Korean Journal of Life Science
Vol. 12. No. 3. 256~263, 2002

겉보리와 쌀보리의 교잡 F1 세대에서 생육 및 수량형질의 잡종강세와 정역간 교잡효과

정영주 · 정영수 · 정원복*

동아대학교 생명자원과학부

Hybrid Vigor and Reciprocal Effect of Several Growth and Yield Characters in F1s crossed between Hulled and Naked Barley

Young Joo Chung · Young Soo Chung · Won Bok Chung*

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

Abstract

This study was carried out to estimate the degree of heterosis and heterobeltiosis, and the heritability and genetic correlation in F_1 hybrid produced by reciprocal crosses between two six-rowed hulled barley (Gangbori and Olbori) and three six-rowed naked barley (Saechalssalbori, Saessalbori, and Moodeongssalbori). Heterosis was observed positively in traits such as culm length, spike length, awn length, leaf length, leaf width, number of spikes per plant, number of grains per spike, and 1000 grain weight. Heterosis and heterobeltiosis from the crosses with hulled barley as a maternal parent showed higher performance in culm length, leaf length, leaf width, number of spike per plant, number of grains per spike. The hulled grain characteristics is dominant over the naked one. The highest heritability was confirmed in leaf width with a value of 94.5% and overall high heritability was observed in most traits with the range from 76.7% to 94.5%. In an analysis of correlation coefficient, higher genetic correlations were observed between leaf length and number of spikes per plant(0.970), between culm length and number of grains per spike(0.963), and between awn length and leaf length(0.862) in the forward crosses in which hulled barley was maternal. In the reverse crosses, higher genetic correlation was observed between culm length and spike length(0.926), between awn length and leaf length(0.922), and between number of spikes per plant and number of grains per spike(0.713).

Key words – barley, heterosis, heterobeltiosis, heritability, correlation

서 론

보리는 밀, 벼, 옥수수 다음가는 세계 제 4위의 곡물로서 비교적 서늘하고 건조한 기상에 적응하는 월동작물이다. 맥류 중에서 수확기가 가장 빠르고 벼와 생육시기가 중복되지 않아 이모작이나 답리작을 할 때 유리하다. 성분적으로는 쌀에 결여된 비타민 B 등을 함유하며 건강식품으로 알려져 있어 그 수요가 최근에는 차츰 증가하고 있는 추세이다. 따라서 보리는 경지면적이 부족한 우리 나라의 경우, 식량 안보적 차원에서 절대식량의 확보와 경지 이용의 효율화를 위하여 정책적으로 육종 및 재배 권장이 필요한 작물이다. 보

*To whom all correspondence should be addressed
Tel : 051-200-7542, Fax : 051-200-6993
E-mail : chungwb@mail.donga.ac.kr

리의 생산을 안정화하고 재배면적의 확대 및 생산성 향상을 위해서는 우수 품종 육종 및 재배개선이 이루어져야 하고, 수량 증대를 위한 연구가 지속되어야 한다. 현재 세계적인 육종연구 추세가 다수 및 고품질 육종 방향으로 진행되고 있으며, 타식성 작물에서 수량 증대를 위하여 사용되던 잡종강세 육종이 최근 자식성 작물에서도 그 이용가능성이 집중적으로 탐구되고 있다[7,8].

잡종강세는 동계교배보다 이계교배에서 더 크게 나타나는 것이 일반적이고, 오랫동안 이계교배에 대한 잡종강세의 효과, 정도, 형태 그리고 그 양상에 대한 연구가 집중되어 왔다. Shull[13]이 F_1에서 어떤 형질에 대하여 나타나는 강세현상을 "Heterosis"라고 처음으로 명명한 이후, Pawlish & Van Dijk[9]은 보리의 F_1이 우량품종보다 25%나 증수했다고 보고했으며, Gebrekidn & Rasmusson[3]은 27개의 보리 F_1들을 조사한 결과, 그중 20개의 F_1들이 우수친보다 증수되었다는 보고를 하였다. 다양한 작물에서 1대 잡종을 이용한 수량증가 보고는 최근에 비약적인 다수확을 목표로 자식성 식물에서도 잡종강세의 활용이 이루어져, 캐나다의 밀에 이어 중국의 벼에서도 잡종강세의 이용이 실용화되고 있다. 따라서 보리의 경제적 이용가치를 증가시키고 재배면적 확대 및 생산량 증가를 유도하기 위하여 보리에서도 잡종강세를 이용한 수량성 증가 가능성을 탐색하여야 하고 이에 대한 연구가 집중적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다. 보리에서 웅성불임 연구의 경우, 웅성불임 세포질의 발견이 늦어서 Wiebe & Ramage[15]에 의해 유전자 지배의 웅성불임성과 평형삼차의 삼염색체식물(Balanced tertiary trisomics)을 이용한 잡종 시스템이 개발되었으나 실용화되지 못하였고, Anwer & Chowdhry[1]가 근연 야생종 *Hordeum spontaneum*의 계통에서 웅성 불임 세포질과 임성 회복 유전자를 발견하여, 보리의 잡종 실용화에 대한 가능성을 보고한 바 있다.

