

さて、北海道品種を供試して腹白粒率の遺伝力を調べた結果については、柴田・野村(1963)の報告があり、1961年に窒素施与量と水温を変えた場合の値は0.85~0.93であった。この値は本報告の値(0.74)と較べて高かった。すでに記したように、腹白粒は玄米を大きくするような条件下で生じやすい。従って、本実験の行なわれた北見農試(訓子府町)では上川農試(旭川市)に較べて気象条件が劣り、粒大も小さいから、腹白粒は上川農試よりは出にくいと考えられ、このため腹白粒率の品種間差も小さくなって、遺伝力の値が低くなったのであろう。

第2節 雑種集団における低温発芽性

育種を行なうに際して、選抜が適切に行なわれるか否かは、育種の成否を決定づける重要な事項である。更に、品種育成の過程において、各形質の親子相関、実用形質間の遺伝相関などを検討することは、育種効率を上げ所期の目的を速やかに達成するために、重要なことである(酒井1958)。

しかしながら、稲品種の低温発芽性についてのこの種の研究はきわめて少ない(永松1962)。本実験においては、以上の点にかんがみ雑種初期世代の集団を用いて、低温発芽性の変異、親子相関および形質間相関などについて検討し、低温発芽性品種育成上の資料とした。

1 F_1 および F_2 集団における発芽性の変異

低温発芽性品種の育成には、低温発芽性についての遺伝的特性を明らかにすることが重要である。稲では従来多くの形質について、その遺伝的行動が調べられているが、低温発芽性について F_1 種子および雑種分離世代の材料を扱った研究は少ないので、この点に関し検討を試みた。

(1) 実験材料および方法

供試した F_1 種子(以下種子の世代は胚の世代で示す)は、1970年にガラス室内で交配して得られたもので、交雑方法は切穎法によった。切穎による発芽への影響を少なくするために、切穎部分が穎の $\frac{1}{4}$ となるように留意した。また同時に、交雑親についても同様な方法で得られた切穎種子を発芽試験に供した。

発芽検定に際しては、供試粒は全て玄米として

用いた。検定法は従来如く検定温度 15°C で、置床日数は14日である。供試粒数は F_1 種子では1組合せ9~50粒、交配親では50粒であった。供試組合せ並びに両親品種の低温発芽性を第35表に示した。

F_2 種子は1962年および1970年に交雑して得られた F_1 種子を、翌年標準栽培圃場において養成した個体から採種された。また、 F_2 種子と同時に栽培してあった両親個体の種子を用いた。供試組合せと、その両親品種の低温発芽性の程度は第36表および第37表に示してある。採種後室温にて乾燥し、発芽試験開始時まで室温条件下に貯蔵した。発芽試験は兩年とも種子を生産した翌年の2月に行ない、1963年は 20°C 、15日置床、1区120粒供試の4反覆で、1971年は 15°C 、15日置床、1区100粒供試の3反覆で実施した。その他は常法に準じた。供試粒は傷をつけぬように脱穀し厳選したものである。

なお、本節および以下の第3・第4節においては、各集団の低温発芽性の高低の指標として平均発芽日数を用いることとする。その理由は、分離集団間の低温発芽性の高低および変異の大小の比較は、平均値と変異の幅が必要であるが、分離集団における低温発芽性の高低は粒単位で測定しなければならないので、発芽係数の算出が不可能であるからである。すでに第Ⅲ章第1節で論じた如く、発芽締切日における集団間の発芽力に差がある場合、平均発芽日数では集団間差異が正しく充分には表わされないので、本節以降では発芽締切日における各集団間の発芽率に大差が生じないように努力した。その結果、各集団とも94%以上の発芽率を示し大差が認められなかった。しかし、いくつかの未発芽粒が残る場合もあったので、それを除いて計算すると集団の変異が僅小ながらも或る程度の影響は受けるものといわねばならない。それ故、未発芽粒は発芽締切日の翌日の発芽として扱い、各集団の低温発芽性の高低および変異の大小が出来るだけ正しく示されるように努めた。

(2) 実験結果

F_1 種子および親品種集団の低温発芽性に関する

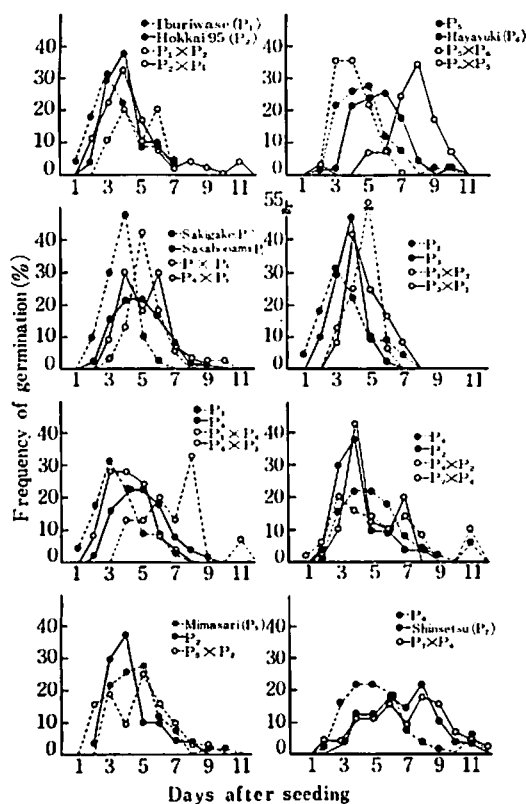


Fig. 15 Frequency distribution of germination date in parental varieties and F_1 seeds (1970)

頻度分布を第15図に示した。これによると、 F_1 の供試粒数の特に少ないものを除けば、いずれの F_1 種子および品種集団とも、正規分布に類した頻度分布を示すことが認められた。また、 F_1 種子では置床後10~11日で各集団ともほとんどが発芽を終了した。

第35表には F_1 および各親品種集団に関する平均発芽日数とその標準偏差および平均優性度が示されている。各 F_1 集団における平均発芽日数は、その両親集団の平均よりも高い値を示した場合が多く、交雑親のうち低温発芽性の低い方の平均発芽日数へ偏っている。このことは平均優性度の値からも認められ、多くは1以上の値を示し、1以下のものは14例のうち僅か4例のみであった。 F_1 における平均発芽日数と交雑親の低温発芽性の程度との関係には、一定の関係は認められなかった。

1962年において F_2 および親品種集団の発芽に関する頻度分布を第16図に示した。これによる

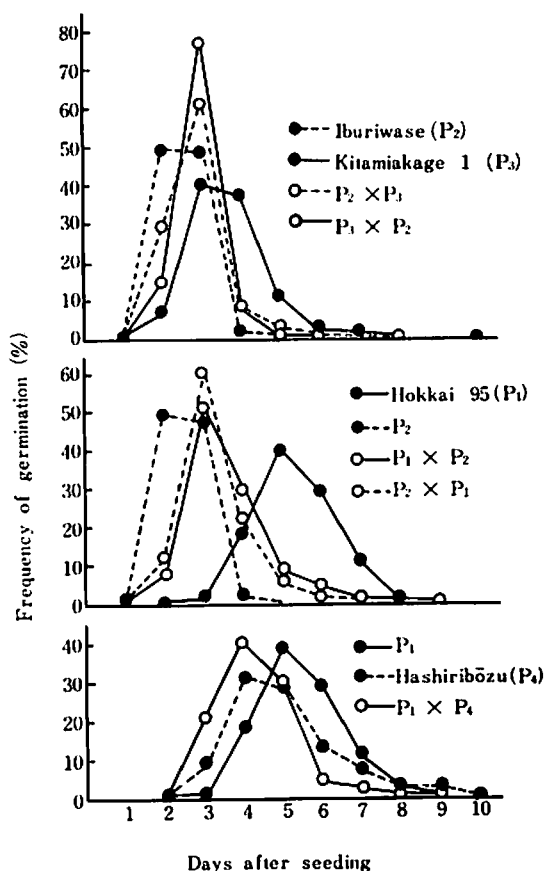


Fig. 16 Frequency distribution of germination in parental varieties and F_2 populations (1963)

と、いずれの F_2 および親品種集団とも、正規分布に類似した頻度分布を示すことが認められた。また、置床後7~8日で各集団とも、ほとんどが発芽を終了した。

第36表には、上記各集団に関しての平均発芽日数と、その標準偏差および平均発芽日数についての分散分析の結果が示してある。各組合せに供試した両親間および相反交雑間における分散分析結果では、いずれの場合とも5%水準以上で有意性を示した。各 F_2 集団における平均発芽日数は、その両親集団の平均親に近いが、平均発芽日数の小さい方へ偏っていた。この場合、交雑親の低温発芽性の程度により、 F_2 の平均発芽日数についての偏りの傾向が異なるようであった。すなわち、低温発芽性の「極高」と「高」および「極高」と「低」

Table 35. Means and standard deviations of germination date in parental varieties and F₁ plants of reciprocal crossing

Parental variety and F ₁ population	A+	$\bar{P} \pm S$	Mid parents	$\bar{F}_1 \pm S$	Mean++ dominance
Iburiwase (P ₁) Hokkai 95 (P ₂) F ₁ {P ₁ × P ₂ P ₂ × P ₁	High Low	3.59 ± 1.502221 4.20 ± 1.399709	3.90	5.67 ± 1.796872 4.53 ± 2.063270	5.8197 2.0820
Sakigake (P ₃) Sasahonami (P ₄) F ₁ {P ₃ × P ₄ P ₄ × P ₃	High Low	3.65 ± 0.797436 5.30 ± 2.092260	4.48	6.05 ± 1.563952 5.15 ± 1.419727	1.9091 0.8182
Iburiwase (P ₁) Sasahonami (P ₄) F ₁ {P ₁ × P ₄ P ₄ × P ₁	High Low	3.59 ± 1.502221 5.30 ± 2.092260	4.45	6.73 ± 1.875976 4.08 ± 1.255654	2.6725 0.4269
Mimasari (P ₅) Hokkai 95 (P ₂) F ₁ P ₅ × P ₂	High Low	4.76 ± 1.546028 4.20 ± 1.399709	4.48	4.63 ± 1.873069	0.5357
Mimasari (P ₅) Hayayuki (P ₆) F ₁ {P ₅ × P ₆ P ₆ × P ₅	High High	4.76 ± 1.546028 5.24 ± 2.272821	5.00	4.00 ± 0.960769 7.55 ± 1.559533	1.6129 4.1129
Iburiwase (P ₁) Sakigake (P ₃) F ₁ {P ₁ × P ₃ P ₃ × P ₁	High High	3.59 ± 1.502221 3.65 ± 0.797436	3.62	4.56 ± 0.821381 4.75 ± 1.138181	31.3333 37.6667
Sasahonami (P ₄) Hokkai 95 (P ₂) F ₁ {P ₄ × P ₂ P ₂ × P ₄	Low Low	5.30 ± 2.092260 4.20 ± 1.399709	4.75	5.40 ± 2.602981 4.88 ± 1.479778	1.1818 0.2364
Shinsetsu (P ₇) Sasahonami (P ₄) F ₁ P ₇ × P ₄	Low Low	6.76 ± 2.005706 5.30 ± 2.092260	6.03	6.87 ± 2.436498	1.5738

* estimation for germinability at low temperature

$$F_1 \sim \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$++ \sim \frac{P_1 - P_2}{2}$$

Table 36. Means and standard deviations of germination date in parental varieties and F₂ populations of reciprocal crossing (1963)

Variety or F ₂ population	Estimation for germinability at low temperature	Germination date		Significance of differences
		Mean	S	
Iburiwase (P ₂) Kitamiakage 1 (P ₃) (Mid-parents)	High High	2.52 3.66 (3.09)	0.533854 1.076569	]**
F ₂ {P ₂ × P ₃ P ₃ × P ₂		2.94 2.85	0.482701 0.746324	
Hokkai 95 (P ₁) Iburiwase (P ₂) (Mid-parents)	Low High	5.34 2.52 (3.93)	0.981326 0.533854	]**
F ₂ {P ₁ × P ₂ P ₂ × P ₁		3.63 3.31	1.106797 0.785493	
Hokkai 95 (P ₁) Hashiribōzu (P ₄) (Mid-parents)	Low Low	5.34 5.18 (5.26)	0.981326 2.117782	]**
F ₂ P ₁ × P ₄		4.28	0.988433	

*, ** significant at 5 % and 1 % level, respectively

品種の組合せでは、平均発芽日数は各組合せの平均親にほぼ近い値を示し、低温発芽性「低」と「低」との組合せでは、低い親へ偏り平均値より1日程度小さい値であった。これは、低温発芽性の低いもの同士の組合せでは、 F_2 集団において両親よりも低温発芽性の高い個体が多く分離したことによる、すなわち、超越分離があったからではないかと考えられる。

次に、各組合せにおける相反交雑の F_2 種子集団についてみると、低温発芽性が「極高」の「胆振早稲」と「高」の「北見赤毛1号」との相反交雑では、その平均発芽日数についての分散分析の結果有意な差は認められなかった。しかし、低温発芽性が「極高」の「胆振早稲」と、「低」の「北海95号」との相反交雑においては、分散分析の結果、

低温発芽性が「極高」である品種を母親として用いた組合せの F_2 が、「低」の品種を母親に用いた組合せの F_2 と較べて、平均発芽日数が5%水準で有意に小さかった。このことは、集団の低温発芽性が交雑親のうち母親の低温発芽性により、影響される場合のあることを示している。

1971年に更に組合せ数を多くして検討した結果が、第37表および第17図である。

第17図によると、各集団とも正規分布に近い頻度分布を示し、低温発芽性の遺伝が連続的であることが確認された。また、第37表によると、各 F_2 集団における平均発芽日数は、14組合せの全てで平均親よりも小さい値を示し、低温発芽性の高い親へ偏る結果となった。しかし、両親の低温発芽性が「高」×「高」、「低」×「低」のように、類似し

Table 37. Means and standard deviations of germination date in parental varieties and F_2 populations of reciprocal crossing (1971)

Variety or F_2 population	A+	P + S	MP	F_2 + S	B++
Iburiwase(P_1) Hokkai 95(P_2) F_2 $\left\{ \begin{array}{l} P_1 \times P_2 \\ P_2 \times P_1 \end{array} \right.$	High Low	4.58+0.944058 14.96+1.821144	9.77	5.57+1.380204 6.14+1.704607	** *
Sakigake(P_3) Sasahonami(P_4) F_2 $\left\{ \begin{array}{l} P_3 \times P_4 \\ P_4 \times P_3 \end{array} \right.$	High Low	6.26+1.442859 15.51+2.236223	10.89	7.92+2.170674 7.70+2.291300	** n. s.
Iburiwase(P_1) Sasahonami(P_4) F_2 $\left\{ \begin{array}{l} P_1 \times P_4 \\ P_4 \times P_1 \end{array} \right.$	High Low	4.58+0.944058 15.51+2.236223	10.05	7.06+2.081756 7.14+2.108306	** n. s.
Mimasari(P_5) Hokkai 95(P_2) F_2 $P_5 \times P_2$	High Low	7.66+1.864201 14.96+1.821144	11.31	8.16+2.256224	*
Mimasari(P_5) Hayayuki(P_6) F_2 $\left\{ \begin{array}{l} P_5 \times P_6 \\ P_6 \times P_5 \end{array} \right.$	High High	7.66+1.864201 6.22+1.516352	6.94	6.34+1.744886 6.38+2.048103	* n. s.
Iburiwase(P_1) Sakigake(P_3) F_2 $\left\{ \begin{array}{l} P_1 \times P_3 \\ P_3 \times P_1 \end{array} \right.$	High High	4.58+0.944058 6.26+1.442859	5.42	5.33+1.199902 5.32+1.173300	* n. s.
Sasahonami(P_4) Hokkai 95(P_2) F_2 $\left\{ \begin{array}{l} P_3 \times P_2 \\ P_2 \times P_3 \end{array} \right.$	Low Low	15.51+2.236223 14.96+1.821144	15.24	10.05+2.006473 10.18+2.144241	n. s. n. s.
Shinsetsu(P_7) Sasahonami(P_4) F_2 $P_7 \times P_4$	Low Low	9.18+2.560904 15.51+2.236223	12.35	8.25+1.866422	

* estimation for germinability at low temperature

** significance of differences

*, ** Significant at 5% and 1% level, respectively

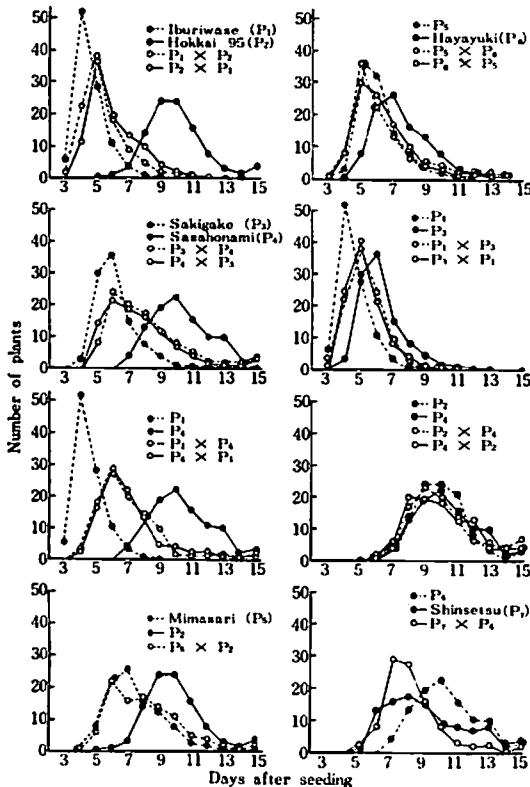


Fig. 17 Frequency distribution of germination date in parental varieties and F_2 populations (1971)

た型同士の交雑組合せでは、平均発芽日数は平均親に近い値を示し、相反交雑間においても有意差は認められなかった。

一方、低温発芽性が「低」である両親間の組合せである「ささほなみ×北海95号」および「新雪×ささほなみ」においては、平均発芽日数間に、両親との間に有意性が認められなかったが、第17図によると、これら交雑組合せの F_2 3集団では、交雑親品種よりも発芽の早い個体が多く分離していることが認められ、平均発芽日数は両親のそれらよりも4~5日小さい値であった。このような傾向は、低温発芽性「高」×「高」の組合せである「はやゆき×みまさり」の相反交雑でもみられたが、その程度は両親の値を0.1~0.2日上まわる程度であった。その他の場合には、いずれの F_2 集団でも平均発芽日数は交雑に用いた両親品種の中間に入っている。

各組合せの F_2 集団において相反交雑を比較すると、1971年の結果においては、「胆振早稲×北海95号」の相反交雑間においてのみ有意差が認められた。すなわち、低温発芽性「極高」の「胆振早稲」を母親にして用いた組合せが、「低」の「北海95号」を母親に用いた組合せよりも、平均発芽日数は5%水準で有意に小さかった。しかし、その他の組合せでは有意差は認められなかった。この結果は1963年産の F_2 集団における結果とほぼ一致した。

なお、 F_2 集団と各親品種における平均発芽日数と分散との間には、一定の関係は認められなかった。

2 F_2 集団における選抜効果

前項において F_2 集団における発芽日の変異が連続的となることが明らかになった。 F_2 種子における外皮は F_1 植物体由来しているから、外皮内の発芽支配要因は F_1 の遺伝子支配を受けるから遺伝的には全て均一と考えられる。一方、胚内の発芽支配要因については F_2 分離が生じているわけである。従って、ここでは胚内要因の F_2 分離を対象として行なった選抜効果についての検討を行なった。

(1) 実験材料および方法

低温発芽性程度の相異なる親品種間の組合せおよび同程度の親品種間の組合せより得た F_2 5集団を供試した。発芽温度15℃での発芽検定を行なって、発芽日別に F_2 個体を群別して養成した。成熟時に各群から10個体(群内個体数の少ない場合には1~数個体)を任意にとり、1個体より2穂ずつ採種して室内において乾燥した。1穂中の上位枝梗より20粒(穂数の少ない場合は50粒)ずつとり、混合して発芽試験に供試した。発芽検定は1区100粒を用い2反復により、その他の条件は常法に準じ採種翌年の1972年3月に実施した。

(2) 実験結果

発芽日別に群別された F_2 集団についての発芽検定結果を第38表に示した。

まず、 F_2 集団における発芽性の変異は前項に同様の傾向であったが、低温発芽性「低」の「シラユキ」を母親に用いた F_2 2集団において、

Table 38. The efficiency of selection for germination date in F_2 populations shown by the F_3 progeny tests

