des Bleis mit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> versetzt, filtriert und entsprechende Abnahmen für die einzelnen Bestimmungen vorgenommen.

### Ergebnisse und Diskussion

Bevor wir die eigenen Untersuchungsergebnisse mitteilen, sollen zunächst die von MAXIMOVITSCH und WEHMER ermittelten Werte für einige Inhaltsstoffe aufgeführt werden (Tab. 1), wobei die von WEHMER mitgeteilten abgerundete Durchschnittswerte darstellen.

Die von WEHMER angeführten Werte für Stärke- und Fettgehalte liegen gegenüber denen von MAXIMOVITSCH wesentlich niedriger. Hingegen besteht gute Übereinstimmung bei den Aschebestandteilen.

Tabelle 2. Chemische Zusammensetzung von Zuckerrübensamen der Sorte Media (in % der lufttrockenen Samen bzw. in % der Karbonatasche).

Trockensubstanz	89,06	Betain-Stickstoff	0,058
Stickstoffformen		(d. i. Betain)	0,48
Gesamtstickstoff	3,34	Nitratstickstoff	0,004
(d. i. Roheiweiß)	20,85	Lecithin-Stickstoff	0,009
Eiweißstickstoff	2,62	(d. i. Lecithin)	0,500
(d. i. Reineiweiß)	16,40	Cholin	0,069
Gesamtamidstickstoff	0,128	Lecithin-Phosphor	0,019
NH <sub>3</sub> -Stickstoff	0,045	Stärke	38,9
Durch Quecksilberazetat und Soda fällbarer Stickstoff	0,286	Pentosane	3,43
davon als Gesamtamidstickstoff	0,116	(Roh-)Fett	20,9
davon als NH <sub>3</sub> -Stickstoff	0,041	Rohfaser	2,98
davon als Aminosäurestickstoff	0,130	Rohasche (Karbonat)	4,21
Bor	0,29 · 10 <sup>-3</sup>	Reinasche	4,00
CaO	0,29	Zitronensäure	0,113
MgO	0,63	Oxalsäure	0,350
K <sub>2</sub> O	0,72	In der Karbonatasche	
Na <sub>2</sub> O	0,03	CaO	7,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,15	MgO	18,00
		K <sub>2</sub> O	17,85
		Na <sub>2</sub> O	0,70
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	52,40

Neben der Bestimmung des Stärke-, Fett- und Eiweißgehalts lag bei den eigenen Untersuchungen das Hauptgewicht auf der Bestimmung der verschiedenen Stickstoffformen und auf der quantitativen Bestimmung der Aminosäuren im Eluat der Samen sowie im Hydrolysat des Sameneiweißes. In Tab. 2 sind die Analysenergebnisse von Samen der Kleinwanzlebener Zuckerrübensorge Media, Erntejahr 1959, aus dem Durchschnitt von zwei Bestimmungen angeführt.

Für das Erntejahr 1960 sind in Tab. 3 die wichtigsten Werte für Samen der Sorte Media zusammengefaßt (Durchschnitt von zwei Bestimmungen).

Der Gehalt an der zum größten Teil im Perisperm eingelagerten Stärke, nach der Polarisationsmethode (vgl. EWERS 1951) ermittelt, überragt den aller anderen Inhaltsstoffe. Es folgen Fett- und Reineiweißgehalt. Die Werte für Amid- und NH<sub>3</sub>-Stickstoff wurden in üblicher Weise sowohl direkt im enteiweißten Sameneluat als auch in der Quecksilberazetat-Soda-Fällung bestimmt. Deshalb sind in Tabelle 2 die Werte für Gesamtamid- und NH<sub>3</sub>-Stickstoff zweimal angeführt. Quecksilberazetat-Soda-Lösung fällt den Stickstoff der Amide, der Aminosäuren und den NH<sub>3</sub>-Stickstoff. Aus der Differenz des durch Quecksilberazetat-Soda fällbaren Stickstoffs (Amidstickstoff plus NH<sub>3</sub>-Stickstoff) wird der Gehalt an Aminosäure-Stickstoff berechnet. Der Anteil des Eiweiß-

Tabelle 3. Chemische Zusammensetzung von Zuckerrüben-samen der Sorte Media

(in % der lufttrockenen Samen bzw. in % der Karbonatasche).

Trockensubstanz	91,04	In der Karbonatasche	
Gesamtstickstoff	3,59	K <sub>2</sub> O	18,32
(d. i. Roheiweiß)	22,42	Na <sub>2</sub> O	0,47
Reineiweißstickstoff	3,16	CaO	1,92
(aus der Tanninfällung)	3,10	MgO	19,20
(d. i. Reineiweiß)	19,8	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	55,30
	bzw.	SO <sub>3</sub>	0,80
	19,4		
Stärke	38,80		
Fett	19,30		
Reinasche (Karbonat)	4,09		
K <sub>2</sub> O	0,75		
Na <sub>2</sub> O	0,01		
CaO	0,08		
MgO	0,76		

Tabelle 4. Gehalte an Gesamt- und Eiweißstickstoff in lufttrockenen Samen von Zucker- und Zuckerfutterrüben in % der Frischsubstanz.

