

二面交雜에 의한 大麥形質의 遺傳分析

鄭元福* · 鄭大守* · 武田和義** · 佐藤和廣**†

*東亞大學校 生命資源科學大學

**岡山大學 資源生物科學研究所

Diallel Cross Analysis of Characters in Barley

Won-Bok Chung*, Dae-Soo Chung*, Kazuyoshi Takeda**, Kazuhiro Sato**†

*Coll. of Natural Resources and Life Science, Dong-A Univ., Pusan 604-714, Korea

**Research Institute for Bioresources, Okayama Univ., Kurashiki, Okayama 710, Japan

Abstract

In this experiment, gene actions were analyzed for seven barley parents in order to obtain basic information on their genetic improvement by diallel crosses. The results obtained were summarized as follows. In analysis of variance, additive, dominant, maternal and reciprocal effects were observed significantly for culm length, tiller number, number of spikes per plant, culm diameter, awn length, leaf width, number of grains per spike, and 1000 grain weight. Over-dominance was shown by Vr-Wr graphic analysis in five characters such as tiller number, number of spikes per plant, length of flag leaf, number of grains per spike, and 1000 grain weight, and partial dominance in four characters such as culm length, culm diameter, awn length, and leaf width. Component of genetic variance analyzed for four characters such as culm diameter, awn length, length of flag leaf, and leaf width showed that additive effects were higher than dominant effects. Culm length, tiller number, number of spikes per plant, number of grains per spike, and 1000 grain weight showed dominant effects higher than additive effects. The narrow-sense heritability for awn length, leaf width, and number of grains per spike showed high values as more than 0.62, while broad-sense heritability for culm length, number of spikes per plant, culm diameter, awn length, leaf width, number of grains per spike, and 1000 grain weight showed high values as more than 0.65.

Key words : Barley, diallel analysis, additive effect, dominant effect, narrow-sense heritability, Vr-Wr graphical analysis.

서 론

보리는 우리나라에서 栽培面積이나 收量으로 보아 벼 다음으로 중요한 作物이었으나 食用 보리의 嗜好性과 收益性이 낮아 消費量이나 栽培面積이 격감되어 왔다. 그러나 오

늘날 國民所得의 향상으로 畜産物 消費가 늘어나고, 酒類 및 麥類 加工食品의 消費가 增大되면서 그 需要는 增加 추세에 있다. 더구나 외국으로부터 大量輸入되는 穀物價格이 날로 폭등함에 따라 加工食品 및 飼料用 輸入代替 作目으로 그 重要性이 재인식되고 있다.

† Corresponding author

大麥의 收量性에 대한 연구는 千 · 李¹⁾가 2條麥과 6條麥의 交雜으로 收量形質을 대상으로, Hayes²⁾에 의하면 收量增加는 分蘗과 밀접한 관계를 가지며, Takahashi 등³⁾은 2條麥(VV)과 6條麥(vv)의 雜種에서 優秀한 親을 이용하여 좋은 系統을 選拔할 수 있다고 하였다. Khalifa⁴⁾는 收量構成要素가 相加的/非相加的 比率에서 낮으며 相加的 效果가 環境의 영향을 받는다고 報告한데 반해, 非相加的 效果가 相加的 效果보다 環境에 민감하다는 상반되는 報告도 있다.^{5,6,7,8,9)} 安田 등¹⁰⁾은 diallel 分析으로 收量形質에 대한 遺傳變異를, 吳 등¹¹⁾은 收量形質의 年次間 變異에서 1穗粒數와 1000粒重의 遺傳力이 대체로 높다고 하였다.

이 試驗은 6條麥과 2條麥의 量的形質에 대한 遺傳的 變異를 究明하고자 수행되었다.

