

ばれいしょの育種における交配母本の 実用形質が後代の選抜に及ぼす影響

村上紀夫* 浅間和夫*
伊藤平一* 伊藤武*

The Influence of the Agronomic Characters of
Parents on the Selection of Progenies in Potato Breeding

Norio MURAKAMI, Kazuo ASAMA, Hei-ichi ITOH
and Takeshi ITOH

1957年～1977年にわたって北海道立根釧農業試験場のばれいしょ育種事業において、供試した交配母本の実用形質が後代の選抜に及ぼす影響を明らかにしようとした。育種目標を「紅丸」、「農林1号」および「エニワ」などのでん粉収量より多収な品種の育成にいたため、父本としては「WB60015-7」、「Hochprozentige」および「エニワ」の使用回数が多かった。特に、「エニワ」を父本とする組合せにおいて後代の選抜率が高く、この品種は優良な交配親といえよう。また、両親の熟期をみると、「晩生種」×「晩生種」が全体の3分の2を占め、ついで、「早生種」×「晩生種」が多かった。両親平均の実用形質の値は系統選抜における選抜後代のその形質の値の大小との間に密接な関連性のあることを認めた。さらに、両親平均値に比較して、熟期が早く、上いも収量、でん粉価あるいはでん粉収量が勝る後代が多く出現した組合せを明らかにした。

結 言

ばれいしょ育種事業では、まず交配母本材料の収集選定から始まる。従来、交配母本材料の選定は経験と勘によって行われることが多く、主として優良な品種または系統とみなされるものが交配母本材料として用いられてきた。しかし、これらの優良な品種および系統が交配母本材料としての組合せ能力に優れているかどうかは、大部分明らかにされていなかった。そして、これまで行われてきた組合せをみると、優良な品種または系統が選抜される母本は限られている。

これまでの当場における育種目標は、でん粉原料用の多収、耐病および高でん粉品種の育成にあったが、最近では、でん粉物性のより優れたものの育成のほか、加工需要の伸びなどに対応しての用途別適品種の育成にも重点をおくなど多面化してきている。したがって、これらの品種の育成に適する交配母本材料の作出選定および組合せ能力の検討が必要となってきた。しかしながら、交配母本材料の選定および組合せ能力の検討には広範囲な試験規模と長期の年数を必要とし、現在の育種事業においては限界がある。

このようなことから、本試験では育種事業として実施してきたこれまでの試験期間において、どのような品種・系統が交配母本材料として主に使われてきたか、また、その交配母本材料の後述の調査対象形質が初期世代の選抜率、供試種子数および選抜後代の実用形質の値の大小に及ぼす影響、さらに、交配母本材料として比較的多く使用

1980年7月4日受理

* 北海道立根釧農業試験場, 086-11 標津郡中標津町

** 同上(現北海道立十勝農業試験場, 082 河西郡芽室町)

[illegible]

Combination; female(F.) $\times$ male(M.) (); planted year of showa
[]; abbreviated name of selected line or recommended variety
KI; Kon-iku, KK; Konkei, HK; Hokkai, SH; Shimakei, Hoch.; Hochprozentige

された品種・系統がどのような組合せ能力を示すかなどについて明らかにし、今後、育種事業を進めていくための参考にしようとした。

本稿の校閲をいただいた根釧農業試験場松代平治場長、中央農業試験場仲野博之畑作部長、同男沢良吉稲作部長の各位に心から謝意を表する。

試験材料および方法

供試材料は北海道立根釧農業試験場における育種事業のこれまでの試験成績を使用した。すなわち、1957～1975年の間に行った実生個体第1次選抜試験(以下、個体1次)の供試種子数、1958～1976年の実生個体第2次選抜試験(以下、個体2次)および1959～1977年の系統選抜試験(以下、系統選抜)における選抜個体および系統である。そして、系統選抜において組合せ当り2系統以上選抜した137組合せをTable 1に示した。なお、個体2次および系統選抜において選抜した個体および系統の実用形質の値を組合せごとの平均値($\bar{F}$)で示した。また、交配親の母本および父本の実用形質の値は、ばれいしょの試験上の慣行として両親を比較栽培することがなく、したがって同一圃場の成績から得られないことが多いため、後代の該当する系統選抜の試験年次に、系統選抜、交配母本材料に関する試験、生産力検定試験および品種保存に関する試験の順に優先して、いずれかの試験における成績を使用し平均値($\bar{MP}$)で示した。

調査の対象とした形質は生育日数、上いも収量(20g以上)、でん粉価およびでん粉収量である。両親の熟期は生育日数によって早生(110日以下)、

中生(111～130日)および晩生(131日以上)に分けた。また、系統および個体の選抜数の供試総種子数に対する比を選抜率と表した。各世代の主な試験方法を示すと、個体1次は温室で実生養成後本圃に移植し、1個体につき1粒収穫し、塩水による比重選抜を実施した。個体2次は疫病を無防除とし、1個体1粒植えとし、1株単位で調査した。系統選抜は1区制で1系統7～8株を植え、5～7株を収穫調査した。この外の施肥法、栽植密度および栽培管理などは各年次の当場の標準耕種法に準じた。なお、統計量の一部の計算は農林水産研究計算センターに依頼して行った³⁾。

試験結果

1. 両親の熟期が後代の実用形質の選抜に及ぼす影響

両親の熟期別の組合せごとに個体1次の供試種子数、および各世代における組合せ数および選抜率をTable 2に示した。その結果、個体1次における供試組合せ数は年により異なり4～65であった。この期間の総組合せ数は301を数えた。また、供試種子数の年次間の変動は比較的小さく、総種子数は約216万粒に達していた。これらを年当りにしてみると、組合せ数は15.8、種子数では11万4千粒余りであった。さらに、この供試種子数を熟期別の組合せからみると、晩生×晩生が全体の67.4%で最も多く、ついで、早生×晩生が15.4%であった。しかし、早生×早生、早生×中生および中生×早生は供試されなかった。

一方、各世代における延選抜数は個体2次で12、

Table 2. Number of combinations and selection ratio in each generations

Generation F. × M.	Seedling generation			First clonal generation			Second clonal generation		
	No. of combinations	No. of planted seeds	% ¹⁾	No. of combinations	No. of planted individuals	% ²⁾	No. of combinations	No. of planted lines	% ²⁾
Early × Late	29	332,403	15.4	27	1,978	0.60	21	138	0.04
Medium × Medium	5	7,989	0.4	4	127	1.59	3	7	0.09
do. × Late	30	160,169	7.4	27	884	0.55	20	110	0.07
Late × Early	8	23,446	1.1	7	122	0.52	3	13	0.06
do. × Medium	32	179,389	8.3	30	726	0.40	16	57	0.03
do. × Late	197	1,454,938	67.4	173	8,336	0.57	109	535	0.04
Total or mean	301	2,158,334	100.0	268	12,173	0.56	172	860	0.04

