

水稻品種系統ならびに雑種集団における アミロース含有率の変異と選抜上の知見

佐々木忠雄* 新井利直*
稲津 脩*

Variations of Amylose Contents of Rice Varieties,
Hybrid Populations and Related Breeding Information

Tadao SASAKI* Toshinao ARAI*
and Osamu INATSU*

精白米中のアミロース含有率の測定はテクニコン社製オートアナライザーを用いた。栽培条件を異にする奨励品種基本調査では、品種系統間の差異が顕著で、栽培条件に左右されなかった。北陸農試産の100品種系統は広い変異性を有し、古川農試産の100品種系統よりはるかに低アミロース系統が多かった。F₄個体とF₅系統、F₄系統とF₅派生系統およびF₅系統とF₆派生系統の親子相関によるアミロース含有率の遺伝力は、それぞれ46, 70, 72%と推定された。このため個体選抜より系統選抜が一層有効と判断された。しかし、育成地において低アミロースの「コシヒカリ」や「北陸100号」を用いた5交雑集団の後代の個体選抜では、集団間の差は認められたが期待された低アミロース個体はえられなかった。この原因について論議し、ごく最近作出されたいくつかの低アミロース突然変異体の利用をはかるべきことが暗示された。

緒 言

倉沢⁷⁾, Juliano⁶⁾は、アミロース含有率が澱粉の物理的性質以上に、米飯固有の特性に関与し、食味の総合スコアの大きなものは、アミロース含有率が小さいことも認めた。著者らも、府県品種と道産品種^{1,4)}、あるいは道内の新旧52品種系統の間に顕著な品種間差を知り⁸⁾、道産米の改良方向として、低アミロース品種の重要性を指摘した。

従来、アミロース含有率に関しては、稲津ら⁵⁾の方法でblue value として測定していたが、時間

と労力がかかり、奨励品種決定基本調査の1部供試系統について検定していたにすぎなかった。1978年8月、当育成地にアミロース専用オートアナライザーが導入されたので、この装置を用いて、育成中の材料がアミロース含有率に対して、どの程度の変異を含んでおり、その変異が選抜可能かどうか、可能ならば、これを個体選抜に使いたいという目的で以下の実験を行った。

試 験 方 法

1. 供試材料

アミロース含有率の測定に用いたのは、次のとおりで、以下ことわりのないものは、中央農試稲作部産である。

〈実験1〉 1978年度奨励品種決定基本調査のなかの10品種系統。ただしこの試験は、沖積土にお

1980年8月4日受理

* 北海道立中央農業試験場稲作部, 069-03 岩見沢市上幌向町

ける成苗手植の標肥区 (N:7.0Kg/10a) と多肥区 (N:9.1) ならびに垂泥炭土における中苗標肥区 (N:7.0) で各3反復の乱塊法で行われた。

〈実験2〉 1978年北陸農試, 宮城県古川農試産の各100品種系統および中央農試稲作部と上川農試の75品種系統。

〈実験3〉 1978年個体選抜に供試した次の5集団について, 圃場の選抜個体からランダムに各々100個体分析した。

(交雑1) F₄ ユーカラ/空育100号

(交雑2) F₄ 空系48054/コシヒカリ//空育102号

(交雑3) F₄ 空系48054/コシヒカリ//キタヒカリ

(交雑4) F₄ 空系48054/コシヒカリ//空育99号

(交雑5) F₆「北陸100号」/空育103号

比較品種は「農林20号」, 「ともゆたか」, 「キタヒカリ」および「ユーカラ」を個体選抜圃場とした1枚の水田の水口側, 中央, 水尻側の3カ所に栽植したものについて各10個体ずつを分析した。

〈実験4〉 1977年4組合せのF₄個体選抜とその後代1978年F₅系統選抜の55系統, 1978年8組合せのF₄系統選抜とその後代1979年F₅派生系統選抜の32系統, および1978年14組合せのF₅系統選抜とその後代1979年F₆派生系統の33系統について, 両世代にわたって分析した。

2. アミロースの定量法

玄米5~10gをKeetパーレストを用いて精白後, Brabender test millで粉碎し, 72GGの篩を通過した米粉を試料とした。アミロース含有率の測定には, テクニコン社オートアナライザーを用いた。すなわち, 米粉100mgをアルカリ溶液で膨潤し, これをS.P.Sホモゲナイザーで懸濁液とする。これを秤量ポンプで一定量採取し分析カートリッジに送る。そこで希釈後アルカリ液と混合され, 95℃の加熱槽で糊化される。加熱槽を出た溶液は, 中和され, よう素液と混合した後フローセル中で発色の程度を600nmで比色する。