材料 및 方法

이 試驗에 供試된 보리 品種은 日本 岡山大學 資源生物 科學研究所에 保存 중인 우리나라의 6條麥 堤川 5号, 水原 6号, 三德全北 45号, 倭館皮麥 1号와 유럽의 2條麥 France #1, Cygne, Plumage 등 7品種이었다. 이들 品種은 1995년 봄에 日本 岡山大學 資源生物 科學研究所의 品種保存圃에서 二面交配하여 正逆 42개 組合의 F₁ 種子를 얻어 親 品種과 F₁ 世대를 1995년 11월 7일 東亞大學校 田作圃에 播種하였다. 播種距離는 畦幅 60cm, 株間 5cm의 간격으로 點播하였다. 기타 施肥 및 管理는 慣行에 따랐다.

遺傳子의 分布狀態와 優性程度는 Hayman¹²⁾과 Jinks^{13, 14)}의 方法으로 分析하였다.

結果 및 考察

1. 結 果

正逆交配에 의한 全體의 分散에서 相加的 效果(a), 優性 效果(b), 細胞質 效果(c) 및 正逆間의 效果(d)를 究明하고자 各 組合別로 分割하여 分散分析한 結果는 表 1과 같다.

表 1에서 보는 바와 같이 相加的 效果와 優性效果는 稈長, 分蘗數, 1穗粒數, 節間直徑, 芒長, 止葉長, 止葉幅, 1穗粒數, 1,000粒重의 모든 形質에서 有意하였고, 細胞質 效果와 正逆間의 效果는 止葉長을 제외한 모든 形質에서 各 有意성이 인정되었다.

品種들에 대한 Vr-Wr 값을 算出하여 各 形質에 따른 供

試品種에 있어서 關與 遺傳子의 分布狀態를 보기 위해 親의 平均値의 分散(Vp), 各 行의 測定値의 分散(Vr), 親子間의 共分散(Wr) 등을 算出하여 Vr-Wr 그래프를 그려본 바 그 結果는 그림 1, 2와 같다.

그림 1에서 稈長은 回歸直線이 原點 위로 통과함으로서 不完全 優性으로 遺傳되었다. 그래프상에서 品種의 分布狀態를 보면 優性 對立 遺傳子를 가진 品種일수록 回歸直線의 原點 가까운 쪽에 위치하여 交配列의 分散과 共分散인 Vr, Wr 값이 낮게 나타난다. 또 劣性 遺傳子를 가진 品種일수록 回歸直線의 原點에서 멀리 위치하여 Vr, Wr 값이 높게 나타난다. 따라서 3(三德全北 45号) 品種은 원점 가까운 쪽의 優性帶에 위치하여 優性 遺傳子를, 6(Cygne) 品種은 原점으로부터 멀리 떨어진 오른쪽 위의 劣性帶에 위치하여 劣性 遺傳子를 각각 많이 가진 것으로 推定된다. 또 回歸係數 $\hat{Y}=0.973+0.441X$ 가 完全優性의 경우(원점을 통과하는 회귀계수 1의 직선)보다도 上部에 있으므로 이 形質에서는 優性 遺傳子의 效果보다 相加的 效果가 크기 때문에 不完全 優性으로 遺傳된다고 평가할 수 있다. 分蘗數는 回歸直線이 원점 아래로 통과하여 F₁의 遺傳現象이 兩親에 대하여 超優性으로 遺傳되며, 1(堤川 5号), 3(三德全北 45号), 4(倭館皮麥 1号), 6(Cygne), 7(Plumage) 品種이 優性帶에, 2(水原 6号) 品種이 劣性帶에 각각 위치하여 優性和 劣性 遺傳子를 가진 것으로 推定된다. 1穗粒數도 超優性으로 遺傳되었고, 3(三德全北 45号), 4(倭館皮麥 1号), 5(France #1), 7(Plumage) 品種이 優性帶에, 2(水原 6号) 品種이 劣性帶에 위치하여 각각 優性和 劣性 遺傳子를 많이 가진 것으로 評價된다. 節間直徑은 完全優性에 가까운 不完全 優性으로 遺傳되며, 2(水原 6号), 3(三德全北 45号), 5(France #1) 品種이 優性帶에, 6(Cygne) 品種이 劣性帶에서 각각 優劣性的 遺傳子를 가진 것으로 생각된다.

