

高糖系統甘藷の選抜について

蟹江 松雄・永浜 伴紀

藤本 滋生・貴島 志津子

A Screening Test for High-Sugar Individuals and Lines of Sweet Potato

Matsuo KANIE, Tomonori NAGAHAMA,
Shigeo FUJIMOTO and Shizuko KIJIMA

(Laboratory of Applied Starch Chemistry)

緒 論

わが国における甘藷の工業原料としての用途の主なものはでん粉製造であり、このため、従来の甘藷の育種目標は主として高でん粉多収穫品種の育成におかれ、農林2号をはじめ、最近のコガネセンガンなど多くの優良品種が育成された。

しかしながら、でん粉製造原料としてとうもろこしのような安価な原料が輸入されるようになった現在では、甘藷を単にでん粉製造のみに用いることは次第に不利になって来た。従って、これまで風土、環境条件の上から主要な生産地であり、また、今後も適当な代替作物を見出し難い南九州では、甘藷の新しい用途の開発と、これに関連した今後の育種が考慮されねばならない。

われわれは、さきに、甘藷を種々の温度に貯蔵したとき¹⁾あるいはガス組成をかえた環境においた場合²⁾の、塊根内ででん粉と蔗糖の相互転換について検討し、甘藷利用上蔗糖への関心を高める必要性を指摘した。一方、甘藷の温水浸漬処理により極めて容易に汁液と固形分の分離ができることを見出して¹⁾汁液中の蔗糖利用への手がかりを提示した。

このように甘藷を固形分と汁液に分離して両区分それぞれの組成に応じた利用の途を開発しようとする方式では、原料甘藷は必ずしも高でん粉品種である必要はない。汁液中に糖含量の高い品種、あるいは、人為的環境下で糖をでん粉から転換蓄積する能力の高い品種も対象となりうるので、このような品種も育成の目標としてとりあげられる筈である。

本報では、上記の観点から、高糖系統の育成に着目し、まず、糖含量に関するスクリーニングの方法を検討した。そして、既存品種、系統、実生個体群についてスクリーニングを行ない高糖個体を予備的に選抜

したので報告する。

材料および実験方法

供試甘藷

実験に用いた甘藷の品種、系統および育成過程にある交配実生個体は、いずれも農林省九州農業試験場作物第二部（熊本県菊池郡西合志町黒石）において育成試験³⁾のため同場の黒石圃場で栽培されたものである。

1. 保存品種（310品種）品種保存ならびに新品種育成試験に供するために栽植されたもので、農林番号31品種、関東番号49品種、千系6系統、中国番号17品種、倉系3系統、九州番号48品種、鹿系8系統、沖縄番号3品種、中支番号6品種、米国系24品種、台湾系3品種、その他在来種、同変異株などが含まれている。

植付：昭和43年6月11日、収穫：同年10月26日。

2. 交配実生個体群（実生1年群）（7組合せ、2083個体）原料用高でん粉多収穫品種育成の目的で同場指宿試験地（鹿児島県指宿市十町）にて交配採種の後、黒石圃場にて播種、定植して栽培され、栽培上の検定を受けた個体群である。

なお、同場の高でん粉個体選抜の規準として、この段階では比重選が行なわれ、比重1.07以上のものが選抜されているが、本実験では本来捨て去られる筈の低比重区のものをも併せてとり上げ、前者をA区（887個体）、後者をB区（1196個体）として実験を行なった。また後者についてはさらに比重1.05の硫酸液によって比重選を行ない、H（沈下）、M（中層浮遊）、L（浮上）の3区に分類した。（交配組合せについてはTable 1.を参照）。

播種：昭和43年4月5日、植付：同年5月29日、

収穫：同年 10 月 14～15 日。

3. 系統予備選抜群（実生 2 年群）（8 組合せ，307 系統）昭和 42 年度実生個体選抜試験によって選抜された 1257 系統のうち，43 年度さらに萌芽性，耐病性，外観などについて選抜をうけたものである。なお，本報告とは別に九州農業試験場ではこの群について切干歩合検定が行なわれ，この中から 144 系統が選抜されている（交配組合せについては Table 1. を参照）。

