

## 벼의 低温發芽性에 關한 遺傳分析

강종래\* · 고미석\*\* · 김호영\* · 임상종\* · 김순철\*

### Genetic Analysis of Low Temperature Germinability of Rice

Jong Re Kang\*, Mi Suk Ko\*\*, Ho Young Kim\*, Sang Jong Lim\* and Soon Chul Kim\*

**ABSTRACT :** The purpose of this study was to investigate inheritance modes of low temperature germinability(LTG) on rice. Two experiments were carried out : In experiment I, the seeds of 10 rice varieties yielded at the different cultivation conditions which were transplanted in a paddy field from May 20 to July 5 with 15-day interval, were tested at fixed temperature (13°C) in-door and at field with natural conditions to find out the change of LTG according to different cultivating condition among the each variety. In experiment II, F<sub>1</sub> seeds of full diallal cross from six parents, were analyzed for combining ability and reciprocal differences of low temperature germinability. The results are summarized as follows.

The seeds of 10 varieties showed significant differences of LTG at the different cultivation conditions, varieties and their interaction. And the relationship between LTG coefficient at 13°C and low temperature emergence(LTE) coefficient at field was highly significantly positive( $r=0.511^{**}$ ). From the analysis of the diallel cross, high significance was found at reciprocal difference and alpha inheritance.

The mean squares of general combining ability(GCA) and specific combining ability of LTG were highly significant with higher mean squares of GCA. Seventeen out of 30 cross combinations showed transgressive segregation.

**Key words :** Rice, Low temperature germinability, Combining ability, Reciprocal differnce, Alpha inheritance, Transgressive segregation.

發芽는 실용적인 면에서 幼芽와 幼根이 出現하여 培地에 定着하는 것<sup>12)</sup>을 의미하며, 이러한 發芽는 온도, 습도, 광, 공기의 組成 등과 같은 環境要因에 따라 그 양상이 변하는데, 특히 벼 종자가 低溫下에서 發芽하는 능력을 벼의 低溫發芽性이라 할 수 있다.

西山<sup>27)</sup>은 벼發芽의 最低 溫度는 5~16°C 범위이며, 종자형성조건(재배지 재배시기 온도 日長光質 施肥 약제살포 등)에 따라 저온발아성이 변

할 수 있다고 하였으며, Sasaki et al.<sup>25)</sup>은 벼의 低溫發芽性의 遺傳은 최소한 4개 이상의 有效遺傳子에 의해 지배된다고 하였으며, 발아를 정확히 검정하는 방법도 쉽지 않다<sup>4,5,15,21,23,24)</sup>. 저온발아성의 유전은 그 형질 발현에 환경 변이가 매우 커서 유전양상의 규명이나 육종이 매우 어려운 형질이다<sup>24,13)</sup>. 최근 노동생산성 향상을 위한 직파재배의 도입으로 벼의 저온발아성은 새롭게 부각된 중요 형질로, 일본에서는 Italica livorno, Arroz da

\* 영남농업시험장(Nat. Yeongnam Agri. Exp. Stn. Milyang 627-130, Korea)

\*\* 경상대학교(Dept. of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea)

<97. 9. 5 接受>

Terra, 咀振早稻, Dunghan shali 등을 모본으로 직파종 육성에 노력하고 있고, 국내에서도 農安벼, 安產벼 등이 직파종으로 등록되었으나 저온 발아성이 아직 미흡한 실정이다. 본 연구는 벼의 저온발아성의 유전 양상을 파악하기 위하여 실시한 결과 약간의 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 材料 및 方法

本試驗은 1994년부터 1995년까지 2년간에 걸쳐 영남농업시험장에서 시험 1과 시험 2로 구분하여 실시하였다.

### 1. 栽培時期에 따른 벼의 低温發芽性 差異

供試材料로서 10개 品種을 選定, '94년 4월 20부터 15일 간격으로 4차례 걸쳐 播種하고 과종후 30일에 각각 20株씩 이앙, 嶺南農業試驗場 표준

재배법으로 재배하여 개화기가 같고 생육이 비슷한 이삭을 품종별 처리별로 10이삭씩, 개화기에 tag를 단 후 개화 45일에 수확 건조하여 동일 조건에서 실내 상온 저장하였다(표 1). 이렇게 하여 얻어진 試料를 '95년 4월에 이삭별로 充實한 種子를 seed sorter(Fujimoto Co.)로 엄선한 후 반복당 50립씩 3반복(3 이삭)으로, 50°C에서 5일간 休眠打破 후 실내와 포장 저온발아시험에 각각 供試하였다.

室內의 低溫發芽試驗은 '95년 5월 1일에 스포탁 2,000배액으로 13°C에서 24시간 種子消毒 후 항온기(Conviron incubator)에 13°C 항온 置床(직경 5.5cm petri-dish에 증류수 10mm 깊이의 암조건)하여 30일간 매일의 發芽粒을 경시적으로 조사하였고, 圃場에서의 低溫發芽試驗은 圃場을 경운 로타리하고 5cm 깊이로 表土를 걷어 낸 후 6mm 체로 친 흙을 4cm 充鎮 후 休眠打破된 種子를 條播하고 그 위에 다시 6mm의 체로 친 흙을

