

맥주맥 F₁세대의 양적형질에 대한 유전분석

정원복* · 오주성 · 황필성

*동아대학교 생명자원과학대학

Genetic Analyses on Quantitative Characters of F₁ Generation in Malting Barley

Won Bok Chung*, Ju Sung Oh and Pil Seong Hwang

*College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

Abstract

The study was conducted to get genetic information on quantitative characters of F₁ in barley through diallel crosses using seven malting barley. The results obtained were summarized as follows. Additive, dominant, maternal, and reciprocal effect were observed in culm length, spike length, awn length, culm diameter, grain length, grain width, number of grains per spike, and 1000 grain weight. Based on the Vr-Wr graphical analysis, culm length, spike length, awn length, grain length, and number of grains per spike were found to be inherited over dominance. Dominant effects were higher than additive effects in culm length, spike length, awn length, culm diameter, grain length, grain width, number of grains per spike, and 1000 grain weight. The narrow-sense heritability showed high value as 40.06% for spike length.

Key words – malting barley, diallel cross, additive effect, dominant effect, heritability.

서 론

맥주보리는 내한성이 약하여 주로 남부지방에서만 답리작으로 재배되고 있으며 재배면적과 생산량은 1985년 72천ha에서 230천톤의 생산을 정점으로 차츰 감소하여 2001년 32천ha에서 98천톤의 생산에 불과하다. 그나마 국내에서 생산되는 맥주보리는 품질 등의 원인으로 생산전량이 맥주제조에 사용되지 못한다. 맥주제조를 위한 수입량을 보면 2000년에 131천톤(맥아 67천톤, 원맥 64천톤)이었다. 이러한 수입량은 맥주제조 원료량의 67%에 해당된다. 그러므

로 우리나라 맥주제조에 필요한 양질의 맥주보리 증산은 시급한 실정이다.

맥주보리 증산의 근본적인 과제는 보리 품종에 분산되어 있는 유용한 유전자원의 탐색으로 이들 유전자원을 활용하여 양질 다수성의 품종개발이 요구된다. 양질 다수성 품종육성은 여러 가지 기술적 문제들이 복잡하게 관계하고 있다. 이러한 형질들의 선발 효율성을 추구하기 위해서는 유전력, 유전상관, 유전자의 우성정도, 우성·열성 유전자의 분포상태 등의 유전분석을 통하여 이들 유전정보를 활용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

보리의 양적형질에 대한 유전력에 대해서는 Borthekur et al.[1]과 Fiuzat and Atkins[5]가 입증에서, Takahashi et al.[13]은 1000립중과 개체의 수량 등에 대한 유전력을 보

*To whom all correspondence should be addressed
Tel : 051-200-7542, Fax : 051-206-4475
E-mail : Wbchung@mail.donga.ac.kr

고한 바 있다. 또 Kim[11]이 간장과 최상부 절간장 등의 유전력은 높으나 수당립수는 낮았다고 하였다. 수량형질의 연차간 변이에서 1수립수와 1000립중의 유전력이 높다는 보고와 보리에 대한 광의의 유전력이 간장·수수 등에서 높았으나 1000립중 등에서는 약간 낮은 반면 연차간의 변동도 컸다는 보고도 있다[12,14].

Chun and Lee[2]는 6조맥과 2조맥의 교잡에 의한 수량형질을 대상으로, Hayes[6]가 보리의 분얼수와 수량증가는 밀접한 관계를 가진다고 하였으며, 또 2조맥(VI)과 6조맥(vv)의 잡종에서 우수친을 이용하여 좋은 계통을 선발할 수 있다고 하였다. Khalifa[10]는 수량 구성요소가 상가적/비상가적 비율에서 낮고, 상가적 효과가 환경적 영향을 받는다고 보고한데 반해, 비상가적 효과가 상가적 효과보다 환경에 민감하다는 상반되는 보고도 있다. Yasuda et al. [15]은 diallel 분석으로 수량 형질에 대한 유전변이를, Chung et al.[3,4]은 1수립수가 F₁세대에서 초우성으로 유전되고 F₂세대에서는 불완전우성으로 유전된다고 보고한바 있다.