植付：昭和 43 年 6 月 10 日，収穫：同年 10 月 7～8 日。

スクリーニング法および分析法

1. 糖指数検定 供試塊根中央部から厚さ約 5 mm の輪切り切片をとり，調理用の手持搾汁器にて汁液を

分離して Hand Sugar Refractometer（糖度用手持屈折計）（アタゴ製）で糖指数を測定した。

2. 化学分析 上記の糖指数検定によってスクリーニングされた高い糖指数を示す試料について，さらに化学分析による第 2 次スクリーニングを行なった。

分析試料：供試塊根を中心に沿って縦断して得た切片を分析試料とした。

水分：110°C，10 時間乾燥後の減量をもって水分とした。

可溶性全糖：試料を 85 % エタノールに投入，70°C，15 分間加熱の後常法⁴⁾に従って抽出，加水分解して SOMOGYI 変法⁵⁾によりグルコースとして定量値を示した。

Table 1. Distributions of "Sugar Refractometer Reading" among Varieties and Hybrids of Sweet Potato

Group (♀ × ♂)		Specific Gravity*	The Number of Samples examined (n)	"Reading"***				The Number of higher "Reading" Samples (s)***	s/n × 100 %
				max.	min.	\bar{x}	σ		
Cultivated Variety and preserved Line			310	13.4	5.8	9.58	1.37		
Individual Selection (1st Crop from Seedling)	I S 395-10 × Kyūkei 17-3104	A	89	16.4	8.2	11.15	1.57	3	3.4
		B	212	18.6	5.4	12.82	1.72	33	15.6
	II Kyūkei 17-3104 × Kyūkei 17-2053	A	120	16.8	5.6	10.98	2.17	4	3.3
		B	198	16.8				27	13.6
	III Kyūshū No. 48 × Kyūkei 17-3104	A	136	14.5	7.8	10.72	1.34	2	1.5
		B	225	16.8				12	5.3
	IV Kyūkei 17-3104 × MR 22-23	A	209	15.2	6.8	10.97	1.54	4	1.9
		B	101	15.0				2	2.0
	V S 395-115 × Koganesengan	A	116	18.0	9.0	13.22	1.80	28	24.1
		B	163	16.7				33	20.2
	VI Koganesengan × MR 22-23	A	119	16.6	8.3	12.49	1.60	9	7.6
		B	173	17.3				11	6.4
	VII Kyūkei 17-3104 × Fukuwase	A	98	15.2	7.2	10.87	1.65	1	1.0
		B	124	15.0				1	0.8
	Total	A	887	18.0	5.6	11.44	1.89	51	5.7
		B	1196	18.6				118	9.9
Preliminary Line Selection (2nd Crop from Seedling)	I S 29-383 × S 103-144		59	14.3	8.8	10.26	1.28	0	
	II S 103-144 × Kyūkei 14-54		95	15.4	10.6	12.61	0.98	3	3.2
	III S 912-82 × S 138-179		38	14.8	7.8	11.21	1.57	1	2.6
	IV Kyūkei 15-2120 × Okinawa No. 100		8	14.2	10.7	12.26	1.15	0	
	V Okinawa No. 100 × Kyūkei 15-2120		16	13.2	8.8	10.95	1.36	0	
	VI Kyūkei 15-2120 × S 103-144		22	16.2	10.2	12.73	1.60	4	18.2
	VII S 138-179 × S 106-50		16	16.0	10.6	13.37	1.40	2	12.5
	VIII Koganesengan × Kyūshū No. 58		53	16.5	9.4	12.27	1.59	5	9.4
	Total		307	16.5	7.8	12.14	1.48	15	4.9

* Specific Gravity A : above 1.07, B : under 1.07

** determined by Sugar Refractometer (Atago Optical Works Co., Ltd.)

*** above 14.5 of "Reading"

窒素ならびに粗蛋白：KJELDAHL 法により常法に従って定量した。

結果および考察

糖含量の検定

作物の特定成分を対象として優良品種を育成する試みはこれまでもいろいろ行なわれて来たが、育成過程における選抜の際、いかに多数の交配個体についてその特定成分の分析を行ない得るかが重要な問題である。

甘藷の場合、掘取り後の成分変化が大きく、中でも糖含量の変化は著しいので、多数の試料の糖の検定には特に簡易にして迅速なる方法を適用する必要がある。われわれはこのために Hand Sugar Refractometer を利用して目的を果し得た。

まず、測定用汁液のサンプリングの方法について検討するために、供試甘藷個体の各部位から得た切片をそれぞれ調理用の手持搾汁器にかけて汁液をとり、Refractometer の糖指数を比較した。その結果、甘藷の両端附近から得られる切片については、採取部位あるいは切片個々によって指数に変動がみられたが、中央部附近から得た輪切り状の各切片についてはそのような変動が少なかったため、以後、この方法によって汁液のサンプリングを行なった。