Cross	F_2 population		F_3 pedigrees		
	Germination date at 15°C	Distribution of frequencies(%)	Germination coefficient in F_3 pedigrees	Correlation coefficient	Significance of differences
Hokkai 95 × Iburiwase	4	12.5	15.22	-0.846**	*
	5	39.5	14.14		
	6	16.0	12.71		
	7	11.0	13.20		
	8	4.5	13.07		
	9	2.5	12.55		
	10	3.5	12.32		
	11	4.5	12.48		
Shirayuki × Sakigake	3	0.5	13.79	-0.822**	*
	4	1.5	10.91		
	5	6.5	13.36		
	6	8.0	11.64		
	7	9.5	10.98		
	8	12.0	10.66		
	9	9.0	10.39		
	10	10.0	10.57		
Iburiwase × Sakigake	3	3.5	18.82	-0.823**	**
	4	20.0	19.84		
	5	27.0	17.05		
	6	21.5	17.50		
	7	11.5	16.72		
	8	8.0	16.76		
	9	4.0	16.04		
	10	2.0	16.62		
Hokkai 116 × Nōrin 20	4	1.5	10.72	-0.965***	*
	5	5.0	10.47		
	6	15.0	10.12		
	7	25.0	9.65		
	8	27.5	9.73		
	9	14.5	9.29		
	10	6.0	8.72		
	11	5.5	9.02		
Shirayuki × Hokkai 95	6	0.5	9.02	-0.787*	**
	7	10.0	8.49		
	8	17.0	8.36		
	9	12.0	8.69		
	10	17.5	8.30		
	11	8.5	7.75		
	12	5.0	7.63		
	13	4.0	7.55		
	14	25.5	8.18		

*, **, *** significant at 5 %, 1 % and 0.1 % level, respectively

特に発芽の遅いものが多かったのが特異的であった。次に、 F_2 における発芽の早い群の個体から由来した F_3 系統群では、やはり発芽が早く F_2 と F_3 の間には平行的な関係が得られた。すなわち、 F_2 個体における発芽日と、その次代である F_3 系統の発芽係数との相関係数は、5 % ~ 0.1 % 水準で有意であった。また、 F_3 系統群の発芽係数についての分散分析の結果でも、有意性が認められた。これらの結果から、 F_2 集団における発芽日を対象とし

て行なわれた低温発芽性の選抜は、かなり有効なことが示された。

3 F_3 集団の籾、玄米およびいわゆる日相における発芽性の変異

第Ⅲ章第2節で籾、玄米および胚内要因における低温発芽性の品種間差異を検討し、籾の低温発芽性と胚内要因および玄米の低温発芽性との間に、有意な正の相関関係の生じることを述べ、本質的な低温発芽性を支配する要因の多くは胚内に

存在し、穎の除去によって品種間差異の傾向が大きく影響を受けないことを論じた。同様なことが分離集団においていい得るか否かは、今後の分離集団の低温発芽性の検討に当って、供試材料の前処理の有無および形態（籾か玄米か）を決定するに際して必要なことである。

(1) 実験材料および方法

F₃ 集団は 1966 年に低温発芽性の 高低の異なる親間の交雑で得た F₁ 種子を、翌年および翌々年に標準栽培圃場において養成した集団から採種された。供試組合せと、その両親品種名を第 39 表に示してある。採種後室温にて乾燥した。発芽試験は 1969 年 3 月に行ない、発芽温度 15 °C、10 日置床、1 区 100 粒供試の 2 反覆で実施したが、種子量の都合で「みまさり×北海 95 号」、「胆振早稲×シラユキ」および「シラユキ×胆振早稲」の 3 組合せにおける玄米の発芽試験は 1 反復であった。その他は常法に準じた。供試玄米は発芽試験開始の直前に厳選した精籾を用いて傷をつけぬように手で穎を除去した。また、胚内要因は 2~3 °C の水に籾を 8 日間浸漬し、いわゆる発芽 A 相を除去することによって得た。

(2) 実験結果

得られた各 F₃ 集団の平均発芽日数を第 39 表に

Table 39. The average number of days to germinate at 15 °C in unhulled rice, so-called Phase B and brown rice

Cross	The average no. of days to germination at 15 °C		
	Unhulled rice	So-called "phase B" rice	Brown rice
Hokkai 95×Iburiwase	4.85	3.29	2.55
Iburiwase×Hokkai 95	4.62	3.49	2.65
Iburiwase×Hashiribōzu	3.78	2.96	2.41
Hashiribōzu×Iburiwase	3.75	3.11	2.48
Hokkai 95×Mimasari	3.96	3.74	2.38
Mimasari×Hokkai 95	4.04	3.53	(2.30)
Iburiwase×Shirayuki	3.37	2.76	(2.17)
Shirayuki×Iburiwase	3.52	3.05	(2.44)
Iburiwase×Fukuyuki	3.46	2.95	2.48
Fukuyuki×Iburiwase	3.28	3.04	2.30
Iburiwase×Wasebōzu	3.55	2.91	2.40
Wasebōzu×Iburiwase	3.94	3.30	—

Numerals in parenthesis indicate the value in replication 1

示した。これによると、平均発芽日数は玄米、胚内要因、籾の順に小さく、同様順位で発芽が早くなっていることを示している。籾と胚内要因における平均発芽日数を比較すると、胚内要因における平均発芽日数は籾のそれに較べて約 80 % の値であった。この値は先に第 III 章第 2 節において品種集団における同様な比較において得られた数値とほぼ同じであり、いわゆる発芽 A 相の低温発芽性に与える影響力は比較的小さく、本質的な低温発芽性は胚内要因によって強く支配されていることが、F₃ 集団においても当てはまることが明らかとなった。また、籾と玄米における平均発芽日数の比較では、玄米は籾の平均発芽日数の 50~70 % の値であった。このように、穎の除去による低温発芽性の向上は著しく、この傾向も品種集団の場合と同様であった。

第 40 表は籾、玄米および胚内要因における平均発芽日数についての分散分析の結果を示したものである。なお、分析に当っては反復値のない組合せは除いた。この結果によると、組合せ間と発芽相の間（籾、玄米、胚内要因）に 1 % 水準で有意性が認められたが、発芽相間の分散値が著しく大きい値であった。上記主効果間の 1 次交互作用においても、同様の有意性が認められたが、発芽相間の影響によるところが大きいものと考えられる。このことは、各発芽相個々における分散分析の結果、いずれの場合とも組合せ間に有意性が認められたことからもうなずけられる。

各発芽相における平均発芽日数間の相関関係を第 18 図に示した。なお、上記の分散分析の結果、

Table 40. Analysis of variance in the germinability at low temperature in unhulled, so-called Phase B and brown rice in F₃

Source	D.F.	Mean square
Cross (C)	7	0.4823**
Treatment (T)	2	8.4102**
Replication	1	0.0000
C × T	14	0.1698**
Error	23	

** significant at 1 % level

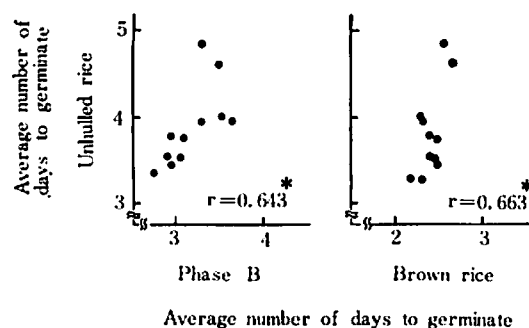


Fig. 18 Correlation at each germination phases in F_3 populations

反復間に有意性が認められなかったもので、本図には反復値のない組合せも用いている。これによると、粳と玄米および胚内要因との間には、いずれも5%水準で有意な正の相関関係が得られた。この結果は先に品種において得られたものと同様である。

以上の結果より、 F_3 集団における低温発芽性は胚内要因および玄米によっても判定しうることが明らかとなった。また、玄米を用いても集団の低温発芽性の傾向が異なることが判明したので、 F_3 集団における低温発芽性に対する額の働きは、発芽速度への影響のみで集団間の差異に及ぼす影響は小さいと言える。これは種子としての粳を供試することによって、 F_3 集団における本質的な低温発芽性の検定を行ない得ることを意味する。

4 親子相関および形質間相関

低温発芽性についての親子相関、形質間相関および遺伝力の知識は、選抜の有効性を高める上に役立つ。ここでは、 F_3 世代から F_5 世代までの集団について、親子相関および形質間相関について検討した。対象形質として取り上げたものは、初期生育（移植後33日目）における草丈と茎数、出穂期、稈長、穂長、穂数および粳100粒重の7形質であった。

(1) 実験材料および方法

出穂期がほぼ等しいが低温発芽性については出来るだけ差異の大きい組合せとして、低温発芽性「低」の「北海95号」と低温発芽性「極高」の「胆振早稲」との交雑組合せを実験に用いた。

発芽遅速は検定年次によって異なることがあるから、出来るかぎり同一年次採種粳を同一処理方法によって検定することが望ましい。このために、各世代および両親品種について、検定年次を揃えて実験を行なった。供試材料の来歴および供試数は第41表に示した。

供試材料は全て栽植密度 $30\text{ cm} \times 12\text{ cm}$ の標準栽培にて養成した。1株1本植で1系統15個体を反復なしの任意配列法によって栽植した。

供試粳は1株中最長稈の5穂を、10株ずつ採り、発芽試験には敬選した精粳を用いた。

発芽試験は1965年産粳については1966年2月22日から、1966年産粳については1967年2月24日から、各年とも 15°C で10日間行なった。1区100粒ずつ反復なしで実施したほかは、前節の方法と同一である。

また、形質間相関についての実験に用いた材料は、発芽試験に用いた残りの粳から次年度に系統栽培したものであり、各系統は周縁を除く10個体について前記7形質の調査を行なった。

Table 41. Histories of the materials used for germination test

Year						No. of materials used	
61	62	63	64	65	66	1965	1966
Cross— F_1 — F_2 — F_3					F_4 — F_5	70 plants	70 lines
					F_3 — F_4	70	70
					P_1 — P_1	50	50
					P_2 — P_2	50	50

* preservation under cold storage controlled in $4-5^\circ\text{C}$

(2) 実験結果

第19図は1965年および1966年における各世代の発芽性の変異についての頻度分布を示したものである。また、平均発芽日数および分散を第42表に示した。

1965年では両親の低温発芽性の差は明らかで、平均発芽日数は「胆振早稲」の方が「北海95号」に比して約3日早かった。

F_3 および F_4 集団においては、両者ともほぼ同様な頻度分布が得られ、平均発芽日数も同様な値となり、平均親よりいくらか小さい値であった。

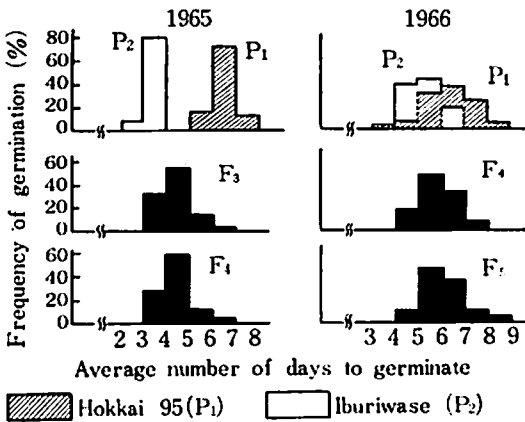


Fig. 19 Frequency distribution of germination speed in parental varieties and F_3 - F_5 populations

Table 42. Variances and means of germination date in parental varieties and F_3 - F_5 populations

Year	Variety or F_3 - F_5 populations	No. of tested plants	No. of days from seeding to germination	
			Mean	Variance
1965	Hokkai 95	50	6.39	0.378
	Iburiwase	50	3.47	0.166
	(Mid-parents)		(4.93)	
	F_3	70	4.37	0.460
	F_4	70	4.35	0.396
1966	Hokkai 95	50	6.44	0.839
	Iburiwase	50	5.33	0.672
	(Mid-parents)		(5.89)	
	F_4	70	5.75	0.503
	F_5	70	6.01	0.622

しかし、分散は F_3 集団が F_4 集団に較べて、いくらか大きかった。

1966 年の頻度分布は、1965 年に較べて分布幅が広く分散も大きいことが認められた。また、平均発芽日数も 1~1.5 日大きくなった。両親品種の「胆振早稲」と「北海 95 号」の平均発芽日数の差は、わずか 1 日であった。

この理由としては、1966 年の 7 月下旬から 8 月上旬にわたって低温となり、出穂期が著しく遅延し障害型冷害に合せて遅延型冷害が加わった結果であり、登熟が 1965 年に較べて劣り、そのために発芽速度が低下したと考えられる。「胆振早稲」は「北海 95 号」に較べて、出穂期が 2~3 日早かっ

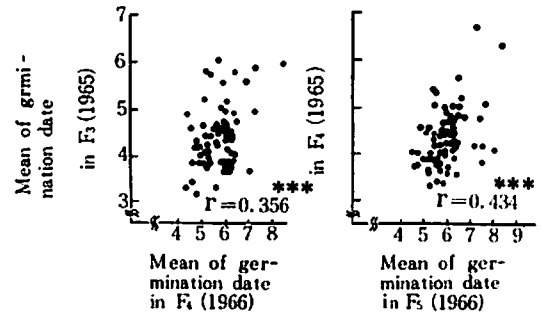


Fig. 20 parent-offspring correlation for mean of germination date

た。また、「北海 95 号」の平均発芽日数は 1965 年とほぼ同一の値を示した理由としては、もともと、この品種が登熟の早い品種であったことと、障害型冷害に対する耐冷性が弱く不稔が多発したため、残った籾の充実度がかえて良くなったと考えられる。

F_4 集団の平均発芽日数は平均親とほぼ等しく、 F_5 集団では平均親よりもいくらか大きかった。このように、世代が進むにつれて平均発芽日数がやや増加する傾向を示した。また、 F_4 と F_5 集団の頻度分布は、かなり類似した分布となった。

各集団の平均発芽日数と分散について、年次で一定した傾向は認められなかった。

各種雑種集団について、低温発芽性に関する親子相関をみたのが第 20 図である。

親子の値から遺伝力を推定する場合には、一般に回帰係数が用いられる。しかし、遺伝力の世代による変化を調べる場合には、年次の影響が入ってくるのであまり好ましくない。一方、相関係数を用いた場合には、遺伝力がいくらか高く評価される欠点はあるが、年次の影響を排除することができる(赤藤ら, 1958 b)。本実験では前述のように、年次の影響を少なくするように努めたが、1966 年の気象が特に異常となったために、遺伝力は算出せず親子相関の算出にとどめた。

第 20 図によると、 F_3 — F_4 親子相関は 1% 水準で、 F_4 — F_5 親子相関は 0.1% 水準で正の有意な値であった。このように、世代が進むにつれて親子相関の値は高くなる傾向を示した。

第 43 表には、1965 年の各世代における平均発芽日数で示される低温発芽性と、実用形質との形

Table 43. Correlation coefficient between mean of germination date and some agronomic characters in F_3 - F_4 populations

Generation	Plant+ height	No. of tillers	Heading date	Culm length	Panicle length	No. of panicles	100-kernels wt.
F_3	-0.137	0.193	-0.463***	-0.213	-0.381**	0.010	-0.248*
F_4	0.003	0.073	0.031	-0.006	-0.040	-0.061	-0.256*

$n=F_3:70, F_4:70$

* on measured in 33 days after transplanting

質問相関を示した。

全体的に同様な傾向を示した形質としては、籾100粒重のほかには認められなかった。

F_3 集団においては、出穂期、穂長および籾100粒重との間に、1ないし5%水準で有意な相関係数が得られたが、いずれも負の値であった。このことは、低温発芽性の高いものほど、出穂期が遅く、長穂となり籾100粒重が重い傾向のあることを示している。

F_4 集団では、籾100粒重のみが5%水準で有意な負の相関関係が得られ、低温発芽性の高いものほど籾100粒重の重い傾向が認められた。その他の形質について、ほとんど相関関係はみられなかった。

5 考 察

交雑両親の低温発芽性が同程度でも、または異なっても、いずれにおいても F_2 集団の低温発芽性は、正規分布に近い連続分布となった。これはポリジーンによる量的形質の特性を有することを示唆している。しかし、変異幅は親品種の分布幅に較べてあまり広いものではないから、これに関与する遺伝子数は必ずしもあまり多いとは考えられない。また、 F_2 の平均発芽日数は平均親よりも小さく、低温発芽性の高い方の親へ偏っているから、低温発芽性の遺伝については、低温発芽性の高いものが優性であることも推定される。

稲種子の低温発芽性について遺伝学的に検討した従来例は少ないが、原(1946)は朝鮮の乾籾および水稲種子を供試して F_2 集団における遺伝様式を検討し、それらが中間性遺伝を示すことを報告し、高橋(1962)は玄米による発芽性の遺伝研究において、発芽を支配する要因として、種皮の透過性と胚の後熟性をあげ、前者は1対の遺伝

子に左右され透過性の強いものが優性であり、後者は2対の対立遺伝子に支配されて長期後熟性が優性であると論じ、あわせて発芽性は連続的変異を示すと述べている。基本的には量的遺伝であるとみなす点では、本実験の結果もこれと同じであるが、優劣性の方向については高橋(1962)のそれとは異なっている。

本実験に供試した F_2 集団は、後熟性の少ない北海道品種をその交雑親としており、また採種後約200日を経ってから発芽検定に供試するなど、胚の後熟性の影響を出来るだけ除いた状態で行なわれたものである。このようなことが高橋(1962)とは異なった結果を生んだ理由かもしれない。

F_2 集団の平均発芽日数が平均親よりもかなり小さかったのは、低温発芽性の「低」×「低」の組合せであった。すなわち、両親のいずれよりも早く発芽するものが多く認められたのである。このような組合せのなかから両親より低温発芽性の高い個体が意外に多く生ずる可能性があると言えよう。

F_2 集団においては、籾の外皮は同一の F_1 植物体に由来しており、外皮内の発芽支配要因は均一と考えられる。一方、胚内の発芽支配要因については、 F_2 分離がおきている。従って、本実験の低温発芽性の「低」×「低」の組合せの結果は、胚内発芽要因についての超越分離ということになる。

稲種子の穂発芽性に関して、西尾ら(1963)は母本品種の穂発芽性と、その交雑後代品種の穂発芽性との関連について調べ、穂発芽性に関し易×中の組合せからも難の系統が出現することを認めた。同様に池橋(1968)は外皮内の発芽支配要因が F_2 世代で超越分離することを認め、岩下ら(1969)は F_2 集団の穂発芽性について、難易品種間の交

配では両親の中間より易の親にやや偏った平均値を示し、また、易品種同上の交配の F_2 種子穂発芽性は易であったと報告した。

次に、低温発芽性の異なる両親間の相反交雑において、母本の影響が認められる場合がみられた。池田 (1963) は F_1 種子では、母本の休眠性の強さに支配されるところが大きく母性遺伝をするとしているが、本実験でも F_2 種子の胚内発芽支配要因については、母性遺伝をする可能性は否定できない。しかし、実際にはわずか 1 組合せで 2 ヶ年の結果において母本の影響が認められたに過ぎないので、それ以上の論述はできない。

F_2 集団では胚内発芽要因についてのみ分離を生じているが、 F_3 および F_4 集団では胚内発芽要因のほかに、それぞれ前世代に相当する外皮内の発芽要因の分離が加わっており、この 2 つの要因の相互作用の結果として、発芽の変異が示されることになるわけである。

しかしながら、 F_3 集団を供試しての本研究の結果では、本質的な低温発芽性に対して外皮内発芽要因が関与している割合は約 20 % で、胚内発芽要因が関与している程度の大きいことが示された。また、穎を除去した場合の玄米における低温発芽性は、発芽速度は早くなるが集団間の差異は著しく影響されることなく、ほぼ本質的な低温発芽性の変異の傾向が保持されることが明らかとなった。これらの結果は先に品種集団において得られた結果と同様であった。このように、低温発芽性は胚内発芽要因によるところが大きいと考えられるから、 F_3 — F_4 および F_4 — F_5 親子相関において比較的高い値が得られたことは、 F_3 および F_4 集団において胚内発芽要因についての株別による低温発芽性の選抜が有効であることを示している。

低温発芽性の高い個体或いは系統の選抜を容易にするには、低温発芽性と相関が高く選抜の容易な形質の利用が望まれる。

本研究の結果では、生育初期の草丈、出穂期、初 100 粒重および穂長との間に比較的高い相関が認められた。このうち、出穂期については、 F_3 世代において明らかな相関が認められ、低温発芽性が大きいものほど出穂期が遅かった。この傾向は、