품종의 효율적인 선발을 위해서는 형질간의 상관관계가 매우 중요하며, 선발이 용이한 형질을 통하여 유용형질에 대한 간접 선발이 가능하다. 상관관계에 대한 연구는 Robinson[11,12] & Johnson[5,6]이 환경적 요소를 제거한 유전상관의 추정방법을 구체화시킨 것을 효시로 많은 연구가 진행되어 왔으며, 맥류의 수량구성요소와 수량간의 유전상관을, 보리에서는 주당립수와 주당수수, 주당수중간에 높은 상관이 있다고 보고하여 상관의 선발 이용 가능성을 제시하였다[5,6,11,12]. 보리의 겉보리와 쌀보리의 정역 교배간 상관을 통한 효과적인 선발과 품종육성의 경우, 유전력이 높은 형질일수록 선발효과가 높을 것으로 예상되어 진다.

따라서 본 연구는 겉보리와 쌀보리의 F_1세대에 대한 잡종강세의 정도와 이들의 유전적 작용을 평가할 수 있는 heterosis나 heterobeltiosis의 검정과 유전력, 상관관계를 검정함으로써 앞으로 보리에서도 1대잡종의 이용 가능성을 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구에 사용된 보리 품종은 강보리와 올보리 등 겉보리 2품종과 새찰쌀보리, 새쌀보리, 무등쌀보리 등 쌀보리 3품종을 재료로 사용하였다.

실험방법

실험은 동아대학교 종합농장에서 실시했으며, 교배모본은 1998년 10월 14일에 파종하였고 1999년 4월 6일부터 4월 30일까지 각 교배 조합에 따라 교배하여 F_1종자를 채종하였다. 그리고 F_1종자와 이들 친품종을 1999년 10월 27일에 2조점파로 주간거리는 60㎝×15㎝로 1립씩 파종하였고, 2000년 3월부터 10월까지 간장, 수장, 망장, 엽장, 엽폭, 주당수수, 수당립수, 천립중 등 8개 형질을 조사하였다. 각 형질의 측정치는 반복(3반복, 7개체)에 따른 개체별로 측정하여 평균치를 구하고 heterosis, heterobeltiosis와 유전력 및 상관관계 등을 분석하였다.

분석방법

각 형질 측정치에 대한 heteriosis는 {100×(F_1의 평균치-양친의 평균치)/양친의 평균치}로 계산하였고, heterobeltiosis는 {100×(F_1의 평균치-양친 중 큰 친의 평균치)/양친 중 가장 큰 친의 평균치}로서 산출하였다. 분산분석의 유의성검정, 유전력검정, 상관관계는 강보리×새찰쌀보리, 강보리×새쌀보리, 강보리×무등쌀보리, 올보리×새찰쌀보리, 올보리×새쌀보리, 올보리×무등쌀보리조합을 정·역간 교잡을 하여 측정하였다. 그리고 유전력, 유전상관, 표현형상관은 Robinson(1949, 1951) & Grafius(1952)의 분석법을 이용하여 아래의 공식으로 계산하였다.

$$h^2 = \sigma^2_G/(\sigma^2_G + \sigma^2_E), \qquad rPh = \frac{CovXY}{\sqrt{\sigma^2X \cdot \sigma^2Y}},$$

$$rG = \frac{CovXY}{\sqrt{\sigma^2X_G \cdot \sigma^2Y_G}}$$

결과 및 고찰

Heterosis 및 Heterobeltiosis

보리의 겉보리 2품종과 쌀보리 3품종을 양친으로 정역교배한 조합의 F_1에 대한 각 형질에 있어서 양친 평균치에 대한 heterosis와 우수 친에 대한 heterobeltiosis를 산출한 결과는 Table 1과 같다.