Early; under 110 days

Medium; 110-130 days

Late; over 131 days

1); No. of planted seeds/Total planted seeds

2); No. of selected individuals or lines/No. of planted seeds

173個体, 系統選抜では860系統であった。これを選抜率としてみると個体2次は0.56%(177粒に1個体), 系統選抜では0.04%(2,500粒に1系統)であった。一般に, 供試種子数の多い組合せでは, 個体1次においてでん粉価の高低あるいは疫病抵抗性遺伝子の有無などにより強い選抜を行い, 選抜率が低下する傾向にあったが, 供試種子数の少なかった中生×中生の組合せでは, 各世代でやや高い選抜率を示した。なお, 交配親についてみる

と, 母本数は父本数に比べ約2.4倍の164品種・系統となっていた。そして, 熟期別では晩生が125(76.2%)で最も多く, ついで, 中生が28(17.1%), 早生が11(6.7%)であった。一方, 父本数は84品種・系統を使用し, 熟期別では晩生が68(81.0%), 中生が11(13.0%), 早生が5(6.0%)の割合であった。

つぎに, 両親の熟期が系統選抜における選抜後代の実用形質の値の大小に与える影響をみるため

Table 3. Mean value of parents($\overline{MP}$), mean value of selected lines($\overline{F}$) and the difference ($\overline{F}-\overline{MP}$) of main characters in second clonal generation

Female × Male	No. of combinations	No. of selected lines	Growing period (day)			Tuber yield (kg/10a)			Starch content (%)			Starch yield (kg/10a)		
			$\overline{MP}$	$\overline{F}$	i	$\overline{MP}$	$\overline{F}$	i	$\overline{MP}$	$\overline{F}$	i	$\overline{MP}$	$\overline{F}$	i
Early × Late	17	134	131.3	123.9	-7.4	3,075	3,398	323	19.8	20.9	1.1	577	689	112
Medium × Medium	1	5	121.0	118.0	-3.0	1,967	2,868	901	19.6	20.4	0.8	366	556	190
do. × Late	16	106	125.9	114.9	-11.0	2,032	2,291	259	18.4	18.6	0.3	353	412	59
Late × Early	3	13	108.9	112.0	3.1	1,725	2,491	766	14.0	17.3	3.3	227	422	195
do. × Medium	13	54	127.5	120.9	-6.7	1,922	2,418	496	18.8	20.5	1.8	343	469	126
do. × Late	87	513	134.1	123.2	-10.9	2,423	2,809	386	19.7	20.3	0.6	464	572	109
Total or mean	137	825	132.0	122.4	-9.6	2,491	2,871	380	19.5	20.3	0.8	469	577	109

$\overline{MP}$; mean value of female and male parents
i; difference between $\overline{F}$ and $\overline{MP}$

$\overline{F}$; mean value of selected lines

に, Table 1に示した137組合せを使用して, 組合せごとに各形質の両親平均値と後代平均値との差を求め Table 3に示した。その結果, 選抜系統数が組合せによって大きく変っているが全般的な傾向としてみると, 生育日数の差は両親または片親が晩生の組合せにおいていずれも大きい傾向がみられた。また, でん粉価の差はいずれも組合せにおいても小さかったが, 上いも収量およびでん粉収量の差はいずれの組合せでも大きく, 大部分の組合せにおいては両親平均値より多収な系統を選

抜していた。

2. 両親の実用形質が後代のその形質に及ぼす影響

実用形質の両親平均値の大小が個体2次および系統選抜における選抜後代のその形質の値の大小に及ぼす影響をみるために, それぞれの実用形質について, 組合せごとの両親平均値と選抜後代の平均値との間の相関係数を求め Table 4に示した。その結果, 両親平均値で生育日数が多い組合せでは, 個体2次における選抜個体の上いも収量およびでん粉収量が多く, 系統選抜における選

Table 4. Correlation relationship between the characters of mid-parents and the characters of selected individuals and lines in first and second clonal generation

$\overline{MP}$ \ $\overline{F}$	First clonal generation			Second clonal generation			
	Tuber yield	Starch content	Starch yield	Growing period	Tuber yield	Starch content	Starch yield
Growing period	0.228*	0.046	0.236*	0.207*	0.124	0.104	0.115
Tuber yield	0.379**	0.038	0.366**	0.298**	0.478**	0.126	0.381**
Starch content	-0.013	0.694**	0.246*	0.434**	0.413**	0.638**	0.519**
Starch yield	0.357**	0.307**	0.446**	0.435**	0.594**	0.351**	0.567**

*, **; significant at 5%, 1%, respectively (N=137)

Fig.1 Correlation relationship between mid-parents and selected lines in growing period

Note; the numerals indicat the name of cross combination showed in table 1
○, □ ; show the female of Eniwa and Hochprozentige incross combination, respectively