この際、甘藷搾汁液の Refractometer の指数は化学分析による糖含量よりもはるかに大きな値である。

Refractometer の指数は検液中の糖のみに由来せず、蛋白質その他の成分によっても影響をうける。そこで、このような糖指数と汁液中の糖含量との関係を知るために、まず、保存品種 310 検体について糖指数をしらべ (Table 1.)、実験材料の項で記したそれらの系統区分別にそれぞれ高い糖指数および低い糖指数のものを選んで、おのおのの個体について水分と可溶性全糖を定量した。本来ならば Refractometer の糖指数と汁液中の糖含量の相関関係を求めるためには汁液中の糖濃度を分析すべきであるが、本実験においては便宜的に汁液中の糖濃度を近似計算値

$$\frac{\text{可溶性全糖 } \%}{\text{水分 } \%} \times 100$$

で求めることとし、この値と糖指数を比較した結果 (Table 2.)、両者は 5% 水準で相関関係 ($r=0.5385^*$) にあることが確かめられた (Fig. 1.)。

甘藷の糖指数と可溶性全糖との相関は上述の糖指数と糖濃度計算値の相関関係ほど高くないが、可溶性全糖の非常に高い個体は必ず汁液中の糖濃度も高いので、高糖系統選抜にあたり、可溶性全糖値の高い個体を選ぶことは一つの手段となりうると云える。従って、以後の実験において、一次選抜は Refractometer の糖指数により、二次選抜は可溶性全糖の化学分析値によった。

育成過程にある甘藷個体系統の検定と選抜

前述の方法によって、現在育成中の実生 1 年群 (7

Table 2. The Sugar Contents of Varieties and Lines of Sweet Potato

No.	Variety and Line		"Reading"*	Moisture (m)	Soluble Sugar (ss)	ss/m×100
2	Nōrin	No. 2	8.0	60.60%	2.15%	3.55%
7	"	No. 7	11.4	68.73	3.93	5.73
111	Kantō	No. 28	7.6	—	—	—
123	"	No. 41	11.8	64.16	3.10	4.72
126	"	No. 45	12.7	58.95	3.10	5.26
129	"	No. 48	12.7	—	—	—
147	"	No. 71	12.8	63.47	3.14	4.95
317	Chūgoku	No. 26	12.1	58.71	3.65	6.21
318	Kurakei	7-37	6.8	75.94	3.07	3.87
534	Kyūshū	No. 45	7.0	65.59	2.91	4.44
538	"	No. 49	13.1	62.12	3.29	5.28
547	"	No. 59	12.4	62.30	3.52	5.64
654	Kakei	3-268	11.0	66.55	4.49	6.77
713	Tsurunashi-Genji		13.0	—	—	—
731	Yoshida		7.5	68.67	3.19	4.66
793	Uchiyara		11.8	65.20	4.01	6.19
794	Kenroku		12.0	66.53	5.26	7.92
833	Yellow Butter		7.4	68.48	3.22	4.70
845	Miyazakisan Tsurunashi-Genji		12.3	60.70	2.75	4.53
847	Kyūkei	15-2120	13.4	55.05	3.37	6.12
913	Rose Centennial		5.8	70.83	3.56	5.05
917	Heart Gold		8.5	75.64	3.79	5.01

* Determined by Hand Sugar Refractometer

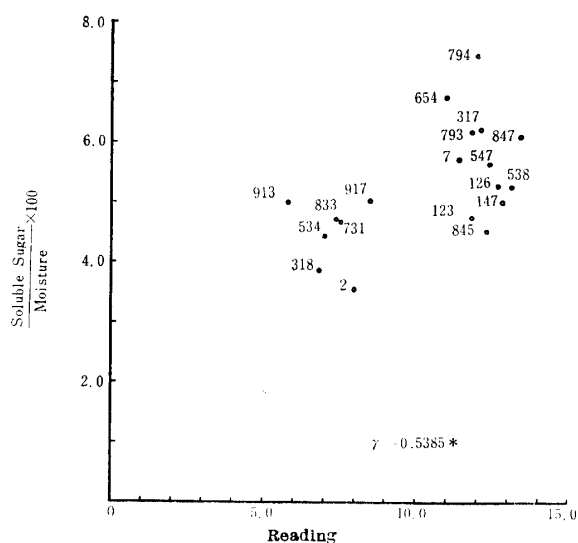


Fig. 1. Correlation between Readings of Hand Sugar Refractometer and Sugar Concentrations of Juice of Sweet Potato-Varieties. Refer to Table 2 for the sample No. in the graph.