従来の品種における結果 (野口 1937, 中村 1938) と異なっている。これは、供試材料の遺伝構成の違いによるほかに、貯蔵日数などの違いもあったとみられ (池橋 1968)、これらが傾向を異にした大きな理由と考えられる。

次に、初 100 粒重において F_4 および F_5 の 2 世代を通じて 5 % 水準で有意な相関関係が認められ、低温発芽性の高いものは初重の重い傾向であった。先に著者 (1969 b) は、品種の低温発芽性と実用形質との形質間相関について検討し、玄米千粒重との間にかなり高い正の表現型および遺伝相関を得たので、低温発芽性品種育成のためには、比重選などによる粒選抜の効果を利用できることを指摘したが、この関係は雑種初期世代においても成立する。比重選などによる粒重の選抜は特に困難を伴う作業ではないので、粒重は低温発芽性の選抜のためにも利用できる有効な関連形質であろう。

第 3 節 低温発芽性に関する統計遺伝学的分析

湛水直播栽培用の適品種の育成の基礎として、低温発芽性に関する遺伝学的な解析を行なっていくことが重要であることは言うまでもないが、従来この種の検討は意外に少なく、近年における高橋 (1962) および李 (1970) による報告があるのみである。著者は前節に低温発芽性の遺伝解析の一端を述べたが、本節では計画的に組立てられた交雑とその後代集団を対象として、分散成分の分割や有効因子数の推定を行なった結果を記す。

(1) 実験材料および方法

供試材料としては、出穂期はほぼ等しいが低温発芽性の異なる「胆振早稲」および「北海 95 号」を交雑した後代を用いた。両品種の主要特性は第 44 表に示すとおりである。

種子の採種年次による影響を除くため、同一年次に P_1 , P_2 および F_2 から F_3 に至る各世代を同一栽培条件下で養成した。すなわち、1967 年に交配、一部の種子から 1969 年に F_1 および F_2 を養成しておき、1970 年には F_2 および F_3 を P_1 , P_2 と共に栽培して均一な条件下での材料を揃えて実験を行なった。

Table 44. Agronomic characters of the parental varieties

Variety	History	Plant type	Culm length	Panicle length	Number of panicles	Heading date	Germinability at low temperature
Iburiwase	Local variety	Panicle weight	Long	Long	Few	Early	High
Hokkai 95	Hybrid variety	Panicle number	Short	Short	Many	Early	Low

発芽試験は発芽温度 15 °C, 発芽締切日 15 日の 2 反復で行ない, P₁ および P₂ は 20 系統, F₂ は 400 粒, F₃ は 100 系統を供試したが, P₁, P₂ および F₃ は, いずれも 1 系統 100 粒を用いた。低温発芽性に関与する外皮内発芽要因の影響を少なくするため, 供試初は 2°C の低温下で 10 日間吸水飽和させた。

(2) 実験結果

第 21 図は各世代の P₁, P₂, F₂ 集団および F₃ 系統の変異の分布を示したものである。各世代で,

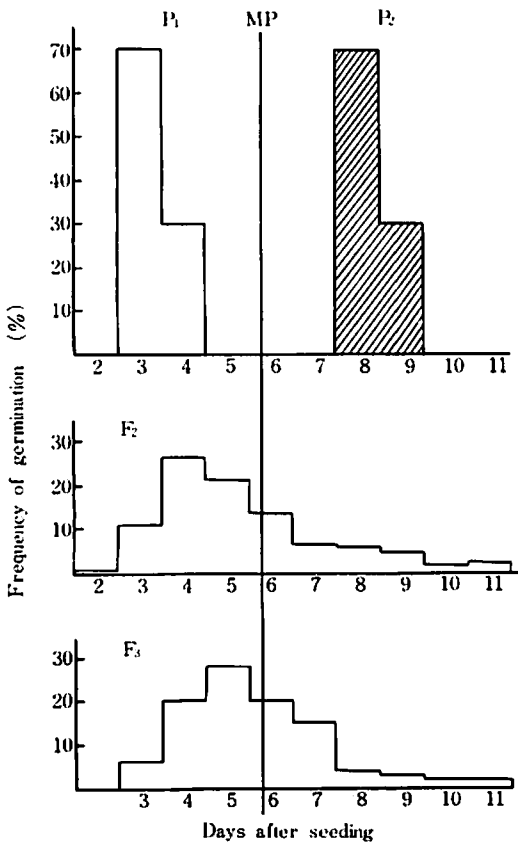


Fig. 21 Frequency distribution of germination date in each populations
P₁: Iburiwase P₂: Hokkai 95

低温発芽性の変異は連続的であり, MATHER の方法 (1949) により分散成分の分割が行なわれた。

まず各世代の平均発芽日数について尺度検定を行なったところ, 第 45 表の如く相加性は極めて良く満足せられているので, 本実験における変異の分析に当って適当な尺度であることを知った。従って遺伝子効果は相加的であると認める。

Table 45. Scaling test for mean days to germination at 15 °C

Generation	Mean days to germination	±	S.E.
P ₁	3.7988	±	1.3833
P ₂	8.8455	±	2.0889
F ₂	5.5263	±	2.6776
F ₃	6.1889	±	1.7340
MP	6.3222	±	1.5597
A	1.0587	±	6.4751

$$A=4F_3-\bar{P}_1-P_2-2F_2 \quad V_A=16V_F+V_{P_1}+V_{P_2}+4V_{F_1}$$

Table 46. Estimates of variance components for the germinability at low temperature

Item	Variance component	Observed	Expected	Deviations
V_{F_1}	$\frac{1}{2}D+\frac{1}{4}H+E_1$	5.2846	4.9933	0.2931
$V_{\bar{F}_1}$	$\frac{1}{2}D+\frac{1}{16}H+E_2$	1.8628	1.8625	0.0003
$\bar{V}_{F_1}$	$\frac{1}{4}D+\frac{1}{8}H+E_1$	2.9199	3.5066	-0.5867
Non-heritable components	E_1	3.1687	3.4621	-0.2634
	E_2	0.4639	0.4632	0.0007
	E_3	3.3290	2.7402	0.5888
Estimate of each components	D	2.7122±	2.5349	
	H	0.6904±	4.6937	
	E_1	3.4621±	0.6223	
	E_2	0.4632±	0.6560	
	E_3	2.7422±	0.5081	

$$E_1=\frac{V_{P_1}+V_{P_2}}{2}, \quad E_2=\frac{V_{\bar{P}_1}+V_{P_1}}{2}, \quad E_3=\frac{\bar{V}_{P_1}+\bar{V}_{P_2}}{2}$$

Table 47. The C-matrix

D	H	E ₁	E ₂	E ₃
14.933623	-34.134204	0.533370	-2.666712	0.266685
-34.134204	102.402611	-4.266776	5.333469	-2.133388
0.533370	-4.266776	0.900005	-0.000057	0.200002
-2.666712	5.333469	-0.000057	1.000007	-0.000003
0.266685	-2.133388	0.200002	-0.000003	0.600001

Table 48. Heritabilities for the germinability at low temperature estimated from the components

Generation	Item	Heritability		Remark
		Estimated	Observed	
F ₂	F ₂ population			
	Broad	0.307	0.400	$(\frac{1}{2}D + \frac{1}{4}H) / (\frac{1}{2}D + \frac{1}{4}H + E_1)$ $(V_{F_2} - V_P) / V_{F_2}$
	No row	0.272		$\frac{1}{2}D / (\frac{1}{2}D + \frac{1}{4}H + E_1)$
F ₃	F ₃ population			
	Broad	0.751	0.728	$(\frac{1}{2}D + \frac{1}{16}H) / (\frac{1}{2}D + \frac{1}{16}H + E_2)$ $(V_{F_3} - V_P) / V_{F_3}$
	Narrow	0.505		$\frac{1}{2}D / (\frac{1}{2}D + \frac{1}{16}H + E_2)$

次に、 V_{F_2} 、 V_{F_3} 、 $\bar{V}_{F_3}$ と E_1 、 E_2 、 E_3 から、最小二乗法により分散成分D、H、 E_1 、 E_2 および E_3 を推定した。その結果を第46表に示す。また第47表には、以上の計算に用いたC-matrixを示した。

第46表によると、相加的遺伝分散Dは環境分散 E_1 に較べて小さいが、 E_3 とはほぼ同じで E_2 よりは大きい。非相加的遺伝分散Hは、 E_2 を除けばいずれの環境分散よりも小さく、また、Dの値はHの値よりも大きかった。Hの標準誤差はかなり大きい値である。以上の推定値より、発芽日数で示される低温発芽性についての平均優性度(h/d)は、 $h/d = \sqrt{H/D} = 0.5045$ 、となった。これらのことから、低温発芽性に関する遺伝子が片親(肥後早稲)に偏在しており、低温発芽性の高い方が低い方に対して優性であることが推定される。

以上の推定値から算出された、初期世代における低温発芽性の遺伝力を第48表に示した。これによると、F₂における狭義の遺伝力は小さいが、これは環境分散Eが相対的に大きな値を示したこ

とによるものと思われる。しかし、F₃ではやや高い値を示した。本実験では年次による発芽への影響を少なくするために、各世代を同一年次に同一圃場で栽培し、供試籾は厳選した精籾を用いた。それにも拘らずF₂世代における遺伝力の値が比較的小さな値を示した。このことは、低温発芽性に関する選抜は採種条件を出来るだけ均一にして、F₃世代以降において選抜することが望ましいことを示している。

次に、これらの低温発芽性の遺伝子間に連鎖関係が認められるか否かを、Linkage testにより調査した。その結果は第49表に示される如くであり、ここでは遺伝子間に連鎖関係が認められな

Table 49. The linkage test

Source	D.F.	S.S.	M.S.	F
Linkage	1	0.17198260	0.17198260	—
Residual interaction	1	0.68856523	0.68856523	
Total	2	0.86054783		

かったので、低温発芽性の有効因子数を MATHER の方法により推定し K_1 および K_2 を求めてみたところ、

$$K_1 = (\bar{P}_1 - \bar{P}_2)^2 / 4D = 2.3477,$$

$$K_2 = H\bar{V}^2F_2 / VvF_3 = 0.9385$$

となった。いま前述のように、低温発芽性遺伝子が片親に偏在しているとみなせば、有効因子数 k は、

$$k = K_1K_2(r-1) / rK_2 - K_1 \quad \text{ただし } r = V\beta / V\alpha$$

となり、 $V\alpha$ が小さいと仮定すれば、 $r=4$ を用いることができるので、ここに $V\alpha = K_1 - K_2 / 4K_2 - K_1$ を得る。そこで、

$$k = 3K_1K_2 / 4K_2 - K_1 = 4.7002$$

が求められ、結局、関与する有効因子数は約5個であるという結果が生れてくる。

(3) 考 察

作物種子の発芽性に関する遺伝研究では、禾穀類種子の休眠性について、いくつかの報告がみられる。GARBER & QUISENBERRY (1923) が *Avena fatua* と *A. sativa* との雑種の F_2 で、発芽遅延の形質は劣性であることを報じている。岡 (1943) は小麦の休眠性について、相反交雑の何れの交雑種子も休眠性の軽微な親とほぼ同様な発芽性を示し、休眠の軽微な性質についてキセニア現象が現われたとしている。山本 (1950) は大麦の交配種子は穂発芽性に関し、相反交雑の何れの場合も両親の中間の性質であったと報告した。池田 (1963) は水稻で休眠性の高い品種と低い品種の相反交雑を行なった結果、交雑種子の休眠性は母本の休眠性の高低により支配され、母性遺伝をなすことを認めた。池橋 (1968) は水稻種子の穂発芽性について、 F_2 集団の平均発芽日数は中間親ときわめてよく一致したとしている。

トウモロコシの低温発芽性に関し、PINNELL (1949) は低温発芽性が遺伝的形質であり、単交雑および複交雑においては母系の影響が強いことを認め、胚の補足因子による説明が妥当であることを報告している。森 (1964) は F_3 種子を用いて、低温発芽性に関与する遺伝子数は2対と推定した。棉種子の低温発芽性に関し、MARANI et al. (1961) は、 F_1 の結果から、この形質は中間遺伝あるいは

部分または完全優性であり、強い母系の影響があることを報告した。

本実験では、籾を用いて胚内発芽要因にもとづく低温発芽性に関する統計遺伝学的研究が行なわれたわけであるが、低温発芽性の高い方が優性を示し、複数遺伝子によって支配されるという結果となった。これに対し高橋 (1962) は、玄米を用いて比較的低温下 (20 °C) における発芽性について遺伝学的検討を行ない、胚内発芽要因としては後熟性があり、長期後熟性が優性を示すとしている。この結果は本実験による結果と異なるが、これは供試品種の遺伝子型の差による可能性の外に、本実験では後熟性がほとんど消失した時期の種子を用いたので、後熟性の影響が少なかったためと考えられる。李 (1970) は籾を用いて二面交雑による遺伝分析を行ない、低温発芽性に関する遺伝子は優性度は小さく、非対立遺伝子の相互作用も少なく且つ遺伝子の作用は相加的であった。これらは本実験による結果とほぼ一致する。ただし、低温発芽性の低い方が優性を示すとしている点では相異なっている。しかし、李による F_2 種子の低温発芽性の頻度分布においては、大部分の組合せにおいて F_2 の平均値は中間親よりも高い方へ偏っていた。

次に、本実験で推定された有効因子数は5個前後であったが、高橋 (1962) は胚内発芽要因としての後熟性は2対の遺伝子によって支配されているとしている。しかし、前述のように本実験においては後熟性の影響は小さいと考えられるから、その他の胚内発芽要因の存在が推定される。また、本実験の材料が籾を用いており、内外穎の影響による差があるためと考えられる。これに関連して、最近太田ら (1971) は内外穎が酸素を収奪する作用をしているという結果を得ているが、非休眠種子には品種間差異を認めていないところから、内外穎の酸素収奪による影響は大きなものとは考えられない。その他の胚内発芽要因としては、ジベレリンの如き生長物質などが考えられるが、この点に関しては今後の検討にまたねばならない。なお、低温発芽性に関する遺伝子間には連鎖関係が認められなかった。

本実験における狭義の遺伝力が F_2 世代では 0.272 で低い値であったが、 F_3 世代では 0.505 とやや高い値となった。本実験では全体的に環境分散が高く、このことが遺伝力を低くしている大きな原因の 1 つとも考えられる。しかし、前節で述べたように粒単位による F_2 — F_3 相関は比較的高い値となっているので、供試材料に対する環境要因の影響を少なくするならば、低温発芽性について初期世代における実用的な選抜を可能にし得るとも考えられる。これからすると、本実験における解析は親子回帰を用いない方式によっているので、このことも遺伝力の値を低くした原因の 1 つと考えられる。

第 4 節 低温発芽性に関する連鎖分析

前節で明かな如く、低温発芽性の遺伝様式は量的遺伝であり、この種の形質の発現には種々の内

的または外的な環境条件が大きく影響を与える。従って量的形質は一般に環境に対する表現型から遺伝子型を直接に推定することが困難な場合が多い。しかしながら、量的形質に関与する遺伝子でも、識別が容易でしかも環境の影響を受けがたい標識遺伝子と連鎖していることには何ら変りはないはずである。もし適当な連鎖関係が見出されれば、それは育種の実際場面において、選抜の効率を高めることに役立つであろう。

稲の主要特性形質と標識遺伝子との連鎖関係については、いくつかの報告がある(高橋・木下 1968)が、低温発芽性との関係について検討された例は、ほとんど見当らない。そこで、低温発芽性と標識遺伝子との連鎖関係について検討した。

(1) 実験材料および方法

長尾・高橋ら (1963 以降) による一連の稲の遺

Table 50. List of the linkage testers and marker genes used

Tester	Marker genes ¹⁾ (linkage group)
A- 5	<i>C^Br</i> (I), <i>Pr</i> (II), <i>A•Rd</i> (III), <i>Rc</i> (IV), <i>I-Bf</i> (V)
A- 26	<i>C^Bp</i> (I), <i>d₂</i> (II), <i>Pr⁺</i> (II), <i>A⁺</i> (III)
A- 83	<i>C^Bp</i> (I), <i>Pr</i> (II)
A-107	<i>C^Bp</i> (I), <i>Pr</i> (II), <i>A•Rd</i> (III), <i>Rc</i> (IV)
A-134	<i>C⁺</i> (I), <i>A^d</i> (III)
C- 19	<i>g</i> (IV), <i>d₁</i> (VI)
H- 9	<i>d₂</i> (II), <i>bc</i> (XI)
H- 21	<i>Rc</i> (IV), <i>sh</i> (VIII), <i>bl₁</i> (X)
H- 45	<i>C⁺</i> (I), <i>wx</i> (I), <i>lg</i> (II), <i>Pn•A</i> (III)
H- 60	<i>C^B</i> (I), <i>wx</i> (I), <i>Pr•lg</i> (II), <i>A^d</i> (III)
H- 69	<i>C^B</i> (I), <i>A⁺</i> (III), <i>fs</i> (VII), <i>nl</i> (IX)
H- 79	<i>C^B</i> (I), <i>lg•d₂</i> (II), <i>A⁺</i> (III), <i>la</i> (VIII), <i>bc</i> (XI)
H-100	<i>C^Bp</i> (I), <i>Pl</i> (II), <i>A</i> (III), <i>d₆</i> (IV), <i>gl</i> (XII)
H-126	<i>C^Bp</i> (I), <i>Pl</i> (II), <i>A</i> (III), <i>d₆</i> (IV), <i>Hg</i> (XII)
H-143	<i>C⁺</i> (I), <i>gw•gh</i> (VI)
H-145	<i>d₆•d₇</i> (IV), <i>gw</i> (VI), <i>bc</i> (XI)
H-230	<i>C⁺</i> (I), <i>A</i> (III), <i>fs•Ur</i> (VII), <i>nl</i> (IX)
H-242	<i>C⁺</i> (I), <i>A</i> (III), <i>d₆</i> (IV), <i>fs</i> (VII), <i>Dn</i> (VII)
H-309	<i>C⁺•wx</i> (I), <i>A</i> (III), <i>d₆</i> (IV), <i>fs</i> (VII), <i>Hg</i> (XII)
N- 4	<i>C^B</i> (I), <i>Pl</i> (II), <i>A^d</i> (III), <i>g</i> (IV)
N- 45	<i>C^Bp</i> (I), <i>Pl</i> (II), <i>A</i> (III), <i>d₆</i> (IV)
N- 58	<i>d₈</i> (XI)
N- 60	<i>d₁</i> (I)
N- 62	<i>C⁺</i> (I), <i>A^d</i> (III), <i>d₁₂</i> (*)

* Linkage group are not decided yet.

