

벼 1代 雜種 品種들의 生長特性和 收量

金昌局* · 李泮雨**

Growth Characteristics and Grain Yield of F₁ Hybrids, Their Restorers and Maintainers in Rice

Chang Kuk Kim* and Byun Woo Lee**

ABSTRACT : This study was conducted to clarify high yielding factors of F₁ hybrids in terms of the growth characteristics, canopy structure, nitrogen content and nitrogen profile in the canopy. Varieties used in this study were four hybrid rices showing different heterosis in grain yield and their parents. Varieties of Japonica were Reimei(maintainer), TP 681 and TP 1278(restorers), and F₁ (Reimei ms×TP 681, Reimei ms×TP 1278) hybrid rices. Those of Indica type were 1378 (maintainer), Milyang 46 and Suweon 287(restorers), and F₁ (1378 ms×Milyang 46, 1378 ms×Suweon 287) hybrid rices. High heterosis in F₁ hybrid rices were shown in panicles per hill and spikelets per panicle, being greatest in spikelets per panicle. Spikelets per square meter expressed even greater heterosis than those two yield components because of multiplicative effect of them. Heterosis of ripened concentration of leaf nitrogen and steeper gradient of leaf nitrogen in canopy strata but also better productive structure in favor of light interception seemed to have led to higher canopy photosynthesis of F₁ hybrids and subsequent higher partition of assimilates for leaf area expansion especially during vegetative growth stage. Higher dry matter production, resulting from these factors, during vegetative stage would have contributed to the production of greater number of spikelets per square meter, and consequently to higher grain yield in F₁ hybrids.

Key word : Rice, Hybrid, Heterosis, Heterobeltiosis, Photosynthesis, Nitrogen

내비성이 크고 직립초형인 통일계 품종의 육성 보급은 우리나라 수도 수량성의 획기적인 향상을 가져오는 계기가 되었다. 통일계 품종의 지속적인 개발과 단점 개선을 위한 재배법의 개발 보급으로 수량성은 1980년대 초반까지는 지속적으로 증가하였으나 그 이후 현재까지 정체 상태에 있다. 정

체된 수도 수량성 향상의 돌파구를 찾기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직 방향을 찾지 못하고 있으며 다만 융성불임을 이용한 1대 잡종의 이용이 가능성으로 제시되고 있을 뿐이다. 수도의 잡종강세에 관한 연구는 Jones(1926)⁹⁾에 의해 최초로 보고되었으며 그 이후 많은 연구가 이루어져

* 농촌진흥청 통계분석담당실(Computer Stat. Office, RDA, Suweon 441-707, Korea)

** 서울대학교 농학과(Dept. of Agronomy, Seoul Nat'l University, Suweon 441-744, Korea)

벼의 수량에 대한 잡종강세는 대개 정의 방향으로 나타나는데 교배 조합에 따라 발현 정도가 크게 다른 것으로 보고되었는데^{2,5,6,17)} 특히 웅성불임계통을 이용한 1대 잡종의 잡종강세는 현저한 것으로 보고되었다.^{3,6,12)}

金(1985)¹¹⁾은 F₁이 광합성 기관인 엽 건물중의 비율이 높았으며 특히 출수기 건물 생산과 관계가 깊은 상위엽 건물중의 Heterosis가 크다고 하였다. Chung(1991)¹¹⁾은 1대 잡종은 모든 조합에서 양친보다 건물중이 많으며 Indica가 Japonica보다 총 건물중에 대한 엽신의 비율이 커 광합성에 유리하다고 하였으며, Jennings(1967)⁸⁾는 1대 잡종이 생육초기에 질소 흡수량이 많고 광합성 속도가 높아 초기에 건물중의 급격한 증가를 가져온다고 보고 하였다. 그러나 질소의 공간적 분포, 수광능률 등과 F₁ 품종들의 다수성과의 관계에 대한 보고는 거의 없다.

본 연구는 잡종 강세가 다른 1대 잡종 품종들과 양친들의 성장과 수량 형성 과정상의 특성, 질소의 공간적 분포, 수광능률등을 비교하여 F₁ 품종들의 다수성 요인을 검토하고자 하였다.