Erntejahr Sorte	1954 Plenta	1954 Ovana	1957 Plenta	1957 Dickwanst	1958 Plenta	1958 Dickwanst	1959 Media	1960 Media
Gesamtstickstoff	3,49	3,30	3,61	3,54	4,09	4,22	3,33	3,59
Eiweißstickstoff	3,18	2,96	3,02	3,00	3,42	3,40	2,62	3,16
Anteil des Eiweißstickstoffs am Gesamtstickstoff	91	89,69	83,67	84,81	83,70	80,60	78,50	88,00
Roheiweiß	21,81	20,63	22,58	20,10	25,56	24,36	20,84	22,42
Reineiweiß	19,87	18,50	18,50	18,75	21,40	21,27	16,40	19,70

stickstoffs am Gesamtstickstoff beträgt 78,5%, der summarische Anteil des Aminosäure-, Amid- und NH<sub>3</sub>-Stickstoffs am Gesamtstickstoff noch nicht 9%. Relativ hoch liegt der Gehalt an Aschesubstanzen, wobei MgO und K<sub>2</sub>O in weitem Abstand hinter P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> als zweitstärkste Komponenten erscheinen. Der Reineiweißgehalt der Samen betrug im Trockenjahr nur 83% des Gehalts von 1960, während der Fettgehalt den der Samen aus dem Jahre 1960 um 8% übersteigt. Die Summe der Gehalte dieser drei Nährstoffe betrug in beiden Jahren mehr als drei Viertel der lufttrockenen Samenmasse.

Eine Übersicht des Eiweißgehaltes und des Anteils des Eiweißstickstoffs am Gesamtstickstoff bei Samen von Zucker- und Zuckerfutterrüben verschiedener Erntejahre enthält Tabelle 4.

Tab. 4 zeigt, daß die Samen aus dem Trockenjahr 1959 unter denen der geprüften Proben aus den Jahren 1954, 1957, 1958, 1959 und 1960 auffallend niedrige Gehalte an Reineiweißstickstoff und sehr niedrige Anteile derselben am Gesamtstickstoff aufweisen. Die Eiweißgehalte von Zucker- bzw. Zuckerfutterrübensamen verschiedener Proben gleicher Erntejahre weisen kaum Unterschiede auf.

Die Eiweißstoffe sind hauptsächlich im Embryo enthalten (Abb. 1).

#### Freie und im Eiweiß gebundene Aminosäuren

Die Speicherung des Stickstoffs auf längere Sicht erfolgt im Rübensamen in Form von leicht abbau-baren Eiweißen, vor allem von Globulinen. Die Mobi-lisation der Eiweißstoffe für den Transport führt durch Spaltung der Peptidketten zu Aminosäuren. Das Massengleichgewicht der Polypeptidmoleküle mit den aufbauenden Aminosäuremolekülen ist im „ruhenden Samen“ sehr stark nach der Seite der ersten verschoben. Das beim Abbau der Eiweißstoffe an erster Stelle wirksame Enzym scheint das

freie Sulphydrylgruppen enthaltende Papain zu sein. Als Mittelwerte von zwei Bestimmungen zeigt Ta-belle 5 die Gehalte an einigen Aminosäuren im Samen-eluat von Zuckerrüben der Sorte Media, Erntejahr 1959. Tab. 6 gibt die Gehalte an Aminosäuren im Eiweißhydrolysat dieser Samen wieder.

Qualitativ wurden an freien Aminosäuren außer-dem Phenylalanin, Tyrosin, Threonin, Histidin, Lysin und Cystin nachgewiesen. Gegenüber den gleichfalls auf Samen bezogenen Werten für die Aminosäuremenge im Eiweißhydrolysat liegen diese Werte im Sameneluat sehr niedrig. Bemerkenswert ist der relativ hohe Gehalt an Arginin und Tryptophan. Tryptophan wurde nach ROTH (1939) mittels der Xanthoprotein-Reaktion kolorimetrisch und Methionin nach der von LAVINE (1943) angegebenen jodometrischen Methode bestimmt.

Tabelle 5. Gehalte an freien Aminosäuren im wässrigen Sameneluat der Zuckerrübensorte Media in % der lufttrockenen Samen.

Trockensubstanz der Samen	90,06
Leucin-Isoleucin	0,021
Valin	0,021
γ-Aminobuttersäure	0,012
Alanin	0,035
Glutaminsäure	0,125
Asparaginsäure	0,046
Arginin	0,113
Glyzin	0,035
Serin	0,030
Tryptophan	0,051
Methionin	0,080

Zur Feststellung der quantitativen Zusammensetzung hinsichtlich seiner Aminosäuren wurde das Sameneiweiß nach Ausfällung mit 6n-HCl hydrolysiert und HCl im Vakuum durch mehrmaliges Abdampfen zum Großteil entfernt. Der Rückstand wurde mit 10%igem Isopropanol aufgenommen; nach dem Filtrieren erfolgte Adsorption der Amino-

Tabelle 6. Gehalte an Aminosäuren im Eiweißhydrolysat von Samen der Zuckerrübensorte Media in % Aminosäure auf lufttrockene Samen be-zogen.

Leucin + Isoleucin	1,73
Valin	0,94
Phenylalanin	0,41
Alanin	0,72
Threonin	0,42
Glyzin	0,49
Serin	0,84
Glutaminsäure	2,29
Asparaginsäure	1,13
Arginin + Histidin	1,24
Lysin	0,27
Tryptophan	0,50
Methionin	0,28

säuren an KPS-Harz in der H-Form, Eluieren mit  $\text{NH}_3$  und nach elektrophoretischer Vortrennung die papierchromatographische Bestimmung der einzelnen Aminosäuren unter Verwendung von Eichkurven. Die Modellstreifen wurden unter gleichen Bedingungen behandelt. (Die Bestimmung von Tryptophan und Methionin erfolgte in der gleichen Weise.)