Table 1. Transplanting and harvesting date of ten varieties

Maturity group	Variety (main plot †)	Transplanting date (subplot)	Flowering date	Harvesting date
Very early	Dunnaebyeo	May 20	Jul 17	Sep 1
	Iri 414	Jun 5	Jul 29	Sep 12
	Suweon 415	Jun 20	Aug 10	Sep 26
	Nikada 36	Jul 5	Aug 22	Oct 7
Early	M 202	May 20	Jul 25	Sep 7
	Suweon 412	Jun 5	Aug 4	Sep 17
	SR11155-4-2	Jun 20	Aug 13	Sep 27
	-1·1·1	Jul 5	Aug 23	Oct 8
Medium	Cheongmyeongbyeo	May 20	Aug 4	Sep 16
		Jun 5	Aug 16	Sep 30
		Jun 20	Aug 22	Oct 7
		Jul 5	Aug 28	Oct 13
	Hokuriku 153	May 20	Aug 4	Sep 17
		Jun 5	Aug 16	Sep 30
		Jun 20	Aug 22	Oct 7
		Jul 5	Sep 1	Oct 15
Milyang 135	Milyang 135	May 20	Aug 4	Sep 16
		Jun 5	Aug 17	Sep 30
		Jun 20	Aug 22	Oct 7
		Jul 5	Aug 25	Oct 10

† : Each main-plot has four subplots : transplanting date, flowering date, and harvesting date were measured.

1cm 깊이로 覆土하여 파종 깊이와 覆土의 粒子가 최대한 균일도록 노력하면서 乾種子를 乾畠直播하였다. 播種期는 Choi & Youn<sup>3)</sup>의 보고에 근거한 밀양 지방의 日平均氣溫 13°C 出現 時期인 4월 17일이었고, 시험구배치는 2요인 완전임의배치 3반복으로, 반복당 50粒씩 播種하여 2일 후 충분한 灌水를 해주었으며, 灌水 이를 후는 흡족한 강우가 있었고, 그 이후는 自然 狀態로 관리하면서 격일 간격으로 1cm 이상의 出芽 個體를 出芽粒으로 하여 調查하였다. 調査된 資料는 發芽 또는 出芽 係數로 換算하여 分散分析, LSD, 相關 등을 分析하였다.

## 2. 二面交雜에 의한 低溫發芽性의 分析

供試材料는 低溫發芽性이 높은 Italica livorno 1品種, 中程度인 농안벼, Tohoku 149, Saikai 198, 서해벼 등 4品種, 그리고 低溫發芽性이 낮은 밀양 126호 1品種을 選定, 총 6개의 품종을 交配親으로 하여 '94년 夏季에 切穎法에 의한 正逆 二面交配로 30組合의 F<sub>1</sub> 交配粒을 얻었고, 交配親 6品種도 切穎을 통하여 自家受精된 穗미 종자를 생산하여 F<sub>1</sub> 交配粒과 함께 低溫發芽試驗에 供試하였다.

發芽試驗은 '94년 夏季에서 얻어진 試料를 동일 조건으로 실내 상온 저장 후, 각 種子의 均一度를 높이기 위해 未成熟粒, 變色粒 등을 제거하고 충실히 종자를 肉眼으로 選別하여 '95년 5월 1일 종자 소독약 스포탁 4,000배액으로 13°C에서 12시간 種子消毒 후, 13°C 항온기(Conviron incubator)에 5월 2일 置床하였다. 置床은 직경 5.5cm의 Petri-dish에 중류수 10mm 깊이의 암조전에 F<sub>1</sub> 交配粒 및 玄米交配親을 각각 50粒씩 2반복으로 치상한 후, 5월 3일부터 6월 1일까지 30일간 매일의 發芽粒을 조사하였다. 調査된 資料의 分析은 平均 發芽 日數와 發芽係數<sup>28)</sup>로 換算後 Griffing<sup>8)</sup>의 組合能力 檢定法에 의해 分散分析과 一般組合能力(GCA) 및 特定組合能力(SCA)을 算出하였고, 여기에서 黑函진 正逆間 差異를 Durrant<sup>6)</sup>의 二面交雜의 正逆間 差異의 分析法으로 Alpha와 Beta 遺傳을 分析하였다. 분석의 공식과 기호는 표 2와 같다.

## 結果 및 考察

### 1. 栽培時期에 따른 벼 품종의 低溫發芽性 差異

#### 1) 栽培時期別 低溫發芽性

전년도 이양시기를 달리하여 수확된 벼종자를 13°C 항온 실내에서 調査된 發芽係數의 分散分析結果, 處理間에 고도의 有意性이 인정되었고, 品種과 栽培時期 相互作用에서도 고도의 有意性이 인정되어, 品種에 따라 栽培時期間に 볍씨의 低溫發芽性에 差異가 있음을 알 수 있었다(표 3).

供試品種들의 栽培 時期에 따른 低溫發芽性을 보면(표 4), SR11155-4-2-1-1-1을 제외한 9개 品種에서 이양시기가 빨라짐에 따라 低溫發芽性이 낮게 나타났으며, 출수가 빠른 둔내벼, 이리 414호, 수원 415호, Nikada 36, M 202, 수원 412 등은 移秧時期間に 差異가 적으나 출수가 높은 청명벼, Hokuriku 153, 밀양 135호 등은 移秧時期의 低溫發芽性의 差異가 더 큰 경향이었다.

표 5는 4월 17일부터 30일간 乾畠直播된 圃場에서의 出芽係數에 대한 分散分析 結果를 나타낸 것으로서, 室內 低溫發芽性 分析에서와 같이, 전년도의 이양시기, 品種, 품종과 이양시기의 相互作用에서 高度의 有意性이 인정되어, 品種 및 전년도의 이양시기에 따라 볍씨의 低溫發芽性에 고도의 有意差가 있었다. 이에 관해 Sasaki<sup>24)</sup>는 移秧時期를 달리한 3處理 栽培에서 5%의 有意差를 報告하여, 본 시험과 일치하는 경향이었다.

