〔韓作誌(Korean J. Crop Sci.) 40(4) : 473~480(1995)〕

冷水處理畓에서 벼 耐冷性 關聯形質의 遺傳

芮 鍾 斗*

Inheritance of Some Agronomic Characters Related to Cold Tolerance under Cold Water Treatment in Rice

Jong Doo Yea

ABSTRACT : This study was conducted to know how cold tolerance of rice varieties is inherited. Several crosses were made between cold tolerant varieties and susceptible varieties, and their progenies were morphologically and physiologically evaluated each characters at cold water and natural conditions. The segregation modes of leaf discoloration by cold treatment in F_2 generations are agreed to simple inheritance ratio of R3 : S1 in four crosses among total seven cross combinations. In F_1 and F_2 generations, tall one was dominance in culm and panicle length and less reduction in culm and panicle length by cold treatment was overdominance or partial dominance, while more number of panicles per plant was dominance and more increasing of panicle numbers by cold water irrigation was overdominance. Heritability and heterosis in most characters showed high values, and heterosis in remote crosses was especially larger under the cold water treatment condition compare with that under natural condition.

Key words : Cold tolerance, Inheritance, Rice

벼 품종의 耐冷性은 생육시기에 따라 다르게 표현되며[1,3,13,14,17,20], 내냉성과 관련된 주요 形質들의 低溫反應이 품종에 따라 다양하게 나타나기 때문에[3,20], 종합적으로 내냉성이 강한 품종을 육성하기란 그리 쉬운 일이 아니라고 판단된다. 따라서 내냉성 품종의 육성을 위해서는 무엇보다 먼저 내냉성과 관련된 여러 形質들의 遺傳樣式이 구명되어야 하며, 그 결과에 따라 交配母本의 선정과 分離世代에서 내냉성이 강한 계통의 효과적인 선발법이 구명되어야 하겠다.

耐冷性 遺傳에 대하여 鳥山 등[22]은 내냉성이 강한 품종과 약한 품종을 교배한 잡종세대에서 내냉성은 完全優性이고 遺傳子의 相加的 效果를 가진 7개 이상의 유전자에 의하여 지배되며, 遺傳力은 비교적 높다고 보고한 바 있다. Chung[4]과 孫 등[21]은 赤枯現象에서 F_1은 저항성 방향으로 유전되고 單純優性遺傳子에 의하여 지배된다고 하였다. 한편, Futsuhara 등[5,6]은 내냉성을 지배하는 유전자는 4개 이상이고, 몇개의 優性遺傳子에 의하여 지배되는 量的形質이라고 보고한 바 있다. 본 실험은 냉수처리답에서 赤枯現象 등 몇가지 내냉성 관련형질들에 대한 유전양식을 구명하고자 실시하였다.

*作物試驗場(Crop Experiment Station, Suwon 440-100, Korea)

〈'95. 4. 13 接受〉

材料 및 方法

본 실험은 1989년부터 1991년까지 3개년에 걸쳐 작물시험장 춘천출장소 耐冷性 檢定圃에서 실시하였다. 赤枯現象, 稈長, 穗長 및 穗數 등 각 형질에 대하여 내냉성이 강한 품종과 약한 품종을 교배하였고, 兩親과 F_1 그리고 F_2세대를 공시하여 각 형질에 대한 유전양식을 조사하였다. 赤枯에 대하여는 7개 조합을, 稈長, 穗長 및 穗數에 대하여는 각각 3개 조합을 공시하여, 조합별로 냉수처리구와 자연수온구에서 각 형질의 유전양식을 조사하였다.