그림 2에서 芒長의 遺傳은 不完全 優性이며, 5(France #1), 6(Cygne), 7(Plumage) 品種이 優性帶에, 2(水原 6号), 3(三德全北 45号) 品種이 劣性帶에 위치하여 각각 優性和 劣性 遺傳子를 많이 가진 것으로 推定된다. 또 回歸係數 b값도 1.089로서 높아 非對立 遺傳子의 相互作用(epistasis)은 없을 것으로 評價된다. 止葉長은 超優性으로 遺傳되었다. 止葉幅은 完全優性에 가까운 不完全 優性으로 表現되었고, 1, 4, 6, 7 品種이 優性帶에, 5 品種이 劣性帶에 위치하여 각각 優性和 劣性 遺傳子를 가진 것으로 推定된

Table 1. Analysis of variance for the characters from the diallel crosses using the barley parents

Source of variation	Replication	a	b	c	d	Error	
Character	df	2	6	21	6	15	96
Culm length	0.089	15.663**	5.854**	13.090**	2.592**	0.622	
Tiller number	2.904*	2.849**	4.098**	6.738**	2.071**	0.543	
No. of spikes/plant	1.742	314.161**	86.822**	192.135**	43.001**	3.783	
Culm diameter	17.187*	94.437**	31.413**	72.658**	62.480**	4.377	
Awn length	0.146	231.660**	13.716**	1.379**	1.045**	0.250	
Length of flag leaf	10.457	49.337**	27.043**	7.743	8.246	6.607	
Leaf width	0.016	0.885**	0.023**	0.022*	0.027**	0.007	
No. of grains/spike	14.546	2769.580**	455.369**	165.333**	153.989**	6.314	
1,000 grain weight	3.093	252.792**	165.589**	108.936**	165.235**	3.367	

*, **Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

a : additive effect, b : dominant effect, c : maternal effect, d : reciprocal effect.

Table 2. Estimated values and proportional values for the characters observed from analysis of the diallel crosses in barley

Character	Estimated values					Proportional values				
	D	H ₁	H ₂	F	E	H ₁ /D	$\sqrt{H_1/D}$	H ₂ /4H ₁	h ² _N	h ² _B
Culm length	4.27	5.01	3.52	4.30	0.62	1.12	1.05	0.17	0.32	0.72
Tiller number	1.74	2.87	2.20	2.18	0.54	1.44	1.20	0.19	0.08	0.54
No. of spikes/plant	12.69	65.20	54.71	-6.31	3.78	2.68	1.63	0.21	0.45	0.88
Culm diameter	22.87	21.04	16.47	18.93	4.37	0.98	0.99	0.19	0.32	0.65
Awn length	34.25	10.57	9.02	13.76	0.25	0.55	0.74	0.21	0.81	0.98
Length of flag leaf	46.27	42.45	18.94	64.84	6.60	0.45	0.67	0.11	0.15	0.34
Leaf width	0.11	0.02	0.01	0.03	0.01	0.35	0.59	0.18	0.79	0.85
No. of grains/spike	271.32	512.73	298.25	223.02	6.31	1.37	1.17	0.14	0.62	0.97
1,000 grain weight	55.90	169.66	108.83	93.00	3.36	1.76	1.32	0.16	0.28	0.92

다. 1穗粒數는 超優性으로 遺傳되었으며, 1, 2, 4, 5品種이 優性帶에, 3, 6, 7品種이 劣性帶에 각각 위치하여 優性과 劣性 遺傳子를 많이 가진 것으로 推定된다. 收量 構成要素로서 가장 중요한 1,000粒重은 超優性으로 遺傳되었고, 5品種이 優性帶에, 6品種이 劣性帶에 위치하여 각각 優性과 劣性 遺傳子를 가진 것으로 생각된다.

分散成分에 의한 遺傳現象을 推定하고자 각 形質에 대한 相加的 效果, 優性效果, 遺傳子의 優性程度, 平均 優性度 등을 算出한 結果는 표 2와 같다.