각 교배친의 평균에 대한 F_1의 평균치는 대개 Ⅰ(겉보리×쌀보리) · Ⅱ(쌀보리×겉보리)집단간에서 비슷한 경향을 보였으나, 그중 수장 · 망장 · 천립중에서는 Ⅰ집단이 Ⅱ집단보다, 간장, 엽장, 엽폭, 주당립수에서는 Ⅱ집단이 Ⅰ집단보다 각각 F_1의 평균치가 높게 나타났다. 그리고 F_1-P(교배친의 평균치에 대한 잡종세대의 평균치)는 간장, 엽장, 엽폭, 망장, 주당수수, 수당립수, 천립중 등의 조사 형질 모두 Ⅰ, Ⅱ집단에서 정의 경향을 보였지만 수장과 엽폭은 교배친과 F_1집단간의 차이가 미미하였다. 양친의 평균치에 비하여 F_1이 다소 높은 차이를 보인 형질로는 간장, 망장, 엽장이고 수량구성요소에는 주당수수, 수당립수, 천립중 등이었다. 그리고 F_1-HP(우수친에 대한 잡종강세의 평균치)는 형질에 따라 많은 차이를 나타냈었다. 즉, 간장, 망장, 주당수수, 수당립수 등에서는 Ⅰ집단과 Ⅱ집단에서 차이를 보였고, 수장, 엽장, 엽폭, 주당수수, 수당립수, 천립중에서는 Ⅰ, Ⅱ집단 모두 우수친의 평균치보다 낮은 값을 보였다. 이들 형질에 있어서 F_1이 우수친의 범위를 넘지 못한 반면, Ⅰ집단은 망장 형질에서 높은 값을 보였다. 따라서 교배친과 잡종세대의 평균치로서 중간친에 대한 heterosis(H)의 정도는 Ⅰ, Ⅱ집단에서 수당립수를 제외한 모든 형질이 높은 강세를 보였고,

우수친에 대한 heterobeltiosis(HB)는 간장, 수장, 망장, 엽장, 엽폭의 Ⅱ집단, 주당수수등에서 높은값을 보인 반면, 엽폭의 Ⅰ집단, 수당립수, 천립중 등은 Ⅰ, Ⅱ집단에서 모두 낮은 수치를 나타내었다. 그러므로 Ⅰ집단과 Ⅱ집단을 비교해 보면 heterosis(H)와 heterobeltiosis(HB)에서 간장, 엽장, 엽폭, 주당수수, 수당립수의 형질은 쌀보리를 모본으로 하였을 때가 겉보리를 모본으로 하였을 때보다 다소 큰 값을 보였다. 이들 형질 중 특히 간장, 망장, 엽장, 주당수수는 상대적으로 큰 차이를 보임으로써 쌀보리의 세포질에서 유래된 모본유전의 가능성을 보여주었다. 또한 잡종강세 정도는 각 교배 조합에 따라 우성 및 초우성인 heterosis나 hetero-

Table 1. Heterotic performances of 8 quantitative characters in reciprocal cross of barley

		CL (cm)	SL (cm)	AL (cm)	LL (cm)	LW (cm)	NSP (number)	NGS (number)	GW (g)
P		63.10	6.95	12.87	13.43	1.72	18.21	49.55	39.22
HP		70.91	7.63	17.05	19.16	2.00	30.33	78.33	47.89
F_1	Ⅰ	73.55	7.51	17.20	17.83	1.81	25.28	65.85	42.49
	Ⅱ	78.53	7.30	15.77	19.05	1.83	27.37	68.37	42.19
F_1-P	Ⅰ	10.45	0.56	4.33	4.40	0.09	7.07	16.30	3.27
	Ⅱ	15.43	0.35	2.90	5.62	0.11	9.16	18.82	2.97
F_1-HP	Ⅰ	2.64	-0.12	0.15	-1.33	-0.19	-5.05	-12.48	-5.40
	Ⅱ	7.62	-0.33	-1.28	-0.11	-0.17	-2.96	-9.96	-5.70
H	Ⅰ	14.51	25.74	20.96	12.82	2.08	13.98	-2.65	4.86
	Ⅱ	22.45	23.55	11.82	30.73	7.36	32.18	-0.65	4.17
HB	Ⅰ	5.86	15.02	8.42	0.03	-2.92	2.72	-9.31	-7.05
	Ⅱ	12.88	13.36	0.01	13.60	2.61	9.16	-9.00	-7.55

