

## 보리 출수기와 성숙기의 유전분석 및 내동성과의 관계

천종은\*<sup>†</sup> · 강석원\*

\*順天大學校 植物生産科學部

### Genetic Analyses of Heading and Maturing Dates and Their Relationship to Freezing Resistance in Barley

Jong Un Chun\*<sup>†</sup> and Seok Won Kang\*

\*Division of Plant Science, Suncheon Natl. Univ., Suncheon, 540-742, Korea

**ABSTRACT :** The combination of early heading time, maturing time and short grain-filling period is very important to develop early varieties in winter barley. The 4 parental half diallel crosses (parents, F<sub>1</sub>s, F<sub>2</sub>s) were cultivated at the field. The heading date was from April 3 to 26, maturing date from May 15 to 27 and grain-filling period from 31 days to 42 days, showing that the varietal differences about the 3 traits were remarkable. According to half diallel cross analyses, Dongbori 1 for heading time (late heading) was dominant, but Oweolbori (early heading) was recessive, showing partial dominance with high additive component of genetic variance. Dongbori 1 for maturing time was dominant, but Oweolbori was recessive, showing partial dominance with high additive variance. Reno for grain-filling period (short grain-filling period) was dominant, but Oweolbori (long grain-filling period) was recessive with additive, and partial dominance. There were highly significant mean squares for both GCA and SCA effects on the heading and maturing times, and GCA/SCA ratios for all traits were high, showing the additive gene effects more important. Sacheon 6 and Oweolbori had greater GCA effects for early heading and maturing times, and Dongbori 1 and Reno had greater GCA effects for late times. GCA effects were highly significant in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations, showing high GCA/SCA ratios (7.02). The heading and maturing times in field were positively correlated with antifreeze proteins concentrations, accumulation, resistance to photoinhibition and winter survival, respectively, but the grain-filling period did negatively correlated with the traits.

**Keywords :** genetic analysis, heading date, maturing date, grain-filling period, diallel cross, barley, freezing resistance

**보리종산의** 근본적인 과제는 작부체계를 합리화할 수 있는 보리품종의早熟化, 단위면적당 수량성의 제고와 품질개선이 라 하겠다. 보리 품종의 조숙화를 위한 연구방향은 파종부터 출수와, 출수부터 성숙기까지의 기간을 동시에 단축시키기 위하여 그 기간이 각각 짧은 특성을 조합시키는 것이 바람직하다. 이러한 과제를 해결하기 위하여는 출수기 및 등숙기간에 대한 유전자원 탐색과 유전 연구가 매우 중요하다. 보리의 출수기, 성숙기 및 登熟期間은 복합형질로서 유전자와 환경의 작용에 의하여 결정되는데 환경요인, 특히 일장 및 온도의 영향이 크게 작용한다(Cho, 1974; Ha *et al.*, 1978; 安田·下山, 1963). 이들 형질에 관여하는 생리적·유전적 요인은 그 품종의 생태적 적응성이나 수량성과도 직접적인 관련을 갖는다.

맥류의早熟品種을 육성하기 위해서는 월동 후 再生期에 節間伸長이 빠른 계통을 선발해야 하고(Inamura *et al.*, 1956), 아울러 短日鈍感型和 狹義早晚性이 짧은 품종을 교배에 이용해야 한다고 하였다(Cho, 1974). Ha *et al.*(1978)와 Cho(1974) 등은 대맥이나 소맥의 포장 출수기의 早晚에 관계한다고 보는 내적 요인을 春·秋播性, 광주반응, 협의의 早晚性으로 보고 이들에 대해서 생리적 분석과 유전연구를 실시하였다.

보리와 밀의 출수기 유전에 관하여 부생이 晩生에 대하여 우성이라는 보고(Florell, 1924; Griffee, 1925)와 만생이 조생에 대하여 우성이라는 상반된 보고(Frey, 1954)가 있었으며 수개의 주동유전자와 다수의 미동유전자가 관여한다고 보고(Crumpacker & Allard, 1962; Ennus, 1964; Johnson & Paul, 1958)하였다. Chung(1997)은 대맥에서 非感光性이 감광성에 대하여 單純劣性이라 하였다. 단일과 고온에서 품종간 출수 반응의 변이가 크고(Cho, 1974), 대·소맥의 조생과 만생종의 교잡에서 超越型 개체가 출현한다는 것을 Ennus(1964)와 安田·下山(1963)가 보고하였으며, 대맥에서 播性消去 후 短日反應, 狹義 早晚性, 포장 출수기는 polygene에 의해 지배되고(高橋·安田, 1960), 춘과 소맥의 경우 출수기의 조만에 일장 반응이 중요한 요인이라고 보고하였다. 安田·下山(1963)는 대

<sup>†</sup>Corresponding author: (phone) +82-61-750-3212 (E-mail) Chunju@sunchon.ac.kr <Received October 23, 2001>

맥의 포장 출수기에 관여하는 유전자로서 4종의 주동유전자를 추정하였고 그중 2종은 우성 조속 유전자로 제 7번 염색체상에 있다고 하였다.