稈長은 優性程度($\sqrt{H_1/D}$)가 1.05이고, $D < H_1$ 으로 相

加的 效果보다 優性效果가 크게 작용하였다. 만약, 優性과 劣性 對立 遺傳子가 兩親에 均等히 分布되면 $F=0$ 이 되겠으나 稈長에서는 F값이 4.30으로 正의 效果를 나타내어 優性 對立 遺傳子가 劣性 對立 遺傳子보다 더 많이 關與한 것으로 評價된다. 遺傳力에서 狹義의 遺傳力(h^2_N)은 0.32로 낮았으나, 廣義의 遺傳力(h^2_B)은 0.72로서 높았다. 分蘗數도 $D < H_1$ 으로 相加的 效果보다 優性效果의 작용이 컸고, 狹義 및 廣義의 遺傳力은 0.08, 0.54로 낮았다. 1株穗數도 $D < H_1$ 으로 優性效果의 작용이 컸으며, 平均 優性度(H_1/D)도 2.68로 높아 超優性的 경향을 보였고, 특히 F값이 -6.31

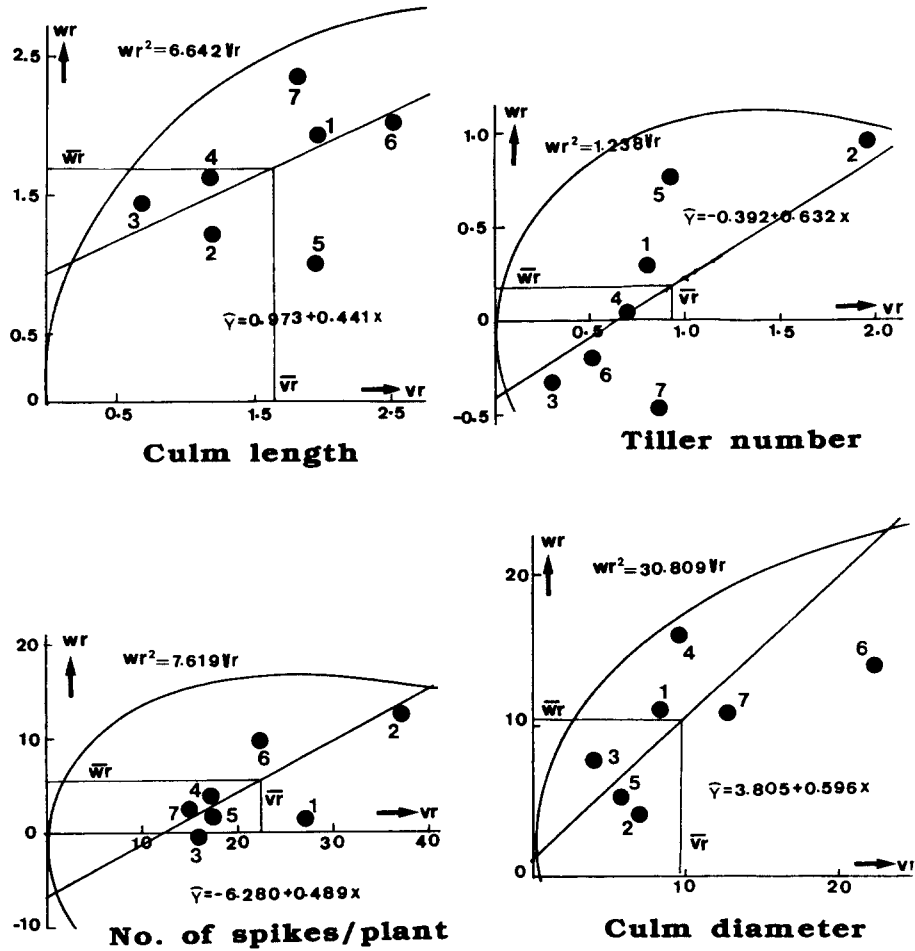


Fig. 1. 1. Vr-Wr graph of the seven parents diallel analysis for four characters.