Characters are refered to: CL; Culm length, SL; Spike length, AL; Awn length, LL; Leaf length, LW; Leaf Width, NSP; No of spikes/plant, NGS; No of grains/spike GW; 1000 grain weight.
P; mean of five parental varieties, HP; highest parental value among five cultivars, F_1; mean value of seven hybrids, H; heterosis, HB; heterobeltiosis, Ⅰ: basic cross(hulled barley×naked barley), Ⅱ : reciprocal cross(naked barley×hulled barley)

beltiosis의 정도가 정(+) 또는 부(-)방향으로 다양하게 나타나는데, 각 교배 집단별 잡종강세 정도를 산출한 결과는 Table 2와 같다.

간장은 heterosis나 heterobeltiosis에서 올보리×새찰쌀보리조합에서만 부의 방향으로 보였고, 그외 조합 모두 정의 방향으로 강세를 보였다. 특히, 겉보리를 모본으로 한 강보리×새쌀보리, 강보리×무등쌀보리조합에서의 heterosis나 heterobeltiosis에서 정의 방향으로 가장 높은 강세를 보였다. 수장에서는 모든 교배조합이 정의 방향으로 강세를 나타내었다. 겉보리를 모본으로 한 교배조합인 올보리×무등쌀보리와 강보리×무등쌀보리조합보다 쌀보리를 모본으로 한 무등쌀보리×강보리조합과 무등쌀보리×올보리조합이 대체로 높은 강세를 보였다. 망장은 heterosis가 거의 모든 교배조합에서 정의 강세를 보인 반면, heterobeltiosis는 교배조합에 따라 정 또는 부의 방향으로 강세를 보였다.

엽장은 대부분의 조합이 정의 방향으로 강세를 보였고, 새찰쌀보리×올보리조합이 heterosis나 heterobeltiosis에서 대체로 정의 방향으로 높은 정의 강세를 보였다. 엽폭의 heterosis나 heterobeltiosis에서는 정 또는 부의 방향으로 강세가 다양하게 나타났으며, 새찰쌀보리×올보리조합에서 정의 방향으로 높은 강세를 보였다. 주당수수는 대부분의 교배조합이 heterosis나 heterobeltiosis에서 정방향으로 강세를 보였고, 강보리×무등쌀보리, 새쌀보리×올보리, 무등쌀보리×올보리 조합등에서 대체로 정방향으로 높은 강세를 보였다.

수당립수는 heterosis나 heterobeltiosis가 정 또는 부방향으로 다양한 변이를 보였고, 올보리×새찰쌀보리조 정역교잡 조합에서 모두 정의 방향으로 강세율이 높았다. 겉보리×쌀보리조합간의 평균치에서 증수형질인 수장, 주당수수, 천립중은 heterosis가 25.74, 13.98, 4.17%이고, heterobeltiosis가 15.02, 2.72, -7.56%로서 천립중의 heterobeltiosis만 부의 값이었고, 그 외는 정의 값을 보였다.

그리고, 쌀보리×겉보리조합간의 평균치에서도 수장, 주당수수, 천립중은 heterosis 및 heterobeltiosis가 각각 23.55, 13.36, 32.18, 9.16, 4.86, -7.05%로서 주당수수를 제외한 나머지형질에서 비슷한 경향을 보였다. 그러나 수량구성요소의

Table 2. Heterosis(H) and Heterobeltiosis(HB) for 8 characters in individual reciprocal crosses between the hulled and the naked barley