圃場상태에서 品種間 및 移秧時期에 따른 低溫發芽性의 差異는, 室內에서 보다는 그 差異가 다소 적은 4개 品種(둔내벼, Nikada 36, M 202, 수원 412호)에서 高度의 有意差가 인정되었고 만식재배에서 수확된 종자가 조식재배에서 수확된 종자보다 출아성이 더 높았다(표 6).

#### 2) 室內와 圃場間의 低溫發芽性의 關係

13°C 항온에서 30일간 調査된 發芽係數와 4월 17일부터 30일간 自然 狀態의 乾畠直播圃場의 出芽係數와의 相關係數는  $r=0.5111^{**}$ 로서(그림 1), 고도의 有意相關을 보여 室內에서 간편한 低溫發

Table 2. Formulas and symbols for analysis of reciprocal differences in diallel crosses

$P_r$ the $r^{\text{th}}$ parental value measured from the mean of all $n$ parents.
$G_1 = y_{1\cdot} - \bar{y}_1$
$W_{r\hat{f}}$ covariance of the female array of the $r^{\text{th}}$ parent onto all parents
$W_{r\hat{g}}$ covariance of the male array of the $r^{\text{th}}$ parent onto all parents
$w_r = W_{r\hat{f}} - W_{r\hat{g}}$
$w'_r = w_r - w$
$a = \frac{1}{n} G_1$
$b = b_1 (\sum P'^2 + nP'_1)^2 + b_2 (P'_2 - P'_1)^2 \dots + b_n (P'_n - P'_1)^2 = (n-1)w_1 - P'_1 G_1$
$a' = \frac{1}{n} G_1 + P'_1 (b'_1 + 2\beta)$
$b' = \frac{1}{\sum P'^2} (n-1)w_1$
$\beta [ \text{for column(6)} ] = \frac{\sum a P'}{-2 \sum P'^2}$
$\beta [ \text{for column(7)} ] = \frac{(n-1)w - \sum b P'^2}{\sum P'^2}$
$\beta [ \text{for column(8) (9)} ] = \frac{[(n-1)w - \sum b' P'^2]}{2 \sum P'^2}$

Formulas for c and d item

$$\text{Sums of squares of total} = \frac{1}{4} \sum grs^2, df = \frac{1}{2} n(n-1)$$

$$\text{Sums of squares of Alpha(c)} = \frac{n}{2} \sum a^2 = \frac{1}{2n} \sum G^2$$

$$\text{Sums of squares of Beta} = \frac{1}{2} \sum b_r [(n-1)w_r - P'_r G_r], df = n$$

Sums of squares of  $a'$ ,  $b'$  and  $\beta$

$$\text{Alpha plus beta} = \sum (n-1)w'_r b_r' + \frac{1}{2n} \sum G^2$$

$$a' = \frac{n}{2} \sum a'^2$$

$$b' = \frac{1}{2} \sum b'^2 \sum P'^2 + \frac{n}{2} \sum b'_r P'^2$$

$$\beta = 2nb^2 \sum P'^2$$

$$b'/\beta = 2n \beta \sum b'_r P'^2$$

$$b/a' = -n \sum a'_r b'_r P'_r$$

芽試験으로 乾畜直播圃場의 低溫發芽性을 유추할 수 있었으며, 이는 벼 低溫發芽性의 系統 選拔

을 室內의 發芽試験으로도 가능할 것으로 생각된다.

**Table 3.** Analyses of variance of low temperature germination coefficient on 13°C incubator test

Source of variation	D.F.	M.S.
Total	119	—
Transplanting date	3	51.7688**
Variety	9	78.7464**
Interaction	27	2.6894**
Error	80	0.7675

\*\* : Significant at 1% level.

**Table 4.** Germination coefficients of the seeds which yielded at different cultivation conditions of 15-days interval transplanting time on 13°C incubator test

Variety	Transplanting date			
	May 20	June 5	June 20	July 5
Dunnaebyeo	2.88 <sup>b</sup> †	4.03 <sup>b</sup>	6.74 <sup>a</sup>	4.69 <sup>b</sup>
Iri 414	0.98 <sup>bc</sup>	2.10 <sup>bc</sup>	5.17 <sup>a</sup>	3.86 <sup>ab</sup>
Suweon 415	0.14 <sup>b</sup>	0.91 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>b</sup>	2.61 <sup>a</sup>
Nikada 36	0.70 <sup>b</sup>	0.59 <sup>b</sup>	3.08 <sup>a</sup>	2.55 <sup>ab</sup>
M 202	4.44 <sup>c</sup>	7.01 <sup>bc</sup>	9.50 <sup>a</sup>	7.60 <sup>ab</sup>
Suweon 412	2.74 <sup>b</sup>	4.00 <sup>b</sup>	6.31 <sup>a</sup>	7.20 <sup>a</sup>
SR11155-4-2-1-1-1	4.57	4.86	5.03	5.59
Chengmyeongbyeo	6.55 <sup>c</sup>	9.70 <sup>ab</sup>	10.31 <sup>ab</sup>	11.02 <sup>a</sup>
Hokuriku 153	4.64 <sup>c</sup>	6.90 <sup>ab</sup>	7.01 <sup>ab</sup>	7.67 <sup>a</sup>
Milyang 135	4.29 <sup>c</sup>	7.20 <sup>ab</sup>	6.25 <sup>ab</sup>	7.60 <sup>a</sup>
LSD 1%*	0.94			

† : DMRT 1% degree on transplanting date.