表示法は, 次式のごとくアミロース含有率比とした。

$$\frac{\text{供試試料のアミロース定量値}}{\text{農林20号のアミロース定量値}} \times 100$$

試験結果および考察

〈実験1〉 栽培条件を異にした品種系統のアミロース含有率

3つの栽培条件をこみにした分散分析を表1に示した。栽培条件が異なることにより, アミロース含有率はかわり, 中苗標肥区(108) = 成苗多肥区(108) > 成苗標肥区(106)の順であった。しかし品種間の分散は, 栽培法間の7倍も大きく, 栽培法と品種の交互作用は認められなかった。この結果は, 1つの栽培条件のみで十分品種間差をみいだすことができることを示している。本実験の結果は, 次のような品種間差異が有意に認められた。

Table 1 Analysis of amylose content in performance test for recommendable varieties.

Item	df	SS	MS	F
Total	89	2447		
Test conditions (TC)	2	64	32.00	6.24**
Blocks	6	148	24.67	4.81**
Varieties (V)	9	1889	209.89	40.91**
TC x V	18	69	3.83	
Error	54	277	5.13	

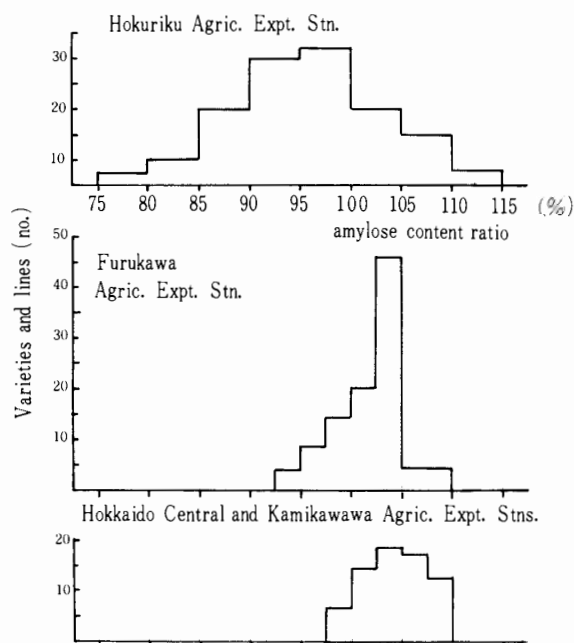


Fig.1 The variations of amylose contents on the varieties and lines of Hokuriku, Furukawa, Hokkaido Central and Kamikawa Agric. Expt. Stns.

ともゆたか(113), イシカリ(112), 道北21号(112), 空育104号(111) > 空育107号(108), キタヒカリ(108) > しおかり(106) > 空育109号(103), 渡育214号(103) > はやこがね(97)

〈実験2〉 北陸農試と古川農試にみられるアミロース含有率の変異

図1にみられるように北陸農試の育成系統は広い変異性を有し、コシヒカリよりも低アミロースのものがかなり認められ、古川農試育成系統よりもはるかに低アミロース系統が多かった。

〈実験3〉 雑種集団のアミロース含有率の変異

各集団のアミロース含有率比の頻度分布を図2に示した。明らかに集団間に有意差がみられ、集団の平均値は、交雑1, 2, 5 > 交雑3, 4の関係であり、また低アミロース個体の出現頻度も交