재배관리는 작물시험장 춘천출장소의 표준재배법에 따라 수행하였는데, 4월 15일에 보온절충 못자리에 계통별로 파종 육묘하였으며, 본답에서 株當 1본씩을 재식거리 25×15cm로 5월 25일에 40일 모를 이앙하였다. 본답의 施肥量은 3요소인 질소-인산-가리를 성분량으로 12-8-8(kg/10a)을 시비하였으며, 질소비료는 기비와 추비를 70 : 30으로 分施하였다. 병충해 방제는 주로 예방에 치중하였다. 포장의 냉수처리는 이앙후 20일 부터 실시하였고, 水溫은 17℃, 水深은 5cm로 일정하게 유지하여 晝夜 연속으로 냉수를 흘려대는 장기 냉수처리방법으로 하였다.

냉수처리에서 나타나는 각 形質들의 냉해조사는 작물시험장 춘천출장소의 耐冷性檢定 조사기준에 따라 조사하였다. 赤枯의 발현정도는 1(강)~9(약)의 9단계로 구분하여 조사하였으며, 稈長(cm), 穗長(cm) 및 穗數(개)는 실측치로 조사하였다. 그리고 간장 및 수장의 短縮率과 穗數의 減少率은 [(자연구-냉수구)/자연구] × 100으로 환산하였다.

結果 및 考察

냉수처리에서 검정한 赤枯, 稈長, 穗長 그리고 穗數 등 각 형질에 대하여 耐冷性이 강한 품종과 약한 품종을 조합으로 각각 교배하고, 그 후대에서 각 형질의 유전양식을 보았다.

1. 赤枯現象

적고에 강한 풍산벼, 이리 371호, IR 20654 및 팔공벼와 적고에 약한 샛별벼, YR 3583 및 밀양 83호를 교배하여 냉수처리구에서 F_2 집단의 分離比를 조사하였다. 그 결과, 표 1에서와 같이 分離比 檢定에서 4개의 조합이 有意性이 인정되어 理論値에 부합되었다. 풍산벼/YR 3583, 밀양 83호/IR 20654 및 팔공벼/밀양 83호 등의 조합에서는 F_2의 분리비가 3 : 1로 單性 雜種分離比를 나타내었다. 한편 그 밖에 조합에서는 이론 분리비에 대한 유의성은 없었으나 非對立遺傳子間의 相互作用 등으로도 생각해 볼 수 있겠다.

Chung[4]은 적고현상에서 F_1은 저항성 방향으로 유전되고, F_2세대에서 조합에 따라 강한 개체와 약한 개체의 비율이 3 : 1로 분리되어 單純優性遺傳子에 의하여 지배된다고 하였고, 孫 등[21]도 같은 보고를 한 바 있다. 이와 같은 보고들은 이 연구 결과의 4개 조합에서 일치하였다. 한편 李[16]는 F_1과 F_2의 적고발현의 平均은 兩親의 中間이고 F_2의 頻度分布는 연속적이었으며 遺傳力은 매우 높다고 보고한 바 있다. 또한 許 등[10]은 여러 연구자의 결과를 종합하여 幼苗期의 내냉성 유전은 교배조합, 묘의 생육조건, 처리온도 및 처리기간에 따라 각각 분리비가 다르게 나타난다고 하였다. 이와 같이 적고현상이 일부 조합에서 單純遺傳樣式을 나타내었다는 본 결과는 앞으로도 좀 더 연구 검토해야 할 사항이라 생각된다.

2. 稈長

냉수처리답에서 간장의 短縮率이 적은 SR 10988, 밀양 88호, Zyahtsan 등을 母本으로 하고, 간장의 단축율이 큰 샛별벼, HR 7377 등을 父本으로 교배하여, 그 後代에서 어떻게 유전되는가를 보았다. 표 2에서 F_1과 F_2는 3개 조합 모두 兩親중 단축이 적게 되는 親쪽이 그리고 長稈親쪽이 優性으로 나타났는데, SR 10988/샛별벼의 조합에서 不完全優性을, 밀양 88호/HR 7377 등 2개 조합에서는 超優性을 나타냈다. 간장의 遺傳力을 표 3에서 보면 냉수답에서 h^2_B= 69~95%로서 높게 나타났으나 조합에 따라 그 차이가 컸다. SR10-