Die Gehalte an Glutaminsäure und Asparaginsäure stehen mit an erster Stelle und weisen so auf die Bedeutung dieser beiden Dicarbonsäuren als Aminogruppendonatoren für die Synthese anderer Aminosäuren aus den entsprechenden, bei der pflanzlichen Photosynthese gebildeten  $\alpha$ -Ketosäuren hin. In den Eiweißhydrolysaten treten daneben die basischen Aminosäuren, aber auch Tryptophan und Methionin stärker hervor, während die  $\gamma$ -Aminobuttersäure (die zum Beispiel in den Rübenpreßsäften als freie Säure dominiert) fehlt.<sup>1</sup>

Beträchtlich ist der Gehalt an Amidstickstoff. Die Funktion des in endogener Reaktion unter Beteiligung von ATP gebildeten Glutamins bzw. Asparagins als Ammoniakspeicher ist seit langem bekannt. Beztain hingegen, das die Pflanzenzelle als Ausgangsmaterial für das Cholin verwendet, findet im Eiweißstoffwechsel nicht mehr Verwendung.

Samen der Zuckerrübensorge Plenta, Erntejahr 1955, ergaben im sauren Samenhydrolysat (direkt ohne vorherige Eiweißausfällung) nach elektrophoretischer Trennung in saure, neutrale und basische Aminosäuren bei der Bestimmung folgende Werte für den Aminosäure-Stickstoff:

Glutaminsäure	0,312% d. s. 23,8%	des Gesamtamino-Stickstoffs
Asparaginsäure	0,161% d. s. 12,3%	des Gesamtamino-Stickstoffs
neutrale Aminosäuren	0,650% d. s. 50,0%	des Gesamtamino-Stickstoffs
basische Aminosäuren	0,185% d. s. 14,1%	des Gesamtamino-Stickstoffs

### Stickstofffreie organische Säuren

Von stickstofffreien organischen Säuren im Zuckerrübensamen fanden wir neben Oxalsäure und Zitronensäure Trikarballylsäure, Bernsteinsäure, Apfelsäure sowie Akonitsäure. Zitronensäure ist mit ihrem Zyklus unabdingbares Erfordernis für den Ablauf der Atmung und biologischen Verbrennung.

Die im Samen präformierte Zitronensäure ist für die bei der Keimung ablaufenden chemischen Prozesse unentbehrlich, zumindest solange, bis die endogene Bildung in Gang kommt. Falls ein gewisser Vorrat an Zitronensäure, ausgelöst durch unphysiologische Umsetzungen, unter einen erforderlichen Mindestbetrag abfällt, ist mit einer herabgesetzten Keimfähigkeit zu rechnen. Zwei Samenpartien (Plenta 1961) zeigten Gehalte an freier Zitronensäure

<sup>1</sup> Im sauren Medium ( $\text{pH} = 5$ ) konnten wir die Decarboxylierung von L-Glutaminsäure zu  $\gamma$ -Aminobuttersäure mittels L-Glutaminsäure- $\alpha$ -Decarboxylase papierchromatographisch nachweisen.

von 0,126 bzw. 0,135% und an gebundener + freier Zitronensäure von 0,184 bzw. 0,185%.

### Fette

Der Fettgehalt von Samen verschiedener Kulturpflanzen ist erblich bedingt, wird jedoch von Außenbedingungen stark beeinflußt. Entscheidend für die Fettbildung, der die Eiweißbildung im Samen vorausgeht, sind ausreichende Sonnenscheindauer und Wasserversorgung während der Samenreife. Der Fettabbau in öhlhaltigen Samen während der Keimung verläuft über die Zwischenstufe von Kohlehydraten, da erst diese vom Keimling veratmet werden können.

In unseren Untersuchungen an Samen von Zucker- und Zuckerfutterrüben erfolgte die Bestimmung des Fettgehalts durch Extraktion mit Petroläther in einer Einschliffapparatur. Tab. 7 gibt eine Übersicht

Tabelle 7. Rohfettgehalte der Samen verschiedener Sorten und Erntejahre von Zuckerrüben und Zuckerfutterrüben in % der Trockensubstanz.

Zuckerrübensamen				
Erntejahr	1953 Media	1954 Media	1959 Media	1960 Media
Sorte	23,55	21,63	22,98	21,19
Rohfettgehalt	1,4748	1,4796	—	—
Zuckerfutterrübensamen				
Erntejahr	1952 Ovana	1953 Dickwanst	1954 Dickwanst	1954 Ovana
Sorten	21,20	19,40	20,19	18,87
Rohfettgehalt	—	1,4747	1,4748	1,4750
Brechungswert des Fettes ( $n_D$ )				

über den Rohfettgehalt von Samen verschiedener Erntejahre.

Im Vergleich von Proben derselben Jahrgänge (1953, 1954) ergibt sich bei Zuckerfutterrübensamen oft ein bedeutend niedrigerer Rohfettgehalt als bei Zuckerrübensamen: 1953 19,40% gegenüber 23,55%; 1954 20,19 bzw. 18,87% gegenüber 21,63%. Allerdings treten auch Differenzen innerhalb der verschiedenen Sorten je nach Vegetationsbedingungen auf.

Das fette Öl des Zuckerrübensamens hat nach SCHICK (1911) folgende Zusammensetzung: 94% Glyzeride der Stearin-, Palmitin-, Öl-, Linol- und Rizinolsäure, von denen die Glyzeride der Palmitin- und Ölsäure überwiegen:

Glyzeride der Palmitinsäure	30%
Glyzeride der Stearinäure	15%
Glyzeride der Ölsäure	25%
Glyzeride der Linolsäure	14%
Glyzeride der Rizinolsäure	10%

Von unverseifbaren Bestandteilen entfällt der größere Anteil auf Phytosterine. Die den Fetten verwandten Lezithine (vgl. unsere Analysenergebnisse) enthalten noch Orthophosphorsäure (Lezithinphosphor!) und eine basische Gruppe (Cholin). Sie stellen keine Vorratsstoffe dar, sondern konstitutive Protoplasmabestandteile, die bei der Problematik der Permeabilität der lebenden Zelle eine Rolle spielen.