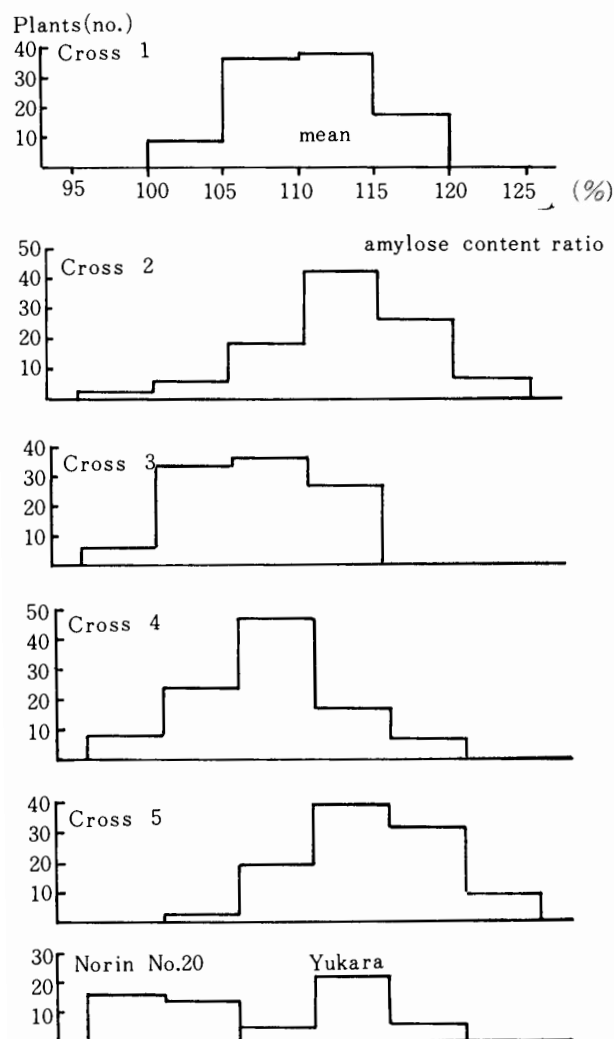


Fig.2 Distribution of hybrid populations by milled-rice amylose content.

雑3, 4で多い。交雑2と交雑3, 4の頻度分布の違いは、第3の父本に関係するかもしれない。3つの父本のアミロース含有率は：空育102号(113), キタヒカリ(102), 空育99号(97)であった。

交雑1は道内品種間交雑に由来し、交雑5は府県系統×道内系統で、低アミロースの北陸100号(北陸農試産で87)を使っているわりには、後代集団に低アミロース個体が出現しなかった。

比較品種のアミロース含有率比についての品種、個体、個所をこみにした分散分析を表2に示

Table 2 Analysis of variance of amylose content of comparative varieties.

Item	df	MS
Total	119	
Positions	2	14.00
Individuals (I)	27	9.67
Varieties (V)	3	981.33**
I x V	6	28.17**
Error	81	8.40

した。個所の差は有意とはなっていないが、これは、おそらく1978年の気象が高温に経過し、出穂、登熟が極端に早まり水口側区と水尻側区の出穂差が約1日程度であったためと思われる。

分散分析の誤差分散にもとづく個体数と最小有意差の関係から、10個体も分析すると品種間差は顕著であるが、1個体では、かなりの差がないと統計的に有意とはならない。したがって図2の頻度分布には、環境変異の影響を見逃すわけにはいかない。

〈実験4〉 アミロース含有率の親子相関

1977年個体選抜試験(F_4)において、アミロース含有率が比較的低いと判定され、1978年系統選抜試験に供試し、両者の関係をみたのが図3である。親子相関は $r=0.46$ ($n=55$)で0.1%水準で有意であり、 F_4 世代における個体選抜が効果的であったと思われる。また図3には、 F_4 系統(1978年)と F_5 派生系統(1979年)および F_5 系統(1978年)と F_6 派生系統(1979年)とのアミロース含有率についての関係をも示した。いずれも0.1%水準で有意であり、 F_4 または F_5 世代における系統選抜の一層有効なことが伺われる。