組合せ)と実生2年群(8組合せ)について Refractometer による検定を行なった結果 (Table 1.), 試料群それぞれの交配組合せや育成の段階によってその指度の分布に特徴がみられた. 特に実生1年群では交配組合せによる特徴が著しく, 育種上興味ある事実と考えられた.

すなわち, 交配組合せ別にみると, V (S 395-115×コガネセンガン) では指度の平均値がもっとも高く, 分布のはばも広い. また, 指度 14.5 以上の個体の出現率は 21.9% で, 他の交配組合せに比して著しく高い. 次いで組合せ I (S 395-10×九系 17-3104) が 12.0%, II (九系 17-3104×九系 17-2053) 9.7%, VI (コガネセンガン×MR 22-23) 6.8% であった. 一方, 実生2年群においては全般的に指度の分布範囲がせまかったが, その中では, 組合せ VI (九系 15-2120×S 103-144), VII (S 138-179×S 106-50), VIII

(コガネセンガン×九州 58 号) において高い指度を示すものの出現率が高かった.

このようにして選別された高指度の試料についてさらに可溶性全糖値を化学分析によって測定し (Table 3.), この中から可溶性全糖値 4.00% 以上のものを高糖系統として選抜した (Table 4.). このような基準によっても, 前述の糖指度検定の場合と同様に, 実生1年群の組合せ V (S 395-115×コガネセンガン) に高糖個体の出現率が最も高かった. また, 組合せ I (S 395-10×九系 17-3104) では特に高い糖含量を示す個体が見出された.

従来の甘藷の育種過程における選抜手段の一つである比重選の基準 (比重 1.07) に従って実生1年群を高比重区 (A) と低比重区 (B) にわけ, 両区における高い糖指度の甘藷個体の出現率を比較すると (Table 1.), 組合せ I (S 395-10×九系 17-3104), II (九系 17-3104×九系 17-2053), III (九州 48 号×九系 17-3104) および IV (九系 17-3104×MR 22-23) では低比重区に出現率が高く, 組合せ V (S 395-115×コガネセンガン), VI (コガネセンガン×MR 22-23) および VII (九系 17-3104×フクワセ) では高比重区に出現率が高い. そこで, 比重との関係をさらに詳細に検討するために, 低比重区の試料をさらに比重 1.05 を基準として細かく比重選別し, H (沈下), M (中層浮遊), L (浮上) に分類して高い糖指度を示す個体出現率を比較すると, これらの区分の中では, 一般に H 区に出現率が高く, また, 可溶性全糖値に基づいて選抜された高糖個体の中でも, 一つの例外 (I L-15) を除いて他はすべて H 区のものであった. 従って, 本実験において見出された高糖個体はほとんどすべて比重 1.05 以上のものであり, 高糖個体系統の選抜における比重選の基準に関し, 一つの示唆が得られた.

交配組合せ I の母本 S 395-10 および V の母本 S 395-115 は両者いずれも S 106-104×S 106-50 の交

Table 3. Distributions of Sugar Contents among Hybrids of Sweet Potato

Group*		The Number of Samples analysed**	Soluble Sugar %		
			\bar{x}	σ	max.
Individual Selection (1st Crop from Seedling)	A	50	3.38	0.61	5.2
	B	55	3.35	0.49	4.4
Preliminary Line Selection (2nd Crop from Seedling)		13	3.33	0.25	3.6

* Refer to text and Table 1 for details.

** Out of the higher "Reading" samples shown in Table 1, individuals with proper vegetable appearance were analysed chemically.

Table 4. The Selected High-Sugar Individuals of Sweet Potato

Group* (♀×♂)		Sp. Gr.	Ratio of Selection %	Selected High-Sugar Individuals	Soluble Sugar %
Cultivated Variety and preserved Line			0.3	Kenroku	5.26
Individual Selection (1st Crop from Seedling)	I S 395-10×Kyūkei 17-3104	A	2.2	No. 14	5.23
		B	0.9	No. 19	4.81
				L-1	4.65
				H-15	4.41
	II Kyūkei 17-3104×Kyūkei 17-2053	B	0.6	H-35**	4.14
	III Kyūshū No. 48×Kyūkei 17-3104	A	0.7	No. 230	4.30
	V S 395-115×Koganesengan	A	4.3	No. 638	4.12
				No. 640	4.05
				No. 647	4.21
				No. 651	4.22
	VI Koganesengan×MR 22-23	B	0.6	No. 671	4.21
				H-4	4.20
Total		A	0.9		
		B	0.3		
Preliminary Line Selection (2nd Crop from Seedling)	VI Kyūkei 15-2120×S 103-144			No. 233	3.62***
Total			0.3		

* Refer to text and Table 1 for details.