Table 1. Segregation of leaf discoloration in F_2 populations of seven rice crosses between tolerant and susceptible rice varieties

Cross combination	Observed freguency of plants		Expected segregation ratio	χ^2
	R	S		
Pungsan(R) /Saetbyeol(S)	429	121	3 : 1	2.640
Pungsan(R) /YR3583(S)	369	105	3 : 1	2.051
Milyang 83(S) /IR20654(R)	204	60	3 : 1	0.727
Palgong(R) /Milyang83(S)	184	58	3 : 1	0.137
Milyang 83(S) /Iri 371(R)	275	55	3 : 1	12.200**
Iri 371(R) /Milyang 83(S)	226	38	3 : 1	15.839**
IR20654(R) /Milyang 83(S)	220	44	3 : 1	9.778**

R : Tolerant, S : Susceptible

Table 2. Mean values of culm length(cm) in parents and their F_1 and F_2

Parents and cross combination		Culm length (cm)		Culm reduction ratio(%)
		Cold condition	Natural condition	
SR 10988 / Saetbyeol	$P_1(P_2)$	54.2(24.1)	64.5(43.1)	16.0(44.1)
	$F_1(F_2)$	43.2(43.8)	62.0(61.2)	30.3(28.4)
Milyang 88 /HR 7377	$P_1(P_2)$	59.6(34.9)	69.3(51.9)	14.0(32.8)
	$F_1(F_2)$	64.9(56.3)	72.3(68.4)	10.2(17.7)
Zyahtsan /Saetbyeol	$P_1(P_2)$	86.3(24.1)	110.6(43.1)	22.0(44.1)
	$F_1(F_2)$	92.9(82.8)	108.7(102.7)	14.5(19.4)

Table 3. Variance(V), standard deviation(S) and heritabilities h^2_B of culm length in parents, F_1 and F_2 under cold and natural conditions

Parents & crosses	Cold condition			Natural condition		
	V	S	h^2_B	V	S	h^2_B
SR 10988 (1)	17.683	4.205		21.209	4.605	
Saetbyeol (2)	8.537	2.922		13.149	3.626	
Milyang 88 (3)	18.309	4.279		17.823	4.222	
HR 7377 (4)	13.636	3.693		12.830	3.582	
Zyahtsan (5)	16.870	4.107		19.980	4.470	
F_1 (1 × 2)	28.203	5.311		16.387	4.048	
F_1 (3 × 4)	24.270	4.926		20.943	4.576	
F_1 (5 × 2)	15.847	3.981		23.500	4.848	
F_2 (1 × 2)	58.514	7.650	69.0	24.862	4.986	32.0
F_2 (3 × 4)	152.133	12.334	87.7	57.522	7.584	70.1
F_2 (5 × 2)	287.276	16.949	95.2	636.452	25.228	97.0

Table 4. Heterosis(H) and heterobeltiosis(Hb) in culm length under two different conditions

Cross combination	Cold condition				Natural condition			
	F_1		F_2		F_1		F_2	
	H	Hb	H	Hb	H	Hb	H	Hb
SR 10988 /Saetbyeol	10.2	−20.3	11.7	−19.2	15.2	−3.9	13.8	−5.1
Milyang 88 /HR 7377	36.6	8.9	19.0	0.5	19.3	4.3	12.9	1.3
Zyahtsan /Saetbyeol	68.3	7.6	50.0	4.1	41.4	−1.7	33.6	−7.1

H : $[(F-MP)/MP]\times100$, Hb : $[(F-HP)/HP]\times100$
$MP=(P_1+P_2)/2$, HP : high parent

988/샛별벼에서는 유전력이 낮은 반면(69%), Zyahtsan/샛별벼에서는 유전력이 매우 높았다(95%). 또 稈長의 雜種強勢程度를 표 4에서 보면, SR 10988/샛별벼에서는 낮고(10%), Zyahtsan/샛별벼에서는 매우 높게 나타났다(68%).