1 : Jecheon # 5, 2 : Suwon # 6, 3 : Samdojeonbug # 45, 4 : Waegwan-pimack # 1, 5 : France # 1, 6 : Cy-gne, 7 : Plumage.

로서 負의 效果를 보여 劣性 對立 遺傳子의 關與가 다소 있었을 것으로 推定된다. 節間直徑은 $D > H_1$ 으로 相加의 效果가 優性效果보다 컸고, F값도 正으로 비교적 높아 優性 對立 遺傳子의 關與가 큰 것으로 推定된다. 狹義의 遺傳力은 0.32로 낮았으나 廣義의 遺傳力은 0.65로 다소 높았다. 芒長도 $D > H_1$ 으로 相加의 效果가 優性效果보다 컸고, 遺傳力도 狹義의 遺傳力과 廣義의 遺傳力이 각각 0.81, 0.98로 調査形質 중에서 가장 높았다. 止葉長도 $D > H_1$ 으로 優性效果보다 相加의 效果가 컸다. H_1 과 H_2 의 관

계는 優性을 나타내는 遺傳子座에서 모든 對立 遺傳子의 頻度を 推定할 수 있는데, 여기에 관계하는 平均頻度($H_2/4 H_1$)의 비는 兩親에 優性和 劣性 對立 遺傳子의 頻도가 같이 分布되어 있을 때 그 최대 값은 0.25이다. 그러나 止葉長의 平均 頻도比는 0.11로 낮아 劣性 遺傳子가 많이 關與한 것으로 推定된다. 止葉幅도 $D > H_1$ 으로 相加의 效果가 컸고, 狹義의 遺傳力과 廣義의 遺傳力은 각각 0.79, 0.85로서 높았다. 1穗粒數는 $D > H_1$ 으로 優性效果가 相加의 效果보다 컸고, 平均 優性度(H_1/D)는 1.00 이상으로 超優性的의 경향