### Zucker

Die Stärkesynthese durch die Amylophosphorylasen aus den Monosacchariden erfolgt in den Samen sehr rasch; deshalb übersteigt der Zuckergehalt in den frühen Entwicklungsstadien auch kaum 1%. Sowohl 1959 als auch 1960 fanden wir in reifen Samen

Werte von annähernd 0,2% für reduzierende Zucker (als „Invertzucker“ bestimmt). Im einzelnen konnten folgende Zucker nachgewiesen werden: Ribose (die als N-Glykosid von Purin- und Pyrimidinbasen einen wichtigen Baustein der Nukleinsäuren bildet), Fruktose, Glukose, Galaktose, Saccharose, Maltose und Raffinose (Abb. 2). Freie Arabinose, die fast den gleichen Rf-Wert wie Fruktose hat, konnte mit Sicherheit nicht nachgewiesen werden, wohl aber nach Hydrolyse der Arabane.

### Methodik

Beim Keimen verschwindet zuerst die Raffinose (etwa nach 12 h), es folgen Maltose und Saccharose (Abb. 4a, b). Nach 21 h fanden wir verstärkt Glukose und Fruktose; später (nach 75 h) verschwand auch die Fruktose und neue reduzierende Stoffe traten in Erscheinung, die sich schwer identifizieren ließen. Galaktose, die bisher von anderen Autoren nicht angeführt wurde, konnte eindeutig nachgewiesen werden. Der Gehalt an Glukose lag bei ungefähr 0,08%; am niedrigsten war der Gehalt an Maltose mit 0,02%.

Zum Nachweis der einzelnen Zucker sowie zu ihrer halbquantitativen Bestimmung bedienten wir uns der Papierchromatographie. 0,5 g Samen wurden in kleinen Bechergläsern mit 1,5 cm<sup>3</sup> aqua dest. zerdrückt und unter öfterem Rühren fünf Stunden extrahiert, zentrifugiert und von der überstehenden Lösung entsprechende Abnahmen aufgetragen. Als Laufmittel diente ein Gemisch von Benzol, Butanol, Eisessig und Wasser im Verhältnis

- 1 1:5:3:3. Nach drei- bis viermaligem Laufen wurde mit folgenden Sprühmitteln sichtbar gemacht: Silbernitrat, MÜLLERSche Lösung, Anilinphtalat, m-Phenyldiamin und  $\alpha$ -Naphthol-Phosphorsäure. Die Identifizierung der Zucker wird durch die Anwendung verschiedener Sprühmittel erleichtert.
- 2 Abb. 2 zeigt ein mit  $\text{AgNO}_3$  entwickeltes Chromatogramm der im Samen nachgewiesenen Zucker (in der genannten Reihenfolge). Die Abb. 3a/b zeigen Keilstreifen-Chromatogramme der Zucker eines Samenextraktes von Plenta-Zuckerrüben (a) und einer Modelllösung (b), und die Abb. 4a/b Keilstreifen-Chromatogramme der Zucker nach 12 bzw. 21 Stunden Keimdauer.
- 3 Die bei Zucker-, Zuckerfutter- und Futterrübensamen erhaltenen Ergebnisse unterscheiden sich weder in qualitativer noch wesentlich in quantitativer Hinsicht.
- 4
- 5
- 6
- 7 Abb. 2. Zucker im Sameneluat, Zuckerrübensorte Plenta (Papierchromatogramm entwickelt mit  $\text{AgNO}_3$ ). 1 Ribose; 2 Fruktose (+ Arabinose); 3 Glukose; 4 Galaktose; 5 Saccharose; 6 Maltose; 7 Raffinose.

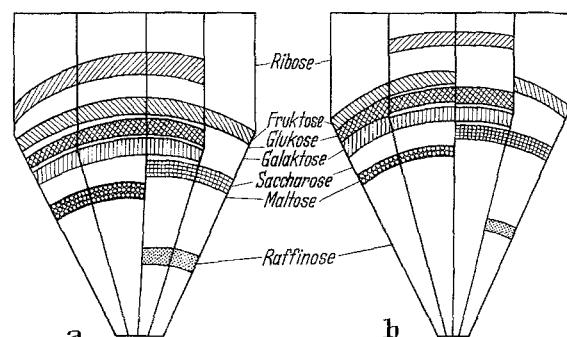


Abb. 3. a Zucker im Sameneluat, Zuckerrübensorte Plenta (schematische Darstellung des Papierchromatogramms). — b Modell-Lösung der Zucker Ribose, Fruktose, Glukose, Galaktose, Saccharose, Maltose und Raffinose (schematische Darstellung des Papierchromatogramms).

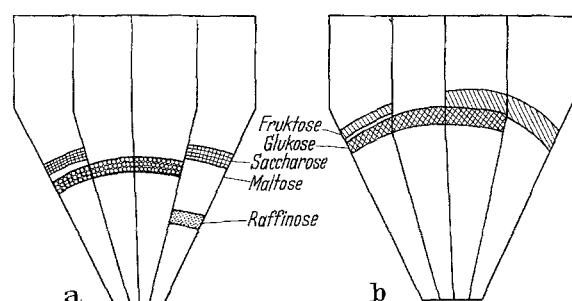


Abb. 4. a Zucker-Chromatogramm nach 12 Stunden Keimdauer; 2 mal gelaufen (schematische Darstellung des Papierchromatogramms). — b Zucker-Chromatogramm nach 21 Stunden Keimdauer; 2 mal gelaufen (schematische Darstellung des Papierchromatogramms).