그리고 자연답에서의 유전력과 잡종강세도 대체로 높았으나 냉수답에 비하여 다소 낮게 나타났다. 여기서 유전력이 비교적 낮은 조합에서는 잡종강세 정도도 비교적 낮았으며, 유전력이 높은 조합에서는 잡종강세가 또한 높게 나타났다. Wu[24]는 稈長의 유전은 비교적 단순하고 유전력은 높다고 하였고, 許 등[7,8,9]은 稈長의 F_2분리비는 單純遺傳 또는 連續變異를 나타낸다고 하였으며, 그리고 金 등[11]은 간장은 長稈親이 優性으로 작용한다고 보고하였다. 본 연구결과에서 長稈親이 우성이고 유전력이 높게 나타난 결과는 위의 보고들과 일치하는 경향이었다.

3. 穗 長

냉수답에서 수장의 단축율이 적은 SR 10988, 밀양 88호 및 Zyahtsan를 母本으로 하고, 단축율이 큰 샛별벼와 HR 7377를 父本으로 교배하여, 그 후대에서 어떻게 유전하는가를 보았다. 표 5에서 SR 10988/샛별벼 등의 조합에서의 F_1과 F_2집단은 穗長이 길면서 단축율이 적은 親쪽으로 분포하여 수장이 길고 단축율이 적은 것이 超優性으로 나타났으며, 양친의 穗長은 비슷하나 단축율이 다른 밀양 88호/HR 7377의 조합도 단축율이 적은 親쪽으로 분포하여 같은 경향을 나타냈다. 穗長의 遺傳力을 표 6에서 보면, 냉수답에서 SR 10988/샛별벼, 밀양 88호/HR 7377 및 Zyahtsan/샛별벼 등의 조합에서 각각 78%, 78% 및 93%로 높았으며, 특히 Zyahtsan/샛별벼의 조합에서 유전력이 높게 나타났다. 穗長의 雜種強勢程度를 표 7에서 보면, 냉수답의 F_1에서는 7.8~27.0%, F_2에서는 1.2~16.9%로 稈長에 비하여 비교적 낮은 경향이였다.

자연답에서 穗長의 유전력과 잡종강세는 냉수구에 비하여 다소 낮은 값을 보였는데, 이것은 稈長과 같은 경향이였다. 穗長의 유전에 대하여 鳥山 등[23]은 수장이 긴 것이 優性으로 내냉성이 강하며, F_2에서는 兩親의 中間値를 중심으로 正規分布한다고 하였다. 李[16]는 優性效果와 相加的效果가 모두 비슷하게 관여하며, 유전력은 매우 높다고 하였다. 본 연구에서 유전력이 높게 나타난 결과는 李[16]의 결과와 일치하였으며, 또 긴쪽이 우성으로 작용한 결과는 鳥山 등[23]의 보고와 일치하였다.

4. 穗 數

냉수답에서의 穗數가 자연답에 비하여 오히려 증가하는 품종 SR 10988, 밀양 88호 및 Zyahtsan 등을 母本으로 하고, 그리고 수수가 감소하는 품종 샛별벼와 HR 7377를 父本으로 하여 교배하였던 바, 표 8에서 보는 바와 같이 F_1에서는 穗數가 증가되는 모본쪽으로 분포하였으며, 수수가 증가되는 것이 超優性으로 작용하였고, 그리고 F_2집단에서도 F_1과 마찬가지로 수수가 많은 것이 우성으로 完全優性 또는 不完全優性을 나타내었다. 穗數에 대한 遺傳力을 표 9에서 보면, 냉수답에서 89.5~93.6%로서 모든 조합에서 높았으며, 자연답에서도 마찬가지로 높게 나타