를 기비로, 분얼비로 30%, 수비는 20%를 사용하였고, 인산은 전량 기비로, 칼륨은 염화加里로 전량의 70%를 기비로 주고 나머지는 수비로 사용하였다.

이양후부터 출수기까지는 10일, 출수 이후에는 15일 간격으로 식물체의 지상부를 15cm 간격으로 층별 예취하여 엽, 엽초+줄기, 이삭, 고엽 등으로 분리하여 건물중과 엽면적을 조사하였고 이양후 25일, 유수형성기, 출수기에 군락의 광 투과량을 Line Solarimeter을 사용하여 15cm 간격으로 측정하였다. 수확기에는 수량과 수량구성요소를 상법에 준하여 조사하였으며 등숙률은 비중 1.0인 수도물과 비중 1.06인 소금물에서 Indica와 Japonica를 각각 비중선하여 구하였다.

유수분화기와 출수기에 엽 광합성량을 측정하였는데, 유수 분화기에는 최상위 완전 전개엽을 출수기에는 지엽을 대상으로 Parkinson 동화상이 장착된 LCA-3(open system)광합성 측정기로 측정하였다. 벼의 질소함량은 Micro kjeldahl법을 이용하여 분석 하였다.

結果 및 考察

材料 및 方法

본 실험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 1992년에 수행하였다. 실험재료로는 서울대 농생대 농학과 육종연구실에서 육성한 Japonica의 웅성불임계통 Reimei ms³⁾와 임성회복친 TP681 및 TP1278를 교배한 Reimei ms×TP681, Reimei ms×TP1278의 2개 조합 F₁과, Indica의 웅성불임계통 1378ms¹²⁾와 임성회복친 청청벼 및 태백벼를 교배한 1378ms×청청벼(밀양 46호), 1378ms×태백벼(수원 287호)의 2개 조합 F₁들을 양친과 동시에 공시하였다. F₁ 종자들은 서울대 부속농장 세대축진 온실에서 1991년 겨울에 교배하여 생산하였다.

파종은 1992년 4월 25일 파종하여 6월 1일에 재식 거리 30cm×15cm로 주당 1본식으로 이양하였다. 시비량은 10a당 질소 15kg, 인산 10kg, 칼륨 15kg로 하였으며 질소는 요소로 전량의 50%

1. 收量과 收量構成要素

F₁ 조합에 따라 양친 품종들과 1대 잡종 품종간의 수량 및 수량구성요소를 비교한 것이 表 1이다.

수량의 잡종강세 정도는 Indica가 Japonica보다 높았으며 같은 품종군내에서의 조합간 차이도 크게 나타났었다. 수량구성요소중 수당 영화수의 잡종강세 정도가 수량에 대한 잡종강세에 가장 크게 영향하며 다음으로 주당 수수였다. 결국 이들 요인의 적으로 나타내지는 단위면적당 영화수의 잡종강세 정도가 수량의 Heterosis 정도를 좌우하는 요인인 것으로 판단 되었다. 1대 잡종에서 Heterosis의 발현은 수수와 수당 영화수의 수량구성 요소에서 나타난다고 한 村山(1974)¹⁷⁾의 보고, 1대 잡종은 수량구성 요소중 수당 영화수의 잡종강세가 가장 높고 수수는 조합에 따라 상이하다고 한 高(1987)³⁾의 보고, F₁은 수수에서 부의

Table 1. Grain yield and its components of F₁ rice hybrids and their parents

Varieties	Panicles /hill	Spikelets /panicle	Spikelets /m ²	Filled grain (%)	1000 grain weight	Grain yield
M 46	10.6	108.0	25439	80.8	26.4	543.1
FM 46	12.3	122.3	33425	80.9	25.3	684.6
1378	10.3	109.3	25015	79.9	23.9	474.6
LSD (5%)	0.28*	6.07**	968.1**	ns	ns	12.7**
S 287	11.3	119.9	30105	86.1	22.7	589.1
FS 287	12.9	145.0	41566	83.0	24.9	854.1
1378	10.3	109.3	25015	79.9	23.9	474.6
LSD (5%)	0.31*	6.72**	1130**	3.73	0.91*	14.6**
TP 681	11.1	94.3	23260	80.6	23.3	435.2
FTP 681	10.9	108.7	26329	79.2	23.3	485.5
Reimei	11.0	109.9	26864	81.6	24.7	540.7
LSD (5%)	ns	5.57**	875.8**	ns	ns	10.9**
TP 681	11.6	112.5	28998	84.0	24.1	586.8
FTP 681	11.9	128.6	34007	83.0	24.6	693.0
Reimei	11.0	109.9	26864	81.6	24.7	540.7
LSD (5%)	0.27*	6.25**	1032**	ns	ns	13.6**