보리(Chung, 1997; Crumpacker & Allard, 1962; Frey 1954)와 밀(Cho, 1974)에서 보고된 출수기의 유전력은 연도 및 재료에 따라서 다르나 26~92%로 초기세대에 선발효율이 매우 큰 편이다. 소맥(Gebeyehou *et al.*, 1982; Nass & Reiser, 1975)과 대맥(Aksel & Johnson, 1961; Rasmusson *et al.*, 1979)의 登熟期間 및 登熟比率에 대한 연구가 보고되었으며, Gebeyehou *et al.*(1982)은 소맥에서 등숙기간의 품종 또는 교잡계통간의 차이를 보고하였다. 소맥의 등숙기간과 등숙비율은 품종간 차이가 있으며 이 두 형질은 유전적으로 서로 관련이 없으므로 동시에 선발이 가능하다. 춘과성 소맥(Nass & Reiser, 1975)에서는 등숙속도가 등숙기간보다 수량에 미치는 영향이 더 크다고 하였다. Aksel & Johnson(1961)은 대맥의 二面交雜分析에서 등숙기간이 긴 交配親에 적어도 一條의 유전자가 우성으로 작용하며, 그 후대 중에서 출수일수와 등숙기간이 짧은 것들을 선발할 수 있다고 보고하였다. Rasmusson *et al.*(1979)은 반복 처리구에서 대맥의 등숙기간의 유전력은 매우 높다고 하였다.

본 연구의 목적은 보리의 출수기 및 성숙기의 유전력과 이들 형질과 내동성과의 관계를 분석하여, 이들 형질에 대한 효과적인 선발에 필요한 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 1998년부터 2001년까지 4년에 걸쳐 순천대학교 실험포장에서 실시하였다. 耐凍性 정도가 다른 보리 4개 품종

(사천6호, 오월보리, 동보리1호, Reno)을 1998년 가을에 포장에서 파종(播種, 極晩播)하여 部分二面交雜(half diallel cross)하여, F<sub>1</sub> 교잡종을 양성하고, 다음 연도에 F<sub>1</sub> 교잡종을 자식하여 F<sub>2</sub> 세대를 양성하였다. 2000년 10월 25일에 실험포장에 4개의 교배친, 6 조합의 F<sub>1</sub> 및 F<sub>2</sub> 세대의 종자를 주간 2~3 cm 간격으로 난괴법 2 반복으로 파종하였다. 교배친은 3월 150개체, F<sub>1</sub>은 2월 100개체, F<sub>2</sub>은 5월 250개체씩 파종하였다. 모든 실험의 출수기는 각 개체의 主莖이삭이 출수한 날로 하였다. 성숙기는 곡립의 外穎이 淡黃色(grayish yellow)으로 변화한 때를 기준으로 하였다. 유전 분석에 있어서 포장 出穗日數는 생육이 활발하게 시작되는 3월 1일부터 출수기까지의 일수로, 成熟日數는 3월 1일부터 성숙기까지의 일수로, 登熟期間은 출수기에서 성숙기까지의 일수로 계산하였다. Antifreeze proteins (AFPs)의 추출 및 농도측정은 포장 파종 35일 및 55일의 유묘를 사용하여, Chun *et al.*(1998)의 방법에 준하였다. 광합성의 光阻害現象은 같은 시료를 저온과 강한 광조건에서 8시간 및 12시간 광저해를 유도하여 조사하였으며(Fv/Fm; Chun *et al.*, 2000), TTC의 還元力에 의한 조직의 生存率 검정은 동일 시료를 -7°C 및 -13°C에서 각각 2시간 동결처리 후에 조사하였다(Chun *et al.*, 2000). 실험성적에 대한 유전분석 및 조합능력의 검정은 New Mystat(Choe, 1998)을 이용하였다.

결과 및 고찰

교배친 및 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 세대의 出穗日數, 成熟日數 및 登熟期間의 비교

本 實驗에 공시된 交配親과 F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 세대의 出穗日數, 成熟日數 및 登熟期間은 Table 1과 같다. 交配親의 출수기는 오월보

Table 1. Mean values for heading days, maturing days, and grain-filling periods in the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> of 4 parental half diallel cross grown in field.

Cross	Heading date		Heading day		Maturing date		Maturing day		Grain-filling period	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
S6×S6 <sup>†</sup>	Apr 12	Apr 12	43	43	May 19	May 19	80	80	37	37
S6×OW	13	7	44	38	20	17	81	78	37	40
S6×D1	21	15	52	46	23	22	84	83	32	37
S6×RE	21	16	52	47	24	23	85	84	33	38
OW×OW	3	3	34	34	15	15	76	76	42	42
OW×D1	19	16	50	47	25	24	86	85	36	38
OW×RE	23	19	54	50	22	26	83	87	31	37
D1×D1	23	23	54	54	26	26	87	87	33	33
D1×RE	26	24	57	55	26	28	87	89	31	34
RE×RE	26	26	57	57	27	27	88	88	31	31
Mean	Apr 19	Apr 16	49.6	47.1	May 23	May 23	83.7	83.7	34.3	36.7
SD	7.3	7.4	7.2	7.4	3.8	4.4	3.8	4.4	3.6	3.3
CV(%)	38.4	46.3	14.5	15.7	16.7	19.4	4.5	5.3	10.5	9.0

Heading day : days from 1 March to heading date, maturing day : days from 1 March to maturing date, grain-filling period : days from heading to maturing date. <sup>†</sup>S6 : Sacheon 6, OW : Oweolbori, D1 : Dongbori 1, RE : Reno.