# : LSD 1% degree on variety.

**Table 6.** Seedling emergence coefficients of the seeds which yielded at different cultivation conditions of 15-days interval transplanting time on field test

Variety	Transplanting date			
	May 20	June 5	June 20	July 5
Dunnaebyeo	2.64 <sup>c</sup> †	2.85 <sup>abc</sup>	4.02 <sup>ab</sup>	4.06 <sup>a</sup>
Iri 414	2.67	2.67	2.69	3.45
Suweon 415	2.50	3.69	2.99	3.22
Nikada 36	2.03 <sup>b</sup>	2.19 <sup>b</sup>	3.55 <sup>a</sup>	3.72 <sup>a</sup>
M 202	3.86 <sup>a</sup>	2.52 <sup>b</sup>	3.62 <sup>ab</sup>	3.35 <sup>ab</sup>
Suweon 412	2.44 <sup>b</sup>	2.47 <sup>b</sup>	4.44 <sup>a</sup>	3.53 <sup>ab</sup>
SR11155-4-2-1-1-1	1.90	2.52	2.75	2.31
Chengmyeongbyeo	3.11	3.50	3.97	4.10
Hokuriku 153	3.91	4.05	3.80	4.39
Milyang 135	3.74	3.59	3.68	3.84
LSD 1%#	0.59			

† : DMRT 1% degree on transplanting date.

# : LSD 1% degree on variety.

**Table 5.** Analyses of variance of emergence coefficients on field test

Source of variation	D.F.	M.S.
Total	119	—
Transplanting date	3	4.0830**
Variety	9	2.8286**
Interaction	27	0.6902**
Error	80	0.2955

\* , \*\* : Significant at 5% level and 1% level, respectively.

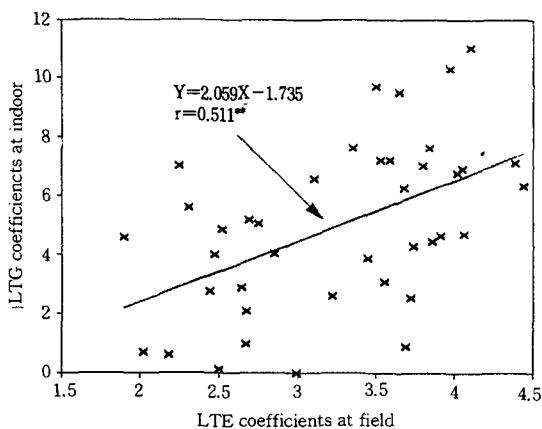


Fig. 1. Relationship of the low temperature germinability between indoor and field test.  
(note : LTG is low temperature germination, LTE is low temperature emergence).

## 2. 低温發芽性의 遺傳分析

### 1) 저온발아성의 正逆交雜間 差異와 組合能力

低溫發芽性의 遺傳에 관한 情報를 얻고자 低溫發芽性이 높은 Italica livorno, 저온발아성이 낮은 밀양 126호, 중도발아성인 농안벼, Tohoku 149, Saikai 198, 서해벼 등을 選定, 正逆二面交雜에서 얻어진  $F_1$  30組合의 發芽係數를 Griffing method<sup>8)</sup>로 分散分析한 結果, 一般組合能力(GCA) 및 特定組合能力(SCA)이 고도의 有意性이 인정되었으며, GCA의 分散이 SCA의 分散보다 컸다(표 7, 8, 9).

Table 7. Mean  $F_1$  germination coefficients of low temperature in  $6 \times 6$  diallel cross of rice varieties

♀ parents	♂ parents					
	1	2	3	4	5	6
1. Italica livorno	28.01	14.00	16.63	12.58	8.82	14.06
2. Nonganbyeo	12.55	10.40	10.81	6.96	12.42	7.93
3. Tohoku 149	8.02	5.18	9.98	3.37	6.39	3.87
4. Saikai 198	15.47	11.08	10.36	9.78	14.91	7.81
5. Seohaebyeo	7.02	5.14	7.36	4.82	8.75	6.92
6. Milyang 126	9.24	8.66	8.64	3.93	9.07	5.56

Table 8. Analyses of variance of the germination coefficients at low temperature in diallel crosses of rice varieties

Source of variation	D.F.	M.S.
Total	71	0.3169
Replication	1	42.9089**
Varieties	35	2.1813
Error	35	

\*\* : Significant at 1% level.

Table 9. Analyses of variance of combining ability of germination coefficients of  $F_1$  generation in  $6 \times 6$  diallel crosses (Griffing's method)

Source of variation	D.F.	M.S.
General combining ability	5	75.446**
Specific combining ability	15	11.344**
Reciprocal combining ability	15	13.568**
Error	35	1.141

\*\* : Significant at 1% level.

組合能力에 관한 報告로서 Sprague & Tatum<sup>26)</sup>은, GCA는 相加的 遺傳子의 作用이, SCA는 上位性등의 非相加的 遺傳子가 作用한다고 하였는데, Matzinger & Kemphorne<sup>20)</sup>, Griffing<sup>9)</sup> 등은 GCA 分散은 相加的 分散 및 相加性과 上位性의 相互作用 分散이 포함되어 있으며, SCA 分散에는 優性과 上位性의 相互作用 分散이 포함되어 있다고 하였다. 따라서 本 試驗에서  $F_1$ 의 低溫發芽性은, 母本間에 有意한 相加的 遺

傳 또는 上位的 遺傳 變異가 존재하는 것으로 나타났으며, 相加的 遺傳子의 作用이 上位的 遺傳子의 作用보다 큰 것으로 나타났다. 벼의 組合能力에 대해 Chang & Kwak<sup>1)</sup>은 Japonica와 Indica의 二面交雜에서 出穗期, 梢長, 穗長, 穗數 등의 形質에서 GCA가 SCA보다 크다고 하였으며, Jun et al.<sup>13)</sup>은 F<sub>2</sub>세대에서 低溫發芽性의 GCA가 SCA보다 크다고 하여, 本 試驗의 F<sub>1</sub>세대와 같은結果를 나타내고 있다. 한편 他殖性 作物에서는 上位的 遺傳子의 作用이 더 중요시되나, 自殖性 作物에서는 유전자의 集積 側面에서 GCA 효과가 더 중요하다고 하여<sup>26)</sup>, 低溫發芽性에서 GCA가 크다는 것은 交配育種을 통하여 低溫發芽性 遺傳子의 集積이 가능할 것으로 생각되었다.