♀×♂	CL		SL		AL		LL		LW		NSP		NGS		GW	
	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB	H	HB
1×3	19.05	7.32	19.80	13.27	30.50	4.33	11.06	-9.94	9.82	7.61	14.27	8.22	0.49	-15.54	3.74	-6.64
1×4	28.63	25.05	26.67	3.93	5.85	-2.07	27.66	1.78	-2.82	-4.44	14.91	1.30	2.03	-5.304	5.73	-6.60
1×5	23.30	13.89	38.16	25.50	25.76	22.35	6.18	5.73	12.56	6.73	49.26	23.68	-12.34	-15.13	-1.17	-7.42
2×3	-6.55	-17.41	3.61	3.05	36.13	9.68	21.23	6.59	-0.59	-4.04	-24.09	-38.82	3.19	0.76	6.37	-8.08
2×4	6.05	0.84	18.63	2.22	11.43	2.13	17.20	11.21	-4.11	-9.44	-1.80	-6.88	3.19	-17.89	11.46	-5.36
2×5	16.60	5.47	47.57	42.16	16.11	14.10	-6.38	-15.16	-2.35	-13.98	31.35	28.85	-0.46	-0.91	-1.11	-11.23
Mean	14.51	5.86	25.74	15.02	20.96	8.42	12.82	0.03	2.08	-2.92	13.98	2.72	-0.65	-9.00	4.17	-7.55
3×1	21.52	9.54	9.61	3.63	18.64	-5.14	35.06	8.43	9.82	8.67	-9.31	-14.11	-6.51	-21.43	11.49	0.32
4×1	25.34	21.84	21.88	1.70	5.85	-2.07	36.00	8.43	3.38	1.66	37.30	21.04	-11.51	-17.65	8.33	-4.31
5×1	27.37	16.65	43.11	30.00	6.54	3.65	6.18	5.73	5.46	2.37	26.95	5.25	-9.83	-11.76	-7.88	-13.71
3×2	16.20	2.64	8.49	7.91	31.84	6.22	53.78	35.22	14.37	10.40	10.95	-10.58	10.00	-4.13	8.04	-6.64
4×2	20.67	14.76	18.81	2.62	7.47	-1.49	34.55	16.09	3.52	-2.22	52.75	44.85	-2.13	-5.04	18.61	0.70
5×2	23.65	11.85	39.44	34.33	0.63	-1.10	18.86	7.71	7.64	-5.18	74.47	8.52	4.60	4.13	-9.39	-18.66
Mean	22.45	12.88	23.55	13.36	11.82	0.01	30.73	13.60	7.36	2.61	32.18	9.16	-2.56	-9.31	4.86	-7.05

Characters are refered to : CL; Culm length, SL; Spike length, AL; Awn length, LL; Leaf length, LW; Leaf Width, NSP; No of spikes/plant, NGS; No of grains/spike GW; 1000 grain weight

Parent : 1; Gangbori, 2; Olbori, 3; Saechalssalbori, 4; Saessalbori, 5; Moodeongssalbori

중요한 형질인 수당립수는 겉보리 및 쌀보리의 정역교배에서 heterosis나 heterobeltiosis에서 모두 부의 값을 나타냈다. 천립중은 heterosis가 대부분의 조합에서 나타났고, heterobeltiosis에서는 부의 수치를 보였다. 본 실험에 재료로 만들어진 제한된 숫자의 교배조합으로 인하여 포괄적인 결론을 내리기는 매우 어려웠다. 그리고 겉보리×쌀보리, 쌀보리×겉보리의 교배조합에 의해 F_1세대에 대한 피과성의 우열성에 있어서는 피성이 과성에 대해 우성으로 유전되었음을 확인하였다.