리가 4월 3일, 사천6호가 4월 12일, 동보리1호가 4월 23일. Reno가 4월 26일로 품종간 出穗期의 차이가 현저하였다. 出穗日數는 오월보리가 34일, 사천6호가 43일, 동보리1호가 54일, Reno가 57일로 품종간 變異가 컸다. 成熟期는 오월보리가 5월 15일, 사천6호가 5월 19일, 동보리1호 및 Reno가 5월 26~27日이었다. 成熟日數는 오월보리가 76일, 사천6호가 80일, 동보리1호 및 Reno가 87~88日이었으며, 사천6호가 37일, 오월보리가 42일로 출수가 빠른 품종일수록 登熟期間이 길어졌다. F<sub>1</sub> 세대에서 각 組合別 出穗日數, 成熟日數 및 登熟期間의 평균치는 각 조합별로 다양하였으며, F<sub>2</sub> 세대와 비슷한 경향을 보였다. F<sub>1</sub> 세대에서 출수기나 성숙기가 양친보다 빠르거나 늦은 것은 없었으며 F<sub>2</sub> 세대에서 비슷한 경향을 보였다.

**분산성분에 의한 유전분석**

유전모수를 추정하는데 있어 중요한 전제가 되는 W<sub>r</sub>-V<sub>r</sub>이 품종간 차이가 없어야 한다는 가설에 대한 분산분석 결과는 Table 2와 같다. 출수일수, 성숙일수 및 등숙기간에 대한 W<sub>r</sub>-V<sub>r</sub>의 분산분석결과, 세대별 출수일수, 성숙일수 및 등숙기간에 대한 交配列 W<sub>r</sub>-V<sub>r</sub>의 분산분석은 각 형질간 공히 유의적인 차이가 없었다. 또한 V<sub>r</sub>·W<sub>r</sub>그래프에서 이들 형질에 대한 회귀계수가 0.86~0.97로 1과(b=1) 유의차가 없었기 때문에 非對立 遺傳子의 작용이 없는 것으로 간주할 수 있었다.

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 및 교배친의 변이로부터 산출한 회귀계수가 1과 유사하므로(0.97) 출수기에 대립유전자 작용이 지배적이었으며 회귀직선이 原點 위를 통과하므로 部分優性을 보였다(Fig. 1). 이러한 결과는 Crumpacker & Allard(1962), Chung(1977) 및 Cho(1974)가 大·小麥에서 포장 출수기에 대한 연구보고와 일치하였다.

회귀직선상에 優性對立因子를 가진 교배친은 적은 交配列 分散과 공분산을 가지므로 원점에 가까이 위치하며, 열성인 교배친은 큰 교배열 분산과 공분산을 가지므로 회귀직선상의 끝 부분에 위치한다. 따라서 F<sub>1</sub>에서 Reno와 동보리1호는 우성으로 오월보리는 열성으로, F<sub>2</sub>에서는 동보리1호, 사천6호가 우성

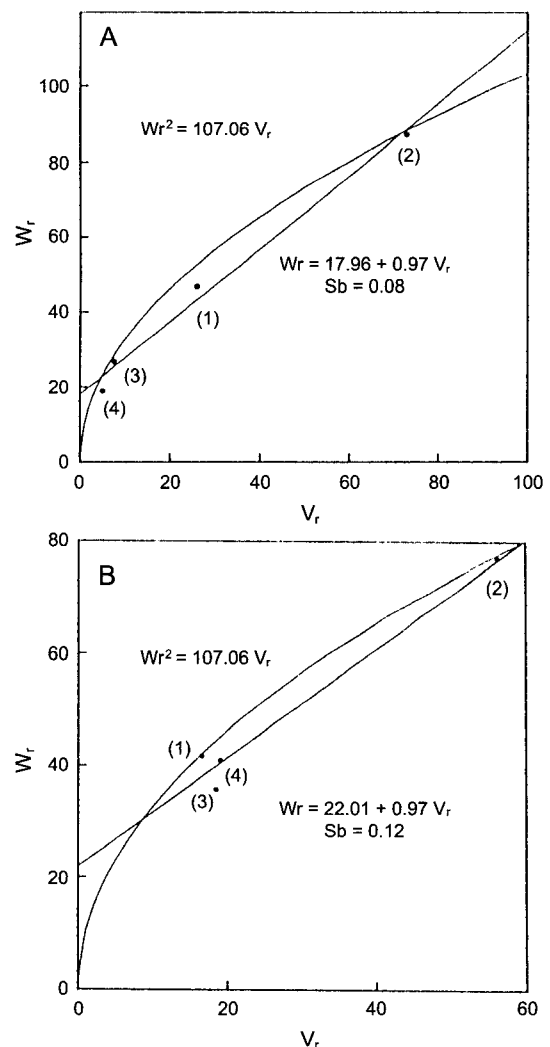
**Table 2.** Mean squares for W<sub>r</sub>-V<sub>r</sub> of heading days, maturing days and grain-filling periods in the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> of 4 parental half diallel cross grown in field.

Source	DF	Mean square					
		Heading day		Maturing day		Grain-filling period	
		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
Replications	1	169.59	156.06	0.28	0.03	3.34	18.50
Arrays	3	36.74 <sup>ns</sup>	23.49 <sup>ns</sup>	20.17 <sup>ns</sup>	14.86*	3.64 <sup>ns</sup>	3.22 <sup>ns</sup>
Error	3	23.36	32.44	9.55	1.45	6.23	3.83

\*Significant at the 0.05 probability level, <sup>ns</sup>: not significant. Heading day : days from 1 March to heading date, maturing day : days from 1 March to maturing date, grain-filling period : days from heading to maturing date.

으로 오월보리가 열성으로 나타났다(Fig. 1).