1) As to the character expression of these genes, refer to TAKAHASHI and KINOSHITA's paper (1968)

伝学的研究によって作製された12連鎖群の、各群を識別しうる標識遺伝子を含み且つ低温発芽性程度の異なる検定系統間で交雑を行なった。また、

Table 51. List of cross combinations used

Year	No.	Cross Combination	
1970	1	H-100	× A-83
	2	H-143	× A-107
	3	H-143	× A-5
	4	N-45	× N-62
	5	N-58	× N-62
	6	H-143	× N-62
	7	H-45	× N-66
	8	H-45	× H-126
	9	C-19	× A-26
	10	H-21	× N-62
	11	H-69	× N-62
	12	H-60	× A-134
1971	13	N-58	× Hayayuki
	14	C-19	× Hokuto
	15	Chikanari	× A-107
	16	H-60	× Shirayuki
	17	N-45	× Iburiwase
	18	H-145	× Sakigake
	19	H-5	× Shisetsu
	20	H-143	× Nōrin 33
	21	Datechikanari	× H-79
	22	H-45	× Wasebōzu
	23	N-60	× Hashiribōzu
1972	24	A-5	× N-4
	25	A-5	× H-143
	26	H-69	× H-79
	27	H-100	× A-5
	28	H-100	× H-69
	29	A-5	× H-230
	30	H-242	× A-5
	31	H-309	× A-5

検定系統を一方の親とし、これに一般の早生品種を配する交雑を行なった。得られた雑種のうち31組合せにつきそのF₂世代を供試した。使用した検定系統は、いずれも北海道大学農学部作物育種学教室保有の系統である。供試組合せおよびそれらの含む標識遺伝子を実施年次別に示すと第50・51表の如くである。

低温発芽性の検定に当っては、発芽温度15℃で置床日数を10日として行なったが、供試親の大部分は置床後7～8日で発芽を終了した。1組合せの供試粒数は、1970年が500粒、その他の年次は200～250粒であった。F₂はまず発芽試験に供され、そこで発芽日を調査した後育苗に移され、初期生育にみられる形質の調査が行なわれた後それを移植、水田で栽植し成熟期に大部分の標識形質の調査が行なわれた。なお、育苗中に夭折したものもあるので、形質調査の供試個体数は当初より少なくなったものもある。低温発芽性に関する外皮内発芽要因の影響をなくするために、供試親を2℃の低温下で10日間吸水飽和させた。なお、交雑親の低温発芽性の程度を、発芽係数をもとに分類した結果は第52表のようである。

(2) 実験結果

本実験においては、12連鎖群のそれぞれから合計29の標識遺伝子を選び、低温発芽性との関係を調査した。両者の間に得られた連鎖関係を第53表に示した。表示方法は低温下での発芽試験で発芽日を調べ、標識形質を持つ個体群と持たない個体群とに群別し、それぞれの群の平均発芽日数の差についてt検定を行なった結果、1%で有意の場合には $\pm$ 、5%で有意の場合は+、有意性の認められない場合は-とした。有意性が認められる

Table 52. Parental varieties and their germinability at low temperature

Germinability at low temperature	Germination coefficient at 15 °C	Name of variety
High	28~38	Chikanari, Sakigake, Iburiwase, Hokuto
Fairly high	24~28	H-45, H-60, H-100, N-62, Hayayuki, H-126, Nōrin-33
Middle	20~24	H-143, A-5, N-4, A-83, A-134, H-230, H-242, H-309
Fairly low	18~20	H-79, H-9, A-26, H-69, H-21, Shinsetsu
Low	8~18	N-66, A-107, Wasebōzu, Shirayuki, Hashiribōzu, Datechikanari, C-19, N-58, N-45

Table 53. Genetic associations between markers and germinability at low temperature

Year	Cross No.	Linkage group																															
		I		II				III			IV				V	VI			VII			VIII		IX	X	XI	XII	*					
		Genes																															
		C	wx	d ₉	Pl	lg	Pr	d ₂	Pn	A	Rd	Rc	g	d ₆	d ₇	I-Bf	gw	gh	d ₁	fs	Dn	Ur	la	sh	nl	bl ₁	bc	d ₈	gl	Hg	d ₁₂		
1970	1	-			-									-																			
	2																	-	+														
	3																	+	-														
	4	-												††																		-	
	5																															-	
	6																																
	7	-	††				-			††																							††
	8	-	-			-	-																										
	9								††																								-
	10																																
	11	+									+			-											-								-
	12		+					-	+																								+
1971	13																																
	14																																
	15	-																															
	16																																
	17	-				-																											
	18																																
	19																																
	20																																
	21	-					+												††														
	22	-	+				-																										
	23			††																													
1972	24				††												+																
	25	+																															
	26																																
	27																																
	28																																
	29	-																															
	30	-	-																														
	31	-	+		††																												

+, †† significant difference between dominant and recessive types, at 5 % and 1 % level, respectively
 - non-significant difference * linkage group are not decided yet

なら、そこには標識遺伝子と低温発芽性遺伝子との間に連鎖関係があるか、標識遺伝子自体の多面発現があるかの、いずれかの可能性が存在するわけである。F₂までの結果では、この二つの効果を区別できない。しかし、形質の発現様式自体が、低温発芽性の程度にも何らかの関連を有する可能性のあるものとして、考慮を払うべきもののなかには、矮性 (d_1 , d_2 , d_6 , d_7 , d_8 および d_9) などがある。これらでは直ちに連鎖という結論は危険であるが、他の形質では遺伝子間の連鎖関係によるとみてもよいであろう。

第53表によると、12連鎖群を代表する29の標識遺伝子のうち、低温発芽性との関係が少なくとも1組合せ以上認められた標識遺伝子は18であった。各連鎖群についてみると、独立関係とみられたのは第Ⅶ、第Ⅷ、第Ⅸおよび第Ⅺの各連鎖群で、それぞれの群に属する *fs* (葉縁白かすり), *la* (もつれ), *sh* (脱粒性), *nl* (穂首苞葉), *gl* (無葉毛) および *Hg* (長稈毛) は、いずれも低温発芽性とは関係がみられなかった。

三つの標識遺伝子 *Pn* (葉節紫色), *Rd* (果皮赤色) および *A* (花青素アクチベーター) を含む第Ⅲ連鎖群と *gw* (縞), *gh* (穎および節間黄白色) および d_1 (大黒型矮性) を含む第Ⅵ連鎖群の遺伝子では、それぞれ11例中有意な関係が認められたのは、わずか3例であり、低温発芽性との関係は低いと考えられる。第Ⅺ連鎖群では *bc* (鎌不要) と d_8 (農林-28型矮性) との関係調べたが、7例中2例に有意な関係が認められたのみであり、低温発芽性との関係は低いと考えられる。第Ⅹ連鎖群については材料が少なく1組合せ1標識遺伝子についての結果であり、*bl* (籾枯れ) との間に有意な関係が得られたが、更に検討を要する。

これらに較べて、第Ⅰ、第Ⅱ、第Ⅳおよび第Ⅴ連鎖群では、低温発芽性との関係が認められた交雑例が多く、特に *wx* (糯性; 第Ⅰ連鎖群), d_2 (夷型矮性; 第Ⅱ連鎖群) および d_6 (たれ葉矮性; 第Ⅳ連鎖群) との間には、低温発芽性との連鎖関係が殆ど全ての組合せでみられた。第Ⅴ連鎖群遺伝子 (*I-Bf*, 穎縦筋褐色抑制) でも2交雑組合せで関係がみられた。

これらの標識遺伝子と低温発芽性との関係のうち、強い関係のみられたものについて、標識遺伝子を持つ群と持たない群における平均発芽日数を交雑組合せ別に比較検討してみた。その結果の詳細はすでに報告したところであるが (Sasaki et al. 1974), *wx* については組合せ毎に傾向を異にしたが、*I-Bf* を持つ群は持たない群に対して、平均発芽日数が小さかった。特に、矮性形質に低温発芽性の低いものが多かった。すなわち、扱った矮性7形質のうち6形質に少なくとも1交雑組合せ以上において有意な関係が認められ、 d_2 および d_6 の12交雑組合せ全てについて、矮性形質をもたない群の方が平均発芽日数は小さかった。このことは、矮性遺伝子の多面発現による可能性も考えられるので、今後の検討が必要である。

(3) 考 察

低温発芽性を支配する遺伝子の連鎖関係について、高橋 (1962) は玄米を供試して、比較的低温下 (20 °C) の発芽性の胚内要因とヨード透過性および種子の着色 (褐色) の有無との関係を検討した。この結果、低温発芽性は、これらの2形質とは遺伝的に独立した形質であることを認めた。李 (1970) は低温発芽性と稈先色および芒性との関係を検討し、稈先色と低温発芽性は互に独立であるが、芒性とは或る程度の遺伝的な相関または連鎖が存在しているものと推定した。

本実験の結果では、低温発芽性に関する遺伝子は4種の連鎖群に属する遺伝子、すなわち第Ⅰ連鎖群の *wx* (糯性)、第Ⅱ連鎖群の d_2 (夷型矮性)、第Ⅳ連鎖群の d_6 (たれ葉矮性) および第Ⅴ連鎖群の *I-Bf* (穎縦筋褐色抑制) などと遺伝的な相関関係がある場合が多かった。高橋および李が検討した種子の着色 (褐色, *Rc*) と稈先色 (*C*) については、本実験の結果では、個々の遺伝子との関係からは独立関係という結果であったが、*C* は第Ⅰ連鎖群に属することから考えて、第Ⅰ連鎖群については今後になお問題が残される。

矮性遺伝子との間に相関関係のみられる場合が多かったが、これは先に低温発芽性と初期伸長性との間に有意な正の関係が得られたこととも関連する大変興味ある結果と考えられる。林・村上

(1958)は水稻の矮性品種はジベレリンに対する感受性が大なる傾向であることを報告した。鎌田・岸本(1960)も水稻品種で、また WEST & FINNEY (1956) はトウモロコシを用いて同様結果を得ている。低温発芽性と生長関連物質との間に何らかの関係があり、これを介して矮性遺伝子とも関係がみられることを示唆しているようである。

前節において、低温発芽性程度を大きく異にする2つの品種の交雑、すなわち「胆振早稲×北海95号」の統計遺伝学的分析から、低温発芽性に関する有効因子数は5個前後と推定された。しかも、その間には連鎖関係は存在していなかった。この結果は、本実験の4連鎖群において低温発芽性と標識遺伝子の間に連鎖関係が多くみられたという事実と良く一致する結果であるといつてよい。

第VI章 低温発芽性品種育成のための基礎研究

第1節 雑種初期世代における粒選抜が低温発芽性および二・三の実用形質に及ぼす影響

第V章第1節および第2節で述べた如く、低温発芽性と実用形質間の相関関係を調べた結果、粒重との間における表現型および遺伝子型相関が、他の形質の場合に較べて高い値となった。また、雑種初期世代における同様な検討においても、低温発芽性と粒重の間には有意な相関関係がみられた。このことから、低温発芽性の高い品種を選抜する方法として、比重選などによる粒選抜が望ましいものであるとの推論が成り立つので、ここで更めて粒選抜が低温発芽性品種育成のために有効であるかどうか、また選抜が他の実用形質に及ぼす影響について一連の調査を行なってみた。

(1) 実験材料および方法

低温発芽性の異なる親品種間で交雑して得られた F_3 集団の5組合せを用い、北海道立北見農業試験場水稻試験圃場において実施された。しかし、実験年次の1964年および1965年の両年は低温年に当り、遅延型冷害または遅延と障害型の重なった冷害により生育遅延と不稔多発がみられ、必ず

しも十分な実験材料とはなり得なかった。本節では比較的出穂が早く稔実程度の高かった「北海95号×走坊主」の1組合せのみについて実験結果を記述する。

特に1964年の生育遅延による発芽への影響が考えられたので、1964年に養成した試験材料は低温発芽性の検定は行なわずに採種し、翌年に再び養成を行なった。なお、先に使用した F_3 集団を1年間室内貯蔵したものを、1965年に粒選抜して同時に養成し、検定世代の相違および粒選抜による生育への直接的影響についても検討した。このため、1964年に粒選抜したものは生育関連形質は F_3 および F_4 について、低温発芽性の検定は F_5 について行ない、1965年に粒選抜したものは生育関連形質は F_3 、低温発芽性の検定は F_4 について行なった訳である。

粒選抜の方法としては、粒幅による段別篩を用い、1963年産の F_3 集団の玄米について粒幅3mm以上のものを選別してこれを選抜区とし、これに無選抜を加えて粒選抜の効果を検討した。なお、粒選抜の基準として粒幅を3mm以上としたのは、北海道品種の玄米では、大粒種と呼ばれるものの粒幅が、おおよそ3mm以上のものであることによる(佐々木1969b)。材料の養成方法についての経過を第22図に示した。

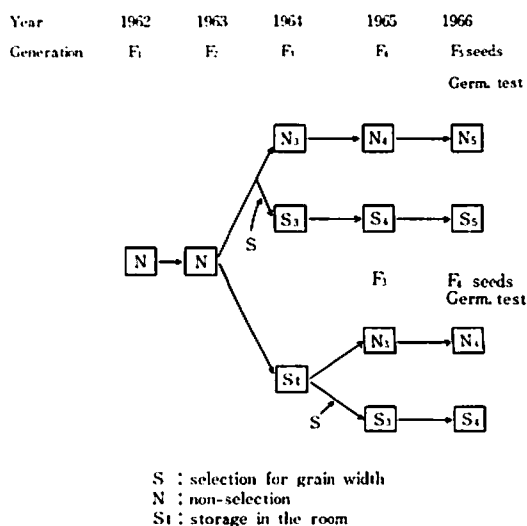


Fig. 22 Selection experiment on the grain character

実験材料の養成は標準移植栽培により、1区150株の1株1本植で2区制の乱塊法により実施した。生育調査は1区100株の2反復について行った。発芽検定は反復1区の任意50株について、1株につき100粒の2回反復で実施した。その他の発芽検定方法は前節に準ずる。

なお、調査に取り上げた項目は、低温発芽性（発芽係数による）、粗100粒重、生育初期の草丈と茎数（移植後45日目）、稈長、穂長および穂数である。

(2) 実験結果

粒選抜の強さがどの程度であったかは、第54表

Table 54. Intensity of grain width selection

Item	Grain width		Control	Parents	
	Above 3 mm	Below 3 mm		♀	♂
Percentage of grain	6.0	94.0	—	—	—
1,000 kernels weight	gr 21.58	gr 17.19	gr 17.44	gr 16.85	gr 18.60 (17.73 gr)

♀ : Hokkai 95 ♂ : Hashiribōzu

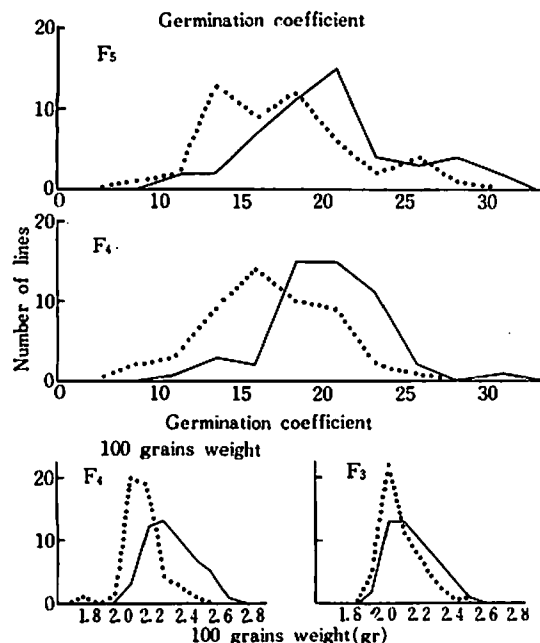


Fig. 23 Frequency distribution of the germinability at low temperature and 100 grains weight in the one or two generations after the selection

Note — — — selected
..... unselected

に示される。粒幅が3mm以上のものが6.0%含まれており、大粒は比較的少ない集団である。これは、小粒ないしは中粒種間の交雑集団であるた

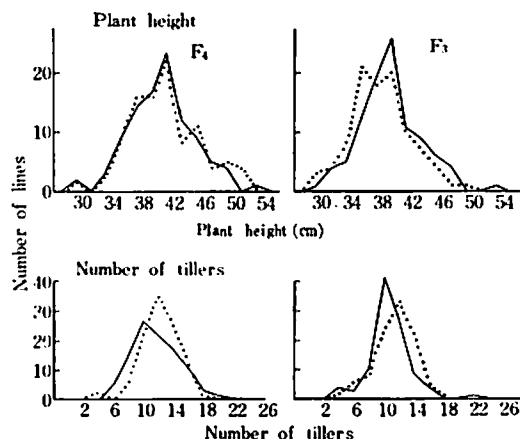


Fig. 24 frequency distribution of plant height and number of tillers in the one or two generations after the selection

Note — — — selected
..... unselected

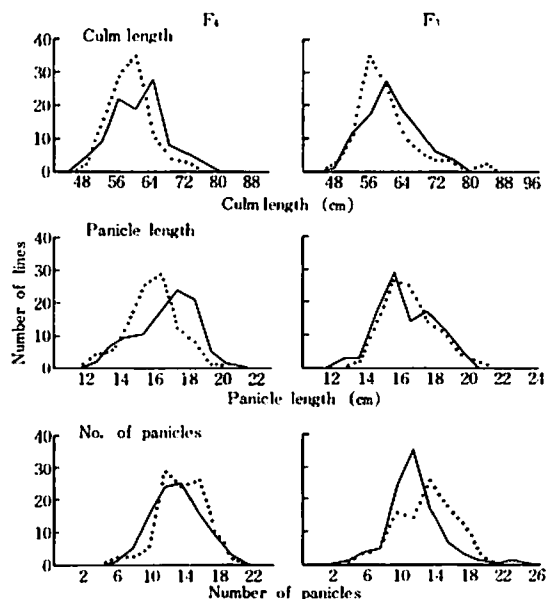


Fig. 25 Frequency distribution of culm length, panicle length and number of panicles in the one or two generations after the selection

Note — — — selected
..... unselected

めと思われる。粒選抜における千粒重は21.6gで、交雑親である「走坊主」よりも約3g重かった。

第23図～第25図に、1964年における選抜後代の世代別の発芽係数および2・3の実用形質の頻度分布を示した。また、平均値と分散は第55表に示される。低温発芽性および他の実用形質の平均値および分散値についての選抜系統と無選抜系統の差の有意性を検討した結果は、第56表に示される。

まず平均値についてみると、選抜区と無選抜区との間に有意性が認められたのは、発芽係数、初100粒重、稈長および穂数においてであった。これらのうち、前3者については選抜区の値が高かったが、穂数においては選抜区が低い値となった。選抜後の世代間では、初期草丈、稈長および穂数において有意性が認められ、初期草丈および稈長では F_3 が、穂数は F_4 が高い値を示した。選抜効果と世代間の交互作用が有意であったのは、穂数のみであった。これは、 F_4 世代における誤差の値が著しく低いと有意性が認められた関係が、 F_5 世代では有意性が認められなかった結果によるが、 F_4 世代においても選抜区の穂数は無選抜区のそれよりも少なかった。

分散については、稈長および穂長で選抜区が無選抜区より高かったほか、選抜区の分散が低かった。しかし、いずれの場合も有意性は認められなかった。世代間では初期茎数および穂数において、 F_3 が小さく他の形質では F_4 が F_3 よりも大きな値であった。しかし、いずれの場合も有意性はない。選抜効果と世代との交互作用は、いずれの形質も有意でなかった。

これらの結果は、粒幅にもとづく選抜が低温発芽性の高い系統の選抜に効果があることを示している。しかし、他方では粒幅による選抜は長稈で穂数の少ない系統を後代に多く残すおそれがあり、このことは選抜に際して留意せねばならない点であろう。

次に、世代間でみられた関係は、 F_3 区の育苗において玄米播種によるため、苗床の水管理が過湿になったきらいがあり、このため苗が軟弱気味で本田における生育に影響を及ぼしたと考えられる。一方、初播きの F_4 区は健苗が育成され、本田移植後の生育も順調で初期草丈および茎数は F_3 区よりも良好で、この結果成熟期には穂数が多い短稈型となったとみられる。これに対し F_3 区では、分けつや穂数が少なく長稈でやや伸長型とな

Table 55. Means and variances in F_4 , F_5 lines selected for the grain width, in 1964

Group of lines	Generation	Germination coefficient		Plant height		No. of tillers		Culm length		Panicle length		No. of panicles		100 kernels weight	
		M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Selected	F_4	20.72	3.5719	39.0	4.1839	10.3	2.6070	61.6	6.2540	16.6	1.6048	11.4	2.9279	2.31	0.1385
	F_5	20.25	4.7712	40.7	4.4682	11.2	2.8834	60.9	6.2634	16.6	1.7783	12.9	3.9471	2.22	0.1535
Control	F_4	17.85	3.6955	37.7	3.8850	10.9	2.7065	59.8	6.7184	16.5	2.0946	12.7	3.2189	2.15	0.1332
	F_5	17.18	4.2627	40.8	4.6775	11.8	2.3953	58.7	4.8326	16.0	1.5118	13.4	2.5766	2.14	0.1316

M: mean V: variance

Table 56. Significance test from table 55. for the difference of mean and variance between selected and control lines and between the generations after the selection

Significant test between	Germination coefficient		Plant height		No. of tillers		Culm length		Panicle length		No. of panicles		100 kernels weight					
	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V				
Selected lines and control	+	*	-	0	+	0	-	0	+	**	+	0	+	0	+	*	-	0
F ₄ and F ₄₋₁	-	0	+	0	-	*	+	0	+	0	-	0	-	**	-	0	+	0

+, - indicate increase and decrease, respectively, as compared with the corresponding control lines and F_4 lines

**, *, 0 indicate the significance at 1%, 5% and non-significance, respectively

ったとみられる。これは第 57 表に示した出穂期の相違からもうかがわれ、選抜区と無選抜区との間には差がみられなかったが、世代間においては F_3 区が 2 日遅いことが認められた。しかし、佐々木 (1966 b) によれば、検定年次の 1965 年における低温障害は、出穂期の遅い個体が早いものに比べて少ない傾向にあったことが示されている。特に 8 月 15 日前後に出穂に達したものの稔実歩合が高く、 F_3 と F_4 区の間にもみられた 2 日間の差が粒重および低温発芽性の程度に大きな影響を与えたとは考えられない。