유전력

유전력은 양친과 자식간의 유전적 관계의 정도를 나타내는 것으로서 값의 대소에 따라 그 형질에 관여하는 유전자와 환경의 영향을 분석할 수 있는 중요한 지표이다. 겉보리와 쌀보리의 교배조합에서 F_1세대를 대상으로 각 형질의 유전력을 알아보기 위하여 분산분석을 수행하였으며, 유전분산과 환경분산을 산출하여 유전력을 추정하였다(Table 3, 4). 먼저 교배조합에 따른 분산분석의 결과는 Table 3과 같이 각 형질에서 반복간에 유의성이 없었으나, 각 교배조합간에는 조사형질인 간장, 수장, 망장, 엽장, 엽폭, 주당수수, 수당립수, 천립중 등에서 모두 유의성이 나타나 교배조합으로 사용한 각 품종간에는 유전변이가 다양하였음을 알 수 있었다. 그리고 겉보리와 쌀보리의 교배조합간의 각 조사형질에 대한 유전력과 유전분산, 환경분산에서 유전분산이 수당립수에서 가장 높은 수치를 보였으며, 환경분산은 주당수수, 간장, 수당립수 순으로 가장 높은 수치를 나타냈고, 모든 형질에서 유전분산치가 환경분산보다 높게 나타났다(Table 4). 유전력은 엽폭에서 94.5%로 가장 높게 나타났으며 각 조사형질 대부분 76.7-94.5%로 높은 수치를 보였다. 유전력이 높은 형질은 교잡육종의 선발에 있어서 중요한 지표가 될 수 있으므로, 선발의 기초적인 면에서 큰 의의가 있다고 사료되어 진다. 본 연구에서와 같이 유전력이 높은 형질은 환경에 따른 변이가 비교적 적다고 할 수 있으나, 유전력의 발현은 시험시기, 교배조합, 시험장소, 또는 재배방법 및 분석방법의 차이에도 그 결과가 변동될 수 있기 때문에 다양한 환경에서 복합적으로 검토되어야 더욱 정확한 유전력에 대한 검정을 할 수 있으리라고 사료된다.

Table 3. Variance analysis of 8 characters from the F_1s produced by reciprocalcrosses between the hulled and the naked barleys

Characters	factors	replication	Treatment	Error
	df	2	6	12
Culm length		3.733	190.244**	7.028
Spike length		0.106	3.968**	0.163
Awn length		0.415	19.624**	0.881
Length of leaf		0.025	0.109**	0.010
Width of leaf		0.226	6.936**	0.132
No of spjke/plant		12.000	115.714**	7.333
No of grains/spike		2.999	245.650**	5.722
1,000 grains weight		0.556	11.373**	0.381

**, Significant at the 1% level

Table 4. Genotypic variances, environmental variances, and heritabilities of 8 characters from the F_1s produced by reciprocal crosses between the hulled and the naked barleys

Characters	σ^2G	σ^2E	$h^2_B(\%)$
Culm length	61.072	7.028	89.68
Spike length	1.268	0.163	88.61
Awn length	6.247	0.881	87.64
Length of leaf	0.033	0.010	76.74
Width of leaf	2.268	0.132	94.50
No of spike/plant	36.127	7.333	83.13
No of grains/spike	79.976	5.722	93.32
1,000 grains weight	3.664	0.381	90.58

σ^2G, genotypic variance; σ^2E, environmental variances; $h^2_B(\%)$, heritability in broad sense.

형질간의 상관분석

형질간의 상관성을 이용한 효율적인 선발을 하기 위하여 겉보리와 쌀보리 정역교배 조합의 각 형질간 표현형상관, 유전상관을 산출하였다(Table 5, 6). 정역교배의 조합에서 형질상호간의 상관계수는 표현형상관, 유전상관의 값이 모두 같은 부호로 나타났다. 유전상관과 표현형상관의 수치비교에서는 각 형질에 따라 다소 차이는 있었으나 정교배(겉보리×쌀보리)에서 유전상관이 표현형상관보다 전반적으로 높게 나타난 반면(28 가지 중 25경우) 역교배(쌀보리×겉보리)에서는 유전상관이 표현형상관보다 높게 나타난 경우가 상대적으로 적었다(28 가지 중 19경우). 위의 결과는 Kwak

Table 5. Correlation coefficients among 8 characters in forward crosses between the hulled and the naked barley

Characters		CL	SL	AL	LL	LW	NSP	NGS	GW
CL	rPh		0.651**	0.466*	0.299	0.418*	0.560**	0.891**	-0.496*
	rG		0.728**	0.555**	0.361	0.435*	0.607**	0.963**	-0.547**
SL	rPh			0.427*	0.141	0.687**	0.289	0.663**	0.696**
	rG			0.485*	0.213	0.761**	0.206	0.737**	0.101
AL	rPh				0.755**	0.705**	0.674**	0.460*	-0.229
	rG				0.862**	0.799**	0.786**	0.484*	-0.262
LL	rPh					0.443*	0.782**	0.357	-0.375
	rG					0.599**	0.970**	0.353	-0.424*
LW	rPh						0.347	0.313	0.237
	rG						0.398	0.322	0.267
NSP	rPh							0.591**	-0.568**
	rG							0.658**	-0.699**
NGS	rPh								-0.523**
	rG								-0.570**

Characters are refered to: CL; Culm length, SL; Spike length, AL; Awn length, LL; Leaf length, LW; Leaf Width, NSP; No of spikes/plant, NGS; No of grains/spike GW; 1000 grain weight.
rPh; phenotypic correlation, rG; genotypic correlation, *; Significant at the 5% level, **; Significant at the 1% level.