출수기에 대한 분산분석과 유전적 모수는 Table 3에서 보는 바와 같다. F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 세대에서 優性程度[(H<sub>1</sub>/D)<sup>2</sup>]는 0.42~0.59 이었고, D>H<sub>1</sub>이므로 출수기의 유전은 유전자의 相加的 작용이 큰 부분우성으로 나타났다. 만일 유전자가 우성효과를 나타내지 않거나, 각 유전자의 우성과 열성 對立遺傳子가 양친에 균등하게 분포되면, F=0가 되나 17.32~33.90으로 우성효과가 F<sub>1</sub>에서 큰 반면 F<sub>2</sub>에서는 작아졌다. 平均遺傳子頻度(H<sub>2</sub>/4H<sub>1</sub>)는 0.24~0.25로 교배친에서 우성과 열성의 대립유전자의 빈도가 비슷하였다. 이것은 양친 식물에 우성과 열성 대립유전자의 빈도가 같게 분포되어 있을 때(μ=v=0.5), 최대치인 0.25가 된다. 關與遺傳子數(K)가 0.30~1.35로 관여 유전자수가 적는데 이것은 출수기를 지배하는 유전자 가운데 우성 정도가 높은 소수의 유전자가 K의 추정에 non-proportional effect를



**Fig. 1.** V<sub>r</sub> · W<sub>r</sub> graph for heading days in 4 parental half diallel cross grown in field. A : F<sub>1</sub>, B : F<sub>2</sub>. The parents are : (1) Sacheon 6, (2) Oweolbori, (3) Dongbori 1, (4) Reno.

**Table 3.** Genetic components of variation for heading days, maturing days and grain-filling periods in the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> of 4 parental half diallel cross grown in field.

Component	Estimate					
	Heading day		Maturing day		Grain-filling period	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
D	106.15 ± 3.97	105.77 ± 3.63	34.02 ± 3.05	30.59 ± 3.32	22.46 ± 1.54	22.01 ± 1.60
H <sub>1</sub>	36.82 ± 11.53	18.72 ± 10.56	12.58 ± 8.87	13.64 ± 9.65	12.10 ± 4.48	4.49 ± 4.64
H <sub>2</sub>	36.57 ± 10.64	17.70 ± 9.75	12.95 ± 8.19	13.19 ± 8.91	14.78 ± 4.13	7.91 ± 4.28
h <sup>2</sup>	49.19 ± 7.22	0.49 ± 6.61	6.03 ± 5.55	7.43 ± 6.04	13.53 ± 2.80	4.20 ± 2.91
F	33.90 ± 10.19	17.32 ± 9.34	15.48 ± 7.84	-0.91 ± 6.53	3.54 ± 3.96	8.43 ± 4.10
E	0.91 ± 1.77	1.29 ± 1.63	0.71 ± 1.36	0.64 ± 1.48	0.71 ± 0.69	1.16 ± 0.71
(H <sub>1</sub> /D) <sup>1/2</sup>	0.59	0.42	0.61	0.67	0.73	0.45
H <sub>2</sub> /4H <sub>1</sub>	0.25	0.24	0.26	0.24	0.31	0.44
K <sub>D</sub> /K <sub>R</sub>	1.74	1.48	2.20	0.96	1.24	2.47
h <sup>2</sup> /H <sub>2</sub> (K)	1.35	0.30	0.47	0.56	0.92	0.53
Herit (B)	0.98	0.97	0.95	0.97	0.94	0.86
Herit (N)	0.78	0.89	0.70	0.80	0.65	0.62

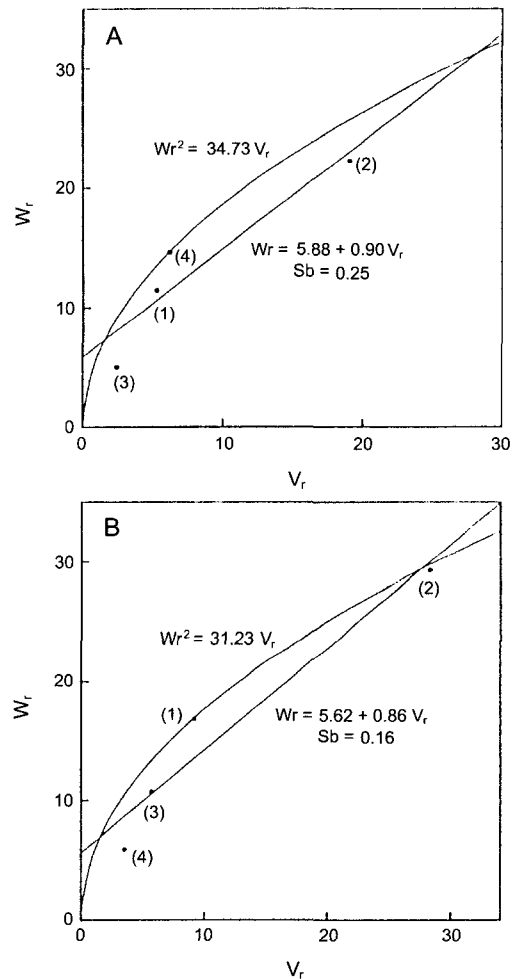
Herit : heritability, heading day : days from 1 March to heading date, maturing day : days from 1 March to maturing date, grain-filling period : days from heading to maturing date.

초래한 것으로 생각되었다. 또한 V<sub>r</sub> · W<sub>r</sub> 그래프에서 F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub>에서 우성순위가 다른 품종이 있으므로 우성이 같은 방향으로 작용하지 않아 관여 유전자수가 적게 추정되었던 것 같다. 협의 유전력은 0.78~0.89로 높았다.