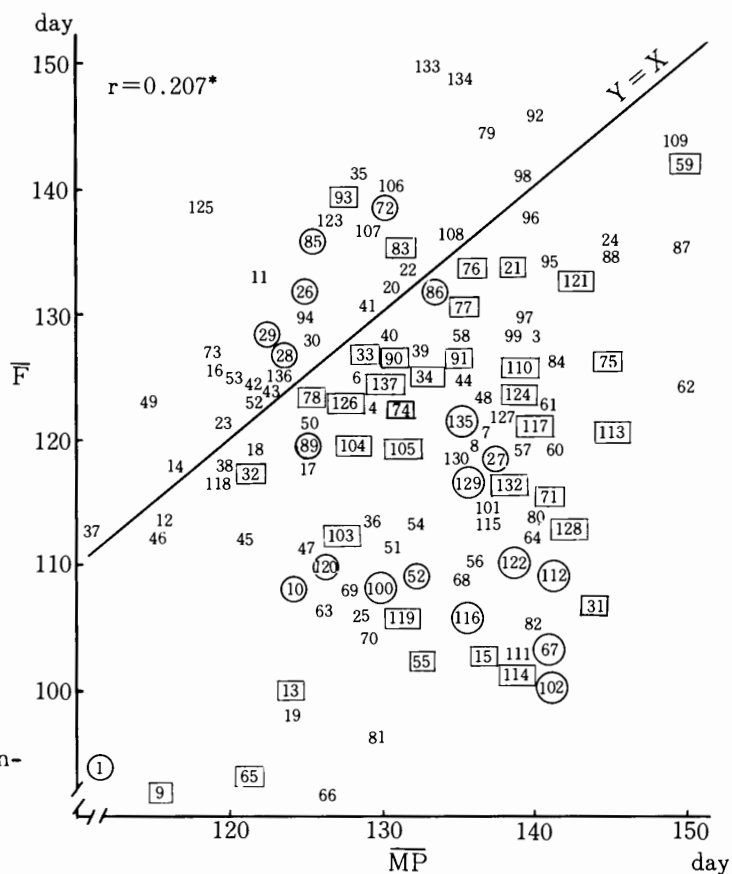
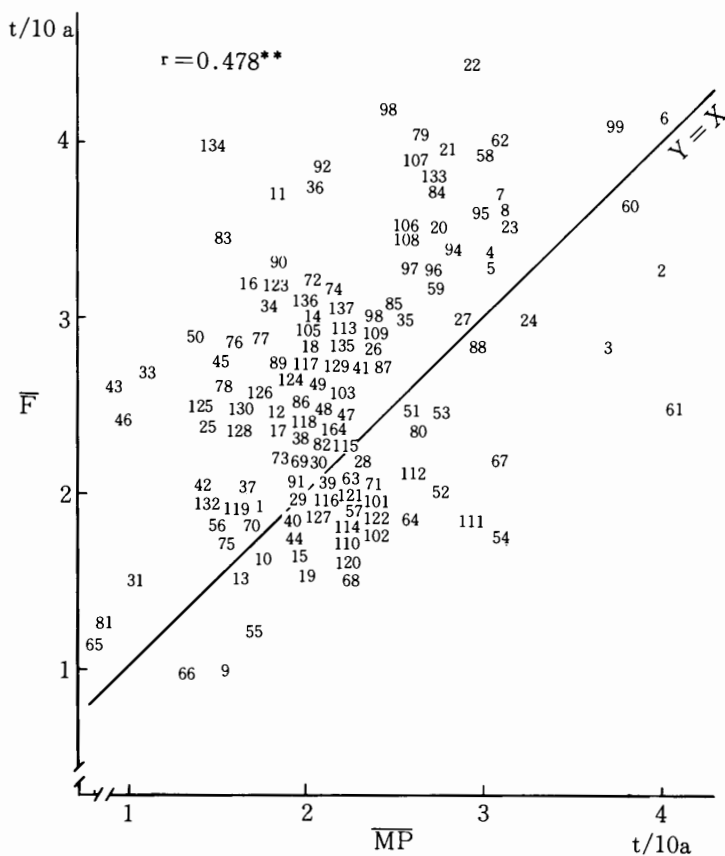


Fig.2 Correlation relationship between mid-parents and selected lines in tuber yield



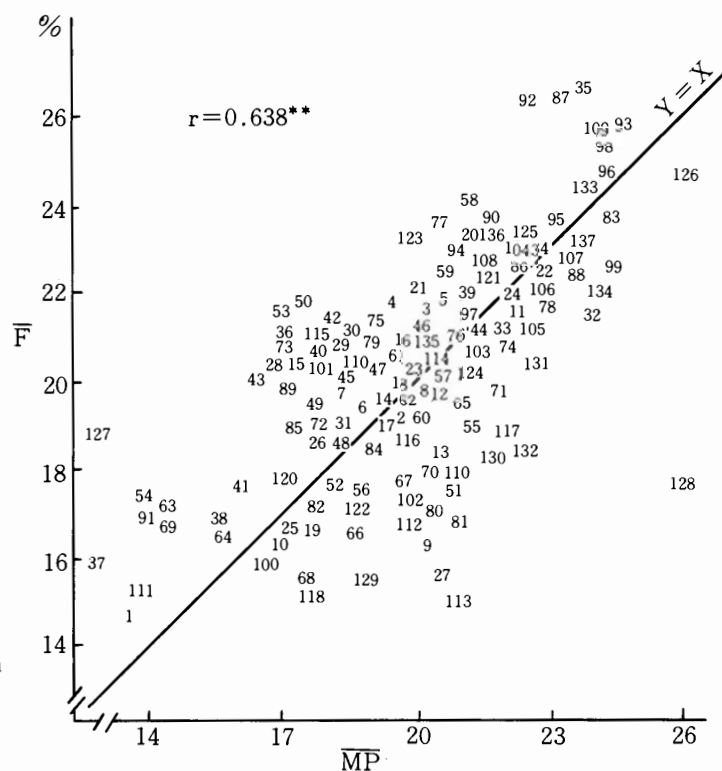


Fig.3 Correlation relationship between mid-parents and selected lines in starch content

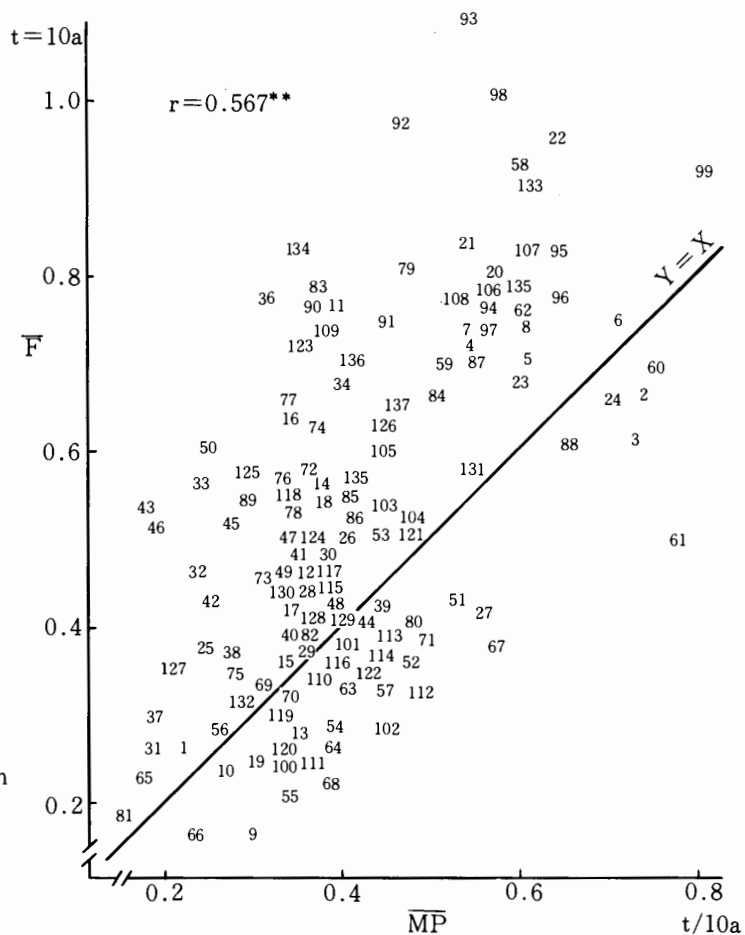


Fig.4 Correlation relationship between mid-parents and selected lines in starch yield