Table 5. Mean values of panicle length(cm) in parents and their F_1 and F_2

Parents and cross combination		Panicle length(cm)		Reduction ratio(%)
		Cold condition	Natural condition	
SR 10988/Saetbyeol	$P_1(P_2)$	19.1(14.0)	21.2(18.5)	10.0(24.4)
	$F_1(F_2)$	17.9(18.6)	21.3(21.0)	16.0(11.4)
Milyang 88/HR 7377	$P_1(P_2)$	18.4(16.0)	18.8(18.2)	2.1(12.1)
	$F_1(F_2)$	19.2(17.4)	19.8(18.2)	3.0(4.4)
Zyahtsan/Saetbyeol	$P_1(P_2)$	21.5(14.0)	24.9(18.5)	13.7(24.3)
	$F_1(F_2)$	22.6(20.8)	24.4(22.8)	7.4(8.8)

Table 6. Variance(V), standard deviation(S) and heritabilities h^2_B of panicle length in parents, F_1 and F_2 under cold and natural conditions

Parents & crosses	Cold condition			Natural condition		
	V	S	h^2_B	V	S	h^2_B
SR 10988 (1)	.927	.963		.449	.670	
Saetbyeol (2)	.809	.899		.350	.592	
Milyang 88 (3)	.750	.866		.630	.776	
HR 7377 (4)	.867	.931		.556	.746	
Zyahtsan (5)	.629	.793		.609	.780	
F_1 (1 × 2)	.683	.827		1.209	1.100	
F_1 (3 × 4)	.817	.904		.780	.883	
F_1 (5 × 2)	.527	.726		.550	.742	
F_2 (1 × 2)	3.627	1.905	77.8	2.335	1.528	71.3
F_2 (3 × 4)	3.673	1.917	77.9	1.905	1.380	66.1
F_2 (5 × 2)	8.883	2.980	92.6	2.905	1.705	82.7

Table 7. Heterosis(H) and heterobeltiosis(Hb) in panicle length under two different conditions

Cross combination	Cold condition				Natural condition			
	F_1		F_2		F_1		F_2	
	H	Hb	H	Hb	H	Hb	H	Hb
SR 10988 / Saetbyeol	7.8	−6.3	12.0	−2.6	7.0	0.1	0.1	−1.0
Milyang 88 / HR 7377	11.6	4.3	1.2	−5.4	6.5	5.3	−2.2	−3.2
Zyahtsan / Saetbyeol	27.0	4.9	16.9	−3.3	12.4	−2.0	5.1	−8.4

Table 8. Mean values of panicle numbers per plant in parents and their F_1 and F_2

Parents and cross combination		Panicle numbers per plant (cm)		Reduction ratio(%)
		Cold condition	Natural condition	
SR 10988 / Saetbyeol	$P_1(P_2)$	12.4 (9.8)	9.2(10.7)	−34.8 (8.4)
	$F_1(F_2)$	14.3(11.3)	11.0 (8.7)	−30.0(−30.0)
Milyang 88 / HR 7377	$P_1(P_2)$	19.8(18.5)	13.2(15.1)	−50.0(−22.5)
	$F_1(F_2)$	24.7(20.0)	15.4(14.2)	−60.4(−40.8)
Zyahtsan / Saetbyeol	$P_1(P_2)$	16.0 (9.8)	13.0(10.7)	−23.1 (8.4)
	$F_1(F_2)$	17.8(15.8)	12.7(10.9)	−40.2(−45.0)

Table 9. Variance(V), standard deviation(S) and heritabilities h^2_B of panicle numbers in parents, F_1 and F_2 under cold and natural conditions

Parent & crosses	Cold condition			Natural condition		
	V	S	h^2_B	V	S	h^2_B
SR 10988 (1)	1.000	1.000		1.477	1.215	
Saetbyeol (2)	.773	.879		.887	.942	
Milyang 88 (3)	.500	.707		.963	.981	
HR 7377 (4)	.829	.911		1.245	1.117	
Zyahtsan (5)	.703	.838		.953	.976	
F_1 (1 × 2)	.607	.779		.500	.707	
F_1 (3 × 4)	1.629	1.276		1.087	1.042	
F_1 (5 × 2)	.609	.780		.703	.838	
F_2 (1 × 2)	7.573	2.752	89.5	6.170	2.484	84.5
F_2 (3 × 4)	15.211	3.900	93.5	9.943	3.153	88.9
F_2 (5 × 2)	10.865	3.296	93.6	7.009	2.647	87.9