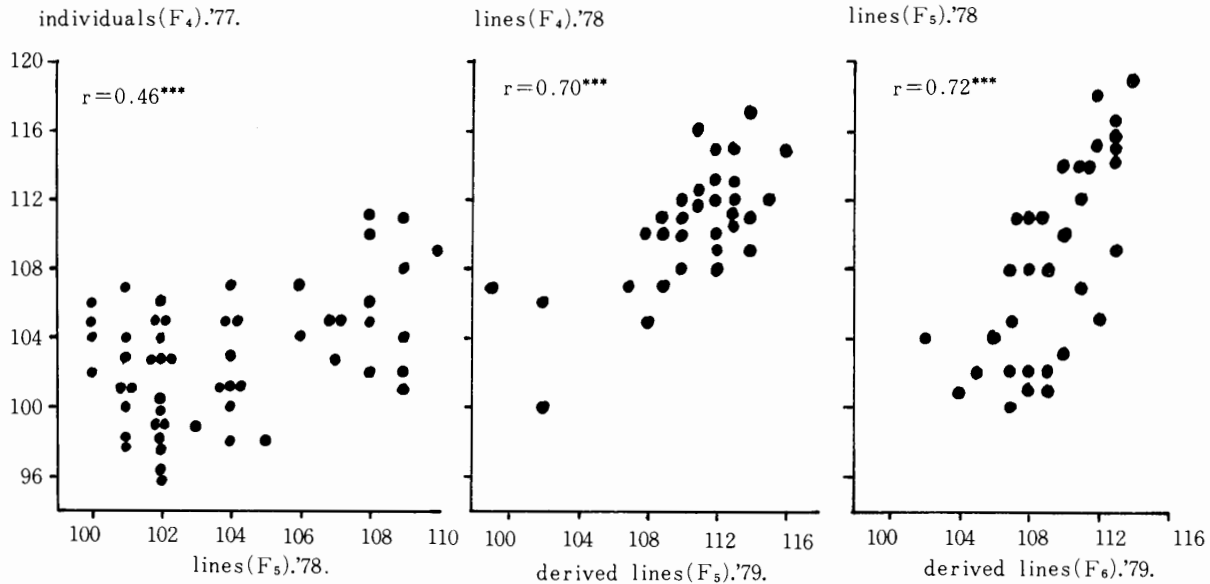


Fig.3 Parent-offspring correlation of amylose content.

論 議

Somrith ら⁹⁾は、アミロース含有率は1つの優性遺伝子と変異作用をもついくつかの微動遺伝子に支配されるとしており、Bollich ら²⁾は、2つの交雑実験から、アミロース含有率の遺伝に関して、次のような結論を得ている。両親のアミロース含有率の差が4.5~7.0%であるような組合せの場合、1対の主働遺伝子と、いくつかの変異遺伝子に影響され、高アミロースは不完全優性を示し、両親の差が2.5%程度の場合は遺伝子効果は小さいが、それぞれが、ほぼ同じ効果をもつ2~3対の変異遺伝子に影響されるとしている。そして後者の場合、両親は低アミロースということでは同じか、類似の主働遺伝子を有するとしており、F₂世代の個体選抜の効果は少いとしている。われわれの実験における集団の変異の程度は、ほぼ後者に似ている。つまり交配に使われた親品種は主働遺伝子としては、同じ程度の低アミロースのものを有している可能性が考えられた。

アミロース含有率の遺伝力に関してSomrith ら⁹⁾は、F₂集団に基づく広義の遺伝力を玄米100粒重 ($h^2=50\%$) よりも高く、玄米の長さ (70~80%) と同程度に推定している。また、F₂個体とF₃系統平均との関係から推定した遺伝力は、69%で玄米100粒重 (44%) や玄米の長さ (53%) よりも高い。著者ら⁸⁾も品種の分散分析より推定した広義の遺

伝力は57%で検査等級より高かった。このように遺伝力は比較的高く、初期からの選抜が可能のように思われる。

当育成地では、F₃世代まで集団で養成し、F₄世代で個体選抜試験または穂別系統選抜を、行っている。図3からF₄世代における個体選抜は効果はあるということがわかるが、バラツキがあり、また比較品種を個体別に分析した結果からは、1個体の分析値では、かなりの差がないと有意とはならないので、環境変異を考慮してスクリーニングにとどめるべきと考えられる。また図3の親子相関から、F₄世代とF₅世代における系統選抜の効果に大差はなく、数個体をマスにして分析できる系統で、早い世代から選抜する方がよいと考えられる。

低アミロースをはかって交雑した育成中の集団には、農林20号より有意に低いものはなかった。母本としてのコシヒカリや北陸100号のアミロース含有率比は、1978年北陸農試産で91および87で、アミロース含有率で農林20号より2%程度低い。このことから、かなりの低アミロース個体の出現が期待されたが、すでにのべたとおりコシヒカリなみの低アミロースの個体はなかった。この原因として次のことが考えられた。(1)分析した集団の規模が小さい。(2)耐冷性と連鎖していて集団養成あるいは、選抜過程で低アミロース個体が淘汰された。(3)晩生と連鎖している。あるいは、圃場の選抜で対象にされた草姿、登熟性等の農業形質と何らかの関係が存在する。(4)コシヒカリや北陸100

号の遺伝的能力が登熟気温の不十分な北海道では発現しえない。

(1) については、分析個体数をいくらししたら良いのかという問題が残るが、更に200~300個体追加して分析しても同様な傾向であった。アミロース含有率は比較的少ない遺伝子に支配されているということからして^{2,9)}、更に分析個体数を増やしてみてもコシヒカリ並の低アミロース個体は期待できないように思われる。