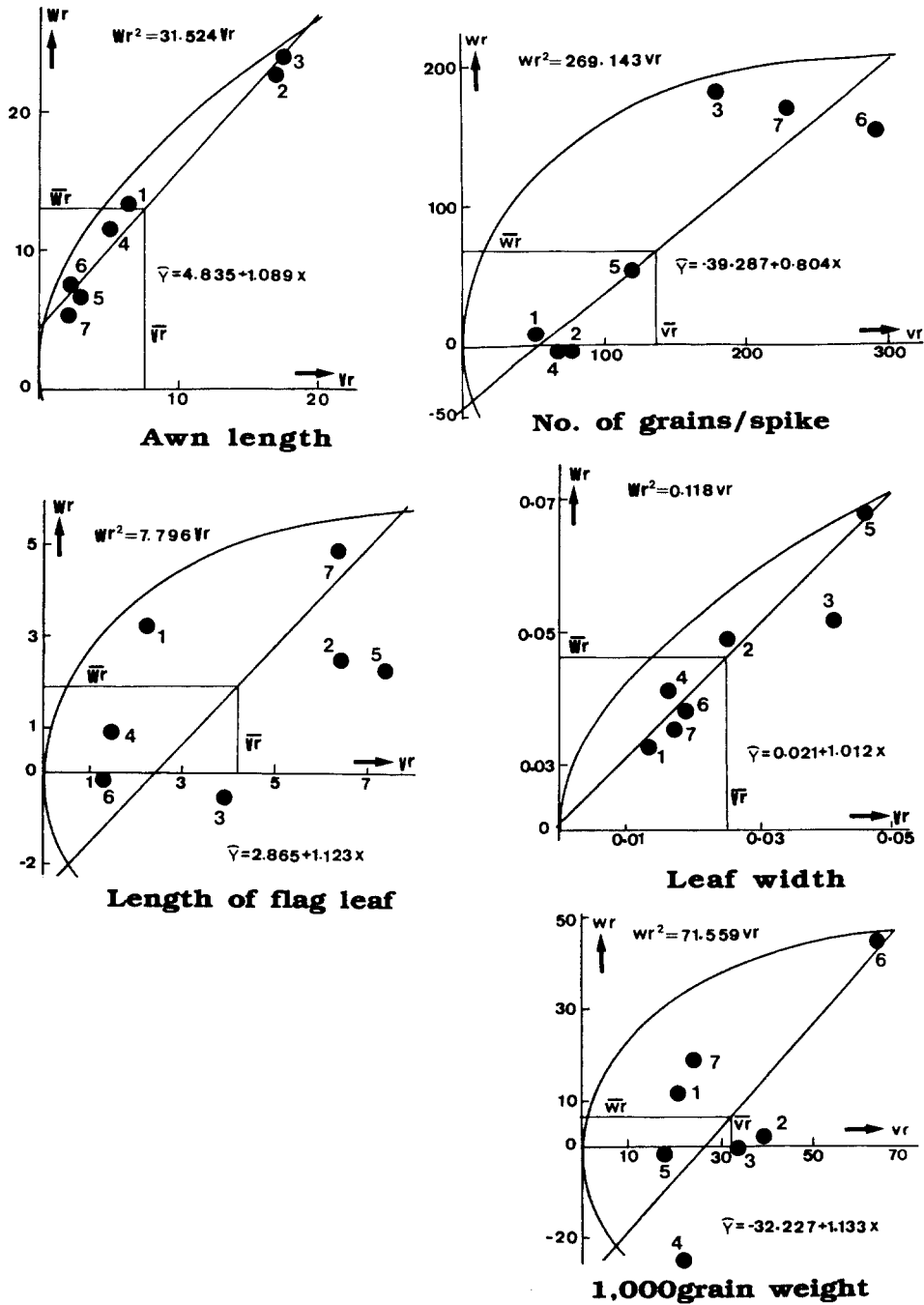


Fig. 2. Vr-Wr graph of the seven parents diallel analysis for five characters.

1 : Jecheon #5, 2 : Suwon #6, 3 : Samdogjeonbug #45, 4 : Waegwan-pimack #1, 5 : France #1, 6 : Cynge, 7 : Plumage.

을 보였다. F值도 正으로 큰 값을 보여 優性 遺傳子의 作用이 매우 컸던 것으로 推定된다. 狹義의 遺傳力과 廣義의 遺傳力도 각각 0.62, 0.97로 높았다. 1,000粒重도 $D < H_1$ 으로 相加的 效果보다 優性效果가 크게 작용하였고, 平均 優性度는 1.76으로 높아 超優性으로 推定되었으며, 狹義의 遺傳力이 0.28로 다소 낮았으나 廣義의 遺傳力은 0.92로 높았다.

2. 考 察

7개 品種으로 正逆交配한 全體의 分散에서 繼代로 遺傳될 수 있는 相加的 效果는 稈長, 分蘗數, 1株穗數, 節間直徑, 芒長, 止葉長, 止葉幅, 1穗粒數, 1,000粒重의 모든 形質에서, 또 雜種의 初期世代에서 發現되는 優性效果도 稈長, 分蘗數, 1株穗數, 節間直徑, 芒長, 止葉長, 止葉幅, 1穗粒數, 1000粒重의 모든 形質에서 각각 有意하였다. 細胞質의 영향이라고 評價할 수 있는 母本效果와 正逆間의 效果는 止葉長을 제외한 모든 形質에서 有意한 結果를 보였다(표 1). 이러한 것은 각 交配親이 가지고 있는 遺傳의 特性이 각 形質에 多様な 變異를 준 것으로 評價된다. 이와 같은 結果는 安田 등¹⁰⁾이 F_1 世代의 diallel 分析으로 1,000粒重과 1株穗數에서 相加的 效果가 컸다고 報告한 것과 유사하였다.