Table 57. Heading date in F_3 and F_4 lines after the selection for the grain character

Group of lines		Heading date			
		1 %	10 %	50 %	80 %
F_3	Selected lines	4*	8	17	23
	Control	4	8	17	23
F_4	Selected lines	2	5	15	21
	Control	2	6	15	21

* indicate the date of the August

また、分散分析の結果では、選抜効果と世代間に交互作用が認められず、選抜当代 (F_3) においても選抜区と無選抜区との間に初期生育に関して有意差が認められなかった。これは、環境要因によって生ずる粒大の差は初期生育およびその後の生育に影響を与え、それが更に後代の粒重および低温発芽性にまで影響を及ぼすことがないことを示しているといえる。

従って、本実験で得られた粒選抜による効果は遺伝的な特性による結果といえよう。これらのことより、粒選抜を行なってその材料から育成した個体について、直ちに実用形質に関する選抜効果の検定を行なっても、選抜効果の判定を乱すことがないことが示されたといつてよいであろう。

(3) 考 察

粒幅による粒選抜が低温発芽性の高い系統の選抜にかなり有効なことが認められた。先に佐々木 (1969 b, 1971) が低温発芽性品種を選抜する手段として粒選抜の方法を示唆したが、これが妥当であることを検証しえたわけである。いま発芽係数

27.5以上のものを低温発芽性の高い部に属する系統とすると、その割合は、 F_3 においては選抜区が 12 % に対して無選抜区は 2 % に過ぎなかった。本実験に供試した組合せでは、低温発芽性が比較的低いもの同士間の組合せであるが (佐々木 1970 a), 交雑親よりも低温発芽性の高い系統が分離することが認められた。これは、先に佐々木 (1971) が低温発芽性の低い親間の交配後代からも、低温発芽性の高い個体が出現する可能性を報告した結果と一致する。

粒幅の大きい粒の選抜後代においては、粒重の重いものの割合が高かった。RAMIAH and PARTHASRATHY (1933) は粒長と粒幅を支配する要因は互いに相互関係を有していると報告した。また、赤藤 (1951) によれば、粒長の長い系統は粒幅および粒厚もそれぞれ大きいことを報告している。従って、本実験で行なった粒幅の大きい個体の選抜は結果的には粒重の重い個体を選抜したことになったものと考えられる。

盛永ら (1939) は、玄米の大きさの遺伝に関与する多くの同義因子の存在を推定している。CHANDRANATHA and SAKAI (1960) は、粒重の遺伝は量的遺伝を示し、推定された関与因子数は概算して 10 であったと報告している。本実験における F_3 および F_4 の粒重の頻度分布も連続変異を示すことが認められた。

一方、粒選抜により低温発芽性の高い系統が多く選ばれることの外に、長稈で穂数の少ない草型のものが多く選抜された。従って、粒重に関与している遺伝子が稈長および穂数にも多面発現的效果を持つか或はこれらの形質に関する遺伝子の連鎖関係の結果とも考えられる。この結果は、佐々木 (1969 b) が水稲品種の低温発芽性と稈長との相関関係において得た関係とも一致する。赤藤ら (1951, 1952 a, b) によれば、粒長に関与する遺伝因子 (Gr_1) と穂長に関与する遺伝因子 (P_2) との間には完全な相関関係があり、稈長因子 (H_2) と穂長因子 (P_4) との間にも同様な関係を得ている。従って、粒重因子と稈長因子との間にも何らかの遺伝的な結びつきが存在すると考えてよいであろう。このことは、粒選抜の利用により低温発芽性

の高い品種を育成する場合に、長稈で穂数の少ない、いわゆる穂重型の草型をもつ系統が選抜しやすい。このように、多肥多収性である直立型草型(角田 1964)の育成とは相反する草型となる系統が選抜されやすいことが懸念される。しかし、佐々木 (1969 b) によれば低温発芽性と稈長との間の正の相関関係は強い関係ではないので、選抜によりこの相関を破って、寒冷地に適した低温発芽性が高く且つ直立型でしかも穂数型の品種を育成することが、可能であると考えられる。

第2節 雑種初期世代における低温発芽性と初期伸長性および初期発根性との関係

朝霞 (1966) および佐々木 (1968 a) は、固定品種を供試して低温発芽性と初期伸長性との関係を検討し、低温下において、両者の間には有意な正の相関関係のあることを報告した。しかし、雑種集団を用いて検討した例はない。故に初期伸長性と低温発芽性との関係を雑種集団について検討することは、湛水直播栽培に適する品種を育成する上の資料として重要である。

(1) 実験材料および方法

低温発芽性および初期伸長性の程度が共に異なる親品種間の交雑4組合せのF₂およびF₃6集団を供試した。交雑親の低温発芽性と初期伸長性の程度は、第58表に示される。

供試親は低温発芽性の検定に先立ち、外皮内発芽要因の影響を除去するため、2°Cの低温下で10

日間吸水飽和させた。その後、常法により15°Cにおいて発芽試験を行ない、発芽した粒は低温下(4~5°C)で幼芽の伸長を抑制し、発芽期間が終了してから一斉に播種床へ播種された。なお、置床後11日目においても未発芽のものは、30°C恒温器にて発芽した後に既発芽の粒と一緒に播種した。

縦35 cm、横25 cm、深さ5 cmのホーローびきの容器に、畑苗床の土を約3.5 cmの深さにつめたものを播種床とした。発芽初を移した後は約0.5 cmの均一な厚さになるように覆土した。初めの置床前に1個当り500 ccの水を灌水したが、置床後も必要に応じて噴霧器により灌水した。

低温処理には人工気象箱を用いた。処理温度は15°Cであるが、日照による土壌表面の温度変化を少なくするため、約70%遮光の黒色寒冷紗で幼芽長が約2 cmになるまで(10日間)遮光した。更に、育苗箱の底面および側面を15°Cの水で冷やし土壌が所定の温度を保つよう努めた。

1集団精粒100粒を供試し、反復なしで実施した。低温下における初期伸長性および初期発根性の調査は、置床後33日に行なった。

(2) 実験結果

第26図は各供試集団における発芽日の頻度分布と、各発芽日別にそれぞれ草丈の頻度分布を調べた結果である。なお、置床後出芽しなかったものは調査個体数から除外しているから、発芽日別の粒数と調査個体数との間に差を生じた場合があ

Table 58. Cross combination and the characters of the parental varieties

Cross combination (P ₁ × P ₂)		Characters of the parental varieties		Generation used
		Germinability at low temperature	Elongation of seedling at early stage	
Nayoro-mochi × Sasahonami*	P ₁	Fairly high	Large	F ₂ · F ₃
	P ₂	Low	Small	
Uzros 770 × Shiokari	P ₁	Fairly high	Fairly large	F ₂ · F ₃
	P ₂	Fairly low	Fairly small	
H-145 × Nōrin 33	P ₁	Middle	Large	F ₂
	P ₂	High	Large	
Shirayuki × Sakigake	P ₁	Low	Large	F ₂
	P ₂	High	Large	

* male parents is listed below in each combinations

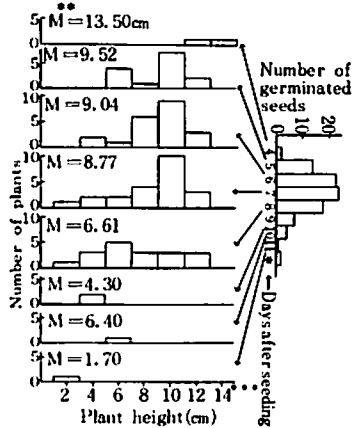
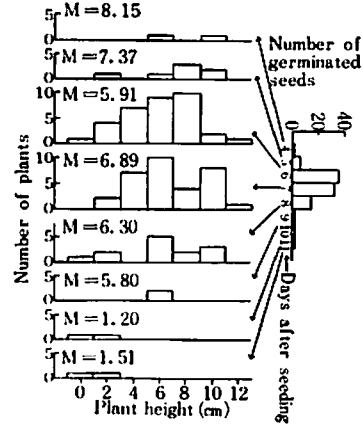
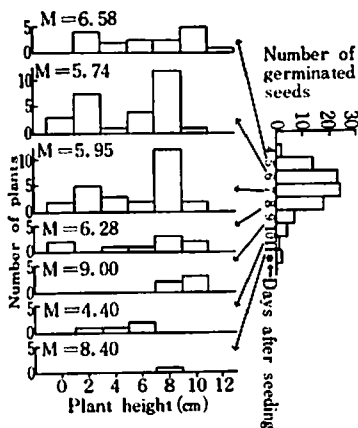
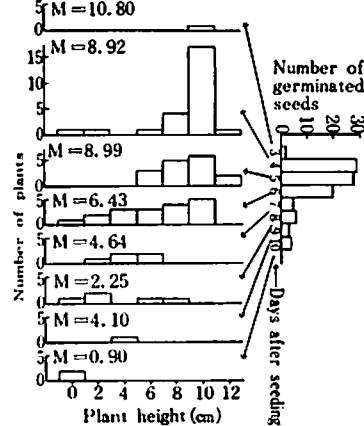
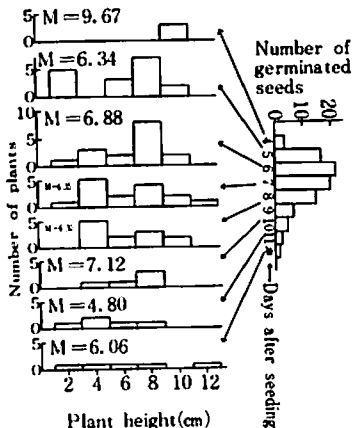
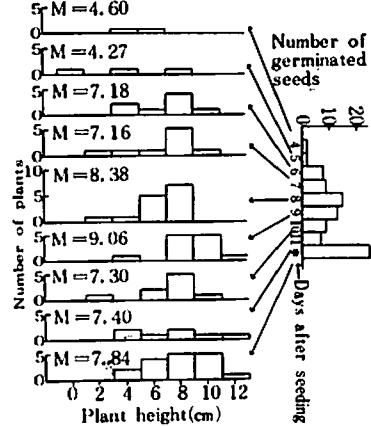
(1) Nayoro-mochi × Sasahonami F₂(2) Nayoro-mochi × Sasahonami F₃(3) Uzros 770 × Shiokari F₂(4) Uzros 770 × Shiokari F₃(5) H-143 × Nōrin 33 F₂(6) Shirayuki × Sakigake F₂

Fig. 26 Distribution frequencies of germination and plant height of seedling in 33 days after transplanting

Notes * Germinated in the germinator after 12 days

** M=mean value

*** 2, 4, 6,mean 1 3, 3-5, 5-7, , respectively

る。

F₂ および F₃ の各集団の発芽は置床後3日または4日に始まり、大部分は11日目または12日目に終了している。播種後12日目に恒温器中で発芽したものを除くならば、発芽頻度分布は正規分布に近い頻度分布を示した。しかし、「シラユキ×魁」の集団においては、低温発芽性の低い個体が他の集団に較べてやや多いことが注目される。

低温発芽性と初期伸長性との関係についてみると、供試6集団のうち5集団において低温発芽性の高い群が、苗の草丈も大きいことが認められた。しかし、前記「シラユキ×魁」のF₂ 集団においては、低温発芽性の高い群での苗の草丈は、必ずしも大きいとは言えない。この集団では発芽の頻度分布も他の集団とは異なった分布を示しており、低温発芽性の低い個体が多かった。また、交雑親の1つである「シラユキ」は、低温発芽性は低いが初期伸長性の大きい品種である。従って、これは交雑親の低温発芽性と初期伸長性との特異的な関係が、F₂ におけるこれら形質の分離について影響を与えているかもしれない。

第59表は各集団について発芽日別に草丈と他の形質すなわち本葉第1・第2葉長、根数、最長根長および苗乾物重との相関係数を示したものである。これによると、全ての形質間で5%水準以

上で有意な正の相関関係が示された。これらの関係を示したのが第27図である。草丈の高いものは、初期の本葉長が長く、また、地下部の発育が良好となる傾向を示した。更に、「名寄糯×ささほなみ」の組合せについて、F₂ および F₃ 全個体を供試して、草丈と本葉第2葉長および根数との関係について検討した。いずれの関係でも0.1%水準で有意な強い正の相関関係がみられた。しかし、根数との間では相関関係がやや弱かったが、これは根数の変異幅が狭いためのものである。なお、草丈と苗乾物重との関係では、いずれの世代とも0.1%で有意な相関係数が得られた。

以上における草丈と本葉長、苗乾物重および地下部要因との関係から、草丈の高い個体为本葉も長く地上部および地下部の発育も良い傾向が認められ、従って、先の低温発芽性と草丈の伸長との関係から、低温発芽性の高い個体は地上部の初期の生育が良く本葉が長く、また地下部の発育も良いと考えられる。

なお、6集団をこみにして各発芽日別に地上部、地下部各要因の分散分析を行なった結果では、最長根長を除いて5%および1%水準で有意性が認められた場合が多い。しかし、集団間については本葉第1葉においては5%、根数および最長根長において1%水準で有意性が認められ、草丈およ

Table 59. Correlation coefficient between plant height of seedling and the 5 characthrs, between number of roots and length of longest root

Cross		1st leaf length	2nd leaf length	No. of roots	length of longest root	dry wt. of seedling	No. of roots Root length	n
Nayoro-mochi × Sasahonami	F ₂	0.932***	0.977***	0.968***	0.932***	0.974***	0.829*	8
	F ₃	0.875***	0.979***	0.892***	0.548	0.975***	0.472	8
Uzros 770 × Shiokari	F ₂	0.972***	0.990***	0.779*	0.828*	0.985***	0.596	7
	F ₃	0.778*	0.981***	0.981***	0.973***	0.985***	0.946***	8
H-143 × Nōrin 33	F ₂	0.971***	0.965***	0.807**	0.958***	0.971***	0.728*	8
Shirayuki × Sakigake	F ₂	0.971***	0.965***	0.807**	0.958***	0.971***	0.728*	9
All crosses		0.728***	0.963***	0.899***	0.820***	0.926***	0.659***	48

*, **, *** significant at 5 %, 1 % and 0.1 % level, respectively

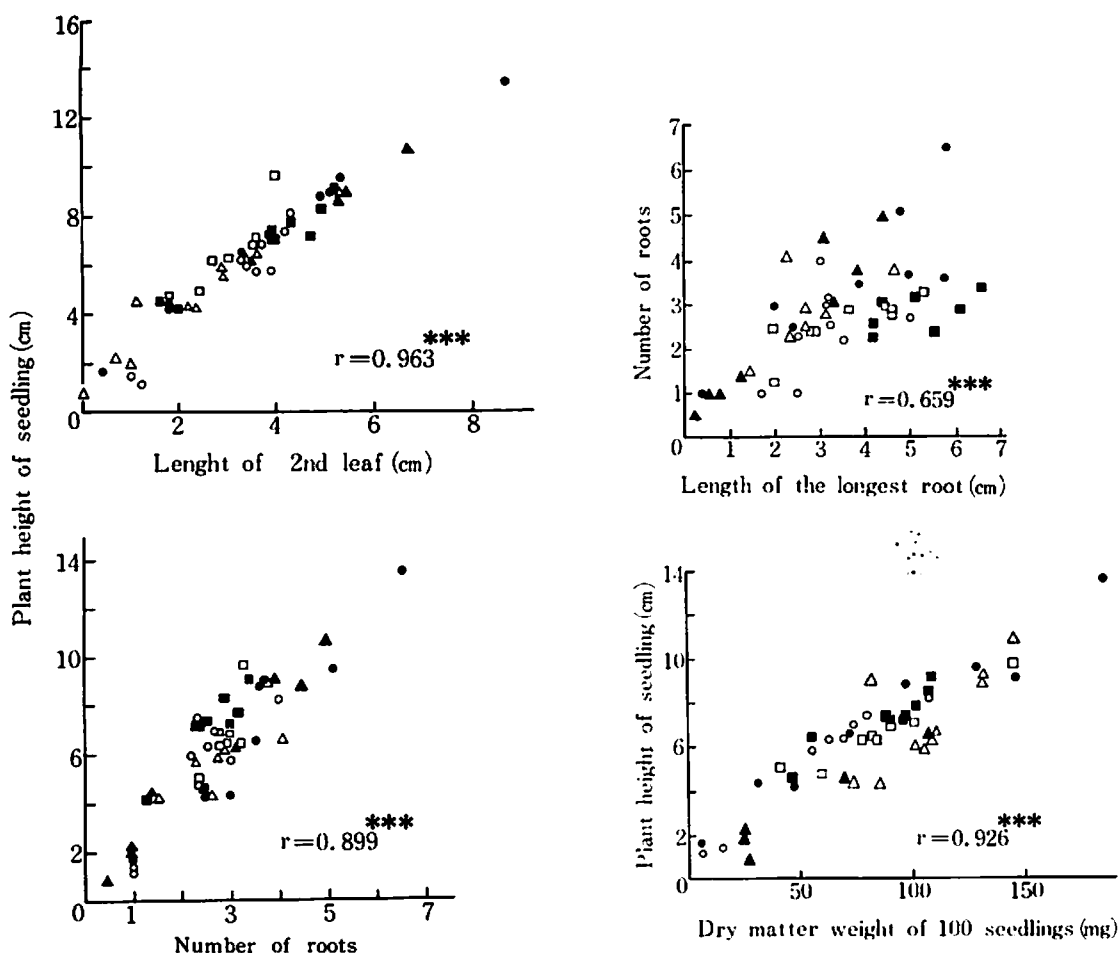


Fig. 27 The relations between plant height of seedling and 4 characters in F_2 and F_3 populations

Notes ● : Nayloromochi $\times$ Sasahonami F_2
 ○ : Nayloromochi $\times$ Sasahonami F_3
 □ : H-143 $\times$ Nōrin 33 F_2

△ : Uzros 770 $\times$ Shiokari F_2
 ▲ : Uzros 770 $\times$ Shiokari F_3
 ■ : Shirayuki $\times$ Sakigake F_2

び本集第2葉長については有意性が認められなかった。

前掲の第59表には、各集団別に根数と最長根長との相関係数を示してある。これによると、3集団においては5%水準、他の1集団においては0.1%水準でそれぞれ正の有意な相関関係がみられた。他の集団においても有意水準に近い正の相関関係が認められた。これからすると、発根数の多い個体は最長根長も長い傾向にあり、地下部の発育程度は発根数によっても知りうる事が判った。この傾向は佐々木・山崎 (1970c) が品種について得た結果と同様であった。

(3) 考 察

寒冷地における湛水直播栽培においては、低温下における発芽および初期伸長性のすぐれた品種を育成することが望ましい。

本実験では、 F_2 および F_3 という雑種初期世代において、低温下で発芽の早い個体群が低温下におかれた場合の苗の初期伸長性についても大きいという傾向が確かめられた。この結果は、先に品種を用いて調べた低温発芽性と初期伸長性との関係についての朝隈 (1966) 或は佐々木 (1968a) の結果と同様であった。従って、雑種初期世代において低温発芽性の高い個体を選抜することは、低温下における初期伸長性の良好な個体を選抜することにもつながることになる。育種の場面におい

て低温発芽性の高い個体を検定し選抜することは、低温条件さえ保たれば特に困難な作業ではないので、寒冷地の湛水直播栽培適品種育成上の実用的選抜法として容易に行ないうるものである。

苗の拔取り調査時における葉数は、生育の早いもので2.5葉前後であったので、第2本葉の長さはすなわち苗の草丈となる個体が大半を占めていた。従って、苗の草丈と本葉第2葉長との間に各集団とも極めて高い正の相関関係が認められたのは当然であるが、本葉第1葉長との間にも正の有意な関係がみられた。従って、初期伸長性の大きい個体は、生育初期の本葉の長さが長い傾向にあり、この関係も品種において得られた結果（佐々木 1968 a）と同様であった。

一方、初期発根性においても、地上部における初期伸長性と同様な傾向が得られ、これは品種を用いての低温発芽性と初期発根性との関係を検討した結果（佐々木・山崎 1970 c）とも同様であった。先に佐々木・山崎（1971）は、稲品種の低温発芽性が初期伸長性および初期発根性との関係を通じて、苗立性との間にも正の有意な相関関係がみられることを報告した。本実験において得られた低温発芽性と初期伸長性および初期発根性との関係から、雑種初期世代において低温発芽性の高い個体が苗立性の確保に有利に働いていることが推定される。

第3節 雑種初期世代における初期伸長性による選抜が後代の低温発芽性およびその他の主要形質に及ぼす影響

前節で雑種初期世代のF₂およびF₃集団において、低温発芽性の早い個体群が初期伸長性および初期発根性が大きい傾向にあることを認めた。ここでは、それと同じ集団を用いて、低温下において調べた初期伸長性の大小をもとにして低温発芽性の高い個体の選抜が可能か否かについて更に検討を加え、合わせてこの選抜が後代の実用形質に及ぼす影響をも調べた。

(1) 実験材料および方法

供試材料は「しおかり×農林33号」(Cross No.