(2) については、著者らの別の実験によると、ササニシキ×ささほなみの後代50系統について、2ヵ年アミロース含有率と耐冷性との関係を調べた結果、両年とも、低アミロース系統は、耐冷性弱の傾向であった。この実験では、50系統を供試したがその際に不稔の特に多いものを捨てた。そのなかに、低アミロースの材料が含まれていた可能性がある。しかし、北海道で許容される耐冷性で選抜した場合でも、農林20号より有意に低いものをみつけることは難しいと思われる。このような関係が府県品種いずれとの交雑後代にみられるか否か、今後も検討していかなければならない。

(3) については、アミロース含有率が、府県品種のもつ晩生と連鎖しているかどうかということである。交雑5が鹿児島県における世代短縮で2年間4作を行って組換えのチャンスがあったと考えられるにもかかわらず、低アミロース個体はなかった。晩生と連鎖している可能性は少ないと思われる。その他の圃場における選抜対象形質とアミロース含有率との関係については、未検討のものが多く残されており今後の課題である。

(4) については、アミロース含有率は、登熟温

度の影響をうけるとされ^{1,3,5)}、道内種と府県品種との差は、これが大きな要因となる。稲津ら⁵⁾のコイトロンでの実験によると出穂期後40日間の登熟平均積算気温が920°Cと520°Cでは、「農林20号」のアミロース含有率は24.4%と20.8%、「ゆうなみ」では25.5%と21.9%でともに3.6%の差があった。1978年度について調べてみると、稲作部の農林20号と北陸農試のコシヒカリに関してアミロース含有率は、約20%に対し約18%、40日間の登熟平均積算温度は920°Cに対し1021°Cであった。ちなみに古川農試産のササニシキは約20%、938°Cでアミロース含有率も登熟平均積算温度も稲作部の農林20号と大差なかった。

表3は、当育成地が鹿児島県で行っている世代短縮試験Ⅱ期作産比較品種のアミロース含有率比である。「コシヒカリ」は「農林20号」に比べ、出穂、成熟期は遅いが、1978年については「巴まさり」と同程度の早さであり、アミロース含有率比は「農林20号」を100として、1978年111、1979年109と「巴まさり」とほぼ同じであった。このように、いかにコシヒカリといえども低温登熟条件下(810°C/42日間)では高アミロースになってしまう。

茶村ら³⁾は、北海道、東北、北陸の水稻品種を登熟期の気温を変えて栽培し、米の食味との関連をみた。アミロース含有率については、高温区ほど低く、それぞれの登熟温度では、早生の北海道品種で低く、東北・北陸の品種のなかではコシヒカリ、越路早生が低かったとしている。

以上のことから北海道と府県の品種は、アミロース含有率に関しては、Bollichら²⁾のいうよう

Table 3 Amylose content of comparative varieties of second crop in the hastening of generation test in Kagoshima prefecture.

'78				'79			
Variety	Heading date	Maturity date	Amylose content	Variety	Heading date	Maturity date	Amylose content
Norin No.20	Sept. 18	Oct. 28	100	Norin No. 20	Sept. 18	Oct. 28	100
Hōryu	Sept. 25	Nov. 5	112	Kitahikari	Sept. 22	Nov. 1	111
Matsumae	Sept. 21	Nov. 1	111	Matsumae	Sept. 21	Oct. 31	118
Tomoemasari	Sept. 28	Nov. 8	112	Tomoemasari	Sept. 26	Nov. 5	109
Fujiminori	Oct. 1	Nov. 11	117	Fujiminori	Sept. 30	Nov. 9	117
Koshihikari	Sept. 29	Nov. 9	111	Koshihikari	Sept. 30	Nov. 9	109

Remarks: Amylose content is showed as ratio compared with the Norin No.20.