抜系統の熟期は遅くなる有意な相関関係を認めた。そして、生育日数について、系統選抜における両親平均値と選抜後代の平均値との関係を Fig.1 に示した。その結果、選抜系統の熟期は両親平均値に比べ比較的早いものが多く、全般に両親平均値より熟期の早い系統は、「エニワ」および「Hochprozentige」など晩生の父本を親とした組合せから比較的多く出現し、選抜された。つぎに、上いも収量についてみると、両親平均値の高い組合せは、両世代における選抜系統の上いも収量およびでん粉収量がいずれ也多収を示し、さらに、系統選抜における選抜系統の熟期が遅くなることを認めた。両親平均値と選抜系統の平均値との関係を Fig. 2 に示した。その結果、両親平均値に比べ多収を示した後代が出現した組合せは多数みられ、各組合せとも両親平均値に比べ著しく多収な後代が多く選抜された。同様に、でん粉価の高い組合せでは、個体2次における選抜個体のでん粉価およびでん粉収量が多くなり、系統選抜における選抜系統の熟期が遅く、上いも収量、でん粉価およびでん粉収量がいずれも多くなることを認めた。両親平均値と選抜系統の平均値との関係を Fig. 3 に示したが、でん粉価の両親平均値と後代平均値との差は小さく、選抜系統は両親平均値に比較し高あるいは低でん粉価を示すものがほぼ同数であった。そして、両親平均のでん粉収量は両世代とも選抜系統の上いも収量、でん粉価およびでん粉収量との間に密接な関係が認められた。全般に選抜系統は両親平均値に比べ多収なものが多く、その傾向はでん粉収量の多い親から比較的多く選抜されていた (Fig. 4)。また、両親平均値に比較し多収な系統が出現した組合せが多く、それらの組合せは上いも収量の場合とほぼ同様であった。

つぎに、これら4形質のうち2形質づつについて、両親平均値に比べ選抜後代の生育日数が少なく、上いも収量が多収あるいはでん粉価の高いものが比較的多く出現した組合せは、片親の熟期が晩生の組合せで多かった。同様に、でん粉価が高く、しかも上いも収量またはでん粉収量の多収なものが比較的多く出現した組合せは、両親の熟期に関係なく上いも収量が多く、疫病に比較的強い両親平均値の組合せから多い傾向を示した。

考 察

一般に、交配成功率は組合せ、環境条件および花粉の稔性などによって影響されることが多い⁴⁾。そして、供試する交配種子数はその前年に採種した種子数の数分の1であるが、本試験で取扱った期間の供試種子数は両親がいずれも晩生の組合せで最も多く、ついで、父本が晩生の組合せで多かった (Table 2)。これはでん粉原料品種として広く作付されている「紅丸」、「農林1号」および「エニワ」などのでん粉収量より多収な品種を育成することを目標として、でん粉価は高いが熟期の遅い「WB60015-7」、「Hochprozentige」および「エニワ」などを交配母本材料として使用したためである。したがって、これを父本とする組合せの供試種子数は、Table 5 に示すように供試総種子数の56%を占めた。そこで、個体2次および系統選抜におけるこれら3父本を使用した組合せの後代の選抜率を比較するために、選抜率を求め Table 6 に示した。その結果、個体2次における選抜率は、301組合せで求めた0.56%に比べ (Table 2), 「WB60015-7」を使用したものは0.35%と低く、「Hochprozentige」および「エニワ」を使用した場合は0.70, 0.72%とそれぞれ高かった。さらに、系統選抜における選抜率は、301組合せで求めた0.04%に比べ (Table 2), 「WB60015-7」および「Hochprozentige」が0.02, 0.03%とそれぞれ低く、「エニワ」が0.05%と著しく高かった。つま

Table 5. Main female and male parents

Order	Female	No. of planted seeds	Male	No. of planted seeds
1	Toyoshiro	140,396	WB60015-7	496,099
2	Shiretoko	97,204	Hoch.	424,486
3	KK-28	86,690	Eniwa	294,611
4	Waseshiro	81,584	64030-525	145,642
5	Eniwa	68,271	58103-510	117,265
6	KI-10	64,682	HK-26	44,030
7	Benimaru	62,653	64030	33,449
8	KI-5	61,401	WB66201-10	30,000
9	Rishiri	41,298	Kameraz	20,660
10	Oojiro	41,020	K69008	20,000
	Others	1,413,135		532,092
	Total	2,158,334		2,158,334

Table 6. Comparison among three male parents with the planted seeds and the selection ratio in each clonal generations

Male Female	WB60015-7			Hoch.			Eniwa		
	No. of planted seeds	% ¹⁾		No. of planted seeds	% ¹⁾		No. of planted seeds	% ¹⁾	
		P S	P K		P S	P K		P S	P K
Danshiyakuimo	10,000	0.13	0.02	10,000	0.46	0.01	1,780	1.24	0
Oojiro	19,380	0.32	0.01	11,500	0.66	0.02	2,600	0.85	0.04
Waseshiro	33,527	0.40	0.05	—	—	—	—	—	—
Toyoshiro	78,976	0.26	0.02	11,420	1.55	0.09	—	—	—
Norin No. 1	—	—	—	10,000	0.21	0	10,000	0.68	0.11
Eniwa	24,600	0.16	0	10,890	0.90	0.04	—	—	—
Benimaru	27,737	0.03	0	5,000	0.10	0	21,600	0.76	0.11
Shiretoko	30,379	0.47	0.06	18,873	0.79	0.06	—	—	—
Youraku	—	—	—	4,000	0.35	0.03	5,000	1.38	0.22
Rishiri	—	—	—	3,000	1.93	0.03	15,700	0.92	0.04
96-56	5,018	0.32	0.02	4,200	0.93	0.10	—	—	—
KI-4	—	—	—	4,347	0.58	0.09	28,477	0.17	0.01
KI-5	27,445	0.28	0.01	30,913	0.38	0.01	—	—	—
Others	239,037	0.44	0.02	300,343	0.74	0.03	209,454	0.76	0.05
Total or mean	496,099	0.35	0.02	424,486	0.70	0.03	294,611	0.72	0.05

PS; first clonal generation

PK: second clonal generation

1); No. of selected individuals or lines/No. of planted seeds

り、供試種子数の多い組合せでは、個体1次においてでん粉価および疫病抵抗性などで強い選抜を実施し、選抜率は低下する場合がみられるが、主として、実用形質の値の大小で選抜を実施する系統選抜において、「エニワ」を父本とする組合せからの後代の選抜率が高かったことは、この品種が「WB60015-7」および「Hochprozentige」のそれに比較して、異なる母本との間の組合せ能力が優れているためである。さらに、これら3父本の組合せから出現し地方番号を付与した系統を Table 1 からみると、根育および根系系統が出現した組合せは、「エニワ」を父本とする組合せにおいて圧倒的に多く、この品種は優良な交配親といえよう。なお、これら3父本以外の交配親においても高い選抜率を示すものも多数みられたが、それらはいずれも供試種子数が比較的少ないことなどにより、後代の選抜率の比較は検討しなかった。