Ⅰ), 「名寄糯×ささほなみ」(Cross No.Ⅱ), 「ウズロス770×しおかり」(Cross No.Ⅲ)の各F₂およびF₃集団と親品種である。

初はルベロン1,000倍液で4時間消毒した後3日間室温で水に浸漬したが播種時には催芽していなかった。

播種床としては縦35 cm, 横25 cm, 深さ5 cmのホーローびきの容器に、10 a 当り窒素8 kg, 磷酸6 kg および加里4 kg を施肥して、代かきをすませた水田土壌を約3.5 cmの深さにつめた。この播種床1容器当りに約50 gの種子を5月19日に播種し、一般標準試験圃場の水口側に置いた。灌漑水の深さは一般圃場と同じく4.5~6 cmになるように容器を上中に埋めた。

苗の生育が本葉2.0~3.0葉になった時(6月13日)に、苗を抜き取って草丈を調べ2 cmの間隔で6 cm以下から16 cm以上7階級に分類した後に、栽植密度33.3×12 cmの1株1本植で本田へ移植した。なお、調査個体は各集団約300個体であった。

移植時期が標準よりも遅れたので、全体的に生育も遅延した。特に苗の葉数の少ないものでは、生育の遅延程度が著しかったようであり、この生育の遅れについての差が次代の発芽に影響を及ぼす可能性があったので、低温発芽性についての選抜効果の検討は翌年に実施することとした。なお、養成個体からの採種は、個体数の多い場合には1株中稔実良好な穂を1~2本採り、少ない場合には数本採って、各々1穂より数粒ずつ採種して、全てをよく混合して次代の集団を作った。

1971年に前年の初期伸長性の選抜が後代へ及ぼす影響を調査した。前年養成した3組合せからのF₃およびF₄集団を用い、試験区の種類は無選抜区(C), 苗の草丈14 cm以上の区(L)および苗の草丈8~10 cm区(S)の3区とした。試験設計は組合せと世代を主試験区、選抜を副試験区とする分割区法によったが、低温発芽性の検定と初100粒重の測定は2回反復で実施したので、統計処理に際しては組合せと反復を主試験区として扱った。

各集団の材料の養成は1区150個体とし、33.3

×12.0 cm の1株1本植で、標準施肥量により反復なしで行なった。

選抜の後代における各形質の調査に当っては各区とも100株ずつを供試し、低温発芽性の検定には1株より1穂ずつ採取して、それぞれの穂の上位より第2番目の1次枝梗中の、上位より3, 4, 5番目の穂を混合したものについて、1区100粒ずつ2反復で行なった。穂100粒重についても同様試料を秤量した値を用いた。

(2) 実験結果

実験区における水温の経過を標準水田の水温と対比させて第60表に示した。実験区の水温は標準水田に較べて、苗の養成期間を通じ、平均約2℃低いことが認められた。特に播種後約8日間は16℃前後の比較的低温に経過しており、このことが各個体(粒)間の発芽およびその後の幼芽の伸長の差を助長するなどの効果が大きかったようである。しかし、播種後10日頃より水温が上昇し、ほぼ20℃前後となり苗の伸長も全般的に旺盛となった。

Table 60. Temperature of the irrigation water

Period	Exp. field		Control	
	9 ^h	AM	9 ^h	AM
May	21—25	16.5°C	18.6°C	18.8°C
	26—31	19.8	19.7	18.9
June	1—5	18.8	19.4	19.3
	6—10	18.8	23.7	22.4
Mean		18.5	20.4	19.9

第61表は播種後23日目における、苗の草丈についての頻度分布を示したものである。各組合せのF₂およびF₃集団ともに苗の草丈は6 cm以下のものから16 cmに及ぶものにわたっているが、8~12 cmのものが全体の50~70%を占めていた。草丈の高い階級である14 cm以上の頻度は、「名寄糯×ささはなみ」のF₂が3.8%, F₃は5.5%で最も多かった。「ウズロス770×しおかり」のF₃では、1個体もみられなかったが、F₂では4.3%が認められた。「しおかり×農林33号」については、F₂およびF₃でそれぞれ3.0%, 0.8%の出現率であった。調査時の苗の観察によれば、草丈

が14 cm以上のものは平均約3.0葉、10~14 cmのものは約2.5葉、8~10 cmでは約2.2葉および8 cm以下のものは約2.0葉であった。

第62表および第28図は苗の草丈についての選抜が後代の低温発芽性や穂100粒重に及ぼす影響について示したものである。

まず低温発芽性に与える影響についてみると、第62表のように発芽開始日では、L区、C区、S区の順に早くなっており、それぞれの間に約0.5日ずつの差が認められた。この傾向は世代間においても大差はなかった。

発芽勢についてみると、置床後5日目における場合、発芽の遅かった「名寄糯×ささはなみ」を除いて、F₂, F₃ともL区が最も大きく、次いでC区、S区の順であった。この傾向は置床後6日目における発芽勢においても同様であった。置床後5日目で発芽がほとんどみられなかった「名寄糯×ささはなみ」においては、置床後6日目の発芽勢においては差がみられ、L区の発芽勢が最も大きかった。

平均発芽日数および発芽係数についても、発芽勢と同様な傾向が認められた。しかし、「ウズロス770×しおかり」のF₃においては、発芽初期では上記の如き傾向が認められたが、最終締切日においては区間に差が認められなくなった。

日別発芽数の分散値についてみると、全体の傾向としてはL区の分散が小さいが、低温発芽性について最も選抜効果が高かった「しおかり×農林33号」のF₄の分散が最も小さかった。「ウズロス770×しおかり」ではL区の分散がやや大きかった。このように草丈の長いものへの選抜は、低温発芽性への影響が大きかった組合せ或は世代で分散が小さくなっていることを示している。一方、選抜効果があまりみられない組合せ或は世代では、処理区間に分散値の差があまり認められなかった。

発芽係数と日別発芽粒数についての分散に関する分散分析の結果は第63表に示される。発芽係数においては、主効果では組合せと選抜処理にそれぞれ1%水準で有意性が認められ、特に組合せ間における差が大きかった。1次の交互作用は全

Table 61. Plant height of seedlings in F₂ and F₃ populations

Cross no.	Cross	Generation	Plant height (cm)								Total of plants
			6	8	10	12	14	16			
I	Shiokari × Nōrin 33	F ₂	No. of plants (%)	19 (9.5)	34 (17.1)	56 (28.1)	49 (24.6)	35 (17.6)	5 (2.5)	1 (0.5)	199 (100)
		F ₃	No. of plants (%)	18 (7.4)	27 (11.1)	60 (24.7)	98 (40.3)	38 (15.6)	2 (0.8)	243 (100)	
II	Nayoro-mochi × Sasahonami	F ₂	No. of plants (%)	12 (4.5)	28 (10.5)	85 (32.0)	83 (31.2)	48 (18.0)	10 (3.8)	266 (100)	
		F ₃	No. of plants (%)	19 (8.0)	26 (11.0)	80 (33.8)	79 (33.3)	20 (8.4)	13 (5.5)	237 (100)	
III	Uzros 770 × Shiokari	F ₂	No. of plants (%)	22 (8.0)	17 (6.2)	73 (26.4)	101 (36.6)	51 (18.5)	12 (4.3)	276 (100)	
		F ₃	No. of plants (%)	15 (6.9)	34 (15.7)	91 (41.9)	68 (31.3)	9 (4.1)	217 (100)		

* male parent is listed below in each combinations

Table 62. Means of the germination characters in F₂ and F₃ populations and parents

Cross no.	Cross	Generation		First germ. day	*** Germination percentage			Mean days to germ.	Germ. coeff.	Variance of germ.
					Days after seeding					
					5	6	17			
I	Shiokari × Nōrin 33*	F ₂	C	4.0	4.7	16.7	98.0	9.06	10.83	7.3583
			L	3.7	6.0	15.7	98.3	8.75	11.27	6.1681
			S	4.7	3.7	11.3	97.0	9.45	10.30	7.7422
		F ₃	C	4.7	5.0	19.0	98.7	8.61	11.47	5.3328
L	4.0		16.0	32.3	100	7.24	13.81	2.7450		
S	4.3		1.7	10.3	98.3	9.11	10.82	5.4515		
		P _F ** P _M		7.3	0	0	95.0	12.20	7.79	4.4090
				4.7	11.0	27.7	100	7.55	13.49	2.4399
II	Nayoro-mochi × Sasahonami	F ₂	C	6.0	0.3	0.7	91.3	10.43	8.76	4.2101
			L	5.3	0.7	6.0	95.7	9.75	9.82	8.3817
			S	6.0	0.3	1.7	91.0	10.45	8.71	6.2354
		F ₃	C	6.0	0	1.7	93.3	10.67	8.75	7.6425
			L	6.0	0	5.0	97.0	9.74	9.97	6.2592
			S	7.0	0	0	90.0	11.16	7.84	8.1385
	P _F P _M		7.3	0	0	90.0	11.49	7.84	4.3024	
			6.0	0.7	0.7	96.0	11.60	8.73	4.0621	
III	Uzros 770 × Shiokari	F ₂	C	3.7	8.7	17.0	98.7	8.74	11.29	7.3543
			L	3.0	9.0	21.3	97.7	8.69	11.35	7.8519
			S	4.0	6.7	26.3	99.0	8.56	11.57	6.2432
		F ₃	C	4.3	6.7	23.3	97.0	8.93	10.88	8.6368
			L	4.0	7.3	25.0	95.3	8.80	10.84	9.2299
			S	3.7	4.3	13.7	95.7	9.42	10.16	7.9362
	P _F P _M		3.7	18.3	47.7	100	7.05	14.20	3.7358	
			7.3	0	0	95.0	12.20	7.79	4.4090	

* male parent is listed below in each combinations C, L, S: the same in the notes of the Fig. 28

** PF: female parent PM: male parent

*** first germination day after seeding

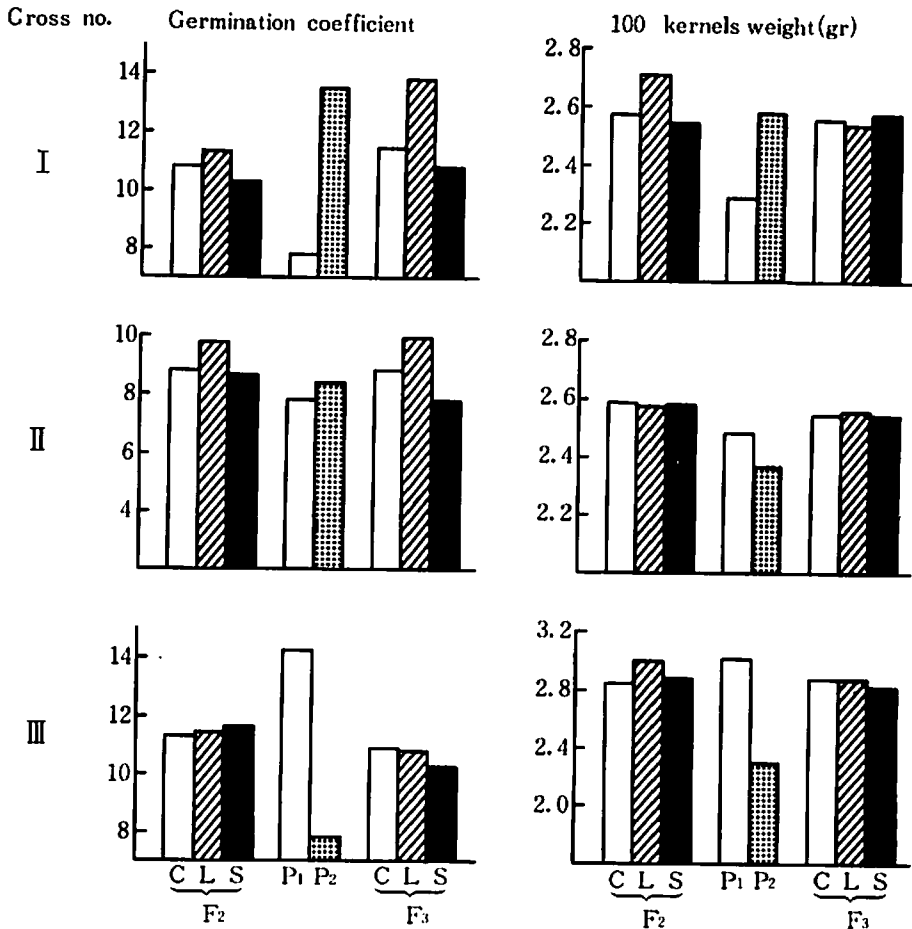


Fig. 28 The effect of the selection for the germinability at low temperature and 100 kernels weight

Notes C: control

L: longer seedling height (above 14 cm)

S: shorter seedling height (8-10 cm)

て有意性 (1%水準) があつたが、これらの分散値は主効果に較べて小さく、主効果の影響が大きいものと考えられる。日別発芽粒数の分散についての分散分析の結果では、主効果は組合せ間においてのみ有意性がみられ、2種の1次の交互作用にも有意性が認められたが、処理間と世代間では有意性は認められなかった。

以上の結果から、低温下における初期伸長性による選抜は、低温発芽性の選抜にも役立つことが得られたが、組合せによっては発芽係数について効果が認められないものもあった。しかし、発芽初期において選抜効果が認められたので、苗の草

丈による選抜が低温下において発芽の早い個体を選抜するためにも、有効であることを示していると言えよう。

次に100粒重への影響についてみると、第28図のように、組合せおよび世代により影響の程度が異なつた。すなわち、 F_2 においては2組合せでL区の100粒重が他の区に較べて重いという結果であつたが、残りの F_2 1組合せと F_3 の全組合せにおいては、処理区間に一定の傾向が認められなかった。これらのことは分散分析の結果からも明らかである。すなわち主効果は組合せの分散が極めて大きく、世代および選抜間にも有意性が認め

Table 63. Variance analysis of the germination coefficient and 100 kernels weight

Factor	D.F.	S. S.		
		Germination		100 kernels weight
		coefficient	Variance	
Block(B)	2	0.4854	3.7581	0.0001
Cross(C)	2	61.8306**	41.3382*	1.1426**
Error(a)	4	0.5734	8.1940	0.0040
Main plot	8	62.8894	53.2903	1.1467
Generation(G)	1	0.0662	1.5476	0.0229**
C × G	2	9.7227**	37.7754*	0.0005
Error(b)	6	2.5615	10.6693	0.0074
Sub plot	9	12.3504	49.9923	0.0308
Treatment(T)	2	15.2409**	1.9559	0.0281**
C × T	4	5.7240**	21.1643*	0.0140
T × G	2	3.9072**	8.0082	0.0243**
C × G × T	4	1.8074	6.3257	0.0301**
Error(c)	24	4.5318	38.6083	0.0328
Sub sub plot	36	31.2113	76.0624	0.1293
All variations	53	106.4511	179.3450	1.3068

*, ** significant at 5 % and 1 % level, respectively

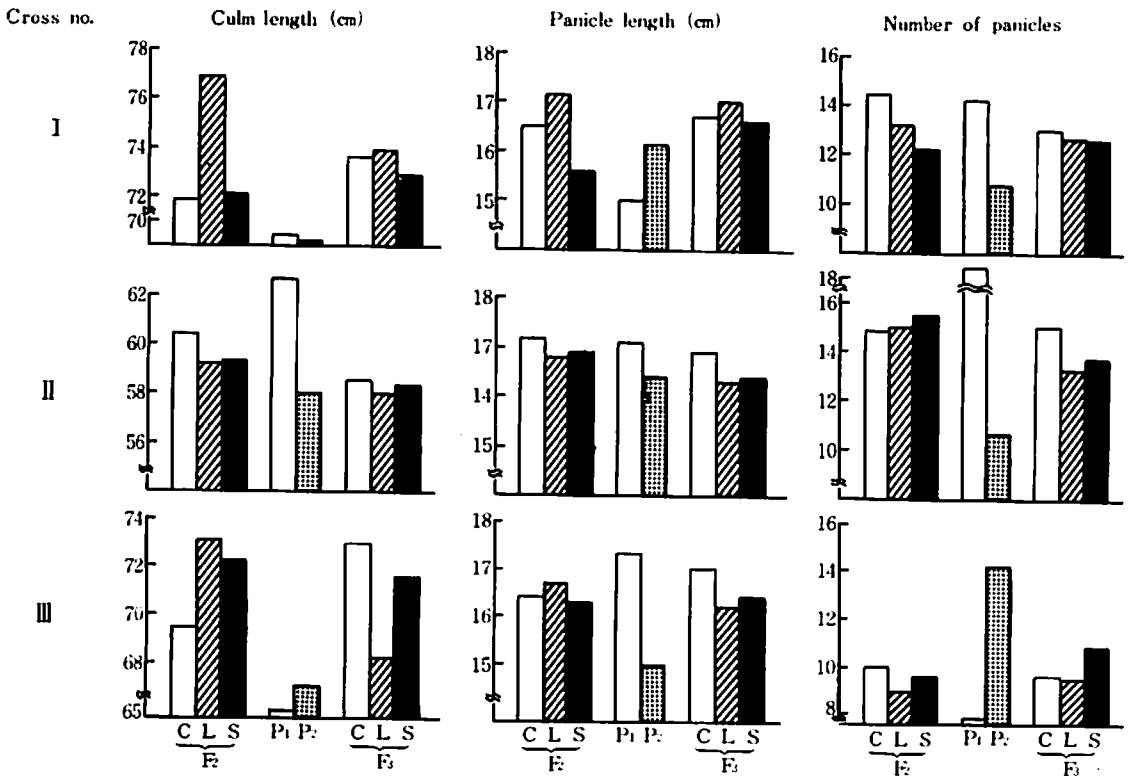


Fig. 29 The effect of the selection for culm length, panicle length and number of panicles

Table 64. Variance analysis of the 3 characters

Factor	D.F.	Culm length	S. S.	
			Panicle length	No. of panicles
Cross(C)	2	739.4800**	0.1878	72.6633**
Generation(G)	1	2.4939	0.0022	0.7606
Error(a)	2	1.0844	0.4211	1.8744
Main plot	5	743.0583	0.6111	75.2983
Treatment(T)	2	0.8400	0.6011	1.5633
G×T	2	13.2578	0.3811	0.2678
Error(b)	8	22.5489	1.2778	4.2556
Sub plot	12	36.6467	2.2600	6.0867
All variations	17	779.7050	2.8711	81.3850

** significant at 1 % level

られた。しかし、1次の交互作用では「選抜×世代」においてのみ有意性がみられ、また2次の交互作用も有意性が認められた。これらの結果から、世代によっては約100粒重への影響もあり、L区の粒重が重い傾向にあることを示している。

苗の草丈の長短についての選抜が後代の稈長、穂長および穂数へ与える影響を第29図に示した。「しおかり×農林33号」はいずれの世代においても、S区が最も短かった。穂数においては、無選抜に較べてL区がいくらか少なくS区よりはいくらか多い傾向がみられた。その他の組合せ或は世代においては、一定の関係は認められなかった。これらの形質の分散分析の結果を第64表に示した。稈長および穂数においては、1%水準で有意性が認められたが、その他については全て有意でなかった。

(3) 考 察

低温条件下で栽培した苗における草丈の頻度分布は、正規分布に近い形であり多数のポリジーンが関与している量的形質の遺伝様式をとると考えられる。池ら(1956)は「銀坊主見出」の矮性型を母本とした F_2 について、移植時における苗の草丈の変異を調査して、 F_2 が不完全な2項分布を示し、矮性型と正常型の草型別に分析すると、明らかに2つの母集団の集りであることを認めた。更に F_3 検定で矮性型が正常型に対して劣性であるという結果を得た。長尾(1939)は、稲の矮性型の数種が正常型に対して劣性で、 F_2 において単性

雑種の分離比をなすことを示した。ALLAN et al. (1962)は小麦の鞘葉の長さについて遺伝学的検討を行ない、稈長についての遺伝様式よりも複雑なしくみによるとしている。李(1970)は F_3 系統における初期伸長性の変異を検討し、連続的で且つ正規分布に近い分布型を認めた。