Table 6. Correlation coefficients among 8 characters in reverse crosses between the naked and the hulled barley

Characters		CL	SL	AL	LL	LW	NSP	NGS	GW
CL	rPh		0.900**	-0.445*	-0.456*	0.700**	0.439*	0.009	-0.223
	rG		0.926**	-0.782**	-0.991**	0.708**	0.262	0.107	-0.225
SL	rPh			-0.325	-0.374	0.516**	0.452**	0.393	-0.391
	rG			-0.706**	-0.869**	0.531**	0.266	0.516**	-0.390
AL	rPh				0.729**	-0.525**	-0.004	0.111	-0.195
	rG				0.922**	-0.924**	-0.849**	0.118	-0.529**
LL	rPh					-0.465*	-0.700**	0.009	-0.008
	rG					-0.107	-0.220	0.125	-0.330
LW	rPh						0.273	-0.176	0.263
	rG						0.128	-0.219	0.277
NSP	rPh							0.395	-0.136
	rG							0.713**	-0.737**
NGS	rPh								-0.262
	rG								-0.348

Characters are refered to : CL; Culm length, SL; Spike length, AL; Awn length, LL; Leaf length, LW; Leaf Width, NSP; No of spikes/plant, NGS; No of grains/spike GW; 1000 grain weight.
rPh; phenotypic correlation, rG; genotypic correlation, *; Significant at the 5% level, **; Significant at the 1% level.

[7,8] 등이 자포니카 수도 품종의 잡종강세 및 주요 형질 상관연구에서 유전상관의 값이 표현형상관과 환경상관의 값 보다 높다는 내용의 보고와 일치하였다.

정교배에서 표현형상관과 유전상관이 함께 유의한 정의 상관값을 보인 형질간은 간장과 수장, 간장과 망장, 간장과 엽폭, 간장과 주당수수, 간장과 수당립수, 수장과 망장, 수장

과 엽폭, 수장과 수당립수, 망장과 엽장, 망장과 엽폭, 망장과 주당수수, 망장과 수당립수, 엽장과 엽폭, 엽장과 주당수수, 주당수수와 수당립수 간이었지만, 표현형상관과 유전상관이 함께 유의한 부의 상관을 보인 형질은 간장과 천립중, 주당수수와 천립중, 수당립수와 천립중 간이었다. 역교배에서의 표현형상관과 유전상관이 함께 유의한 정의 상관값을 보인 형질간은 간장과 수장, 간장과 엽폭, 수장과 엽폭, 망장과 엽장 간이었고, 표현형상관과 유전상관이 함께 유의한 부의 상관을 보인 형질은 간장과 망장, 간장과 엽장, 망장과 엽폭 간이었다. 그리고 정교배에서 증수적 형질인 천립중간의 상관 외는 모든 형질간의 상관에서 정의 상관을 가지며, 특히 이들 상관관계에서 엽장과 주당수수(0.970**), 간장과 수당립수(0.963**), 망장과 엽장(0.862**)이 정으로 높은 유전상관을 나타내었다. 하지만 역교배에서는 형질간의 상관에서 정의 상관과 부의 상관이 비슷한 경향을 보였으며, 간장과 수장(0.926**), 망장과 엽장(0.922**), 주당수수와 수당립수(0.713**)가 상대적으로 높은 유전상관을 나타내었다. 수량구성요소의 중요한 형질 중에 하나인 천립중이 주당수수및 수당립수와 부의 관계를 보이고 있는 것은 육종에서 해결해야 할 중요한 과제로 제시되어 왔으며, 본 실험의 결과에서는 교배의 방향에 따라서 이 부의 상관관계가 줄어들 수도 있음을 보여주고 있다(Table 5와 6).

요 약

정역교잡에 따른 보리의 겉보리와 쌀보리의 F_1세대에 대한 잡종강세의 정도와 이들의 유전적 작용을 평가할 수 있는 heterosis나 heterobeltiosis의 검정과 유전력 및 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다.