一方、母本は父本として使用するものに比較し、除雄の省略を考え、一般に花粉生成量の少ないものが使用される傾向にある。また、交配はある特定の父本を種々異なる多数の母本との間に行うこ

Table 7. Main cross combinations

Order	Female × Male	No. of planted seeds
1	KK-28 × 64030-525	86,690
2	Toyoshiro × WB60015-7	78,976
3	KI-10 × do.	64,682
4	KI-16 × do.	41,020
5	Waseshiro × do.	33,527
6	KI-5 × Hoch.	30,913
7	Shiretoko × WB60015-7	30,379
8	Toyoshiro × WB66201-10	30,000
9	KK-43 × WB60015-7	29,000
10	KI-4 × Eniwa	28,477
	Others	1,704,670
	Total	2,158,334

とが比較的多い。そのため、母本数は父本数に比較して2.4倍に達していた。供試種子数の中で母本を片親とする組合せは中生、多収の「トヨシロ」が全体の6.5%を示し最も多く、ついで、多収、疫病抵抗性の「シレットコ」および「根系28号」、早生、

早期肥大性の「ワセシロ」などが比較的多かった (Table 5)。

つぎに、供試種子数を両親の組合せ別にみると (Table 7), 「根系28号」×「64030-525」の組合せが約8万7千粒で最も多く、ついで、「トヨシロ」×「WB60015-7」, 「根育10号」×「WB60015-7」の組合せで多かった。そして、供試種子数の多い組合せはいずれもでん粉価の高い父本との組合せであり、「紅丸」および「農林1号」などのでん粉収量より多収な品種の育成を目標としたものであった。

系統選抜における選抜後代の平均値と両親平均値との差を両親の熟期別の組合せについてみると (Table 3), 全般に、生育日数は両親平均値より少ない系統を選抜している傾向がみられた。これは熟期の遅い親との組合せが多かったこと、さらに、9月上旬頃からの早期のでん粉工場操業のために出荷することなどを考慮して、肥大性の早い品種を育成しようとしたためである¹⁾。同様に、選抜個体 (系統) の上いも収量およびでん粉収量の両親平均値との差はいずれの組合せにおいても大きく、これは両親平均値より多収な系統を育成しようとしていたことなどによると推察される。さらに、根育および根系系統の出現の多かった組合せを両親の熟期別にみると (Table 1), 晩生×晩生の組合せからは全体の60%を占め最も多く、ついで、中生×晩生の組合せであった。これらについて、初期世代において次ぎのような関連性がみられた。両親平均値ででん粉収量あるいは上いも収量の多収なものの組合せでは、供試種子数が多くなる傾向があり、個体2次および系統選抜での選抜率は高まった。そして、選抜率の高い組合せでは系統選抜において選抜される系統が多収、高でん粉価である傾向がみられた。さらに、系統選抜においては、供試種子数の多い組合せから多収、高でん粉価の系統を多く選抜している関係が認められた。

一般に、生育日数とでん粉収量との間に密接な正の相関関係が存在し、早生で、でん粉収量の多収な品種の育成は、晩生で、でん粉収量の多収な品種の育成に比べ困難であるといわれてい

る^{1,2,4,5)}。本試験の結果、それぞれの実用形質の両親平均値に比較して、生育日数が少ない、あるいはでん粉価、上いも収量およびでん粉収量が勝る後代が多数出現した組合せのあることを明らかにした (Fig.1-4)。さらに、2形質ごとに両親平均値に比較して、生育日数が少なく上いも収量が多収なもの、生育日数が少なく高でん粉価のもの、でん粉価が高く上いも収量が多収なもの、およびでん粉価が高くでん粉収量が多収なものがそれぞれ出現した組合せをいくつか明らかにした。既に、田口⁵⁾ はでん粉価について、両親のいずれかが低でん粉価で他方が高でん粉価の組合せから、両親がいずれも高でん粉価の組合せの平均値にかなり近い後代の出現が期待できることを明らかにしている。したがって、本試験において実用形質の組合せ能力が明らかになった交配母本材料を育種事業に利用することにより、両親平均値より熟期が早く、でん粉収量が多収な品種の育成は可能と思われる。

以上、本試験は育種事業の限られたこれまでの試験成績を使用し、交配母本材料の選定などについて考察を行った。今後、品種の育成をより効率的に進めるためには、選抜の加えられていない雑種集団を使うなどして、組合せ能力を予め検定しつつ交配母本材料を作出することが必要であろう。

引用文献

- 1) 浅間和夫, “北海道における主要農作物育種の現況. III. 1 ばれいしょ” 北農. 43(3), 1—4 (1976).
- 2) Maris, B., “Studies on maturity, yield, under water weight and some other characters of potato progenies”. Euphytica. 18, 297-319(1969).
- 3) 鈴木 茂, “相関係数行列と分散・共分散行列(2) -A”. 農林研究計算センター報告. A 2, 231—240 (1968).
- 4) 田口啓作, “馬鈴薯品種の交雑育種に関する研究”. 東北農業試験場研究報告. 12, 1—212 (1957).
- 5) 田口啓作, “馬鈴薯における高澱粉遺伝子の解析並びにその集積法に関する研究”. 昭和39, 40年度, 農林水産業特別試験研究費補助金による研究. 1964, 1965.

The Influence of the Agronomic Characters of Parents on the Selection of Progenies in Potato Breeding

Norio MURAKAMI*, Kazuo ASAMA*, Hei-ichi ITOH* and Takeshi ITOH**

Summary

Using the test results on potato breeding (1957-77) at Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station, this study has been aimed to make clear the following: kinds of varieties or lines which have been used as parent materials; effects of the degree of agronomic characters of the parent materials on the selection ratio, the number of planted seeds and agronomic characters of selected progenies of early generations; the combining ability of varieties or lines used as parent materials.

1) The breeding object of our station has laid stress on bringing up varieties specializing in production of starch for industrial use. Therefore, almost all crossings were done among late parents, whose male parents were WB60015-7, Hochprozentige and Eniwa in most cases. Especially, the cross combinations using Eniwa showed the highest selection ratio of progeny; this variety produced a large number of excellent progenies.

2) The total number selected were 12,173 and 860 lines in the first and the second clonal generation, respectively. The selection ratios were 0.56 and 0.04% in the first and the second clonal generation, respectively. The difference in growing period between mid-parents and the mean of selected progenies was great in the combinations with late parents. And the difference in tuber yield and starch yield was large in every combination.