본 연구는 맥주맥의 육종을 효율적으로 수행하기 위해 각 형질의 유전정보를 얻을 목적으로 이면교잡에 의한 유전자의 우성정도, 유전분산의 성분비, 교배친이 갖는 우성과 열성 유전자의 분포상태 등을 추정하였다.

재료 및 방법

시험에 사용한 맥주보리는 사천6호, 진양보리, 진광보리, 삼도보리, 남향보리, 두산8호, 두산 29호 등 7개 품종이었다. 이 7개 품종의 정역교배로 얻은 42개 조합의 F₁과 이들 친품종을 함께 전개하여 간장·수장·망장·경직경·곡립장·곡립폭·1수립수·1000립중 등 8개 형질을 대상으로 조사 분석하였다. 유전자의 분포상태와 우성정도는 Hayman [8], Hayman and Jinks[7], Jinks[9]의 방법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

Vr-Wr graph 분석

Vr-Wr graph 분석을 통하여 각 형질에 대한 우성정도 및 교배친들의 유전자 분포상태 등을 추정한 결과는 그림 1과 같다. 그림 1에서 간장은 회귀직선이 원점 아래로 통과함

으로써 F₁세대는 초우성으로 유전되었고 품종들의 분포상태는 1(사천6호)·3(삼도보리)·4(두산29호)품종이 우성대에, 2(진양보리)·5(진광보리)·6(두산8호)·7(남향보리)품종이 열성대에 위치함으로써 각각 우성과 열성 유전자를 많이 가진 것으로 평가된다. 수장의 유전현상도 완전우성에 가까운 초우성으로 표현되었고 graph상에서 품종의 분포상태를 볼 때 우성대립 유전자를 가진 품종일수록 Vr축과 Wr축의 원점 쪽에 위치하여 우성친에 가까운데, 3·4·5·6·7품종은 우성친에 가까운 것으로 평가된다. 또 회귀계수 b값도 0.959로서 높아 비대립유전자의 상호작용(epistasis)은 없을 것으로 추정된다. 망장은 초우성으로 유전되며 1·3품종은 우성대에, 2·5·7품종은 열성대에 각각 위치하였다. 경직경은 완전우성에 가까운 불완전우성으로 유전되었고 1·2·4·5·6·7품종이 우성대에, 3품종은 열성대에 위치하여 각각 우성과 열성 유전자를 많이 가진 것으로 평가된다. 곡립장은 초우성으로 유전되고 7품종이 우성대에, 1·4·6품종이 열성대에 각각 위치하였다. 곡립폭은 회귀직선이 원점 위로 통과하여 불완전우성으로 유전되고 2·3·6품종이 열성대에 위치하여 이들 품종은 곡립폭에 관여하는 열성 유전자가 다소 많을 것으로 생각된다. 수량구성 요소로서 가장 중요한 1수립수의 유전은 초우성으로 유전되었고 2·4·6·7품종이 우성대에, 1·5품종이 열성대에 위치하여 우성과 열성 유전자를 가진 것으로 평가된다. 1000립중의 유전은 불완전우성으로 표현되었고 4·5품종이 우성대에, 1·2·6·7품종이 열성대에 위치하여 각각 우성과 열성 유전자를 가진 것으로 생각된다. 이러한 결과는 정 등[3]이 F₁세대의 Vr-Wr graph상에서 1수립수와 1000립중은 초우성이라고 보고한바와 일치하는 경향이었고, 또 Chung[4]이 F₂세대에서는 1수립수와 1000립중이 불완전우성으로 유전된다는 보고로 보아 교잡 F₁세대가 초우성으로 유전되고 그 다음 F₂세대는 불완전우성으로 유전될 수 있다고 생각된다. 그리고 초우성과 불완전우성 등은 교배조합 및 환경조건 등에 따라서도 달라질 수 있다고 생각된다.