Table 10. Heterosis(H) and heterobeltiosis(Hb) in panicle number under two different conditions

Cross combination	Cold condition				Natural condition			
	F_1		F_2		F_1		F_2	
	H	Hb	H	Hb	H	Hb	H	Hb
SR 10988 / Saetbyeol	28.8	15.3	1.8	−8.9	10.0	2.8	−13.0	−18.7
Milyang 88 / HR 7377	28.6	24.7	4.0	1.0	8.5	2.0	0	− 6.0
Zyahtsan / Saetbyeol	38.0	11.3	22.5	−1.3	6.7	−2.3	−8.4	−16.2

났다. 穗數의 雜種強勢程度를 표 10에서 보면, 냉수답에서는 28.8~38.0%로서 모든 조합에서 높았으나 자연답에서는 매우 낮게 나타났다.

鳥山 등[23]과 金 등[12]은 F_2에서 穗數는 적은 쪽으로 정규분포를 한다고 하였으나, 본 연구에서는 위의 보고와 相反되는 결과를 얻었다. 위의 보고는 自然條件의 결과이며 냉수답에서 얻은 결과는 이와 다르게 나타날 수 있다고 생각된다. 한편 李 등[15]은 냉수처리조건에서는 穗數가 감소한다고 하였으나, 崔 등[2], 朴 등[19]과 吳 등[18]은 株當穗數는 처리시기나 온도차에 따라 일정한 경향이 없다고 보고한 바 있다. 앞으로 穗數에 대하여는 온도차에 따른 생리생태적인 면에서 추가적인 연구 검토가 필요하다고 생각된다.

摘　　要

냉수처리답에서 赤枯現象, 稈長, 穗長 그리고 穗數 등 각 형질에 대하여 耐冷性이 강한 품종과 약한 품종을 교배하고, 그 後代에 대하여 각 形質의 유전분석을 실시하였던 바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 赤枯現象에 대하여 강한 품종과 약한 품종의 교배조합에서 강한 개체와 약한 개체의 F_2의 分離比가 7개 조합 중 4개 조합에서 抵抗性 쪽이 優性으로 3 : 1의 單性雜種分離比를 나타냈다.
2. F_1세대와 F_2집단에서 稈長과 穗長은 긴 쪽이 우성이고, 단축이 적게 되는 쪽으로 超優性 또는 不完全優性을 나타냈고, 穗數는 많은 쪽이 優性이고, 냉수처리하에서 수수가 오히려 많아지는 쪽으로 超優性을 나타냈다.
3. 냉수답에서 稈長, 穗長 및 穗數의 遺傳力은 형질 및 교배조합에 따라 다소 차이는 있으나 대체로 높았으며, 자연답보다는 냉수처리답에서 유전력이 높게 나타났다.
4. 각 形質의 雜種強勢程度는 稈長에서 매우 높았

으며, 穗長과 穗數에서는 대체로 낮게 나타났다. 특히 인디카/통일형품종의 교배조합에서, 자연답보다는 냉수처리답에서 잡종강세가 높게 나타났다.