3) High positive correlations were shown between agronomic characters of mid-parents and those of selected lines in the second clonal generation. Further, many selected lines earlier than mid-parents were obtained in cross combinations using late cultivars, that is, Eniwa and Hochprozentige. We also recognized a number of combinations in which a large number of progenies were produced, earlier in maturity and higher in starch yield than mid-parent.

* Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu, Hokkaido, 086-11, Japan

** Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Menurō, Hokkaido, 082, Japan

トウモロコシ種子粒大と稚苗期における

低温処理後の回復生長量の関係

櫛引 英男* 桑 畠 昭吉**

Relationship between Seed Size and Seedling Growth in the Period
after Low Temperature Treatment in Maize

Hideo KUSHIBIKI and Shokichi KUWAHATA

16の自殖系統種子を用い、種子の粒大、稚苗期の低温生長量、低温処理後の回復生長量、及び低温発芽率の形質相互の関係をみた。低温生長量は10—12℃の人工気象室、また低温処理後に17—26℃において、それぞれ日当り乾物重で示した。その結果、種子の粒大と低温処理後の回復生長量との間に0.1%水準の有意な相関係数が示された。また、低温生長量及び低温発芽率は千粒重と有意な関係になかったが、共に自殖系統間の差異が認められた。

次に、2自殖系統を各々大粒と小粒種子に区分して、これと稚苗生長の関係を検討した。いずれの自殖系統においても大粒種子の低温処理後の回復生長量は小粒種子のそれより大であり、また適温下生長量も大きい傾向にあった。これらのことから、寒暖の繰り返えられる寒冷地においては、大粒品種の選定が必要と認められた。

結 言

北海道におけるサイレージ用トウモロコシの近年における作付け増加は、気象的に不安定な地帯における栽培地域の拡大によることが大きい。このような地帯における栽培期間は現在の早生品種にとっても短かいので、できるだけ早播きをして、栽培期間の延長を図る必要がある。このようなことから、品種の低温発芽性と稚苗期の低温生長性が重視されている。

稚苗期の低温生長性をみる場合、従来は全期間が低温処理されて検討されてきた^{1,8)}。しかし、実際の圃場条件は低温と適温または適温に近い条件の繰り返しが多いので、このような条件下では全期間低温下における低温生長性のみでなく低温条件から適温条件に回復した時の生長性、つまり低温

処理後の回復生長性も重要となる。

他方、トウモロコシ種子の粒大が稚苗生長の向上に寄与するという報告があるが^{1~4,6,7,10)}、これらは常温または適温下でえられたものであり、低温生長性及び低温処理後の回復生長性との関係を検討した報告は見あたらない。

本報告は寒冷地向き品種育成上、種子粒大の位置づけをする目的で、粒大が発芽及び上記の稚苗の生長量に及ぼす影響を検討したものである。

供試材料と試験方法

供試自殖系統はいずれも1970年前後にサイレージ用早生品種育成を目的とする育種事業で扱われたものである。各自殖系統の供試種子は1967年に十勝農試において混合花粉法により採種し、いずれも5~10穂を混合したものから任意に取出した。これらの種子をTMDT剤により粉衣し、各試験に供試した。

実験1：稚苗に関する実験は、植箱(縦45cm×横150cm×深さ15cm)に十勝農試圃場の土壌を深さ9cm入れ、その上に4.0cm×7.0cmの方形に

1980年4月23日受理

* 北海道立十勝農業試験場, 082 河西郡芽室町新生2

** 現北海道立天北農業試験場, 098-57 枝幸郡浜

頓別町緑ヶ丘

各自殖系統の種子50～60粒を1粒点播し、次いで3cmに覆土した。これを自然光利用のガラス室(20℃前後)にて発芽生育させた。播種20日後(約3.7葉期の時期)に、これを10～12℃の低温室(自然光利用)で8日間処理した。そして、この間の地上部乾物重の増加量を低温生長量とした。

低温処理後、再度上記のガラス室(17～26℃、以下これを対照温度とする)に移動させ、7日間経過させた。そして、この間における地上部乾物重の増加量を低温処理後の回復生長量とした。

上記の乾物重は地上部を切取後に水洗し、95℃の電気乾燥機で48時間経過後、取出し直後に測定した。

低温発芽率は櫛引ほか⁵⁾のシャーレによる下記の比較低温発芽率によった。

$$\frac{\text{低温下の発芽勢}}{\text{常温下の発芽歩合}} (\%)$$

実験2：低温生長量および低温処理後の回復生長量は概ね実験1と同様の方法で得た。温度条件は対照区としてのガラス室が20～25℃、また低温室が10～12℃である。ガラス室における発芽後2日目と5日目の乾物重、次いで低温室における発芽後9日目の乾物重、最後に再度ガラス室において発芽後15日目の乾物重を測定し、実験Iと同様にして生長量を示した。また、ガラス室で全期間経過させて、対照温度下における生長量を測定した。

実験1および2は1968年および1969年に行なわれた。

試験結果

実験1：千粒重、低温生長量、低温処理後の回復生長量及び低温発芽率の関係

表1には、各自殖系統の形質とそれら相互の相関係数を示した。自殖系統間にはいずれの形質においても大きな変異が認められた。これらの中で、千粒重(a)と低温処理後の回復生長量(c)の間には0.902***の高い有意性が示された。また低温生長量と逆正弦変換した比較低温発芽率(d)の間には5%水準の有意性(0.602)に近い相関係数、0.529がえられた。なお、他の形質間には有意な関係がみられなかった。

表2は千粒重(d)と低温処理後の回復生長量(b)の間の回帰の分散分析の結果である。これにより、両者の回帰は2次式であることが認められたの

表1 自殖系統の千粒重と稚苗期の低温生長及び低温発芽の関係(1968)

自殖系統	千粒重 (a)	低 温 生 長 量 (b)	低温処理 後の回復 生長量 (c)	比較低温 発芽率 (d)
	g	g/20pl	g/20pl	%
CO46	317	0.060	0.264	15.6
CM37	312	0.069	0.273	55.7
N138	289	0.040	0.248	84.6
WH	287	0.028	0.190	41.4
W49	278	0.024	0.155	31.6
A171	275	0.009	0.163	7.5
CM39	251	0.066	0.148	—
A357	238	0.059	0.136	—
CM51	230	0.045	0.125	—
Ia153	222	0.024	0.131	—
W153R	205	0.046	0.150	—
W25	186	0.015	0.107	14.2
CM47	183	0.036	0.123	58.8
CM53	176	0.071	0.080	55.9
W85	174	0.041	0.109	62.0
W28	170	0.012	0.075	10.3
平 均	237	0.040	0.155	39.8
S	51.3	0.021	0.061	25.7
CV(%)	21.7	51.4	39.1	64.5
相 関 係 数 (r)	a	—	0.268	0.902***
	b	—	—	0.310
	c	—	—	0.218