분산성분에 의한 유전적 Parameter의 추정

각 형질의 F₁세대에 대한 유전적 parameter를 추정하기 위하여 분석한 결과는 표 1, 2와 같다. 표 1에서 상가적효과(a), 우성효과(b), 모본효과(c) 및 정역간의 효과(d)는 간

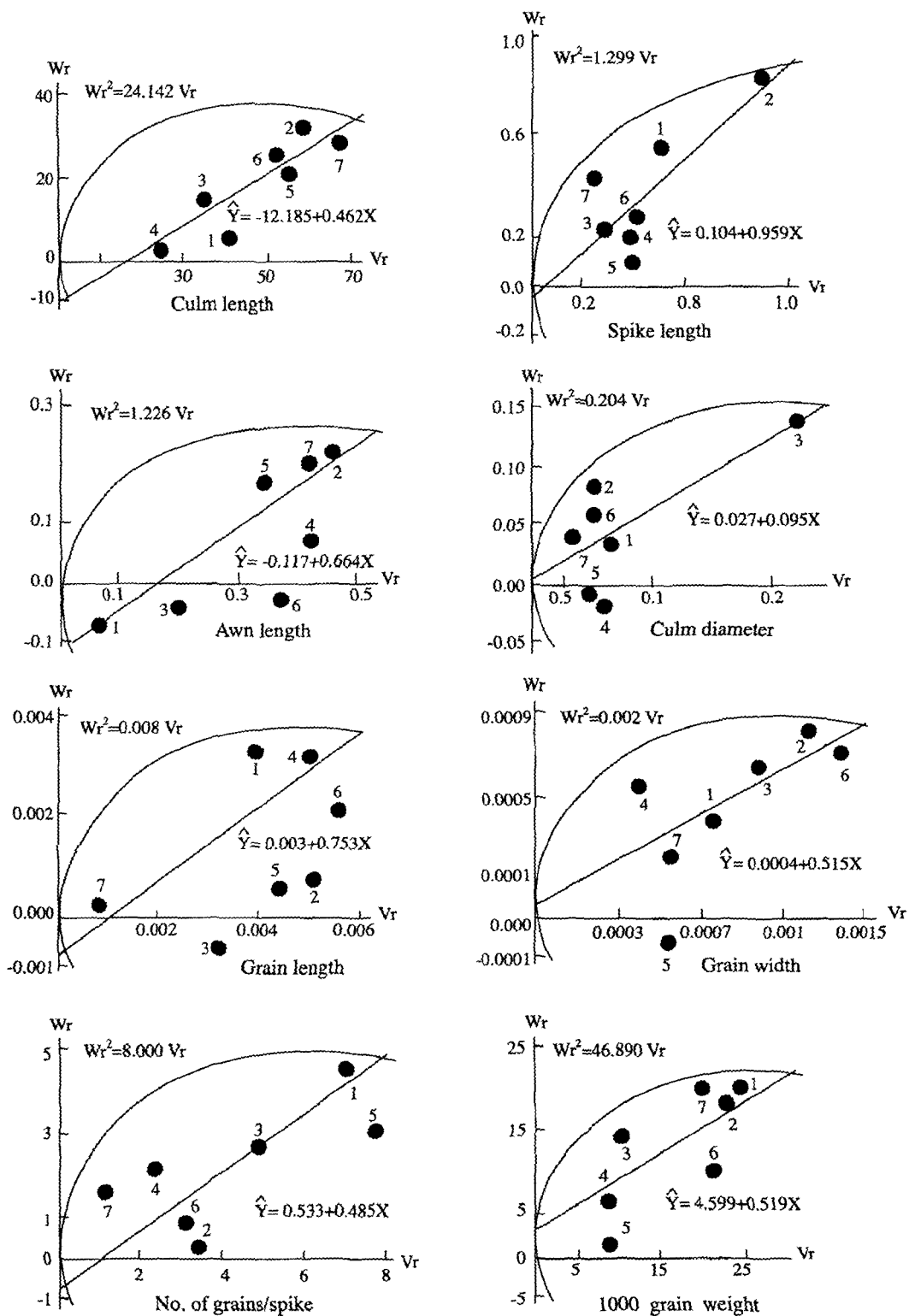


Fig. 1. Vr-Wr graph of the seven parents diallel analysis for eight characters in barley.

1, Sacheun#6; 2, Jinyang bori; 3, Samdo bori; 4, Dusan#29; 5, Jinkwang bori; 6, Dusan#8; 7, Namhyang bori.