引用文獻

1. 崔富述. 1987. 低溫이 中山間地帶의 水稻生育과 收量形質에 미치는 影響. 農試論文集(作物編) 29(2):22-64.
2. 崔海椿, 芮鍾斗, 趙守衍, 朴來敬. 1991. 冷水處理에 의한 水稻 品種間 耐冷性差異의 評價解析. 農試論文集 33(1):10-24.
3. 崔玄玉, 李鍾薰. 1976. 水稻 生育過程別 低溫障害에 關한 硏究. 韓作誌 21(2):203-210.
4. Chung, G S. 1979. The rice cold tolerance in Korea. Rice cold tolerance workshop : 7-9.
5. Futsuhara, Y. and K. Toriyama. 1966. Genetic studies on cool tolerance in rice. Ⅲ. Linkage relations between genes controlling cool tolerance and marker genes of Nagao and Tokahashi. Japan J. Breed. 16(4):231-242.
6. ———, ———. 1971. Genetic studies on cool tolerance in rice. Ⅴ. Effectiveness of indivisual and line selections for cool tolerance. Japan J. Breed. 21(4):181-188.
7. 許文會, 金祥鎭. 1971. 水稻 品種間 交雜에 있어서의 稈長의 遺傳分離. Ⅱ. Japonica × Japonica 組合. 韓育誌 3(2):61-67.
8. ———, 朴淳直. 1973. 水稻 品種間 交雜에 있어서의 稈長의 遺傳分離. Ⅲ. Japonica × Indica 組合. 韓育誌 5(2):112-118.
9. ———, 徐學洙. 1974. 水稻 品種間 交雜에 있어서의 稈長의 遺傳分離. Ⅳ. 非對應的 組合의 F_2, F_3, BC_1F_1 및 BC_1F_2 世代에서의 分離. 韓育誌 6(1):34-41.
10. ———, 咸泳秀. 1982. 氣象災害와 水稻 育種上의 對策.－耐冷性品種 育成方案－韓作誌 27(4):371-384.
11. 金皓瑛, 李壽寬, 張權烈. 1982. 環境差異에 따른 水稻 出穗期 및 稈長의 遺傳變異. 韓育誌 14(3):256-264.
12. 金鍾昊, 崔海椿. 1982. 水稻 耐冷性 檢定成果와 育種上의 問題點 및 展望. 農試總說 22-37.
13. Lee, J.H. 1979. Screening methods for cold tolerance at Crop Experiment Station phytotron and at Chuncheon. Rice cold tolerance workshop : 77-90.
14. 李文熙, 朴南圭, 朴錫洪. 1989. 벼 冷害 發生機作과 被害 輕減對策. 韓作誌(災害生理硏究 1 號):34-44.
15. 李承弼, 金鍾必, 李光錫, 金駿圭. 1983. 冷水湧出畓의 水稻 冷害輕減에 關한 硏究. 農試報告 (作物編) 25:72-80.
16. 李壽寬. 1984. 水稻赤枯現象과 主要形質의 遺傳에 關한 硏究. 農試報告(作物編) 26(1):1-26.
17. 吳潤鎭. 1981. 水稻의 低溫障害에 關한 生理生態學的 硏究. 韓作誌 26(1):1-31.
18. ———, 李錫淳, 芮鍾斗, 金昭年. 1981. 冷水處理畓에서 窒素, 燐酸, 硅酸 및 堆肥施用이 水稻 收量 및 收量構成要素에 미치는 影響. 崔玄玉博士記念論文集 : 167-175.
19. 朴錫洪, 李殷雄. 1973. 分蘖期 氣溫이 水稻 生育量에 미치는 影響. 韓作誌 14:47-51.
20. 辛英範, 芮鍾斗. 1984. 生育時期別 低水溫이 水稻生育에 미치는 影響. 江原大論文集 20:15-21.
21. 孫再根, 鄭根植, 林茂相. 1979. 水稻 耐冷性에 關與하는 몇가지 形質의 遺傳에 關한 硏究. 韓育誌 11(1):58-64.
22. 鳥山國士, 蓬原雄三. 1960. 水稻における耐冷性の遺傳と選拔に關する硏究. Ⅰ. 耐冷性の遺傳 分析. 日本育種學雜誌 10(3):143-152.
23. ———, ——— 1961. 水稻における耐冷性の遺傳と選拔に關する硏究. 第2報. 耐冷性と草型および收量性との關係. 日本育種學雜誌 11(3):191-198.

24. Wu, H. P. 1967. Studies on quantitative inheritance of Oryza sativa L. I. A diallel analysis of heading time and plant height in F_1 progeny. Bot. Bul. Acad. Sinica 9:1-9.