供試品種이 각 形質에 關與하는 優性程度 및 品種間의 遺傳子 分布狀態를 알기 위하여 親의 平均値의 分散(V_p), 각 行의 測定値의 分散(V_r), 親子間의 共分散(W_r) 등을 算出하여 $V_r - W_r$ 그래프를 그려본 바 稈長, 節間直徑, 芒長, 止葉幅은 不完全 優性으로 遺傳되었고, 특히 芒長과 止葉幅은 回歸直線과 曲線의 合致面積이 대체로 좁으며, 각 品種들도 回歸直線에 密集分布하므로서 非對立 遺傳子의 相互作用은 없을 것으로 보여 優性效果보다 遺傳子의 相加的 作用이 큰 것으로 推定된다. 또 分蘗數, 1株穗數, 止葉長, 1穗粒數, 1,000粒重 등은 超優性으로 遺傳되었다(그림 1, 2).

分散成分 등에 대해서는 Hayman¹²⁾과 Jinks^{13,14)}의 分析法에 의한 分散成分 및 成分比를 推定한 結果(표 2) 稈長, 分蘗數, 1株穗數, 1穗粒數, 1,000粒重 등이 $D < H_1$ 으로 優性效果가 相加的 效果보다 컸고, 節間直徑, 芒長, 止葉長, 止葉幅 등은 $D > H_1$ 으로 相加的 效果가 優性效果보다 컸다. 遺傳力에서 廣義의 遺傳力은 稈長, 1株穗數, 節間直徑, 芒長, 止葉幅, 1穗粒數, 1,000粒重이 0.65~0.

98로 대체로 높았으나, 狹義의 遺傳力은 芒長, 止葉幅, 1穗粒數 등에서 0.62~0.81로 높았다. 狹義의 遺傳力이 높다는 것은 累代로 繼承될 수 있는 각 關與 遺傳子들의 相加的 作用이 크기 때문에 選拔效率을 높일 수 있는데, 특히 芒長과 止葉幅은 h^2_N 가 0.81, 0.79로 높아 이들 形質은 選拔上 收量增加를 가져올 수 있는 形質로서 이용될 수 있을 것으로 評價된다.

이러한 結果는 千·李¹⁾가 量的 形質의 遺傳變異에 대하여, Hayes²⁾가 收量增加는 分蘗과 밀접한 關係를 가진다는 보고 및 Takahashi 등³⁾이 2條麥과 6條麥의 組合에서 優秀한 形質을 가진 交配親을 이용하면 優秀한 系統을 選拔할 수 있다고 하였다. 또 Khalifa⁴⁾는 收量 構成要素에서 相加的 效果가 環境變化에 더욱 弱하다고 報告한데 반해, 非相加的 效果가 相加的 效果보다 더 민감하다는 상반되는 報告⁹⁾도 있으며, 柳·李¹⁵⁾는 보리 同化物質의 受容器官(sink)과 關聯形質은 穗數 및 穗當粒數 등이라고 하였으며, 同化器官의 葉身과 芒은 1,000粒重을 支配한다는 報告 및 吳 등¹⁶⁾이 大麥品種의 年次間 變異에서 遺傳力은 다소 변동이 있으나 廣義의 遺傳力이 稈長, 1穗粒數, 1,000粒重에서 97.2, 78.9, 80.3%로 대체로 높다고 報告한 것들을 볼 때 이 試驗에서 다소 상반되는 傾向도 있으나 芒長과 止葉幅은 廣義의 遺傳力도 높고, 狹義의 遺傳力(h^2_N)이 0.81, 0.79로 높아 이들 形質은 收量形質의 1穗粒數 및 1,000粒重 등을 높일 수 있을 것으로 評價된다. 또 $V_r - W_r$ 그래프에서 芒長은 5, 6, 7 品種의 長芒種이 優性帶에 위치하여 優性 遺傳子를 각각 많이 가지며, 止葉幅에서는 대체로 葉장이 길고 止葉幅이 다소 넓은 1, 4, 6, 7 品種이 優性帶에 위치하여 優性 遺傳子를 각각 많이 가짐으로서 이들 品種은 收量形質에 그 關與도가 클 것으로 評價된다.