本実験では、低温下において苗の草丈の伸長の大きい個体が、後代で低温発芽性も高い傾向にあるという結果が得られた。このことは、実際育種の選抜場面において利用可能なことと考えられる。

一方、このような選抜が他の実用形質へ与える影響も調べたが、直播栽培で耐倒伏性の点から問題となる稈長についてみると、苗の草丈の長い区における稈長が必ずしも長くないという結果であった。これは低温発芽性が高く初期伸長性が大きくても、短稈の品種の育成は可能であるという意味では好ましいことである。この成績は先の低温発芽性との形質間相関における結果と一見趣を異にするが、これは低温発芽性の選抜が苗の草丈を通しての間接的な選抜であり、低温発芽性に対する直接の選抜効果よりも劣ったために、稈長の影響が少なくなった結果とも考えられよう。

しかしながら、低温発芽性についての選抜効果が高かった組合せをみると、その後代における稈長は無選抜区に較べて長稈となる結果となり、耐倒伏性上からも問題となる。この点に関して、前掲のALLAN et al. (1962)は、鞘葉の長い個体は

出芽にとり有利であるが、稈長が長く倒伏防止上問題となるとしている。しかし、大きな集団を扱うことによって、籾葉が長く短稈な品種の育成も可能となるとしており、上記の問題点も同様な方法により解決しうるものと考えられる。

第 VII 章 総合論議および結論

稲種子の低温発芽性を、遺伝育種学的な立場から追究したものは極めて少ない。従来の研究は稲種子を発芽現象の研究に 1 材料としたという形のものも多く、生理学または生態学的立場からの研究となったものと考えられる。しかもその上に、発芽の遅速が種子の生理的条件や発芽時の外的諸条件によって大きく変異すること、両親および雑種の種子構成組織または器官の遺伝的構成が異なることなどの問題が残されていることが、遺伝育種学的研究が少なかった理由と考えられる。

本質的な低温発芽性に関して、遺伝育種の立場から意図的に検討した最近のものは、僅かに李 (1970) の報告があるに止まる。李は従来十分に明らかにされていなかった休眠性と低温発芽性との関係について追究し、休眠性が消失した後にも、低温下において発芽性の品種間差異が明らかに認められ、これを本質的な低温発芽性としてとらえ、量的形質として分析したことは注目してよい。

本研究においては、元来休眠性程度が小さい北海道品種を用い、更に採種後 4~5 ヶ月間常温貯蔵して休眠性を除去した種子を用いることによって、充分に明らかにされていなかった休眠性と低温発芽性との関係から、休眠性の影響を取除くとともに、発芽の遅速に与える種子の生理的条件や、発芽時の外的諸条件については、数々の実験を通じて低温発芽性の検定方法を確立することによって、遺伝的性状の多くを解決することができた。

以上に述べてきた種々の実験を通じ種子全体を単位とした低温発芽性が、量的遺伝形質であることをまず確認し、明らかな品種間差異を認め、稲種の環境要因に対しても安定した形質であることを明らかにした。

また、供試種子の両親および雑種の種子構成組織または器官の遺伝子構成が異なる点について

は、品種および分離集団において内外穎の品種間差異に対する影響力は小さく、先に高橋 (1962) により示されたいわゆる発芽 A 相の影響も小さく、低温発芽性を支配する要因は胚内にその主因があることを明らかにした。そこで、この胚内要因について、MATHER (1949) の方法により有効因子数の推定およびその他遺伝的特質について遺伝分析を試み、その結果、優性度はやや大きく、遺伝子の作用は相加的であり、各遺伝子間にはリンケージは認められず、低温発芽性の高い品種に、その優性因子が、また低い品種には劣性因子がより多く含まれることを結論づけ、関与する有効因子数として 5 個前後を推定した。

量的形質に関与する遺伝子は、識別が容易で作用の大きい Marker gene と連鎖していることが考えられ、この連鎖関係を見出すことが、遺伝学的にまた育種の実際にとっても極めて利用価値が高いのは言うまでもない。しかし、本形質については、この種の試みは皆無であったので、著者は胚内要因と稲 12 連鎖群に所属する Marker gene との遺伝子分析を行ない、その結果、第 I、第 II、第 IV および第 V 連鎖群とかなり強い連鎖関係を得た。この数値が上記の有効因子数の推定値とほぼ一致しておったことは、低温発芽性の遺伝的解析に一步を進め得たものと言ってよいであろう。

次に、低温発芽性は低温下における初期生育につながり、この初期生育は低温発芽性と低温初期伸長性との総合として表現されることを提起し、その検証として実際場面における湛水直播条件下において、低温発芽性と初期伸長性、初期発根性および苗立性との関係も検討した。その結果、初期伸長性との間には有意な正の相関関係が認められたのである。更に初期発根性との関係では、初期伸長性の品種間差異を通してではあるが、やはり有意な正の相関関係が認められた。そうして、これらの総合結果として苗立性との間にも有意な正の相関関係が見出された。このように本研究の結果によって、低温発芽性の高い品種を育成することが、初期生育性の高い品種の育成につながる事が明らかにされた訳である。

しかしながら、低温発芽性および初期生育性が

共に高い品種の多くは、「胆振早稲」「北見赤毛1号」「魁」などの在来種ないしは旧品種であり、これら品種は長稈で穂数が少ないいわゆる穂重型であり、加えて品質は悪く、草姿は **drooping type** であり、多肥多収性としての生産態勢としては望ましくないものが多い。この限りでは、早熟多収良質性を具備した直播栽培適品種の育成に対しては、いささかの危惧が残ることになる。しかしこれに対しては本研究において、初期生育性から収量要因を含めた広範な実用形質と低温発芽性との遺伝相関について追究した結果により、初期伸長性および粒重との間に、かなり高い相関関係を得た他は特に高い関係を得たものはなく、低温発芽性および初期生育性が高く、良質で多収性の生産態勢を備えた寒冷地用直播栽培適品種の育成の可能性は十分に存在すると判断されたのである。

更に、実際の育種の場面では本形質に対する選抜効果の如何および選抜による実用形質への影響が明らかにされる必要がある。これに関する本研究中の選抜実験を通じて、比較的早い世代において低温発芽性の高い系統を選抜しうることと、それが他形質の逆選抜にはつながらぬことなどが明らかにされ、ここで選抜された低温発芽性の高い系統が、低温下における初期伸長性および初期発根性も優れていることが検証されたのである。また、低温発芽性と遺伝相関が高かった形質である初期伸長性および粒大を選抜形質として利用することにより、低温発芽性の高い系統の選抜を行なうことを指摘した。ただしこの場合は直接低温発芽性を選抜対象とする場合よりも、選抜の効果はやや低下した。これらの選抜による実用形質への影響については、特定の形質が著しく影響を受けるということはないことが、実際の選抜実験によって確かめられているから、先に記したような必要特性を具備した直播栽培適品種の育成が可能であることが、ここでも更めて実証されたわけである。しかし、収量性そのものは複雑であり、これについては必ずしも十分に検討されたとは言えない。ここに、今後の課題が残されているといわねばならない。

以上を要するに、低温発芽性は一つの遺伝形質

であり、しかも充分に選抜の対象形質となり得るとともに、寒冷地の湛水直播栽培において極めて重要な育種目標形質であり、その他の必要な特性を具備した適品種育成の可能性は、ここに大きく示されたと結論するものである。

第VIII章 摘 要

寒冷地における水稻の湛水直播栽培を定着させるには、まず第1に初期生育を安定させなければならない。このためには生育の出発点である低温発芽性を向上安定させることが必要であり、育種的には低温発芽性にかかわる遺伝質の集積利用がなければならないことになる。しかしながら、これまでに、低温発芽性に関する遺伝育種的研究は、ほとんど行なわれていなかった。本研究を意図した理由は、低温発芽性が直播栽培適品種の具備すべき重要特性の一つであり、もし育種の選抜対象形質として取扱うことができるものなら、低温発芽性の高い品種を育成することを通じて、初期生育性の優れた品種を育成し、それが更には多収良質性などを備えた適品種育成をも可能性とするものであるかどうか、そしてそのような系統を選抜する際の実用的な選抜方法にどのようなものがあるかなどを解明しようとしたことにある。これら一連の研究の過程と得られた結果は要約摘録すれば次の如くである。

1 低温発芽性の品種間差異は、発芽温度 13～15℃、置床日数 10 日とし、比重 1.10 以上の籾を使用し、発芽係数を指標として用いることによって、明らかに検定することができる。

2 籾を常温下貯蔵した場合、採種前 12 ヶ月までは低温発芽性の品種間差異は保持される。しかし、採種後 18 ヶ月を過ぎると発芽能力が低下するが、その低下の程度は品種によって異なった。籾の寿命は 3～4 年であったが、3～5℃の低温下貯蔵により、少なくとも採種後 38 ヶ月の間、低温発芽性の品種間差異は、ほとんど変化しなかった。

3 新旧の北海道品種 105 品種を供試して品種間差異を検定し、顕著な品種間差異を認めた。更に、低温発芽性の高低による品種の分類を試みた。特に発芽性の高いものとして、「H-123」、「魁」、

「近成」および「胆振早稲」が認められた。これらのうち、前者は北海道大学農学部作物育種学教室で作出した遺伝子分析用検定系統であり、後三者は在来種である。

4 吸水過程における発芽A相の消失と除穎処理は、低温下における発芽能力を向上させ、その程度は後者において著しく大きかった。しかし、低温発芽性の品種間差異に与える両者の影響は小さかった。また、低温発芽性と花青素による稃先色の有無および芒性との間には、有意な関係は認められなかった。

5 低温発芽性に与える種々の栽培条件の影響はみられるが、品種間差異に与える影響は小さく、各々の条件下において示される遺伝力および反復力は共に高い値であった。

6 低温発芽性と湛水直播条件下における生育初期の草丈伸長性、本葉長、葉齢指数および苗乾物重などの初期生育性との間には、有意な正の相関関係が認められた。

7 低温発芽性と湛水条件下における生育初期の発根性との間には、初期伸長性の品種間差異を通してではあるが、有意な正の相関関係が得られた。

8 低温発芽性と湛水直播条件下における苗立性との間には、有意な正の相関関係が得られた。苗立性の良好なものは、初期伸長性および初期発根性がともに良好であった。

9 以上における低温発芽性の品種間差異と湛水直播条件下における初期生育性との関係から、低温発芽性の高い品種の育成は、初期生育性の高い品種の育成につながる可能性が高いことが明らかにされた。

10 低温発芽性と生育初期の形質、収量要因および粒の形質に及ぶ広範な実用形質との遺伝相関について検討し、初期の草丈および粒重との間に強い正の相関が得られたほかは、特に強い関係がみられた形質はなかった。「ささほなみ×陸稲北海早生1号」の後代であるF₇系統を用いての雑種集団における同様関係については、品種を用いた場合と、ほぼ同じ傾向が得られた。しかし、粒重との間は負の相関であった。これは、片親に陸稲

品種を用いたことによる結果と考えられる。

11 F₁ および F₂ における低温発芽性の頻度分布は正規分布に類似し、低温発芽性が連続的変異であり量的形質として扱うことのできる事が確認された。F₂ における平均発芽日数は両親集団の平均親よりもやや小さく、低温発芽性の高い方の親へ偏った値であった。また、低温発芽性の高いものが優性的であると推定された。

12 低温発芽性の「低」×「低」のF₂において、交配親の品種よりも発芽の早い個体が多く分離し、これは胚内発芽要因に関して超越分離が起った結果ではないかと考えられた。

13 低温発芽性が「高」×「低」の組合せにおける相反交雑のF₂において、母本の影響が認められる場合があった。しかし、多くの場合には母本の影響は認められず、母性遺伝の存在は確認できなかった。

14 F₂ 種子—F₃ 系統での親子相関の値は高く、F₂ 種子における発芽日別による低温発芽性の選抜効果は、かなり有効であった。

15 F₃ 世代における、いわゆる発芽A相の除去と除穎処理は、低温下の発芽能力を向上させ、特に除穎処理で著しかった。しかし、品種間差異の傾向は大きな影響を受けなかった。これらの傾向は品種において得られた結果と同様であった。

16 F₃—F₄、F₄—F₅ における低温発芽性の世代別親子相関では高い値が得られた。F₃ および F₄ 世代の低温発芽性と、実用形質間との形質間相関は、約100粒重との間に有意な正の相関関係が得られた。出穂期との間にはF₃ においてのみ有意な正の相関が認められた。初期生育(移植)の草丈と分けつ数、稈長、穂長および穂数との間には、有意な相関関係はみられなかった。

17 低温発芽性は量的形質であり、いわゆる有効因子数推定にかかわる一連の分析結果では、遺伝子の作用は相加的で、優性度はやや大きく、遺伝子間にはリンケージ関係は認められず、低温発芽性の高い品種に優性遺伝子が、その低い品種に劣性遺伝子が多いという分析結果であった。低温発芽性の胚内要因に関与する有効因子数として5個前後が推定された。

18 低温発芽性と主働遺伝子との連鎖分析が、稲12連鎖群に関して行なわれた。低温発芽性と強い関係が認められたのは、第Ⅰ，第Ⅱ，第Ⅳおよび第Ⅴの4連鎖群であった。この結果は、有効因子数の推定値とも一致するものである。なお、分析に用いた遺伝子のうち、多くの矮性因子との間に有意な負の関係が認められ、低温発芽性の低い個体中に矮性のものが多かった。

19 粒幅を利用した低温発芽性個体の選抜は有効であった。他方、粒重と穂長との間の多面発現および遺伝子の連鎖関係が推定され、粒重が重く長穂穂重型個体が多く選抜される可能性の高いことが示された。しかし、低温発芽性と穂長との間の遺伝相関は著しく強いものではないので、この関係を破って低温発芽性が高く直立型でしかも穂数型品種の育成は可能である。

20 F_2 および F_3 世代において、低温発芽性と初期伸長性および初期発根性との間に、有意な正の相関関係の存在することが明らかとなった。これより、初期分離世代において、低温発芽性の高い個体が初期生育性の高い個体の選抜につながる事が検証された。

21 初期伸長性を利用した低温発芽性の個体の選抜は有効であることが認められた。選抜による実用形質への影響は、長穂個体が多くなる傾向であり、これは特に耐倒伏性上好ましくない。しかし、選抜集団を大きくすることにより、低温発芽性と初期伸長性がともに高い短穂品種の育成は可能と考えられる。

22 結論的には、低温発芽性が高く低温初期生育性が優れ、その他の実用形質をも備えた寒冷地の湛水直播栽培に適した品種の育成の可能性は十分に存在することが、ここに明らかに示されたといつてよい。

引用文献

- 1) 明峰正夫 (1931). 種子. 殖産学研究. 養賢堂, 東京. 135~216.
- 2) ALLAN, R. E., VOGEL, O. A., BURLEIGH, J. R. and PETERSON, Jr. C. J. (1962). Inheritance of coleoptile length and its association with culm length in four winter wheat crosses. *Crop Sci.* 1; 328~332.
- 3) 天辰克己 (1962). 水稲直播栽培とその問題点. 農業技術 17; 1~3.
- 4) 朝沢純隆 (1966). 湛水直播用品種の育種—発芽性と初期生育—. 育種学最近の進歩第7集; 56~59.
- 5) CHANDRARATNA, M. F. and SAKAI, K. (1960). A biometrical analysis of matroclinous inheritance of grain weight in rice. *Heredity* 14; 365~373.
- 6) FALCONER, D. S. (1961). *Introduction to Quantitative Genetics*. Oliver and Boyd, Edinburgh and London.
- 7) 藤井正治 (1962a). 湛水・非湛水条件下におけるイネの発芽と幼根活力の比較. 農及園 37; 1035~1036.
- 8) ——— (1962b). イネ種子の吸水機構に関する観察と玄米播種の効果. 農及園 37; 1183~1184.
- 9) GARBER, R. J. and QUISENBERRY, K. S. (1923). Delayed germination and the origin of false wild oats. *J. Heredity* 14; 267~274.
- 10) 原 史六 (1946). 朝鮮水稲在来品種およびこれが雑種の発芽速度の特異性について. 朝鮮農会報 16; 19~28.
- 11) 原島重彦 (1937). 低温に於ける種子の発芽現象に就き水稲及び陸稲の比較. 日作紀 9; 407~417.
- 12) 林 武・村上 浩 (1958). ギベレリンの生理作用に関する研究 (第1報). 農技研報告 D7; 159~197.
- 13) 姫田正美 (1970). 水稲種子の発芽最低温度に関する一知見. 日作紀 39; 244~245.
- 14) 北海道立農業試験場 (1964). 昭和39年度湛水直播田における苗腐敗病の防除に関する試験成績. 1.
- 15) 星野達三・岡部四郎 (1953). 水稲の集団育種法における栽培条件と競合に関する二・三の問題. 植物の集団育種法. 養賢堂, 東京; 190~209.
- 16) 池 隆肆・井田 勉・加藤宣昭 (1956). 「銀坊主

- 見出」を母本とした F_2 の苗代選抜並びに 2×3 特性の変異、農及園 31; 973~974.
- 17) 池田三雄 (1963). 稲種子の穂発芽に関する研究. 鹿大農学部学術報告 13; 89~115.
- 18) 池橋 宏 (1967). 環境による水稻品種の穂発芽性の変動とその検定. 選抜方法. 1. 登熟中の温度が発芽におよぼす影響. 育種 17; 144~149.
- 19) ——— (1968). 環境による水稻の発芽性の変動とその検定. 選抜方法に関する研究. 第Ⅱ報. 穂発芽難品種の選抜法に関する予備的知見. 育種 18; 183~188.
- 20) 井上重陽 (1935). 種子の発芽温度に関する研究 (第1報). 日作紀 7; 200~217.
- 21) 石塚喜明・田中 明 (1963). 穂の栄養生理. 水稻の栄養生理. 養賢堂. 東京. 218~231.
- 22) 伊藤 博 (1965). 種籾の長期貯蔵を基礎としたイネ育種材料の保存と育種体系とに関する研究. 農技研報告 D13; 163~230.
- 23) 岩崎文雄 (1962). 水稻種子の発芽. 初期生育と短日処理. 農業技術 17; 542~543.
- 24) 岩下友記・新屋 明・松元幸男・山川恵久 (1969). 稲の穂発芽性の遺伝について. 日作九支部報 31; 3~5.
- 25) 井山審也 (1958). 水稻の遺伝相関と環境相関. 集団育種法研究. 養賢堂; 146~152.
- 26) 鎌田慶子・岸本 修 (1960). ジベレリンが矮性型水稻の身長に及ぼす影響について. 育種 10; 204.
- 27) 飯谷 桂 (1951). 稲の発芽に関する二・三の地域的特性. 農及園 26; 1182.
- 28) 片山 佃・志賀政俊 (1935). 陸稲の育種試験に於ける玄米播種法の適用. 農及園 10; 2165~2171.
- 29) 木戸三夫・梁取昭三 (1968). 腹白, 基白, 心白状乳白. 乳白米の穂上における着粒位置と不透明部のかたちに関する研究. 日作紀 37; 534~538.
- 30) 木根潤旨光 (1965). 育苗による水稻の機械化苗播栽培法. 農業電化 18; 1~5.
- 31) ——— (1967). 機械化直播栽培法. 稲作改善増収法. 養賢堂. 東京; 66~77.
- 32) 近藤頼己・原 三郎 (1948). 水稻冷害の生理学的研究 (XIII). 幼穂発育時に低温を受けた種籾の発芽障害. 日作紀 17; 13~16.
- 33) 榎潤欽也・伊藤隆二 (1968). 移植と直播栽培における水稻品種の生態. 農業技術 23; 320~322.
- 34) 李 弘祐 (1969a). 稲種子の低温発芽性に関する研究. 第1報. 低温発芽性の品種間差異および親植物の栽培環境の影響. 北大農学部邦文紀要 7; 63~71.
- 35) ——— (1969b). 同上. 第2報. 親植物に対する数種の処理が次代種子の休眠性および低温発芽性に及ぼす影響. 同上 7; 138~146.
- 36) ——— (1970). 稲品種育成の基礎としての低温発芽性に関する研究. 北海道大学農学部学位請求論文; 1~167.
- 37) 松田清勝 (1930). 低温に於ける稲の二・三品種の発芽に就いて (予報). 日作紀 2; 263~268.
- 38) MATHER, K. (1949). Biometrical Genetics. Methuen & Co. Ltd., London; 1~197.
- 39) 松元幸男・山川恵久 (1969). 貯蔵種もみの寿命. 農業技術 22; 228~229.
- 40) MARANI, A. and DAG, J. (1961). Inheritance of the ability of cotton seed to germinate at low temperature in the first hybrid generation. Crop Sci. 1; 243~245.
- 41) 松島省三 (1957). 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報告 A5; 1~271.
- 42) 三留三千男 (1960). 多重比較. 農業実験計画法. 朝倉書店. 東京; 106~126.
- 43) 三浦一男・柴田和博・野村 稔 (1963). 稲品種の発芽及び発根に関する調査. 北農 30 (12); 1~6.
- 44) 森 行雄 (1964). トウモロコシの低温不発芽の原因とその対策. 農及園 39; 1079~1083.
- 45) 盛永俊太郎・中島一夫・湯面竹男 (1939). 玄米の形及び大きさとその遺伝. 遺種 15; 225~235.
- 46) 森谷睦夫 (1962). 東北地方の水稻乾田直播の研究と問題点. 農業技術 17; 16~19.
- 47) 永松士巳 (1942). 栽培稲の地理的分化に関する研究. 1. 種生態学的に見た発芽性の分化に就いて. 遺種 19; 47~55.
- 48) ——— (1949). 同上. 第5報. 出穂期の早晩に依る地域的分類. 日作紀 18; 81~84.
- 49) ——— (1962). 水稻の発芽並びに初期生育に関する既往の研究. 日本作物学会第134回講演会シンポジウム資料; 12~39.
- 50) ———・立野喜代太・石川文雄 (1966). 本邦在来イネの低温発芽性について. 日作学九州支部会報 27; 63~64.
- 51) ———・石川文雄 (1966). 本邦在来イネの低温下における幼芽の伸長性について. 日作学九州支部会報 27; 65~67.
- 52) ———・立野喜代太・高原健次郎 (1968). 長期