註1.(a)：15%含水の千粒重。

(b)：低温処理期間(10～12℃、8日間)における日当り乾物増加量。

(c)：低温処理後の常温期間(17～26℃、7日間)における日当り乾物増加量。

(d)：(10℃、11日)下の発芽勢
(20～25℃、7日)下の発芽歩合

2.⊙；逆正弦変換値

で、図1を作成した。

実験2：千粒重と稚苗の生長量の関係

図2は2自殖系統を用いて、千粒重の差が低温処理後の回復生長量に及ぼす影響を検討したものである。

供試種子の千粒重は、「A15」の大粒種子では245g、小粒種子では152g、「CM47」の場合はそれぞれ189g及び145gである。

いずれの自殖系統においても、大粒種子の全期間対照温度の生長量は小粒種子のそれより大であった。また、低温期の生長量の増加はほとんど認められなかった。

表2 分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方	F
全 体	1	0.383471		
1 次 項	1	0.045501	0.045501	66.205**
残 差	14	0.009622	0.000687	
2 次 項	1	0.002969	0.002969	5.802*
残 差	13	0.006653	0.000512	
3 次 項	1	0.001298	0.001298	2.908
残 差	12	0.005355	0.000446	

低温処理後の適温期、つまり回復期における低温処理後の生長量は対照温度下における生長量より少ない。両自殖系統における大粒種子の低温処理後の回復生長量は約0.20g/20pl./dayで、小粒種子の約0.10g/20pl./dayに比し、2倍の値を示した。

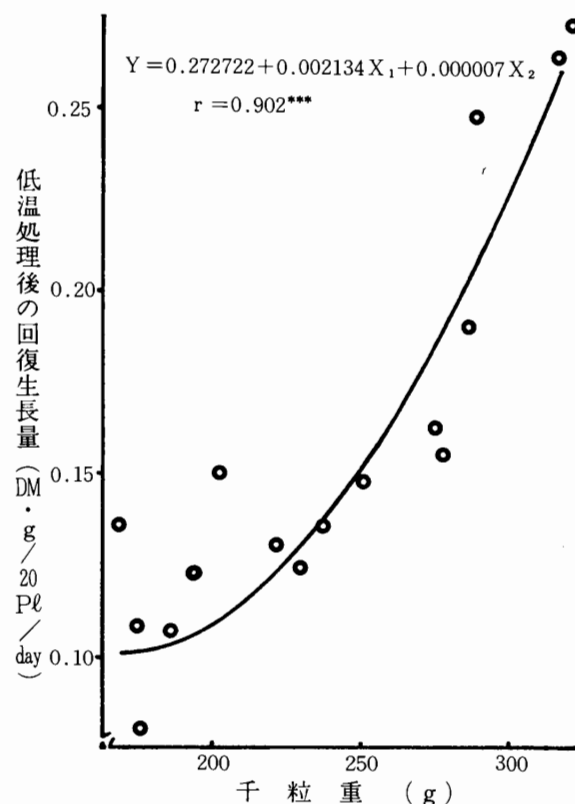


図1 千粒重と低温処理後の回復生長量との関係

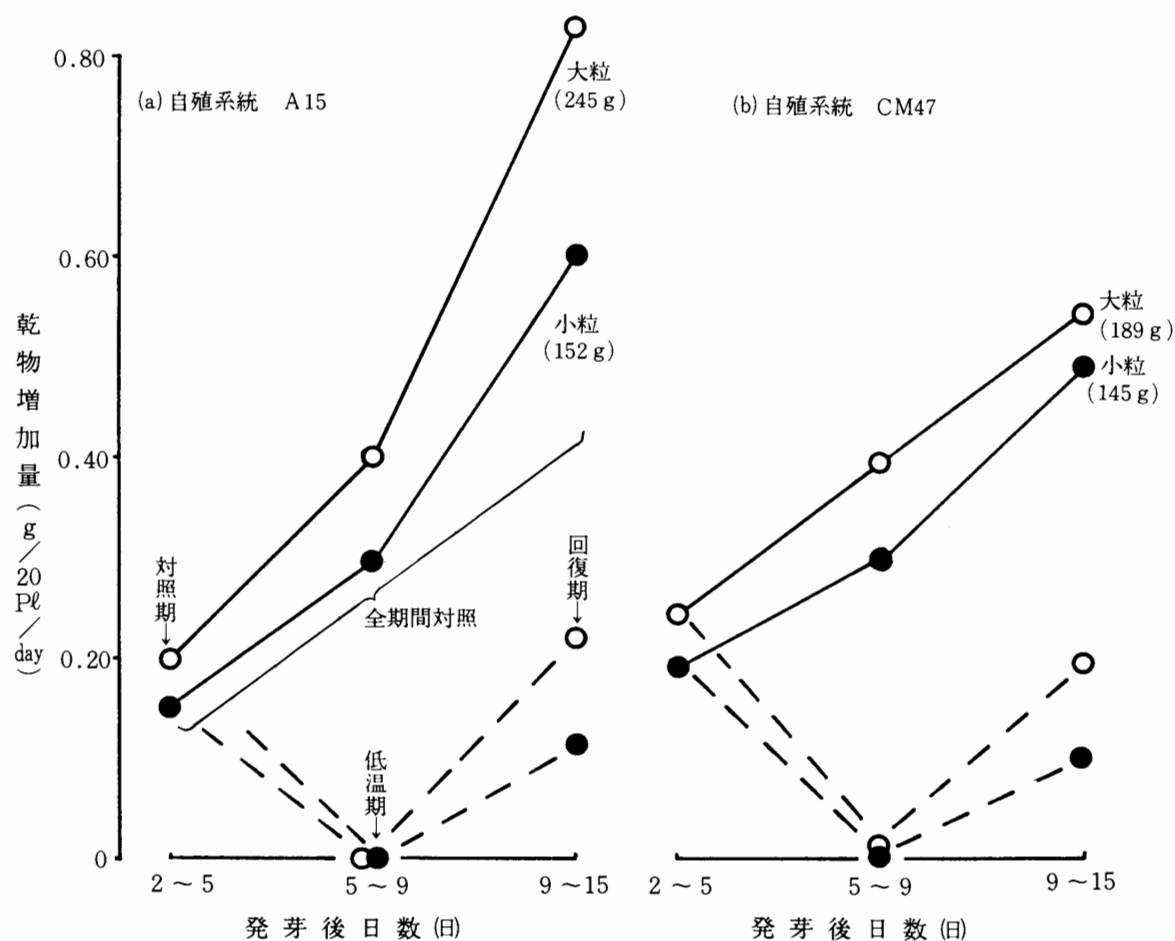


図2 2自殖系統の粒大と低温処理後の回復生長との関係 (1969)