그리고 표 9에서 보는 바와 같이 正逆교집間에 低溫發芽性의 有意差가 인정되었는데 이것은 일 반적으로 自殖性 作物의 경우 核內 遺傳子에 의해支配되는 형질에서는 正逆效果가 없는 것으로 알려져 있어, 低溫發芽性의 정역간 차이에 대한 원인 규명이 검토되어야 할 것이다. 벼의 低溫發芽性에서 正逆間 差異에 대한 인정은 Sasaki<sup>24)</sup>가 2회에 걸친 實驗에서 F<sub>2</sub>세대에서의 正逆間 有意差가 인정되는 組合을 보고하여 本 試驗과 같은 경향을 보였다.

## 2) Alpha와 Beta 遺傳

Durrant<sup>6)</sup> 의하면 Wearden이 고려한 要因分析(factorial analysis)과 生物統計學의 有意性(biometrical significance)을 이용한 이면교집에서의 정역차이 분석은 매우 일반적인 정보를 얻을 수 있고, Jinks의 W/V 그래프를 이용한 정역차이 분석에서는 遺傳子/細胞質의 상호작용에 대한 정보를 얻을 수 있거나, 再組合이나 分리를 목적으로 한 핵내 遺傳子의 성질에 대한 정보는 얻을 수 없다고 하고, 그의 Alpha와 Beta 유전 분석방법으로 부분적이나마 그 정보를 얻을 수 있다고 하였다. 그의 이론을 간단히 요약하면 한 對立遺傳子座에서 상가적 偏差와 우성편차 외에 또 다른 값( $\alpha$ 나  $\beta$ 의 값이 + 또는 - 방향으로)이 작용하므로서 정역간에 차이가 발생된다고 하며, Alpha나 Beta 유전의 구분은 모, 부친열의 공분

산 그래프에서 Beta 유전일 경우는 親들의 공분산 좌표가 원점을 통과하는 단위기울기의 양편으로 흘어져 母親列과 父親列에 기여하는 Gene의 효과가 미치는 방향이 일정치 않으나 Alpha 유전일 경우는 Gene의 효과가 미치는 방향이 일정하여 오직 한쪽편으로만 영향을 미친다. 즉 부친열에만 기여하거나 또는 모친열에만 그 효과가 기여됨으로서 친들의 공분산 좌표가 原點을 통과하는 單位 기울기의 한편으로 모이게 된다고 하였다. 그림 2의 모친열공분산/부친열공분산(W<sub>♀</sub> / W<sub>♂</sub>)의 그래프에서 6개의 교배친 조합 모두가 母親列 供分散 보다 父親列 供分散이 크므로 低溫發芽性의 遺傳이 母側方向 임을 알 수 있고, 親들의 공분산 座標가 原點을 통과하는 單位기울기의 兩編으로 흘어지지 않고 한쪽으로 모여 있어 Alpha 遺傳이 기대된다. 즉 F<sub>1</sub>의 저온발아성이 母側 低溫發芽性의 값쪽으로 가까워지고 父側 低溫發芽性 값으로부터는 멀어짐으로서 모친열 공분산보다 부친열 공분산이 커지게 되고 저온발아성의 유전은 모본에 의해 더 영향을 입은 것으로 해석될 수 있다.

또한 Durrant<sup>6)</sup>는 W<sub>♀</sub> / W<sub>♂</sub> 그래프에서 나타난 Alpha나 Beta 유전의 유의성 검정을 위해 표 2의 공식으로 표 11의 값들을 구하고(표 11의 a =

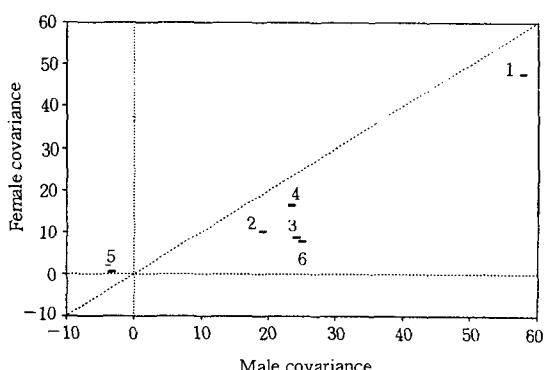


Fig. 2. Female covariance/male covariance graph of low temperature germinability of F<sub>1</sub> generation in 6×6 diallel crosses.