な主働遺伝子としては、類似のものを有すると考えた方が理解しやすく、表現型的に大きな差の表われるのは主として気象条件の違いによる登熟条件に基づくことも考えられる。

しかし、府県品種間あるいは道内品種間にそれぞれ差があることは事実で、この差にはおそらく微動的な変更遺伝子が関与し、環境条件との相加的な効果によって発現されることが暗示される。一方農業技術研究所では、農林8号より低アミロース突然変異体(ES, No.58)を開発し、古川農試でもアミロース含有率10%程度の極端に低い変異体を得ている。これらの玄米はともに粳と糯の中間を示し、外見品質上問題となる。また当育成地では、「しおかき」のEMS処理によってアミロース含有率17%程度のもの(20117)を作出した。これは、短稈、早生化しており実用的な形質に不備な点がある。これらの突然変異体はいずれも主働遺伝子の劣性方向への突然変異と推察されるので欠点があっても、低アミロース遺伝子源としての利用価値は高いものと思われる。

試験遂行にあたり終始懇切な御指導を賜った長内俊一博士、さらに有益な御助言をいただいた中央農試稲作部育種科長和田定氏に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 新井利直, 佐々木忠雄, 稲津 脩, 菊地治己. “水稻における低アミロース品種の探索, 第1報 道内種および北陸, 古川両農試の最近の系統について”. 日育, 日作北海道談話会々報. **20**, 23 (1979).
- 2) Bollich, C.G., Webb, B.D. “Inheritance of amylose content in two hybrid populations of rice. Cereal Chem. **50**, 631-636(1973).
- 3) 茶村修吾, 金子平一, 斉藤祐幸. “登熟期の気温と米の食味との関係 —登熟温度を一定温度とした場合—”. 日作紀. **48**, 475-482 (1979).
- 4) 稲津 脩, 渡辺公吉, 前田 巖, 伊藤恵子, 長内俊一. “北海道産米の品質改善に関する研究, 第1報 米澱粉アミロース含有率の差異”. 澱粉科学. **21**, 115-119 (1974).
- 5) 稲津 脩. “北海道産米の品質改善に関する研究”. 澱粉科学. **26**, 191-197 (1979).
- 6) Juliano, B.O. “Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutritional value of rice”. IRRI, Rice breeding. Los Banos, Philippines. 1972.
- 7) 倉沢文夫. “コメの味, (2) コメの味と精白米の構成成分”. 遺伝. **23** (9), 42-47 (1970).
- 8) 佐々木忠雄, 長内俊一, 稲津 脩, 江部康成. “北海道水稻品種の理化学的食味形質についての育種的一考察”. 北海道立農試集報. **37**, 1-10 (1977).
- 9) Somrith, B., Chang, T.T., Jackson, B.R. “Genetic analysis of traits related to grain characteristics and quality in two crosses of rice. IRRI research paper series No.35. 1979.

Variations of Amylose Contents of Rice Varieties, Hybrid Populations and Related Breeding Information.

Tadao SASAKI*, Toshinao ARAI* and Osamu INATSU*

Summary

A study was made of obtain information about variations of amylose contents of hybrid populations of rice in stock and whether or not these traits can be selected, using a Technicon Autoanalyzer for amylose introduced by our agricultural experiment station in August, 1978, if such a selection is possible, we are going to apply it for single plant selection. This paper shows the amylose content of rice flour of a variety by the ratio of it to the amylose content of the standard variety Norin No.20, which is about 20%.

For determination of amylose contents we subjected 10 varieties out of recommended varieties to performance tests by a randomized block design. It was found that the variance of varieties was 7 times as large as the variance of cultivation ways that no interaction was seen between varieties and cultivation ways, and that the amylose content was influenced more greatly by varieties than by cultivation ways (Table 1). These results are the similar to the previous ones.

Meanwhile for determination of amylose contents we also subjected 4 varieties grouped for a comparison, each in 3 blocks, 10 individuals per block to individual analyses. It was found that the variance of varieties was large to the extent that the differences among varieties become evident from the date of 10 individuals (Table 2), though in case of one individual, a small difference was not sufficiently clear.

Moreover the results of determination of amylose contents of 5 hybrid populations of 4th and 6th generations, which were crossed with a view to producing low amylose rice, using 100 individuals each population, indicated significant differences in variation of populations, as well as higher amylose contents of all the populations than that of Norin No.20 (Fig.2).

Finally, from the examination of relations of amylose contents over two generations (4th individuals and 5th lines, 4th lines and 5th derived lines, 5th lines and 6th derived lines) it was found that every correlation coefficient was significantly high and that in F_4 populations an effect of individual selection or line selection or both was seen (Fig.3), though the line selection was more reliable, because a line had several individuals.

It follows the foregoing results that an Autoanalyzer allows us to breed low-amylose varieties by selection lines with low amylose contents, starting with the early generation.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Rice Crop Division, Iwamizawa, Hokkaido, 069-03 Japan.