### Mineralstoffe

Der Mineralstoffgehalt der Rübensamen ist weitgehend gleichbleibend und kann durch äußere Einflüsse, einschließlich Düngung, kaum verändert werden. Die Kationen  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  und die Anionen  $\text{Cl}'$ ,  $\text{NO}_3'$ ,  $\text{SO}_4''$ ,  $\text{PO}_4'''$  sind unentbehrliche Pflanzennährstoffe, die, von spezifischen Wirkungen abgesehen, im wesentlichen die Funktionen besitzen, den Quellungszustand, die Wasserstoffkonzentration und das Redoxpotential des Zellplasmas zu regulieren und damit wichtige Lebensvorgänge zu steuern. Der Organismus vermag nur bei Vorliegen eines spezifischen Ionengemisches ungestört zu leben, in dem die Ionen einander „entgiften“.

Außer den bei den ausführlichen Samenanalysen angegebenen Werten für die einzelnen Kationen und einige Anionen sowie für die Karbonatasche teilen wir noch folgende Sulfataschewerte für Samen des Erntejahres 1954 mit:

Rote Walze (Futterrübe)	4,87%
Dickwanst (Futterzuckerrübe)	4,28%
Plenta	4,37%
Media	4,22%

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Samen verschiedener Rübensorten, Erntejahr 1954, (0,5 g Samenmehl extrahiert mit 50 m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O) ergab nachstehende Werte:

Dickwanst	$5,64 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$
Ovana	$4,74 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$
Plenta	$4,53 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$
Media	$4,01 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

Einige Karbonataschewerte seien noch ergänzend angeführt, die Durchschnittswerte für Sorte und Jahrgang darstellen:

Dickwanst	1957	5,04%
Plenta	1957	4,62%
Dickwanst	1958	4,75%
Plenta	1958	4,26%
Media	1959	4,21%
Media	1960	4,10%

Die spektroskopische Untersuchung der Samenäsche — von uns in Freiberg/Sachsen mit dem Zeiß-Spektrographen Qu 24 durchgeführt — lieferte den Nachweis weiterer, in Spuren enthaltener Elemente: Cu, Mn, Zn, Li und Ag.

Der hohe Gehalt an  $P_2O_5$  (2,15% in lufttrockenen Samen) spiegelt die große Bedeutung der Phosphorsäure für die Vorgänge des Stoff- und Energieumsatzes wider. Alle Auf- und Abbauvorgänge des Kohlehydratstoffwechsels sind an die vorherige Veresterung der organischen Stoffe mit Phosphat geknüpft (Wirkung verschiedener Phosphorylasen). Der Abbau der Stärke zum Beispiel ist ebenfalls phosphorylytisch und führt in erster Stufe zu  $\alpha$ -Glukose-1-phosphat, eine Reaktion, die reversibel ist und auch die Synthese ermöglicht. In reifen Samen ist die Phosphorsäure hauptsächlich als Phosphatreservestoff Phytin enthalten; erst bei der Keimung wird die Phosphorsäure in eine aufnehmbare Form überführt und zu den Orten mit hoher Wachstums- und Stoffwechselintensität befördert. Auch beim Fettstoffwechsel ist die Phosphorsäure beteiligt, da Fettsäuren und Kohlehydrate gleichermaßen über eine gemeinsame Zwischenstufe, das Acetyl-CoA, und durch einen gemeinsamen Mechanismus, den Zitronensäurezyklus, oxydiert werden.

Dem Magnesium, dessen Gehalt in den Samen hinter dem des  $P_2O_5$  an zweiter Stelle steht, kommt eine bevorzugte Beteiligung am Stoffwechsel zu. Im Basenhaushalt (Nährstoffaufnahme, Ionenantagonismus) erfüllt es eine wichtige Aufgabe. In den phosphoreichen Zuckerrübensamen herrscht es über das hauptsächlich in der äußeren und inneren Testalokalisierte Ca vor, wie unsere Analysen zeigen. Mg liegt in den Samen besonders an Phytin gebunden vor.

Etwa den gleichen Gehalt wie an Mg weisen die Samen an Kalium auf, das bei der Samenbildung in erheblichen Mengen einwandert. Es spielt eine große Rolle bei der Aufrechterhaltung der physiologischen Funktionen der Zellen, hat insbesondere beim Kohlehydratumsatz überragende Bedeutung und großen Einfluß auf den Wasserhaushalt.

Verhältnismäßig niedrig ist in den Samen der Gehalt an Kalzium, trotzdem es für die Keimung unbedingt erforderlich und wegen seiner entquellenden Wirkung als Antagonist für die Stoffproduktion unentbehrlich ist.

Der Gehalt an Natrium, über dessen spezifische Funktionen sich bisher keine sicheren Anhaltspunkte gewinnen ließen, ist gering.

Dem Bor kommt in der reproduktiven Phase der Pflanze eine wichtige physiologische Bedeutung zu. So wird zum Beispiel die Pollenkeimung durch einen aus Borsäure und Isorhamnetin bestehenden Wuchsstoff begünstigt. Auch in den vegetativen Organen ist es überall dort, wo lebhafte Zellteilungen stattfinden, unentbehrlich.

### Enzymaktivität

Die der Enzymologie des Zuckerrübensamens (und auch der Zuckerrübe selbst) gewidmeten Arbeiten nehmen gegenüber den Publikationen, die andere Fragen des Samens betreffen, nur geringen Umfang ein. Enzymatische Systeme sind aber bereits im Samen von entscheidender Bedeutung. Sie beherrschen und lenken, beginnend mit der Keimung, während der gesamten Vegetationsperiode die Stoffwechselprozesse. In Rübensamen konnten wir nachweisen: Peroxydase, Katalase, Tyrosinase, Amylases,  $\beta$ -h-Fruktosidase, Lipasen, Dehydrasen, Phosphatasen.