** This individual has high protein content also.

*** The content of this individual was the highest of the group.

配により育成されたものであり、また、IやVの父本の九系 17-3104 あるいはコガネセンガンはいずれも米国種 L-4-5 の交配系統である。このように高糖個体の親系統の来歴上共通の祖先品種が見出されることは育種学的に注目すべきことであろう。

実生 2 年群は糖指数の分布に変動が少なく、顕著な高糖系統は見出されなかったが、その中で組合せ VI (九系 15-2120×S 103-144) では高指数のものの出現率が最も高く (Table 1.), また、高い糖含量を示す系統も含まれている。この組合せ VI は、切干歩合などからコガネセンガン以上の高でん粉系統の出現が期待されている交配区³⁾であり、母本の九系 15-2120、父本の S 103-144 はいずれも極高でん粉因子集積系統として知られているものである。従って実生 2 年群についても実生 1 年群の場合と同じく、高でん粉因子と高糖因子の間に何らかの関連性が予想される。両因子の分離、独立性の有無を明らかにするためには、さらに母本養成系統や祖先品種あるいは原種にさかのぼっての検討が必要であろう。

なお、保存品種では兼六が最高の可溶性全糖値を示した。太白や農林 4 号について高い値を報告した例⁶⁾もあるが、今回の実験では両者共平均値附近にとどまった。

甘藷の育種目的は風土、用途などに応じて異なっ

おり、でん粉、収量性のほか、外観、食味、肉質、カロチン、アスコルビン酸などが対象にされている⁷⁾。糖含量については報告が少なく、F. J. BRÜCHER ら⁸⁾がアルゼンチンにおいて 16 品種について比較試験を行ない、Brasilera Blanca (可溶性全糖 8.4%) など高糖の数品種を見出している。そして乾物含量の多い品種系統には糖含量の高いものが多数含まれるであろうことを推察している。われわれの結果とも考え併せて高糖系統甘藷の選抜育成の可能性が暗示される。

高蛋白系統の選抜の試み

Refractometer の指度が高いにもかかわらず、糖分析値の低い試料について全窒素を定量したところ、高い値を示すものが多く、Refractometer による検定の過程で高蛋白系統をも選抜できる可能性を見出した。

実生 1 年および 2 年群の中で無水物中 8.0% 以上の粗蛋白含量を示したものは次のとおりである。

実生 1 年群: IL-1 (11.6%), II 105 (9.0%), II H-26 (12.1%), II H-35 (8.3%), V 637 (9.6%), V 650 (8.5%), VI 703 (9.3%), VI H-2 (8.2%)

実生 2 年群: VI 228 (9.6%)

以上のスクリーニングの対象は品圃で保存栽培中の品種系統ならびに育成中の個体や系統であるため、各々については供試数に限度があり、それぞれ 1~2 個

宛しか分析に供し得なかった。選抜されたものについては次年度増殖の上でさらに再現性などを確かめると共に、でん粉・蔗糖相互転換能力や糖組成についても検討する予定である。また、今回の供試検体は高でん粉多収穫を目標として育成中の系統や個体であったので、本報において設定した糖指数による検定法によって、今後さらに母本養成系統や祖先品種など多くの試料をしらべ、高糖品種育成の可能性について結論を得たい。

本研究を行なうにあたり、農林省九州農業試験場作物第二部小野敏忠技官、丸峯正吉技官の御好意によって多数の貴重な甘藷試料を得ることが出来た。

また、甘藷の育種に関して、両技官をはじめ、当学部育種学研究室宮司佑三教授、国分植二助手の懇切なる御助言を得た。糖指数検定には当研究室専攻学生諸君に御協力を願った。記して深甚の謝意を表する。