摘 要

보리의 量的 形質에 대한 遺傳情報을 얻고자 6條麥 4品種과 2條麥 3品種을 二面交雜으로 F_1 世代에 대한 遺傳子의 分布狀態와 分散成分 등을 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

각 形質에 대한 分散分析의 結果는 相加的 效果, 優性效果, 母本效果, 正逆間의 效果가 稈長, 分蘗數, 1株穗數, 節間直徑, 芒長, 止葉幅, 1,000粒重 등에서 有意하였다.

$V_r - W_r$ 그래프에서 分蘗數, 1株穗數, 止葉長, 1穗粒數, 1,

000粒重은 超優性を 나타내었고, 稈長, 節間直徑, 芒長, 止葉幅은 不完全 優性으로 遺傳되었다. 遺傳 分散成分에서 節間直徑, 芒長, 止葉長, 止葉幅 등은 遺傳子의 相加的 效果가 優性效果보다 크게 評價되었다. 廣義의 遺傳力은 稈長, 1株 穗數, 節間直徑, 芒長, 止葉幅, 1穗粒數, 1000粒重 등에서 0.65~0.98로 대체로 높았고, 狹義의 遺傳力은 芒長, 止葉幅, 1穗粒數 등에서 0.62~0.81로 높았다.

引用文獻

1. 千鍾殷·李殷燮：大麥의 稈長出穗期와 收量關聯 形質에 대한 雜種強勢 및 組合能力. 韓育誌, 18(4), 322 (1986).
2. Hayes, J. D. : The genetic basis of hybrid barley production and its application in Western Europe. *Eupytica*, 17, 87(1968).
3. Takahashi, R., J. Hayashi and I. Moriye. : Basic studies on breeding barley by the use of two-rowed and six-rowed varietal crosses. *Barley Genetics* 3. pp. 662-677. Proc. 3th Int. Barley Genet. Symp. Munchen(1975).
4. Khalifa, M. A. : A genetic study of yield and its components in spring barley. Ph. D. Thesis, Univ. of Wales(1973).
5. David, A. R. and G. A. Wiebe. : Taxonomy, Botany, Classification, and World Collection. *Barley*, 64(1968).
6. 金興培：보리·밀 未熟 이삭의 品種間 差異와 主要形質과의 相關. 韓作誌, 40(2), 245(1995).
7. 武田和義·金谷良市：二條オオムギにおける裂皮粒歩合のダイアレル分析. 日育雜, 45(2), 217-221(1995).
8. 徐得龍·金達雄：보리 早熟 多收性 品種育成 研究. 1. 熟期類型 및 播種期에 따른 收量 및 收量構成要素의 比較. 韓育誌, 19(1), 52(1987).
9. Yap, T. G. and B. L. Harvey. : Heterosis and combining ability of barley hybrids in densely and widely seeded conditions. *Can. J. Sci.*, 51, 115(1971).
10. 安田昭三·林 二郎·守屋 勇：オオムギ의 雜種強勢에 關する 研究. 岡山大學資源生物科學研究所報, 2(1), 7(1994).
11. 吳 基日·金谷良市·武田和義：二條オオムギにおける裂皮粒歩合と1,000粒重의 遺傳. 日育雜, 45(2), 223 (1995).
12. Hayman, B. I. : The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*, 10, 235(1954).
13. Jinks, J. L. and B. I. Hayman. : The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Coop. News Letter*, 27, 48 (1953).
14. Jinks, J. L. : The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics*, 39, 767(1954).
15. 柳龍煥·李昌德：보리의 登熟期에 있어서 葉身과 芒의 役割. 韓作誌, 39(3), 216(1994).
16. 吳濟鎬·權炳善·鄭東熙：畚裏作 栽培에 있어서 麥酒麥 品種의 主要形質에 대한 遺傳統計量의 年次間 變異. 韓育誌, 22(1), 6(1990).