考察と論議

寒冷地における稚苗の生長は低温生長性、適温下の生長性、及び低温処理後の回復生長性に区分できると考えられる。低温生長性はこれまで、粒大に関係しない品種系統の遺伝的特性として検討され^{8,10,11)}、特に粒大との関係を追求された例は少ない。また適温下の生長性は多くは粒大と関係づけて研究されてきた^{2-4,7,12)}。いずれも、概念と意義はほぼ固ったとみられる。低温処理後の回復生長性は、これまでは常温下生長性の範囲で扱われてきたが、ここでは低温期間が前歴としてあるという点で常温下生長性と区分して考えた。緒言で述べたように、寒冷地における稚苗期の圃場条件は低温が持続するだけでなく、低温から適温または高温に近い温度条件への移行、あるいはその繰り返しであることが多いので、低温処理後の回復生長性は重要な特性と考えられる。

実験 1 において、自殖系統間に千粒重、低温生長量、低温処理後の回復生長量、比較低温発芽率には明確な差が示された。そして自殖系統の千粒重と低温生長量との間には有意な関係は示されなかったが ($r=0.268$)、低温処理後の回復生長量と千粒重の間には高い有意性が示された ($r=0.902^{***}$, $Y=0.272722+0.002134 \times 1+0.000007 \times 2$)。また、同一自殖系統内の粒大区分を用いた実験 2 においては、大粒種子の対照温度下の生長量は小粒種子のそれより大であることが示され、これまでのいくつかの報告^{2-4,7,12)}と同様の結果をえた。そして、低温処理後の回復生長量より著しく小さいものの、大粒種子の低温生長量は小粒種子のその約 2.0 倍となっている。これらのことから、千粒重の大なることは常温下においても重要な特性であると認められるが、寒暖の繰り返される寒冷地帯においては特に重要であることを示すものであろう。

稚苗期における低温生長量の品種間差異に病原菌が関与するという報告がある¹¹⁾。しかし、実験 1 の結果は TMDT 剤により種子粉衣していること、また実験 2 では遺伝的に固定した自殖系統の粒大区分による結果であるので、本報告の結論は粒大によりもたらされたものといえよう。そして、粒大の有利性は貯蔵養分の多いこと^{2-4,7)}、また個体の良好な発達が温度回復時の乾物生産活動を旺

盛にするからであると推定される。

以上、寒冷地におけるトウモロコシ初期生育向上のために、品種改良上に占める種子粒大の位置づけをすれば、次の様に示されよう。

初期生育
 ↙ 発芽時：低温生長性の向上
 ↘ 稚苗時： { 低温生長性の向上
 低温処理後の回復生長性の向上(種子粒大の向上)

すなわち、寒冷地における初期生育向上のためには、これまでいわれてきた低温発芽性^{5,9,13)}及び稚苗の低温生長性^{1,10,11)}を高めることが必要であり、かつ低温後の回復生長性も向上することが重要であり、このため種子粒大の大きい品種を育成する必要がある。また、実際の栽培に当っては、できるだけ大粒の品種を選定するとともに、同一品種でも種子サイズの異なる場合は大粒種子を選定することが必要である。

本稿のとりまとめに当っては、十勝農業試験場 齊藤正隆場長の懇切丁寧なる御指導と御校閲をいただいた。ここに深甚なる謝意を表する。

引用文献

- 1) 阿部幹夫, 金子幸司, 長谷川春夫. “低温下におけるとうもろこしの初期生育について”. 日本育種・作物学会北海道談話会々報, **9**, 12 (1969).
- 2) 秋山 侃, 武田友四郎. “トウモロコシの物質生産に関する研究, 第 1 報 初期生育に及ぼす種子重の影響”. 日作記, **42**, 97—102 (1973).
- 3) Cameron, J.W., Maren, A.V., Cole, D.A. “Seed size in relation to plant growth and time of ear maturity of hybrid sweet corn in a winter planting area”. Am. Soc. Hortic. Sci. **80**, 481—484 (1962).
- 4) Cooper, C.S., MacDonald, P.W. “Energetics of early seedling growth in corn (*Zea mays* L.)”. Crop Sci. **10**, 136—139 (1970).
- 5) 櫛引英男, 仲野博之. “トウモロコシの発芽に関する耐冷性とその検定法に関する研究, 2, 低温発芽性の検定法と表示”. 北海道立農試集報, **35**, 1—7 (1976).
- 6) 橋爪 健, 菱山和夫ほか. “導入とうもろこし品種(種子)の低温発芽性について”. 北海道草地研究会々報, **13**, 35—37 (1979).
- 7) Hicks, D.R., Peterson, R.H. “Seed grade effect on corn performance”. Agron. J. **68**, 819—820 (1976).
- 8) 森 行雄. “トウモロコシ幼苗期の色素含有量と温

- 度の関係”. 農業技術, **19** (10), 572—574 (1967).
- 9) 森 行雄, “玉蜀黍の耐冷性に関する研究, 2. 低温発芽性の遺伝について”. 日本育種・作物学会北海道談話会々報, **2**, 18 (1959).
- 10) 恩田重興, 大河内秀樹, “玉蜀黍幼苗の寒害抵抗性に関する品種間差異に就て”. 育種研究, 第1輯, 138—143 (1942).
- 11) Smith, O.L. “The influence of low temperature on seedling development in two inbred lines of corn”. J. Am. Soc. Agric. **27**, 467—479 (1935).
- 12) 田中 明, 山口淳一, “作物の生長効率に関する研究 (第1報) 種子の暗所発芽時の生長効率”. 土肥誌, **40**, 38—42 (1969).
- 13) 館 陟, 広瀬昌平, “玉蜀黍の冷温多湿発芽性の品種間並に自殖系統間差異”. 北農研抄 **1**, 55—56 (1954).

Relationship between Seed Size and Seedling Growth in the Period after Low Temperature Treatment in Maize

Hideo KUSHIBIKI and Shokichi KUWAHATA

Summary

Interrelationship among four characteristics comprising seed size, seedling growth in and after low temperature treatment, and seed germination at low temperature was investigated with 16 inbred lines. The low temperature treatment was carried out in a growth chamber kept at 10 to 12°C. After this treatment, seedlings were again placed at 17 to 26°C. The growth rates in both periods were recorded in terms of dry weight on daily basis. The correlation coefficient between seed size and seedling growth in the period after low temperature treatment condition was significant with 99.9% statistical confidence.

Further, two inbred lines were each graded into large and small grain sizes and these seed groups examined for an effect of seed size on seedling growth. Large size seeds in both inbred lines showed higher recovery growth after the low temperature period and higher growth rate under normal temperature than small size seeds.

Based on these observation, we conclude that the varieties having large size seed must be selected and improved in cool condition areas where low temperature period and rewarming period alternates.