(note : 1, Italica livorno ; 2, Nonganbyeo ; 3, Tohoku 149 ; 4, Saikai 198 ; 5, Seohaebyeo ; 6, Milyang 126)

**Table 10.** Diallel table of reciprocal difference for the germination coefficients

♀ parents	♂ parents						Differences between reciprocal array totals ♀ array - ♂ array
	1	2	3	4	5	6	
1	—	1.45	8.61	— 2.89	1.80	4.82	13.79
2	— 1.45	—	5.63	— 4.12	7.28	— 0.73	6.61
3	— 8.61	— 5.63	—	6.99	— 0.97	— 4.77	— 26.97
4	2.89	4.12	6.99	—	10.09	3.88	27.97
5	— 1.80	— 7.28	0.97	— 10.09	—	2.15	— 20.35
6	— 4.82	0.73	4.77	— 3.88	2.15	—	— 1.05

**Table 11.** Estimates of Alpha and Beta inheritance of low temperature germinability in diallel crosses of rice varieties

(1) Parent	(2) p'	(3) G	(4) (n-1)w	(5) (n-1)'	(6) a	(7) b	(8) a'	(9) b'
1	15.93	13.79	— 51.29	— 5.38	2.30	— 0.128	0.12	— 0.160
2	— 1.68	6.61	— 44.93	0.99	1.10	0.020	1.30	— 0.140
3	— 2.10	— 26.97	— 77.29	— 31.38	— 4.50	— 0.264	— 4.04	— 0.242
4	— 2.30	27.97	— 34.46	11.45	4.66	0.208	4.85	— 0.108
5	— 3.33	— 20.35	18.74	64.66	— 3.39	— 0.003	— 3.67	0.059
6	— 6.52	— 1.05	— 86.26	— 40.35	— 0.18	— 0.048	1.43	— 0.270
Total	0	0	— 275.49	0	0	— 0.214	0	— 0.861
B					— 0.072	— 0.0357		0.0119

\* Deviations of totals from zero are due to rounding off in all columns except (4) and (7).

**Table 12.** Analyses of variance of low temperature germination coefficients in diallel crosses of rice varieties (Hayman's method)

	Sum of squares	D.F.	Mean squares	F-value	P (percent)
Total	203.782	15	—	—	—
(a) Alpha inheritance					
Alpha(c)	179.899	5	35.950	15.064	<1
Residual(d)	23.884	10	2.388	—	—
(b) Beta inheritance					
Beta	40.063	6	6.672	—	—
Residual	139.836	9	15.537	—	—
(c) Alpha and Beta inheritance					
Alpha plus Beta	201.638	9	22.404	62.696	<1
a'	171.145	4	42.786	119.732	<1
b'	60.724	4	15.181	42.482	<1
B	0.545	1	0.545	1.524	—
Residual	2.144	6	0.357	—	
	Sum of products $\times 2$				
b'/a'	— 7.651				
b'/B	— 14.224				

Alpha값, b=Beta값), 이를 Hayman의 잔차분석방식(표 12)으로 그 유의성을 검정하여 Alpha나 Beta 유전의 유무를 확인하였다. 표 11의 a의 값과 b의 값으로 표 12와 같이 분산분석한 결과 Alpha의 값은 고도의 유의성이 인정되었고 Beta의 값은 유의성이 없었다. Durrent에 의하면 Alpha 유전은 양친의 어떠한 수의 Gene 중에서 어떤 Gene들이 서로 협력해서 일정한 양 또는 형태로 또는 일정하나 다른 양 또는 형태로(종자의 크기에 의한 모측유전) 혹은 일정한 차이(세포질유전)로 모친열 또는 부친열에 기여할 때 발생된다고 하였다<sup>6)</sup>. 따라서 이면교잡에서 저온발아성의 정역간 차이는 Alpha와 Beta 유전에서 오직 Alpha 유전만 인정되고, 모든 친들이 모본효과를 보여 그 방향은 일정하나 크기는 일정하지 않아(그림 2, 표 3), 벼의 F<sub>1</sub>세대의 정역간 차이는 핵내유전자가 종자의 내용물이나 크기 등에 영향을 받는 母側遺傳의 결과로 판단된다. 즉 胚乳(3n)는 母親에서 유래된 2n와 父親에서 유래된 n로서 그 유전적 조성이 이루워지며, 그 크기 또한 母體에 의해서 결정됨으로 正逆二面交雜 F<sub>1</sub>의 母側遺傳을 설명 할 수 있다. 그러나 종자의 내용물 중에서 어떤 물질이, 또는 종자의 크기 등이 얼마나 저

온발아성에 영향을 미치는지와 後代에서도 모본 효과가 지속되는지 등에 대해서 또 다른 시험이 요구된다고 본다.

표 13의 교配親과 F<sub>1</sub>의 低溫發芽係數의 平均과 分散의 t 檢定에서 15개 組合 중 10개 組合이 正逆間의 差가 인정되었다. 특히 5개 組合에서는 兩親間의 低溫發芽係數의 有意差가 없었음에도 正逆間 交雜의 F<sub>1</sub>에서 有意性이 인정되어, Selfing에 의한 결과가 아니라는 것을 알 수 있었고, 平均 優性度에서는 30개 組合 중 17개 組合에서 超越分離가 일어났으며, 그 중 9개 組合이 低溫發芽性이 낮은 쪽으로 超越分離를 보였다. 低溫發芽性에 관한 超越分離는 Sasaki<sup>24)</sup>와 Jun et al.<sup>13)</sup>이 F<sub>2</sub>세대에서 報告한 結果와 같은 경향이었다.