Im Zusammenhang mit dem Problem der Unterscheidung von Zucker- und Zuckerfutterrübensaatgut führten wir Aktivitätsbestimmungen der freien und gebundenen Amylase (bzw. der Gesamtamylase) sowie der Katalase in Samen von Zucker- und Zuckerfutterrüben durch (SOMMER 1955, 1962). Die Amylaseaktivität von Zucker- und Zuckerfutterrübensamen stellt eine Sorteneigentümlichkeit dar, die jedoch von verschiedenen Umweltbedingungen beeinflußt wird und damit von Jahr zu Jahr unterschiedliche Größe aufweisen kann.

### Methodik

1 g Samen wurde mit 20 cm<sup>3</sup> Azetatpuffer (pH = 5) verrieben. Für die Bestimmung der Gesamtamylase-Aktivität erfolgte ein Zusatz von 0,3 g Papayotinum Merck zu den Ansätzen, die 19 h bei 39 °C gehalten und anschließend zentrifugiert wurden. Nach 15 minütiger Aufbewahrung im Kühlschrank versetzten wir mit 0,25%iger Stärkelösung und erwärmen 60 min bei 48 °C. Nach dem Abbau wurden 5 cm<sup>3</sup> der Ferment-Puffer-Stärkelösung mit 95 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O in einen 300 cm<sup>3</sup> Erlenmeyerkolben übergespült, in welchen zuvor 10 cm<sup>3</sup> frisch filtrierte MÜLLERSche Lösung pipettiert waren. Die Kochdauer betrug 10 min.

In Tab. 8 sind für Zucker- und Zuckerfutterrübensamen verschiedener Erntejahre die Aktivitätswerte der Gesamtamylase (freie und gebundene Amylase) angeführt. Die Aktivität wurde durch Bestimmen der beim Stärkeabbau entstehenden reduzierenden Zucker (in mg/g Samen) bei Anwendung von MÜLLERScher Lösung erfaßt. Angaben über Enzymaktivitätswerte lassen sich nur bei Vorliegen gleicher Versuchsbedingungen direkt vergleichen.

Tabelle 8. Gesamtamylase-Aktivität in mg reduzierender Zucker/g Samen in der Gegenüberstellung von Zucker- und Zuckerfutterrüben.

	Jahr	Aktivität
Media	1957	256
Zuckerfutterrübe Dickwanst	1957	359
Plenta	1958	311
Zuckerfutterrübe Dickwanst	1958	396
Media	1960	302
Zuckerfutterrübe Dickwanst	1960	407

Die Versuchsbedingungen entsprechen denen in der Arbeit „Ein Beitrag zur kurzfristigen Unterscheidung von Zuckerrüben und Zuckerfutterrüben“ (SOMMER 1955).

Die Werte für die Amylaseaktivität der Samen schwanken je nach Sorte, Erntejahr, Erntezeit sowie

Lagerungsdauer und Lagerungsbedingungen. Durch zusätzliche Düngung mit Stickstoff, Phosphorsäure bzw. Kali wird die Amylaseaktivität der Samen praktisch nicht beeinflußt. Reichliche Kalkgaben scheinen die Aktivität zu erniedrigen.

Katalase ist ein Häminferment, das in keinem pflanzlichen Gewebe fehlt. In gewissem Sinne bildet es ein Maß für den physiologischen Zustand der Samen und für ihre Qualität. So ist zum Beispiel die Katalaseaktivität abgetöteter Samen gegenüber der gesunder außerordentlich gering, wie nachstehende Zahlen zeigen:

Katalaseaktivität in  $\text{cm}^3 \text{O}_2$  auf 0,5 g Samen bezogen

	nach 3 min	nach 6 min	nach 9 min
Gesunde Samen	5,5	9,8	12,2
Abgetötete Samen	0,3	0,3	0,7

Unter den unten angeführten Bedingungen erhielten wir nach einer Versuchsdauer von 120 min — dem Zeitpunkt, zu dem praktisch die Sauerstoffentwicklung abgeschlossen ist — bei Zuckerfutterrübensamen des Erntejahres 1954 Werte von 180 bis 210  $\text{cm}^3 \text{O}_2$ , bei Zuckerrübensamen von 140 bis 175  $\text{cm}^3 \text{O}_2$  und bei Samen polyplöider Zuckerrüben bis 250  $\text{cm}^3 \text{O}_2$ .

#### Methodik

1 g ganze Samen wurde in der Reibschale mit 10  $\text{cm}^3$  Phosphatpufferlösung verrieben ( $\text{pH} = 6,3$  aus m/15  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  und m/15  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) und mit 100  $\text{cm}^3$  Wasser verlustlos in ein Tillmann-Heublein-Gefäß gespült, dessen Schiffchen mit 30%igem  $\text{H}_2\text{O}_2$  beschickt worden war.

Ebenso wie die Aktivität der Katalase ist auch die der Peroxydase ein Maß für den physiologischen Zustand der Rübe. Wir bestimmten sie durch die Purpurogallin-Reaktion.

Im Samen konnte auch die Wirksamkeit der  $\beta$ -h-Fruktosidase nachgewiesen werden. Auf 1 g Samen bezogen, wurden unter den nachstehend angeführten Bedingungen aus Saccharoselösung reduzierende Zucker gebildet, deren Menge bei verschiedenen Sorten zwischen 10,0 und 22,5 mg schwankte.