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

| Source of variation Characters | d.f. | Replication | a | b | c | d | Error |
|-----------------------------------|------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------|
| | | 2 | 6 | 21 | 6 | 15 | 96 |
| Culm length | | 1.171 | 434.333** | 238.607** | 142.651** | 59.439** | 3.308 |
| Spike length | | 0.009 | 5.525** | 2.051** | 2.020** | 1.312** | 0.051 |
| Awn length | | 0.045 | 1.989** | 1.875** | 1.481** | 3.993** | 0.078 |
| Culm diameter | | 0.013 | 0.475** | 0.376** | 0.367** | 0.319** | 0.014 |
| Grain length | | 0.002 | 0.011** | 0.021** | 0.012** | 0.022** | 0.001 |
| Grain width | | 0.000 | 0.008** | 0.003** | 0.003** | 0.004** | 0.000 |
| No. of grains/spike | | 2.046 | 22.158** | 18.311** | 11.968** | 13.379** | 1.630 |
| 1000 grain weight | | 0.156 | 159.208** | 78.369** | 21.379** | 39.002** | 0.899 |

**Significant at the 1% level.

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

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

| Characters | Estimated values | | | | | Proportional values | | | |
|---------------------|------------------|----------------|----------------|---------|-------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | D | H ₁ | H ₂ | F | E | H ₁ /D | H ₂ /4H ₁ | h ² _B (%) | h ² _N (%) |
| Culm length | 26.865 | 159.810 | 156.496 | -10.876 | 3.308 | 2.475 | 0.248 | 94.71 | 32.80 |
| Spike length | 1.138 | 1.537 | 1.342 | 0.816 | 0.051 | 1.166 | 0.220 | 92.07 | 40.06 |
| Awn length | 0.598 | 1.710 | 1.184 | 0.939 | 0.078 | 1.914 | 0.173 | 82.94 | 19.39 |
| Culm diameter | 0.174 | 0.313 | 0.241 | 0.203 | 0.014 | 1.340 | 0.200 | 84.79 | 22.15 |
| Grain length | 0.005 | 0.018 | 0.013 | 0.009 | 0.001 | 1.938 | 0.181 | 83.85 | 11.06 |
| Grain width | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 1.161 | 0.166 | 79.86 | 35.85 |
| No. of grains/spike | 6.400 | 12.682 | 11.006 | 6.295 | 1.630 | 1.426 | 0.216 | 69.03 | 16.84 |
| 1000 grain weight | 46.767 | 62.992 | 51.734 | 42.987 | 0.899 | 1.160 | 0.205 | 95.78 | 35.23 |

장·수장·망장·경직경·곡립장·곡립폭·1수립수·1000립중의 8개 형질에서 모두 유의하여 형질들의 유전적효과가 고도로 작용함을 보였다.

분산성분에 의한 유전현상을 추정하고자 각 형질에 대한 상가적효과, 우성효과, 유전자의 우성정도, 평균우성도 등을 산출한 결과는 표 2와 같다. 각 형질별로 발현되는 분산성분을 볼 때 간장·수장·망장·경직경·곡립장·곡립폭·1수립수·1000립중은 모두 $D < H_1$ 으로서 우성효과가 상가적효과보다 큰 경향이였다. 우성·열성 유전자의 평균 빈도(F)는 형질간에서 다소 다르게 평가되나 간장을 제외한 모든 형질에서 정(+)으로 나타나 우성대립유전자가 열성대립유전자보다 많이 관여하는 것으로 평가된다. 간장·1수립수·1000립중 등은 환경적요인(E)이 다소 영향을 미친 것으로 평가된다. 우성정도(H_1/D)는 모든 형질에서 정(+)이었고, 간장은 2.475로서 다른 형질보다 높았다. H_1 과

H_2 의 관계는 우성을 나타내는 유전자 자리에서 모든 대립 유전자의 빈도를 나타낼 수 있는데, 여기에 관계하는 평균 빈도($H_2/4H_1$)의 비는 양친에 우성과 열성 대립유전자의 빈도가 같이 분포될 때 그 최대 값은 50 : 50인 0.25이다. 망장·곡립장·곡립폭은 다소 낮아 열성유전자가 많이 관여하는 것으로 평가된다. 그리고 간장·수장·경직경·1수립수·1000립중은 0.25에 가까운 0.200~0.248로 우성과 열성의 대립유전자가 대체로 균등하게 분포된 것을 알 수 있다.