겉보리×쌀보리, 쌀보리×겉보리의 교배조합에 따른 heterosis는 간장, 수장, 망장, 엽장, 엽폭, 주당수수, 수당립수, 천립중 등의 모든 형질에서 정의 강세율을 보였다. 쌀보리×겉보리의 교배조합이 겉보리×쌀보리의 교배조합보다 heterosis나 heterobeltiosis가 간장, 엽장, 엽폭, 주당수수, 수당립수 등에서 강세의 정도가 다소 높았고, 피과성의 우성정도는 피성이 과성에 대하여 우성이었음을 확인하였다. 그리고 교배조합간의 유전력은 엽폭에서 94.5 %로 가장 높게 나타났으며, 각 조사형질 대부분 76.7-94.5 %로 높은 수치를 나타내었다. 또한 겉보리와 쌀보리의 정역교배조합간 상관관계는 정교배의 경우, 엽장과 주당수수(0.970**), 간장과 수당립수(0.963**), 망장과 엽장(0.862**)이 정으로 높은 유전상관을, 역교배의 경우, 간장과 수장(0.926**), 망장과 엽장(0.922**), 주당수수와 수당립수(0.713**)가 높은 유전상관을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. Anwar, A. R. and A. R. Chowdhry. 1969. Heritability and inheritance of plant height, heading date, and grain yield in four spring wheat crosses. *Crop Science* **9(6)**, 760-762.
2. Chung, W. B. 1997. Combining ability analysis in barley hybrids by diallel crosses. *Res. Bell. Inst. Agr. Reso. Dong-A Univ.* **6**, 11-18.
3. Gebrekidan, B. and D. C. Rasmusson. 1970. Evaluating parental cultivars for use in hybrids and heterosis in barley. *Crop Science* **10**, 500-502.
4. Grafius, J. E., W. L. Nelson and V. A. Dirks. 1952. The heritability of yield in barley as measured by early generation bulkd progenies. *Agron. J.* **44**, 253- 257.
5. Johnson, V. A., K. J. Beiever, A. Haunold, and J. M. Schmidit. 1966. Inheritanced of plant height, yield of grain, and other plant and seed characteristics in a cross of hard red winter wheat, *Triticum aestivum L. Crop Science* **9(4)**, 336-338.
6. Johnson, V. A., J. W. Schmidth and W. Mekaha. 1966. Comparison of yield components and agronomic characters of four winter wheat varieties differing in plant height. *Agron. J.* **58**, 438-441.
7. Kwak, T. S., B. T. Jun, S. Y. Cho and R. K. Park. 1998. Inheritance of quantitative characters in dialled cross of rice. I. heterosis and correlations between major characters in Japonica rice. *Korean J. Breed* **20(2)**, 138-145.
8. Kwak, T. S. 2000. Inter-relationships and combining ability of growth characters in F_1 hybrids of indica and tongil type rice. *Korean J. Breed* **32(1)**, 58-60.
9. Pawlish, P. E., and A. H. Van Dijk. 1965. Forage and grain production of four F_1 barley hybrids and their parents. Crop Sci. 5 : 135-136. hybrids and heterosis in barley. *Crop Science* **10**, 500-502.
10. Piao, Zh. Z., Y. I. Cho and H. J. Koh. 2000. Relationship between genetic distance among parents and heterosis in F_1s under N-fertilized and unfertilized

conditions in rice. *Korean J. Breed* **32(3)**, 253-255.
11. Robinson, E. R., R. E. Comstock and P. H. Harveys. 1949. Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. *Agron. J.* **41**, 353-359.
12. Robinson, E. R., R. E. Comstock and H. P. Harveys. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implication in sellection. *Agron. J.* **43**, 282-287.
13. Shull, G. H. 1952. Beginnings of the heterosis concept. *In* Heterosis. J. W. Gowen, pp 14-48, Iowa State College Press, Ames Iowa.
14. Upadhyaya, B. R. and D. C. Rasmusson. 1967. Heterosis and combining ability in barley. *Crop Science* **7**, 644-646.
15. Weibe, G. A. and T. R. Ramage. 1971. Hybrid barley. Barley Genet. **2**, 287-291.

(Received March 11, 2002; Accepted May 13, 2002)