출수기에 대한 유전은 유전자의 상가적 작용이 큰 부분우성으로 나타났으며 출수기가 늦은 동보리1호와 Reno은 우성으로 조기 출수성인 오월보리는 열성으로 나타나서 출수가 늦은 계통이 열성으로, 출수가 빠른 계통이 우성으로 나타났다고 보고된 Chun(1985)의 보고와 相異하였다. Johnson & Paul(1958)이 대맥 5조합을 이용하여 분석한 결과는 조숙이 만숙에 대하여 우성으로 2-5개의 主動 遺傳子의 지배를 받으며, Florell (1924), Griffiee(1925) 등은 大 · 小麥에서 포장출수기는 조숙이 만숙에 대하여 優性 單因子에 의해 지배된다고 한 보고와 상이하였다. 따라서 출수기의 유전은 유전자의 상가적 작용이 매우 중요하며, 우성인 少數의 主動因子와 微動遺傳子의 작용도 있는 것으로 생각된다.

V<sub>r</sub> · W<sub>r</sub> 그래프에서 성숙기에 대한 회귀직선이 원점 위를 통과하므로 부분우성을 보였으며, F<sub>1</sub>에서 동보리1호가 우성으로, 오월보리가 열성으로 나타났으며, F<sub>2</sub>에서는 Reno와 동보리1호가 우성으로 오월보리가 열성으로 나타났다(Fig. 2). 출수기, 성숙기에 대해서 V<sub>r</sub> · W<sub>r</sub> 회귀직선상에 교배친의 위치가 세대간에 다소 변이가 있는데 이것은 두 형질에서 각각 다른 유전자가 작용하며 환경에 따라 그 표현정도가 다르고 유전자간의 상호작용에 의해서 표현이 다르게 나타난 것으로 생각되었다.

성숙기에 대한 분산성분과 유전적 모수는 Table 3과 같다. 우성정도는 0.61~0.67이고 D>H<sub>1</sub>이므로 성숙기에 대한 유전은 유전자의 상가적 작용이 큰 부분우성으로 나타났으며, F<sub>1</sub>에서 15.48로 우성효과가 크게 작용하였다. 平均 遺傳子頻度



**Fig. 2.** V<sub>r</sub> · W<sub>r</sub> graph for maturing days in 4 parental half diallel cross grown in field. A : F<sub>1</sub>, B : F<sub>2</sub>. The parents are : (1) Sacheon 6, (2) Oweolbori, (3) Dongbori 1, (4) Reno.

( $H_2/4H_1$ )는 0.24~0.26로 우성과 열성의 대립유전자 빈도가 비슷하였다. 關與遺傳子數(K)은 0.47~0.56로 매우 적었는데 이것은 성숙기를 지배하는 유전자 가운데 우성정도가 높은 소수 유전자의 non-proportional effect가 K의 추정에 영향을 미친 것으로 생각되며, 협의 유전력은 0.70~0.80으로 높았다.

성숙기에 대한 유전은 유전자의 상가적 작용이 큰 부분우성으로 나타났으며 성숙이 늦은 Reno가 우성으로 조기 등숙성인 오월보리가 열성으로 나타났다. 世代間에 교배친의 우성정도가 다소 달랐는데 Chun *et al.*(1985) 보고와 비슷하였다.

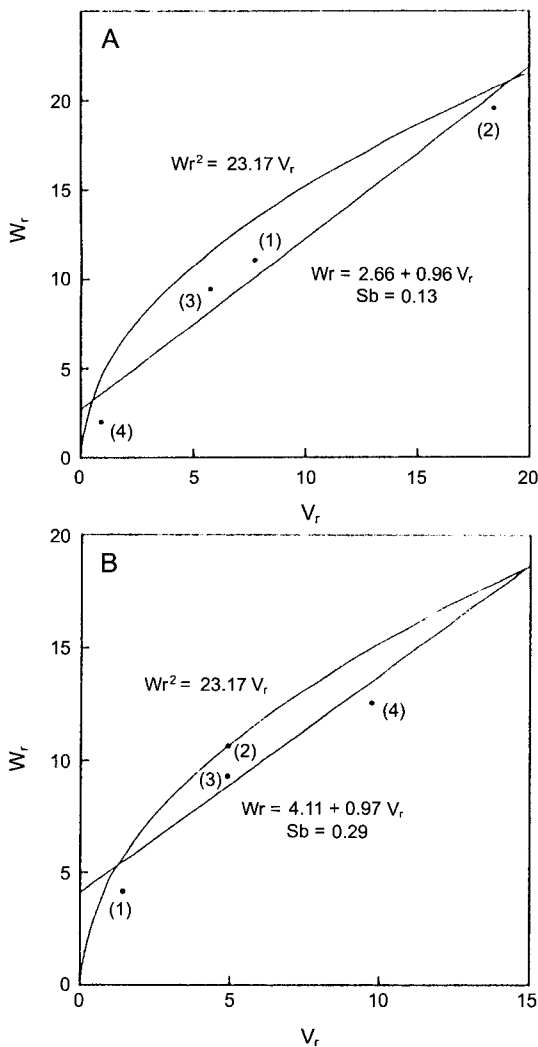
$V_r \cdot W_r$  그래프에서 등숙기간에 대한 회귀직선이 원점 위를 통과하므로 부분우성을 보였으며,  $F_1$ 에서 Reno가 우성으로, 오월보리가 열성으로,  $F_2$ 에서는 사천6호가 우성으로 Reno가 열성으로 작용하여 世代間 優·劣性의 표현정도가 달랐다(Fig. 3). 이것은 출수기, 성숙기에 대한 유전은 다른 유전자간의 상