유전력은 협의의 유전력과 광의의 유전력으로 나누어 추정하였는데 광의의 유전력은 1000립중이 95.78%로서 가장 높았고 그 다음이 간장·수장·경직경·곡립장·망장·곡립폭·1수립수의 순이었다. 그리고 이러한 광의의 유전력에 대해 유전자의 상가적효과에 의한 협의의 유전력을 산출하였을 때는 수장이 40.06%로서 높았고, 간장·망장·

경직경·곡립장·곡립폭·1수립수·1000립중은 11.06~35.85%의 범위로 다소 낮았다. 수장은 협의의 유전력이 높아 선발에 유효할 것으로 사료된다.

요 약

맥주보리의 양적형질에 대한 유전정보를 얻고자 7개 품종으로 이면교배하여 F₁세대에 대한 유전자의 분포상태·분산성분·유전력 등을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 공시된 품종집단에 대한 F₁세대의 우성정도를 Vr-Wr graph상에서 볼 때 간장·수장·망장·곡립장·1수립수 등은 초우성으로 유전되었고 경직경·곡립폭·1000립중은 불완전우성으로 유전되었다. 각 형질에 대한 분산분석 결과에서 상가적효과, 우성효과, 모본효과, 정역간의 효과는 간장·수장·망장·경직경·곡립장·곡립폭·1수립수·1000립중 등에서 모두 유의하였다. 유전 분산성분에서 간장·수장·망장·경직경·곡립장·곡립폭·1수립수·1000립중은 우성효과가 상가효과보다 컸다. 협의의 유전력은 수장이 40.06%로서 높았다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 동아대학교 학술연구지원재단의 학술연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- Borthekur, K. N. and J. M. Poehlman. 1970. Heritability and genetic advance for kernel weight in barley. *Crop Sci.* **10**, 452-453.
- Chun, J. U. and E. S. Lee. 1986. Heterosis and combining ability for agronomic traits in barley hybrids with special reference to two- and six-rowed barley crosses. *Korean J. Breeding* **18(4)**, 322-327.
- Chung, W. B., D. S. Chung, K. Takeda and K. Sato. 1997. Diallel cross analysis of characters in barley. *Korean J. Life Science* **7(1)**, 59-65.
- Chung, W. B. 1998. The genetic analysis of diallel crosses in F₂ hybrid of barley. *Res. Bull. Inst. Agr. Reso. Dong-A Univ.* **7(1)**, 19-26.
- Fiuzat, Y. and R. E. Atkins. 1953. Genetic and environmental variability in regarding barley population. *Agron. J.* **45**, 412-420.
- Hayes, J. D. 1968. The genetic basis of hybrid barley production and its application in Western Europe. *Eupytica* **17**, 87-102.
- Hayman, B. I. and J. L. Jinks. 1953. The analysis of diallel crosses. *Maize Genetics Coop. News Letter* **27**, 48-54.
- Hayman, B. I. 1954. The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics* **10**, 235-244.
- Jinks, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics* **39**, 767-788.
- Khalifa, M. A. 1973. A genetic study of yield and its components in spring barley. Ph. D. Thesis Univ. of Wales.
- Kim, H. B. 1984. Heritabilities and relationships of peduncle size and agronomic characters of barley. *Korean J. Crop Science* **29(2)**, 175-178.
- Oh, Y. H., B. S. Kwon and D. H. Chung. 1990. Yearly variations of genetic parameters estimated on major agronomic traits of malting barley varieties cultivated on paddy field. *Korean J. Breeding* **22(1)**, 6-12.
- Takahashi, R., J. Hayashi and I. Moriye. 1975. Basic studies on breeding barley by the use of two-rowed and six-rowed varietal crosses. *Barley Genetics* **3**, 662-677.
- Wu, J., K. Takeda and R. Kanatani. 1994. Diallel analysis for the percentage of grains with hull rupture in F₂ population of tow-rowed barley. *Bulletin of the Research Institute for Bioresources Okayama University* **2**, 79-89.
- Yasuda, S., J. Hayashi and I. Moriya. 1994. Studies on heterosis in barley cultivars. *Bulletin of the Research Institute for Bioresources Okayama University* **2**, 7-22.

(Received November 14, 2002; Accepted February 5, 2003)