#### Methodik

0,5 g Samenmehl wurden mit 10  $\text{cm}^3$  Phosphatpuffer n/15 ( $\text{pH} = 7$ ) verrieben, unter Zusatz von 10  $\text{cm}^3$  10%iger Saccharoselösung auf 30  $\text{cm}^3$  aufgefüllt und mit Toluol versetzt, 24 h bei 20 °C unter öfterem Umschütteln belassen. Dann wurde im siedenden Wasserbad das Enzym abgetötet, zentrifugiert und in den Abnahmen (5  $\text{cm}^3$ ) die jodometrische Zuckerbestimmung vorgenommen.

Lipasen, vorzugsweise Triglyzeride abbauende Fermente, spalten auf dem Weg der Hydrolyse die Samenfette in Glyzerin und Fettsäuren wie auch die Veresterung unter Mitwirkung der Lipasen sich vollzieht. Der biologische Abbau der Fette in der Pflanze selbst betrifft vor allem keimende Samen und führt wieder zu Kohlehydraten, die zum Energiegewinn veratmet werden.

Zwei Tests mit ungekeimten Zuckerrübensamen der Sorte Media, Erntejahr 1959, ergaben nach der in PAECH und SIMONIS (1952) angeführten Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Lipaseaktivität

(im sauren Medium nach 46 h auf 100 g Samen bezogen) eine in Freiheit gesetzte Fettsäuremenge, die 366  $\text{cm}^3$  n/10 NaOH zur Absättigung erforderte. Nach 78 h war keine weitere Zunahme erfolgt. Beim gleichen Samenmuster resultierte nach einer Keimungsdauer von vier Tagen eine freigesetzte Fettsäuremenge, die 460  $\text{cm}^3$  n/10 NaOH entsprach. Gearbeitet wurde mit Mengen von 1,5 g Samen und 0,3  $\text{cm}^3$  Ölzusatz. Die Proteolyse begann 23 h nach erfolgtem Durchtränken der Samen. Es geht demzufolge eine Induktionsperiode voraus.

Phosphatasen der verschiedensten Art kommen in fast allen Geweben vor und sind für den gesamten Stoffwechsel von größter Bedeutung. Zur Ermittlung der Aktivität der „sauren“ Phosphatase (einer Phosphomono-esterase) bestimmten wir als Substrat des Phosphorsäureesters das Phenolphthalein und stellten das Ausmaß der durch die Phosphatase verursachten Hydrolyse des Natriumphenolphthaleinphosphatats fest. Dieser Ester ist farblos und setzt bei der phosphatasischen Hydrolyse Phenolphthalein in Freiheit, das auf Grund seiner Farbstoffeigenschaften kolorimetrisch bestimmt werden kann. Der Spaltungsansatz wird durch Zugabe eines alkalischen Puffers, der  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  als Inhibitor enthält, abgestoppt und zugleich die Phenolphthalein-Färbung hervorgerufen (318,1 mg Phenolphthalein entsprechen 31,06 mg P).

Bei Tests mit Samen verschiedener Rübensorten erhielten wir 1957 als Phosphataseaktivität, ausgedrückt in  $\mu\text{g P/g Samen}$ , folgende Werte:

Dickwanst	2250
Plenta	2190
Media	2010
Multimedia	2410

#### Zusammenfassung

In der Literatur findet man nur wenige Arbeiten, die sich ausführlicher mit der chemischen Zusammensetzung des Zuckerrübensamens befassen, trotzdem der Saatgutwert nicht zuletzt durch die chemische Zusammensetzung des Samens selbst bedingt ist. Neben Samenanalysen, die mehr als 50 Jahre zurückliegen, werden Werte jüngerer Datums von MAXIMOVITSCH angeführt. Bei eigenen Untersuchungen lag das Hauptgewicht auf der Bestimmung der verschiedenen Stickstoffformen und der quantitativen Ermittlung der Aminosäuren im Sameneiweiß und im Sameneluat.

In zwei untersuchten Samenmustern (Zuckerrübensorte Media, Erntejahre 1959 und 1960) lag der an erster Stelle stehende Stärkegehalt knapp unter 39%, der Eiweißgehalt im Trockenjahr 1959 bei 16,4%, entsprechend 83% des im Normal-Erntejahr gefundenen Gehalts von 19,8%. Der Anteil des Eiweißstickstoffs am Gesamtstickstoff wies 1959 mit 75,5% gegenüber 88% im Jahre 1960 einen sehr niedrigen Wert auf.

Die Abhängigkeit des Eiweißgehalts von den Vegetationsbedingungen wird aus den Untersuchungsergebnissen von Zucker- und Futterrübensamen verschiedener Erntejahre ersichtlich.

In den Sameneluaten und im Sameneiweiß-Hydrolysat stand der Gehalt an Glutamin- und Asparaginsäure, entsprechend der Bedeutung dieser beiden Dicarbonsäuren als Aminogruppendonatoren, mit an

vorderster Stelle. In den Eiweißhydrolysaten traten daneben die basischen Aminosäuren, aber auch Tryptophan und Methionin, stärker hervor, während die im Eluat vorhandene  $\gamma$ -Aminobuttersäure im Eiweißhydrolysat fehlte.

Von stickstofffreien organischen Säuren sind besonders Oxalsäure und Zitronensäure (0,11 bis 0,19%) zu nennen. Die Zitronensäure ist mit ihrem Zyklus für den Ablauf der Atmung und für den Keimungsbeginn erforderlich.

Der Fettgehalt der Samen betrug im Trockenjahr 1959 20,9% und 1960 19,3%. Die Summe der Gehalte der drei für den Keimling vorrangigen Nährstoffe, Stärke, Eiweiß und Fett, beträgt demnach mehr als drei Viertel der Samenmasse. Eine weitere Übersicht orientiert über den Rohfettgehalt von Zucker- und Zuckerrüterrübensamen in verschiedenen Erntejahren.