## 摘要

水稻 低溫發芽性에 대한 遺傳 樣相을 구명하여 低溫發芽性 品種 育成의 基礎 資料를 얻고자 熟期가 다른 세 그룹에서 10品種을 選定 '94년에 15일 간격 4時期로 播種 및 移秧을 實施하여 收穫한 種子를 '95년 4~5월에 13℃ 항온 室內 試驗과, 乾畠 直播의 圃場 試驗으로 低溫發芽性을 調査하고,

Table 13. Means and standard deviation of germination coefficients in parental varieties and F<sub>1</sub> seeds

Parental variety and F <sub>1</sub> seeds	A <sup>†</sup>	P±S	Mid parents	F <sub>1</sub> ±S	Mean <sup>#</sup> dominance	T-value
Italica livorno (P <sub>1</sub> )	high	28.005±6.314	19.20			5.4467*
Nonganbyeo (P <sub>2</sub> )	med	10.395±1.393				
F <sub>1</sub> [P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> — P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				14.0 ±2.206 12.545±0.488	0.5906 0.7558	1.2879
Italica livorno (P <sub>1</sub> )	high	28.005±6.314	18.99			5.6156*
Tohoku 149 (P <sub>2</sub> )	med	9.975±1.167				
F <sub>1</sub> [P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> — P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				16.625±0.573 8.025±0.092	0.2623 1.2163	29.6508**
Italica livorno (P <sub>1</sub> )	high	28.005±6.314	18.90			5.6432*
Saikai 198 (P <sub>2</sub> )	med	9.785±1.351				
F <sub>1</sub> [P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> — P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				12.575±1.676 15.470±0.636	0.6937 0.3760	3.2299
Italica livorno (P <sub>1</sub> )	high	28.005±6.314	18.38			6.0489*
Seohaebyeo (P <sub>2</sub> )	med	8.755±0.799				
F <sub>1</sub> [P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> — P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				8.815±0.389 7.015±0.516	0.9938 1.1808	5.5702*

Table 13. Continued

Parental variety and F <sub>1</sub> seeds	A <sup>†</sup>	P±S	Mid parents	F <sub>1</sub> ±S	Mean <sup>#</sup> dominance	T-value
Italica livorno (P <sub>1</sub> )	high	28.005±6.314				7.1069*
Milyang 126 (P <sub>2</sub> )	low	5.560±0.156	16.78			
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				14.110±0.948 9.245±0.955	0.2381 0.6716	7.2342*
Nonganbyeo (P <sub>1</sub> )	med	10.395±1.393				
Tohoku 149 (P <sub>2</sub> )	med	9.975±1.167	10.19			0.4623
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				10.805±1.831 5.185±1.690	2.9524 23.8095	4.5104*
Nonganbyeo (P <sub>1</sub> )	med	10.395±1.393				
Saikai 198 (P <sub>2</sub> )	med	9.785±1.351	10.09			0.6288
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				6.960±0.636 11.085±0.502	10.2623 3.2623	10.1778**
Nonganbyeo (P <sub>1</sub> )	med	10.395±1.393				
Seohaebyeo (P <sub>2</sub> )	med	8.755±0.799	9.575			2.0425
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				12.425±0.559 5.145±0.678	3.4756 5.4024	16.8744**
Nonganbyeo (P <sub>1</sub> )	med	10.395±1.393				
Milyang 126 (P <sub>2</sub> )	low	5.560±0.156	7.98			6.8990*
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				7.935±0.205 8.660±0.382	0.0176 0.2823	3.3455
Tohoku 149 (P <sub>1</sub> )	med	9.975±1.167				
Milyang 126 (P <sub>2</sub> )	med	9.785±1.351	9.88			0.2129
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				3.370±0.594 19.365±0.431	58.5263 5.1052	19.0583**
Tohoku 149 (P <sub>1</sub> )	med	9.975±1.167				1.7255
Seohaebyeo (P <sub>2</sub> )	med	8.755±0.799	9.37			
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				6.385±0.516 7.860±1.640	4.8852 3.2869	1.1339
Tohoku 149 (P <sub>1</sub> )	med	9.975±1.167				7.5018*
Milyang 126 (P <sub>2</sub> )	low	5.560±1.156	7.77			
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				3.865±0.290 8.640±0.834	1.7678 0.3952	10.8115**
Saikai 198 (P <sub>1</sub> )	med	9.785±1.351				1.3127
Seohaebyeo (P <sub>2</sub> )	med	8.755±0.799	9.27			
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				14.910±1.245 4.825±0.431	10.9515 8.6311	15.3135**
Saikai 198 (P <sub>1</sub> )	med	9.785±1.351				
Milyang 126 (P <sub>2</sub> )	low	5.560±1.156	7.67			6.2155*
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				7.815±1.068 3.935±0.191	0.0675 1.7692	7.1543*
Seohaebyeo (P <sub>1</sub> )	med	8.755±0.799				
Milyang 126 (P <sub>2</sub> )	low	5.560±1.156	7.16			7.8498*
F <sub>1</sub> [ P <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> └ P <sub>2</sub> × P <sub>1</sub> ]				6.920±0.721 9.075±2.821	0.1487 1.2003	1.4800

† : Estimation for germinability at low temperature

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

$$\# : \frac{\overline{P_1} + \overline{P_2}}{2}$$

\*, \*\* : Significant at 5% level and 1% level, respectively.

低溫發芽性 高 1品種, 低 1品種, 中 4品種을 選定  
 '94 하계에 切穎法에 의한 正逆二面交雜을 實施하여 얻어진  $F_1$  交配粒을 '95년 5월에 13°C 항온에서 低溫發芽 試驗을 실시하여 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 栽培 時期를 달리하여 收穫된 種子의 室內 및 圃場에서의 低溫發芽性 分散分析 結果 品種에 따라 栽培時期間に 고도의 有意差가 認定되었다.
2. 室內 13°C 항온 低溫發芽係數와 圃場의 自然狀態 乾畜直播에서의 出芽係數와의 相關分析 결과 고도의 有意한 相關( $r=0.5111^{**}$ )이 認定되었다.
3. 組合能力 分析 結果 一般組合能力 및 特定組合能力 모두 고도의 有意性이 認定되었으며, 一般組合能力이 特定組合能力보다 커서 相加的作用이 上位性 作用보다 더 크게 나타났다.
4. 正逆差異 分散分析 結果 正逆間에 고도의 有意差가 認定되었다.
5. 父親列 共分散 / 母親列 共分散 Graph에서 6개의 交配親 모두가 母本 效果를 보였으며, Alpha와 Beta 遺傳 分析 結果, 低溫發芽性의 正逆間 差異는 Alpha 遺傳의 效果로 나타났다.
6. 平均優性度 分析 結果, 30個 組合 중 17個 組合에서 超越分離를 보였으며, 그 중 9個 組合이 低溫發芽性이 낮은 쪽으로 超越分離를 보였다.