호 작용에 의해서 표현이 다르게 나타난 것으로 생각된다. 예를 들면 Reno는 출수일수 및 성숙일수가 가장 길은 품종(57일, 81일)이나, 등숙기간은 가장 짧게(31일) 나타났다. 이면교잡에서 등숙기간에 대한 유전분석결과(Table 3), 평균우성정도는 0.45~0.73이고  $D>H_1$ 이므로 등숙기간에 대한 유전은 유전자의 상가적 작용이 큰 부분우성으로 표현되었다. 平均遺傳子頻度는 0.31~0.44로 우성과 열성의 대립유전자 빈도가 달랐다. 관여유전자수는 0.53~0.94로 관여유전자수가 매우 적은 것으로 나타났는데, 이것은 등숙기간을 지배하는 유전자 가운데 우성정도가 높은 소수의 유전자가 non-proportional effect를 초래하였거나 우성이 같은 방향으로 작용하지 않아 관여유전자수가 낮게 추정되었던 것 같았다.

등숙기간의 유전은 유전자의 상가적 작용이 큰 부분우성으로 작용하였으며, 短期 등숙성인 Reno가 우성으로, 長期 등숙성인 오월보리가 열성으로 표현되어 Chun *et al.*(1985)보고와 비슷하였다. 그러나 Aksel & Johnson(1961)이 대맥의 이면교잡분석에서 長期 登熟期間은 적어도 유전자 群이 우성으로 작용한다고 보고한 결과와는 다소 차이가 있었다.  $F_1$ 에서 등보리1호 및 Reno는 만기 출수성 및 성숙성이 우성으로, 오월보리는 조기 출수성 및 성숙성이 열성으로 표현되었다. 또한 Reno는 짧은 등숙기간이 우성으로 나타나 출수기와 등숙기간에 작용하는 유전자가 서로 관련된 것으로 추정되었다.

**조합능력검정**

이면교잡의  $F_1$ 과  $F_2$  세대에서 출수기, 성숙기 및 등숙기간에 대한 一般組合能力(GCA) 및 特定組合能力(SCA)의 분산량에 대한 유의성을 검정한 결과는 Table 4와 같다. 각 세대별로 이들 형질에 대한 일반조합능력의 효과는 고도의 유의적인 차이를 보였고 특정조합능력의 효과는  $F_2$  세대의 등숙기간을 제외한 각 형질에서 유의차가 있었다. 더욱 각 형질들에 대한



**Fig. 3.**  $V_r \cdot W_r$  graph for grain-filling periods in 4 parental half diallel cross grown in field. A :  $F_1$ , B :  $F_2$ . The parents are : (1) Sacheon 6, (2) Oweolbori, (3) Dongbori 1, (4) Reno.

**Table 4.** Mean squares of GCA and SCA for heading days, maturing days and grain-filling periods in the  $F_1$  and  $F_2$  of 4 parental half diallel cross grown in field.

Source	DF	Mean square					
		Heading day		Maturing day		Grain-filling period	
		$F_1$	$F_2$	$F_1$	$F_2$	$F_1$	$F_2$
GCA	3	128.57**	146.36**	37.69**	49.23**	30.75**	26.19**
SCA	6	12.75**	4.97*	3.80*	4.07**	4.38**	2.05 <sup>ns</sup>
Error	9	0.91	1.29	0.71	0.64	0.71	1.16
GCA/ SCA		10.08	29.45	9.92	12.10	7.02	12.88

\*, \*\*Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively, <sup>ns</sup>: not significant. Heading day : days from 1 March to heading date, maturing day : days from 1 March to maturing date, grain-filling period : days from heading to maturing date.

일반조합능력의 분산량은 특정조합능력의 분산량보다 7.02~29.45배가 컸다. 이 결과는 이들 형질에 대해서 유전자의 상가적 작용이 크다는 것을 시사해 주며(Griffing, 1956), 특정조합능력의 효과는 F<sub>1</sub>에 비해서 F<sub>2</sub>에서 감소되었는데, F<sub>2</sub>에서 우성의 효과가 적어졌기 때문이다.

출수기, 성숙기 및 등숙기간의 일반조합능력의 효과는 Table 5에서 보는 바와 같이, 출수기의 일반조합능력의 효과는 사천6호, 오월보리가 부의 방향 즉 출수가 빠른 방향으로 동보리1호, Reno은 정의 방향 즉 출수가 늦어지는 방향으로 효과를 보였다. 성숙기의 일반조합능력의 효과도 출수기와 같은 경향을 보였으나, 등숙기간은 사천6호, 오월보리가 정의 방향 즉 등숙이 길어지는 방향으로, Reno와 동보리1호는 부의 방향 즉 등숙이 짧아지는 방향으로 효과를 보였다. F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 세대에서 3개 형질의 일반조합능력효과는 비슷한 경향을 보였다.