Die im Samenmehlextrakt enthaltenen löslichen Zuckerstoffe wurden papierchromatographisch als Ribose, Fruktose (Arabinose), Glukose, Galaktose, Saccharose, Maltose und Raffinose bestimmt. Der Gehalt an reduzierenden Zuckern übersteigt kaum 0,2%. Das Verhalten der Zucker beim Keimen während der ersten Phasen wurde papierchromatographisch verfolgt.

Der Mineralstoffgehalt des Samens bleibt weitgehend gleich und wird durch äußere Einflüsse nicht wesentlich verändert. Der Gehalt an Karbonatasche betrug 4 bis 5%, wobei Zuckerrüterrüben höhere Werte aufwiesen. Der hohe Gehalt an  $P_2O_5$  (52%) in der Karbonatasche spiegelt die große Bedeutung der Phosphorsäure für die Vorgänge des gesamten Stoffwechsels und Energieumsatzes wider. Auch den in weitem Abstand an zweiter Stelle folgenden Elementen Magnesium und Kalium kommt eine bevorzugte Beteiligung am Stoffwechsel zu, ebenso dem Kalzium, das für die Keimung und als Antagonist wegen seiner entquellenden Wirkung erforderlich ist, während das Bor besonders in der reproduktiven Phase eine wichtige physiologische Bedeutung hat. Spektroskopische Untersuchungen erbrachten den Nachweis der Spurenelemente Cu, Mn, Zn, Li sowie Ag.

Enzymatische Vorgänge beherrschen und lenken von der Keimung an die Stoffwechselprozesse. Im Samen konnten die Enzyme Peroxydase, Tyrosinase, Katalase, Amylasen,  $\beta$ -h-Fruktosidase, Lipasen, Dehydrasen und Phosphatasen nachgewiesen werden.

Bei Zucker- und Zuckerrüterrüben verschiedener Erntejahre ermittelten wir die Gesamtamylaseaktivität,

die bei Zuckerrüterrübensamen höhere Werte aufwies. Ferner wurde die Aktivität der  $\beta$ -h-Fruktosidase, der Lipase und der sauren Monophosphatase bestimmt. Bei der Katalase, deren Aktivität zur Bestimmung des physiologischen Zustands der Samen herangezogen werden kann, lagen die für Zuckerrüterrüben 1954 erhaltenen Werte ebenso wie die für Zuckerrüben verschiedener polyploider Stämme fast durchweg höher.

#### Literatur

1. DRACHOVSKÁ, M., u. K. ŠANDERA: Fysiologie cukrovky. Praha 1959. — 2. EWERS, E.: Die Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Bd. 3; 2. Aufl. Radebeul u. Berlin 1951. — 3. HEINISCH, O.: Die Untersuchung und Bewertung des Zuckerrübensaatgutes. Z. Zuckerind. 6, 73—81 (1956). — 4. HEINISCH, O.: Die Keimfähigkeit des Zuckerrübensaatgutes, ihre Bedeutung und die sie beeinflussenden Faktoren. Z. Zuckerind. 8, 63—67 u. 118—123 (1958). — 5. MAXIMOVITSCH, N. A.: Kurzes Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Berlin 1951. — 6. POSPIŠIL, O.: Využiti papírové chromatografie k selekci semen řep (Anwendung der Papierchromatographie bei der Selektion der Zuckerrübensamen). Sb. Českoslov. Akad. zemědělských věd Ročník 3, Nr. 10 (1957). — 7. DE ROUBAIX, J., et O. LAZAR: Métabolisme respiratoire de la betterave sucrière. III. Respiration et activité enzymatique des plantules. Raffinerie Tirlemontoise Notice Nr. 2 (1951). — 8. DE ROUBAIX, J., et O. LAZAR: Métabolisme respiratoire de la betterave sucrière. VI. — Libération et utilisation des substrats cellulaires dans les graines et dans les enveloppes (perianthe + pericarpe) au cours du réveil. Sucrerie Belge 75, 261—279 (1955/56). — 9. DE ROUBAIX, J., et O. LAZAR: Dix années de recherches biochimiques sur la betterave sucrière. Sucrerie Belge 77, 166—171 (1957/58). — 10. SCHEFFER, F., u. E. WELTE: Pflanzenernährung. Stuttgart 1955. — 11. SCHICK, A.: Über das fette Öl des Zuckerrübensamens. Diss. Wien 1911. — 12. SOMMER, E.: Ein Beitrag zur kurzfristigen Unterscheidung des Saatgutes von Zuckerrüben und Zuckerrüterrüben. I. Mitt. Saatgut-Wirtschaft 7, 139—142 (1955). — 13. SOMMER, E.: Freie und gebundene Amylase in ungekeimten nackten Samen von Zucker- und Gehaltsfutterrüben. Saatgut-Wirtschaft 11, 358—359 (1959). — 14. SOMMER, E.: Quellung und Keimung bei vorgequellten Rübenknäueln. Z. Acker- u. Pflanzenbau 115, 197—206 (1962). — 15. SOMMER, E.: Biochemische und technologische Untersuchungen an Zuckerrüben verschiedener Zuchtrichtungen unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffsubstanzen. Z. Zuckerind. 12, 487—491 (1962). — 16. STOKLASA, J.: Über die chemische Zusammensetzung des Samens der Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.). Österr.-Ung. Z. Zuckerind. u. Landwirtsch. 35, 159—163 (1906). — 17. STROHMER, F., u. O. FALLADA: Über die chemische Zusammensetzung des Samens der Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.). Österr.-Ung. Z. Zuckerind. u. Landwirtsch. 35, 12—22 (1906). — 18. VAVRUCH, I.: Papierchromatographische Bestimmung der Aminosäuren in der Zuckerrübe (tschech.). Chemické Listy 46, 453 (1952).