要 約

甘藷の総合利用の観点から、甘藷品種の育種指標は従来の高でん粉多収穫品種にとどまらず、今後、でん粉以外の有用成分についても考慮すべき段階にある。

そして、甘藷の脱汁処理の研究にともない、汁液利用の面から汁液中の糖濃度の高い品種が望まれたので、まず、糖含量の高い甘藷系統の育成についてその可能性を知ろうと試みた。

多数の供試料から高糖系統をスクリーニングするために、まず、Hand Sugar Refractometer (糖度用手持屈折計) による検定を行なった。Refractometer の指数は化学分析値から求めた $\frac{\text{可溶性全糖値}}{\text{水分}} \times 100$ 値と相関関係にあり、この方法は高糖甘藷系統の選抜に際し、迅速にして有用であることが確かめられた。高い指数を示す個体についてはさらに可溶性全糖値を

化学分析によって測定し、第二次スクリーニングを行なった。

保存品種 (310 品種)、および高でん粉多収穫品種選抜のため育成中の交配実生個体 (7 組合せ、2083 個体)、同じく系統予備選抜群 (8 組合せ、307 系統) などについて上記スクリーニングを行ない、高糖甘藷として 14 個体を選んだ。この実験において、高糖を示す個体の出現率は交配組合せによって異なることが認められた。特に S 395-115 (♀) × コガネセンガン (♂) の組合せ区では出現率が高く、この組合せから高糖個体として 5 個体が選抜された。そして、このように高糖個体系統の出現率の高い交配組合せは、高でん粉個体系統の出現率が高いと期待される組合せでもあることを知った。

なお、Refractometer の指数による検定に際し、高糖だけでなく、高蛋白甘藷をも見出し得た。

上記実験はいずれも 1 ~ 2 個の個体を用いて行なったので、選抜されたものについてはさらに増殖の上再現性についての試験が必要である。

文 献

- 1) 永浜伴紀・藤本滋生・蟹江松雄：日本農芸化学会昭和43年度大会講演要旨集，p. 65 (1968)
- 2) 未発表
- 3) 小野敏忠・丸峯正吉・広崎昭太：昭和43年度甘しゅ育種試験成績書 (農林省九州農業試験場作物第二部) (1968)
- 4) 二国二郎編：“デンプンハンドブック”，p. 362 (1966) 朝倉書店
- 5) 東京大学農学部農芸化学教室編：“実験農芸化学” (下)，p. 639 (1965) 朝倉書店
- 6) 桜井芳人：“食糧学”，p. 197 (1958) 金原出版
- 7) 農林水産技術会議事務局編：諸外国における甘藷の育種並びに栽培事情調査報告，p. 24 (昭34)
- 8) F. J. BRÜCHER, F. FOLQUER and J. PLOPER : *Universidad Nacional de Tucuman Facultad de Agronomia, Publication No. 611* (1952)

Summary

Sweet potatoes contain, other than starch, many valuable components which have hitherto been discarded in starch manufacturing industry. Advancing availability of these components should be taken into consideration to improve utility-value of the proper crop in the southern districts of Japan.

Another series of studies in our laboratory on the sugary juice separation from sweet potatoes suggested the preferability of getting high-sugar individuals artificially or by means of thremmatology.

For this purpose, a primary screening method for high-sugar sweet potatoes was established here. A slice cut off from the middle part of the tuber was pressed and the juice obtained was examined for “reading” of Hand Sugar Refractometer. “Readings” were confirmed to be cor-

related significantly to "sugar concentrations", i. e. $\frac{\text{soluble sugar } \%}{\text{moisture } \%} \times 100$, calculated from contents of the fresh matter.

The screening test was carried on with the cultivated varieties (310 varieties and preserved lines), the individual selection group (7 cross combinations, 2083 individuals) and the preliminary line selection group (8 cross combinations, 307 lines). The latter two groups are those bred for selection of high-starch and high-yield varieties with a traditional breeding objective.

One hundred and eighty four individuals showing high "reading" values were picked up out of the samples described above, and analysed for soluble sugar contents chemically. Thus, the secondary screening resulted in the selection of 14 high-sugar individuals.

Ratio of selection of high-sugar individuals differed with different cross combinations, and it was especially high in the cross combination of S 395-115 (♀) with Koganesengan (♂). This cross combination is expected to be including a number of high-starch individuals also, and it may give some suggestion for further breeding investigation.

In the course of the primary screening test by the refractometer, it seems not to be impossible to find high-protein individuals, too.

These tests could not help being carried out with one or two tubers of the individuals because of the limited supply of the samples. Further studies will proceed to confirm the reliability.