- 低温貯蔵籾の発芽力消失に関する品種間差異. 農業技術 23; 375~376.
- 53) ———・大村 武・石川文雄 (1969). 長期低温貯蔵籾の発芽力消失に関する研究—貯蔵中止後の放置期の長さとの温度の影響—. 日作学九州支部会報 31; 1~2.
- 54) 長尾正人 (1939). 形態的諸形質の遺伝. 稲の遺伝と育種. 養賢堂. 東京; 72~98.
- 55) NAGAO, S. and TAKAHASHI, M. (1963). Trial construction of twelve linkage groups in Japanese rice. J. Fac. Agr. Hokkaido Univ. 53; 72~130.
- 56) 長戸一雄 (1952). 心白, 乳白米および腹白の発生に関する研究. 日作紀 21; 26~27.
- 57) 中村誠助 (1938). 稲品種の発芽現象における特異性. 日作紀 10; 177~182.
- 58) 中村俊一郎 (1961). イネ種子の休眠. 農及園 36; 2020.
- 59) 中山 包 (1966). イネ. 農林種子の発芽. 内田老鶴圃新社. 東京; 58~87.
- 60) 西川五郎・三上藤三郎 (1945). 低温発芽に関し日本水稲梗, 中国水稲梗, 同祖及印度稲の比較. 日作紀 15; 38~41.
- 61) 西尾敏男・香村敏郎・伊藤俊雄・此本晴夫 (1963). 水稲育種における世代促進に関する研究. 第Ⅲ報. 稈りまきした場合の品種とその F_1 , F_2 種子の発芽性について. 東海近畿農業研究 12; 15~27.
- 62) 野口弥吉 (1937). 稲種子発芽の分解的研究 (予報). 農及園 12; 9~20.
- 63) 岡 彦一 (1943). 小麦粒の休眠の機構に関する研究. 熱帯農学会誌 15; 78~89.
- 64) ——— (1954). 稲種子の発芽最低温度と温度恒数の品種間変異—栽培稲の系統発生的分化. 第5報—. 育種 4; 140~144.
- 65) ———・藁田忠 (1955). 稲種子の休眠と寿命に関する品種間変異—同上. 第10報—. 育種 5; 90~93.
- 66) 小野寺二郎 (1934). 稲の耐寒性査定方法としての籾の発芽判定並びに吸水力判定に就いて. 日作紀 6; 20~43.
- 67) ——— (1937). 稲の幼苗発育に対する酸素の影響と過酸化水素水による酸素要求程度の品種間比較に就いて. 日作紀 9; 252~287.
- 68) 太田保夫・武市義雄 (1966). 親植物の短日処理が水稲種子の発芽に及ぼす影響. 日作紀 34; 287~290.
- 69) ———・竹村儀子 (1970). 米穀の貯蔵と種子の休眠性. 農業技術 25; 218~222.
- 70) ———・中山正義 (1971). 発芽抑制物質と稲種子の休眠性に関する研究. 第4報. モミガラの酸素収奪と休眠性との関係. 日作紀 40 (別号1); 145~146.
- 71) PINNELL, E. L. (1949). Genetic and environmental factors affecting corn seed germination at low temperatures. Agron. J. 41; 562~568.
- 72) RAMIAH, K. and PARTHASARATHY, N. (1933). Inheritance of grain length in rice. Indian J. Agric. Sci. 3; 808~819.
- 73) ROBERTS, E.H. (1961a). Dormancy in rice seed. I. Distribution of dormancy periods. J. Exp. Bot. 12; 319~329.
- 74) ——— (1961b). Dormancy in rice seed. II. The influence of covering structures. J. Exp. Bot. 12; 430~445.
- 75) 酒井寛一 (1956a). 育種と集団遺伝学. 集団遺伝学. 培風館. 東京; 13~28.
- 76) ——— (1956b). 植物集団における競争の研究. 同上; 184~211.
- 77) ——— (1958). イネムギ育種法の理論的組立て. 植物の集団育種法研究. 養賢堂. 東京; 3~18.
- 78) 佐本四郎・大内邦夫 (1960). 耐肥性品種の育種に関する研究—品種と栽培条件—. 北農 27(1); 1~3.
- 79) ——— (1967). 水稲育種. 北海道農業技術史. 北農会. 札幌; 103~128.
- 80) 佐々木多喜雄 (1962). 籾と玄米における発芽速度の差異について. (1). 水分吸収. 発芽温度および籾の浸漬液との関係. 北農 29(1); 3~6.
- 81) ——— (1964). 水稲種子の低温発芽性の検定方法に関する一考察. 北農 31(1); 1~5.
- 82) ——— (1966a). 登熟中の降霜が稲籾の発芽および苗の生育に与える影響. 北農 33(1); 1~11.
- 83) ——— (1966b). 昭和40年の北見地方における水稲の異常低温障害. 北農 35(1); 44~49.
- 84) ——— (1968a). 水稲品種の低温発芽性と初期生育との関係. I. 初期伸長性との関係. 道立農試集報 17; 34~45.
- 85) ——— (1968b). 水稲種子の低温発芽性と2・3特性との関係. 日本育種学会北海道談話会会報 8; 4~5.

- 86) ——— (1968c). 稲品種の低温発芽性に関する育種学的研究, 第1報. 品種間差異の検定方法. 北農 35(1); 1~16.
- 87) ——— (1969a). 同上, 第2報. 籾の比重が低温発芽性の品種間差異に与える影響. 北農 36(4); 27~40.
- 88) ——— (1969b). 同上, 第3報. 低温発芽性と農学的形質. 道立農試集報 19; 8~20.
- 89) ———・高橋萬右衛門 (1970a). 同上, 第4報. 低温発芽性の品種間差異. 北大農学部邦文紀要 7; 181~190.
- 90) ——— (1970b). 同上, 第5報. 雑種初期世代集団における発芽性. 道立農試集報 21; 48~56.
- 91) ———・山崎信弘 (1970c). 水稻種子の低温発芽性と初期生育との関係. 第2報. 初期発根性との関係. 日作紀 39; 117~124.
- 92) ———・——— (1970d). 同上, 第3報. 初期分けつ性との関係. 道立農試集報 22; 1~9.
- 93) ———・——— (1971). 同上, 第4報. 苗立性との関係. 日作紀 40; 474~479.
- 94) SASAKI, T., KINOSHITA, T. and TAKAHASHI, M. (1974). Estimation of the number of genes in the germination ability at low temperature in rice—Genetical studies in rice plant. LVII—, J. Fac. Agr. Hokkaido Univ. 57; 301~312.
- 95) 赤藤克己 (1951). 量的遺伝の研究, 第6報. 玄米の大きさの遺伝とその遺伝因子の量的支配価に関する研究. 遺雑 26; 13~29.
- 96) ———・富永正義・川瀬恒男・林喜三郎 (1952a). 同上, 第8報. 穂長の遺伝とその量的支配価に関する研究. 育種 1; 254~260.
- 97) ———・——— (1952b). 同上, 第9報. 穂長の遺伝とその遺伝因子の量的支配価に関する研究. 同上 2; 81~88.
- 98) ———・根井正利・福岡寿夫 (1958a). 遺伝的パラメーターと環境. 植物の集団育種法研究. 養賢堂. 東京; 77~88.
- 99) ———・林喜三郎・鈴木 勲・福永公平・大川博通 (1958b). 水稻の個体選抜に関する実験的研究. 同上; 153~162.
- 100) 柴田和博 (1960). 水稻の冷床苗移植栽培からみた直播栽培. 道立農試集報 6; 22~31.
- 101) ——— (1962). 水稻収量における収量成分の経路分析—年次および施肥量による変化. 同上 9; 69~87.
- 102) ———・野村 稔 (1963). 水稻玄米における腹白粒率の環境変異. 北農 30(1); 9~11.
- 103) 島崎佳郎 (1962). 北海道の湛水直播栽培. 天辰・馬場組, イネの直播栽培. 農文協. 東京; 3~33.
- 104) 高橋成人 (1962). 稲種子の発芽に関する生理遺伝学的研究—とくに発芽を支配する遺伝要因について. 東北大農学研究所彙報 14; 1~87.
- 105) 高橋萬右衛門・木下俊郎 (1968). 稲連鎖地図の現況. 稲の交雑に関する研究. 第XXXI報. 北大農学部附属農場報告 16; 33~41.
- 106) 田北辰雄・三好一夫・長谷川繁夫 (1960). 水稻間の玄米播種について. 北農 27(4); 1~6.
- 107) 田村 猛・白石英次 (1954). 種籾比重選抜技術の解剖 (1~2). 農及園 29; 491~494. 617~622.
- 108) 田中 稔 (1949). 寒地に於ける種籾比重選の重要性. 農及園 24; 139~141.
- 109) ——— (1962). 水稻の冷水被害並びに出穂遅延障害に関する研究. 青森農試研究報告 7; 1~107.
- 110) 手島寅雄 (1954). 選種. 栽培学種子編. 養賢堂. 東京; 128~192.
- 111) 戸村一男 (1936). 地中変温下に於ける水稻の発芽に就いて. 日作紀 8; 177~181.
- 112) 鳥山国土 (1962). 湛水直播用水稲品種の改良点と問題点. 農業技術 17; 305~309.
- 113) 角田重三郎 (1964). 作物品種の多収性の研究. 日本学術振興会. 東京; 1~135.
- 114) 海野元太郎 (1944). 水稻品種の発芽特性に関する実験. 日作紀 15; 211~216.
- 115) 輪田 潔 (1948). 原産地を異にせる稲種子の発芽に及ぼす低温の影響に就いて. 日作紀 18; 38~39.
- 116) 和田士郎・平城虎男・内田敏男 (1963). 水稻種子の休眠について. 第1報. 早期水稻品種の穂発芽性と休眠期間. 日作紀 31; 403.
- 117) WEST, C. A. and FINNEY, B. O. (1956). Properties of gibberellin-like factors from extracts of higher plants. Plant Physiol. 31; Supple. XX.
- 118) 山本健吾 (1950). 大麦品種の「穂発芽現象」に関する研究. 東北大学農学研究所彙報 2; 95~134.
- 119) YAMAMOTO, T. and TORIYAMA, K. (1968). Effect of Planting density on relation between yield and some agronomic traits in direct seeded rice plant. Japan J. Breeding 18; 27~32.

- 120) 八柳三郎 (1966). イネの直播法の欠点. 直播イネ作の増収技術. 家の光協会. 東京; 10~61.
- 121) Yokoi, T. (1898). On the development of the primule and radicle by rice seed with various quantities of water in the germinating medium. Bull. Coll. Agri. Tokyo Impe. Univ. 3; 482~487.

STUDIES ON BREEDING FOR THE GERMINABILITY AT LOW TEMPERATURE OF RICE VARIETIES ADAPTED TO DIRECT SOWING CULTIVATION IN FLOODED PADDY FIELD IN COOL REGION

by
Takio SASAKI

Summary

In order to establish the direct sowing in flooded paddy field of cool temperature region such as Hokkaido, the north most island of Japan, promotion and stabilization of inherent potencies in the initial growth of seedling at the relatively low temperature are the most important task to commence urgently. In this respect, it is dispensable to stabilize the seed germination, since this is a startingpoint of the overall plant growth. Therefore, it follows from this the germinability at low temperature is an indispensable character to be incorporated with actual procedures in breeding of varieties suitable for the direct sowing practice. But, no attempt has been made in dealing with this character from the view points of genetics and breeding practice.

From this angle, the present writer has carried out a series of examinations which includes the following themes. (A). The varietal differences of the seed germinability at low temperature, and the degree of stability under different cultivated conditions. (B). The relationship between the germinability at low temperature and initial seedling growth of direct sowing of flooded paddy field. (C). The relationship between the germinability at low temperature and some agronomic characters to find some expedients in selecting genotypes with high seed germinability at low temperature. (D). The genetic analysis of this character by means of MATHER's method (1948) as well as by the use of linkage testers. (E). Selection experiments in relation to breeding varieties with the high seed germinability.

The results obtained are briefly summarized as mentioned below.

1. The varietal differences in the germinability at low temperature were found distinctly by the test at 13-15°C germination temperature for a period of 10 days after seeding. Un-hulled rice grains selected by salt water of which specific gravity was above 1.10 were used, and the degree of germinability were represented by the germination coefficient.

2. The varietal differences in the germinability at low temperature became relatively stable when seeds were stored in the room temperature untill twelve months after harvesting, but seeds germinability gradually decrease with the storage above eighteen months of seed lots, and the decrement varied among the varieties. Many varieties lost all their germinability entirely by storage in the room temperature for three or four years approximately. But none of the varieties showed a decrease of the seed germinability, in a case where they were stored at low temperature (3-5°C) for thirty-eight months at least.

3. There were significant varietal differences in the germinability at low temperature, in the employing 105 varieties which include new and old varieties of Hokkaido district. Acco-

rding to the degree of the germinability at low temperature, these varieties were classified into some groups. It is worthy to point out that four varieties were evaluated to be inserted in the class "very high", i. e. very high in their germination percentage and speed. Three of them are local varieties, while the rest one is a strain true for the use of fundamental genetical studies.

4. The removal treatment in the so-called phase A of water absorption and dehulling treatment of unhulled rice promoted the seed germinability at low temperature, and the increment in this respect was remarkably large at the latter treatment. However, the varietal differences, viz. the order, in the germinability at low temperature were not affected by both treatments. There were not significant relations between the germinability at low temperature and two morphological characters, the apiculous color and the awnedness.

5. The seed germination was greatly influenced by different cultivated conditions under which the parent plants were grown, but this effect did not affect, but a little, to the varietal differences in the germinability at low temperature. The high germinability and repeatability values were obtained in each cultivated conditions.

6. There were significant positive correlation between the germinability at low temperature and the initial seedling growth which included plant height, length of leaf blade, leaf index and dry matter weight of seedling in the condition of direct sowing in flooded paddy field.

7. The positive correlation was found between the germinability at low temperature and the root development at earlier stage of growth under low water temperature condition, but this correlation was regarded as the "derivative" action through the varietal differences of the plant height at initial seedling growth.

8. Regarding the relation between the germinability at low temperature and "establishment percentage" of seedling under the conditions of direct sowing in flooded paddy field, significant positive correlation was observed, and the varieties having high "establishment percentage" of seedling showed excellent growth both of top, viz. stems and leaves, and root at initial growth of seedling.

9. Based on above mentioned results, it is indicated that the possibility of breeding of varieties with high germinability at low temperature may be realized with breeding varieties with high ability at initial growth of seedling.

10. Regarding the genotypic correlation between the germinability at low temperature and many practical agronomic characters such as the initial growth of seedling, heading date, yield components and grain characters, significant correlation was found out only in two characters, the plant height at initial growth of seedling under flooded paddy field condition and the 1,000 kernels weight. In F_2 lines of progeny from Sasahonami $\times$ Rikuto Hokkaiwase 1, the similar results mentioned above were obtained, with an exception that the significant negative correlation was in existence between the germinability at low temperature and the weight of 1,000 kernels. It was estimated that this discrepancy may partly be due to the fact that in these lines a variety of upland rice was used as a cross parent.

11. Frequency distribution of the germinability at low temperature in populations of F_2 generation showed continuous variations and it was confirmed that this character gave a

normal distribution without exception. And therefore the germinability at low temperature is quantitative. Average number of days to germination after seeding were fairly lower than the mid-parents and inclined toward the parental varieties with high germinability at low temperature.

12. In F_2 populations of the cross combination involving varieties with low germinability at low temperature as hybrid parents, it was found that some segregates lay out the range of both parents, with respect to the manifestative of the saids character.

13. In the reciprocal crosses, two types of F_2 populations did not differ significantly from each other, suggesting that there is no cytoplasmic control.

14. Parent-offspring correlation in F_2 seeds- F_3 strains was high, and the outstanding effect of selection on the F_2 seeds was showed.

15. The removal treatment in Phase A of water absorption and dehulling treatment of unhulled rice in F_3 generation promoted the seed germinability at low temperature, particularly in the dehulling treatment. However, these treatments hardly affected the order of the varietal differences. This result agree with the results mentioned in 4.

16. Parent-offspring correlation related to the average number of days to germination after seeding were highly significant in F_3 - F_4 and F_4 - F_5 . With respect to the relationship between the germinability at low temperature from F_3 to F_4 generation and some practical agronomic characters, the following relationships were observed, i. e., there was highly significant positive correlation with 100 grains weight and with heading date but only in F_3 generation. No significant correlation was observed with plant height and number of tillers at early stage of growth in transplanting cultivation, culm length, panicle length and number of panicles.

17. The germinability at low temperature represented by the average number of days to germination after seeding was analyzed according to MATHER's method using F_2 seeds and F_3 lines. In this procedure it was considered that this character was quantitative and the genetic behavior was predicted and no interaction between non-allelic arrays were seen, indicating dominant in the case of higher germinability and recessive in the lower germinability at low temperature. Number of effective factors controlling in embryo was estimated to be about five.

18. Linkage analysis between the germinability at low temperature and major genes was conducted by using twelve linkage groups of Japonica rice. There were very high correlation with markers of four linkage groups (I, II, IV, V). These results were in fairly good accordance with the estimate that the number of effective factors are five or so. There were significant negative correlations with many dwarf genes, however, it was uncertain whether this means the true linkage or a kind of pleiotropism of the dwarf genes.

19. Selection by kernel width showed an outstanding effect on the selection of individual plant with high germinability. And the pleiotropy and linkage of gene between grain weight and number of panicles were estimated. Here, it was pointed out that long culm and panicle weight type plants were decline to select much. But, genotypic correlation between the germinability at low temperature and culm length was not so strong that breeding of erect

and "panicle-number" type varieties with high germinability at low temperature was possible to make provided that this relation can be broken without difficulty.

20. Significant and positive correlation between the germinability at low temperature and growth of plant height, of root at initial growth of seedling in F_2 and F_3 seeds were confirmed. It was also examined that the selection of plants with high germinability at low temperature connected with the selection of plants with high ability at initial seedling growth in the hybrid populations in early generations.

21. Effectiveness of selection for the high germinability at low temperature, by employing the high ability at initial growth of seedling under low water temperature condition as a criterion, was investigated. This was successful, but the influence of this selection gave an unfavorable correlated response to some practical agronomic characters. For example, the tendencies of increase of long culm plants were resulted. This is undesirable situation in the prevention of lodging. But, by dealing with the large scale of populations we may yield the desired gene combinations connected with the composed character expressions of short culms, high germinability and high ability at initial seedling growth, at low temperature.

22. Throughout these experiments of the writer, it may be concluded that it is theoretically and experimentally possible to breed varieties characterized with high ability in germinability and initial seedling growth at low temperature, as well as with some practical agronomic characters suitable for direct sowing in flooded paddy field.