## LITERATURE CITED

1. Chang K.Y, Jun B.T and Kwak Y.H. 1978. Genetic studies on some quantitative characters of rice in diallel crosses. III. Differences of GCA and SCA effects in  $F_1$  and  $F_2$  generations. J. Korean Soc. Crop Sci. 23: 40-45.
2. Choi K.S, Om, Y.H and Ohta Y. 1983. Studies on the germination ability of pepper seeds at low temperature. VI. A genetic study on low temperature germination. Korean J. Breed. 15(1): 74-86.
3. Choi D.H and Youn K.M, 1994. Agroclimatic zoning based on critical early seedling date in dry-seeded rice analyzed by daily mean air temperature. Korean J. Crop Sci 39(5): 444-452.
4. Choi H.O, Ahn S.B, Lee J.H, Heu H, Lee S.S and Son J.K. 1977. Effects of low temperature on germination of rice. Research report of Crop Exp. Stn., Suwon, Korea. Phytotron experiment(I): 11-54.
5. \_\_\_\_\_, Lee J.H, Lee M.H and Min T.G. 1977. Effects of temperature and dormancy breaking on germination of new developed rice varieties. Korean J. Crop Sci. 22(2): 18-22.
6. Durrant A. 1985. Analysis of reciprocal difference in diallel crosses. Heredity. 19: 573-607.
7. Elsayed M.N and John C.A. 1973. Heritability studies of tomato emergence at different temperatures. Ibi. 98(5): 440-443.
8. Griffing B. 1956. A concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian J. Biol. Sci. 9: 463-493.
9. \_\_\_\_\_. 1956. A generalized treatment of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity 10: 31-50.
10. Hassan G.M. 1971. Inheritance studies of low and high temperature germination of tomato. Univ. of Califor. Ph. D. thesis. pp. 1-85.
11. Hayman B.I. 1954. The analysis of variance of diallel tables. Biometrics 10: 235-244.
12. 趙東三. 1995. 級의 生理와 生態. 鄉文社. 11-28.
13. Jun B.T, Kim J.I and Cho S.Y. 1987. Studies on the inheritance of quantitative characters in rice. VIII, Analysis on the low

- temperature germination in diallel cross of  $F_2$  generation. Korean J. Breed. 19(3): 240-244.
14. Jinks J.L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. Genetics. 39: 767-788.
  15. Kang J.R, Lim S.J, Kim S.C and Ko M.S, 1995. Effective screening condition for low temperature germinability of rice. Korean J. Crop Sci. 40(6): 711-715.
  16. Kim J.K. 1994. Studies on practical methods to control seed vigour in several food crops. Korean J. Crop Sci. 39(2): 128-138.
  17. Kim S.H, Kim J.K and Gu J.G. 1983. Effects of gibberellic acid on the germination of rice cultivars under low temperature and different nursery condition. J. of Gyeong sang Nat. Uni. 22: 11-16.
  18. Lee H.S. 1970. Studies on the germinability of rice seeds at low temperature. V, The physiological studies on the varietal difference of the seed germinability at low temperature. Korean J. Breed. 8: 37-46.
  19. Marani A and Dag J. 1962. Inheritance of the ability of cotton seeds to germinate at low temperature in the first hybrid generation. Ibi. 2: 243-245.
  20. Matzinger D.F and Kempthorne O. 1956. The modified diallel table with partial inbreeding and interactions with environment. Genetics. 41: 822-833.
  21. The manual for characterization and evaluation in plant genetic resources. Part 1. 1992. Nat. Ins. of Agrobiological Resources Min. of Agr. Fore. and Fis., Japan.
  22. Ng T.J and Tigchelaar E.C. 1973. Inheritance of low temperature seed sprouting in tomato. A.S.H.S. 98(3): 314-316.
  23. Oh Y.J. 1981. Physiological and ecological studies on the low temperature damages of rice. Korean J. Crop Sci. 26(1): 1-31.
  24. Sasaki T. 1974. Studies on breeding for the germinability at low temperature of rice varieties adapted to direct sowing cultivation in flooded paddy field in cool region. Research report of Hokkaido Nat. Agr. Exp. Stn., Sapporo Japan. 24: 1-90.
  25. Sasaki T, Kinoshita T and Takahashi M. 1974. Estimation of the number of genes in the germination ability at low temperature in rice. Jour. Facul. Agr., Hokkaido Univ., Sapporo, Japan. 57(3): 301-312.
  26. Sprague G.F and Tatum L.A. 1942. General and specific combining ability in single cross of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34: 923-932.
  27. 西山岩男. 1984. イネの冷害生理學. 北海道大學圖書刊行會. 16-58.
  28. 手島寅雄. 1954. 選種, 栽培種子編. 養賢堂. 128-192.
  29. Whittington, W. T. and Fierlinger P. 1972. The genetic control of time to germination in tomato. Ann. Bot. 36: 873-880.