출수기, 성숙기 및 등숙기간에 대한 일반조합능력의 분산량은 유의적 차이가 있으며, 일반조합능력이 특정조합능력보다 매우 커서 이들 형질에 대해 유전자의 相加的 분산이 非相加的 분산보다 더 중요함을 제시하여 준다(Griffing, 1956). F<sub>2</sub>

세대에서 GCA/SCA비가 증가되었는데 이는 F<sub>1</sub>에서 잡종강세(heterosis)의 대부분이 上位性 效果(epistatic effect)에 기인된 것 같다. 상가적 변이는 고정 가능한 변이로 유전자의 효과를 集積할 수 있으므로 이를 형질의 개량 가능성은 크다고 하였다.

**관련형질간 상관관계**

교배친 및 F<sub>1</sub> hybrids에서 관련 형질간 상관관계는 Table 6와 같다. 포장 출수기(X<sub>7</sub>)는 結米防止 蛋白質의 濃度(X<sub>1</sub>-X<sub>2</sub>)과 고도의 정의 상관, 광합성의 光阻害에 대한 耐性(X<sub>3</sub>-X<sub>4</sub>)과 고도의 정의 상관, 포장 내동성(X<sub>5</sub>-X<sub>6</sub>)과 정의 상관을 보여 보리의 출수가 늦어질수록 결빙방지 단백질의 축적이 많고, 저온조건에서 강한 광선에 의한 光阻害가 적고, 내동성도 강한 경향이 있다. 또한 포장 성숙기(X<sub>8</sub>)는 출수기와 같은 경향을 보여 내동성과 관련된 형질이 晩熟性和 관계가 높았다. 登熟期間은 각 형질간 상관관계가 有意性 程度의 차이가 있었으나, 각 형질과 負의 상관을 보였다. 출수기는 성숙기와 정의 상관을, 등숙기간과는 부의 상관을 보였다. 따라서 조숙성이면서, 내동성이 강한 품종을 육성한다는 것은 매우 어려운 일이므로 목적 형질을 가진 교배친의 선발과 교잡 초기세대에서 이들 형질에 대한 선발방법의 개발이 필요하다. 출수기, 성숙기는 등숙기간과 고도의 負의 상관을 보여, 교잡초기세대에서 유망계통을 선발할 때에 두 형질간에 補助的 作用이 적을 것으로 보인다.

**Table 5.** The general combining ability effects for heading days, maturing days and grain-filling periods in the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> of 4 parental half diallel cross grown in field.

Parents	Heading day		Maturing day		Grain-filling period	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
Sacheon 6	-2.38	-3.08	-1.50	-2.13	0.75	1.00
Oweolbori	-5.29	-5.25	-2.75	-2.79	2.75	2.42
Dongbori 1	3.04	3.33	2.08	2.13	-1.00	-1.25
Reno	4.63	5.00	2.17	2.79	-2.50	-2.17
S.E.(Gi)	0.34	0.40	0.30	0.28	0.30	0.38
S.E.(Gi-Gj)	0.55	0.66	0.49	0.46	0.49	0.62

**적 요**

보리의 조숙 품종을 육성하기 위해서는 조기 출수인자에 단기 등숙성 인자를 도입하는 것이 중요하므로 출수기, 성숙기 및 등숙기간의 유전에 관한 정보를 얻고자 4개 품종(사천6호,

**Table 6.** Simple correlation coefficients among traits related to earliness and freezing resistance in 4 parental half diallel cross.

Variable	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
X <sub>1</sub>	1							
X <sub>2</sub>	0.995**	1						
X <sub>3</sub>	0.903**	0.900**	1					
X <sub>4</sub>	0.774**	0.790**	0.877**	1				
X <sub>5</sub>	0.952**	0.971**	0.883**	0.846**	1			
X <sub>6</sub>	0.970**	0.971**	0.867**	0.774**	0.944**	1		
X <sub>7</sub>	0.767**	0.757*	0.921**	0.776**	0.736*	0.648*	1	
X <sub>8</sub>	0.763*	0.728*	0.849**	0.670*	0.680*	0.639*	0.932**	1
X <sub>9</sub>	-0.702*	-0.708*	-0.876**	-0.773**	-0.708*	-0.578 <sup>ns</sup>	-0.971**	-0.830**

X<sub>1</sub> : antifreeze protein concentration extracted from leaves nonacclimated in field (35-day old plants), X<sub>2</sub> : antifreeze protein concentration extracted from leaves cold-acclimated in field (55-day old plants), X<sub>3</sub> : 8 hour photoinhibition in plants grown for 35 days, X<sub>4</sub> : 12 hour photoinhibition in plants grown for 55 days, X<sub>5</sub> & X<sub>6</sub> : absorbance ratios of TTC reduction to control treated with -7 and -13 in 35- and 55-day old plants, respectively, X<sub>7</sub> : Heading day, X<sub>8</sub> : Maturing day, X<sub>9</sub> : days from heading to maturing date. \*, \*\*Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. <sup>ns</sup> : not significant.

오월보리, 동보리1호, Reno), F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 세대의 종자를 포장에 파종, 재배하여 출수기, 성숙기 및 등숙기간을 조사하였다.

1. 출수기는 4월 3일~4월 26일, 성숙기는 5월 15일~5월 27일, 등숙기간은 31일~42일로 교배친 및 F<sub>1</sub> 조합간 차이가 현저하였다.

2. 부분 이면교잡에 의한 분산분석 결과, 출수기에 대해서 동보리1호(출수기 늦음)는 優性으로, 오월보리는(출수기 빠름)劣性으로, 출수기 유전은 유전자의 相加的 작용이 큰 部分優性으로 나타났다.

3. 성숙기에 대해서 동보리1호가 우성으로, 오월보리가 열성으로, 성숙기 유전은 유전자의 상가적 작용이 큰 部分우성으로 나타났다.

4. 등숙기간에 대해서 Reno(등숙기간이 짧음)가 우성으로 오월보리(등숙기간이 길음)은 열성으로 유전자의 상가적 작용이 큰 部分우성으로 나타났다.

5. 출수기, 성숙기에 대한 일반조합능력의 분산량은 고도의 유의성이 인정되고, GCA분산이 SCA분산보다 출수기는 10.1~29.5배, 성숙기는 9.9~121배 높아서 유전자의 상가적 작용이 컸으며, 사천6호와 오월보리는 출수와 성숙이 빠른 방향으로, 동보리1호와 Reno는 늦어지는 방향으로 효과를 보였다.

6. 등숙기간에 대해서 GCA 효과는 F<sub>1</sub>과 F<sub>2</sub> 세대간 유의적 차이가 있었고 GCA/SCA비가 크므로 유전자의 상가적 작용이 현저하였다.

7. 포장 출수기, 성숙기는 결빙방지 단백질의 농도, 광합성의 광저해에 대한 내성, 포장 내동성과 고도의 정의 상관관, 등숙기간은 각 형질들과 負의 상관관을 보였다.

## 사 사

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구되었음(KRF-99-041-G00073).

## 인용문헌

- Aksel, R. and L. P. V. Johnson. 1961. Genetic studies on sowing-to-heading and heading-to-ripening periods in barley and their relation to yield and yield components. *Can. J. Genet. Cytol.* 3 : 242-259.
- Cho, C. H. 1974. Studies on the inheritance of heading date in wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *J. Korean Soc.* 15 : 1-31.
- Choe, B. H. 1998. NEW MYSTAT. Chungnam National Univ. pp.101.
- Chun, J. U. 1985. Genetic analysis of heading time and grain-filling period in barley (*Hordeum Vulgare* L.). Seoul National University Ph. D. thesis. pp. 59.
- Chun, J. U., I. H. Jeong, and M. Griffith. 1997. Difference in photoinhibition in wheat chromosome substitution lines for freezing resistance. *Korean J. Breed.* 29(3) : 59-367.
- Chun, J. U., X. M. Yu, and M. Griffith. 1998. Genetic studies of anti-freeze proteins and their correlation with winter survival in wheat. *Euphytica* 102 : 219-226.
- Chun, J. U., S. W. Kang, D. S. Song, and J. Choi. 2000. Establishment of simple method for freezing resistance with use of electrical conductivity and 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride in tea (*Camellia sinensis* L.). *J. Kor. Tea Soc.* 6(3) : 121-133.
- Chun, J. U., I. H. Jeong, and H. K. Choi. 2000. A simple method for testing freezing resistance based on chlorophyll fluorescence in tea (*Camellia sinensis* L.). *Korean J. Crop Sci.* 45(5) : 322-327.
- Chung, T. Y. 1997. 8-parents diallel cross analysis on heading date of barley. *J. Korean Soc. Crop Sci.* 22(2) : 71-79.
- Crumpacker, D. W. and R. W. Allard. 1962. A diallel cross analysis of heading date in wheat. *Hilgardia* 32(6) : 275-318.
- Ennus, A. M. 1964. Inheritance of earliness in barley. *Euphytica* 13 : 46-56.
- Florell, V. H. 1924. Studies on the inheritance of earliness in wheat. *J. Agr. Res.* 29 : 333-347.
- Frey, K. J. 1954. Inheritance and heritability of heading date in barley. *Agr. J.* 46 : 226-228.
- Gebeyehou, G., D. R. Knott, and R. J. Baker. 1982. Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22 : 337-340.
- Griffee, F. 1925. Correlated inheritance of botanical characters in barley and manner of relation to *Helminthosporium sativum*. *J. Agr. Res.* 30 : 915-935.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9 : 463-493.
- Ha, Y. W., R. Takahashi, and S. Yasuda. 1978. Geographical variations of barley heading dates and analysis of their internal factors. *Res. Rep. ORD.* 20(Crop) : 115-180
- Hayman, B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39 : 789-809.
- Inamura, H. and S. Nonaka. 1956. Study on the breeding of early varieties of wheat and barley. (II) Heritability of time of internode-elongation and time of heading, genetic correlation of them, and the discrimination of the most desirable hybrid combinations in the wheat hybrid bulks. *關東東山農試報告* 11 : 29-35.
- Jinks, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics* 39 : 767-788.
- Johnson, L. P. V. and G. I. Paul. 1958. Inheritance of earliness in barley. *Can J Plant Sci.* 38 : 219-233.
- Nass, H. G. and B. Reiser. 1975. Grain filling period and grain yield relationships in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 55 : 673-678.
- Rasmusson, D. C., I. McLean, and T. L. Tew. 1979. Vegetative and grain-filling periods of growth in barley. *Crop Sci.* 19 : 5-9.
- 高橋隆平, 安田昭三. 1960. 麥類の出穂生理とその遺傳. 第5報. 大麥品種の光週性と溫度との關係. *農學研究* 47 : 213-228
- 安田昭三, 下山博. 1963. 麥類の出穂生理とその遺傳 第6報. 大麥の戶外秋播出穂期に關與する遺傳子の檢出. *農學研究* 50 (4) : 167-186.
- Yasuda, S. 1981. The physiology of earliness in barley. *Barley Genetics IV.* pp. 507-517. Fourth International Barley Genetics Symposium, Edinburgh.