FM 46 : F₁ hybrid (1378 ms × M 46), FS 287 : F₁ hybrid (1378 ms × S 287)
 FTP 681 : F₁ hybrid (Reimei ms × TP 681), FTP 1278 : F₁ hybrid (Reimei ms × TP 1278)

Heterosis가 나타나지만 수당 영화수의 Heterosis 정도가 월등히 커서 전체적인 영화수는 증가한다고 한 金(1985)¹¹⁾의 보고와 본 연구결과를 종합하여 볼때 수량구성요소중 正의 잡종강세가 가장 크게 나타나는 것은 수당 영화수이며, 주당 수수는 수당 영화수에 비하여 잡종강세정도가 낮게 나타나고 또한 그 차이는 조합에 따라 큰 것으로 판단된다.

공시된 10개 품종들의 수량과 수수, 수당 영화수, 등숙률 및 천립중과의 상관관계를 나타낸 것이 표 2이다. 천립중과 등숙률은 품종들의 수량과 유의한 상관관계가 없었으나 주당 수수와 수당 영화수는 수량과 고도로 유의한 正의 상관관계가 인정되었으며 특히 수당 영화수의 상관관계가 높았다. 단위면적당 영화수와 수량과의 0.942의 높은 상관관계를 나타냄으로서 품종들의 수량 대소는 단위면적당 영화수의 대소와 일치하였고 F₁ 품종들의 Heterosis 정도도 단위면적당 영화수의 Heterosis 정도와 일치하였다.

Table 2. Correlations of grain yield and its components of F₁ rice hybrids and their parents

Component	Panicles /hill	Spikelets /panicle	Spikelets /square meter	Filled grain (%)	1000-grain weight (g)
Yield	0.8950**	0.9256**	0.9420**	0.4661	0.3801

2. 生長 指標

1일당 평균건물중의 증가량을 나타내는 개체군. 성장율(CGR)이 최대에 이르는 시기는 F₁이 이양후 35~45일인 10일 정도 늦었다(그림 1). 이양후 45일 이전에는 F₁ 모두 각각의 양친 품종들보다 월등히 높은 CGR을 나타내었으며 그 이후는 급격히 감소하여 양친 품종들보다 오히려 낮거나 유사한 CGR을 나타내었다. 유수분화기 이전의 영양생장기에는 CGR이 Indica의 F₁이 8~10g/m²/day, Japonica의 F₁이 7~11g/m²/day로 현저한 잡종강세를 보였으며 같은 품종군에서는 수량의 Heterosis가 큰 조합이 CGR의 Heterosis가 높았으며, 이 경우 F₁의 CGR은 임성 회복친의 CGR이 높은 조합의 CGR이 높았다. 순동화율(NAR)은 이양후 35일에 Indica의 F₁이 7~8g/m²/day, Japonica의 F₁이 9~10g/m²/day로 최대치에 이르고 양친보다 높았으며 그 이후는 급격히 감소하여 양친 품종보다 낮거나 유사한 NAR을 나타내고 엽면적지수는 1대 잡종 품종들이 양친 품종들보다 높았으며 생육 초기에는 높은 양의 잡종강세를 나타내었으나 그 이후 점차 낮아져 출수기 이후에는 차이가 없었다.

3. 窒素·含水量의 空間的 分布

군락의 층별 질소함량에 대한 Heterosis와 Heterobeltiosis는 이양후 45일에 가장 크게 나타났으며 모든 시기에 있어서 군락 상층일수록 Heterosis가 커지는 경향이였다.

Indica는 이양후 70일(출수기)에도 양조합 모두 正의 잡종강세 현상이 나타났으나 Japonica의 Reimei ms × TP681는 상층엽에서만 正의 잡종강세를 나타내었다(표 3). 엽 질소함량의 잡종강세는 군락의 상층부일수록 커서 엽 질소농도의 군락

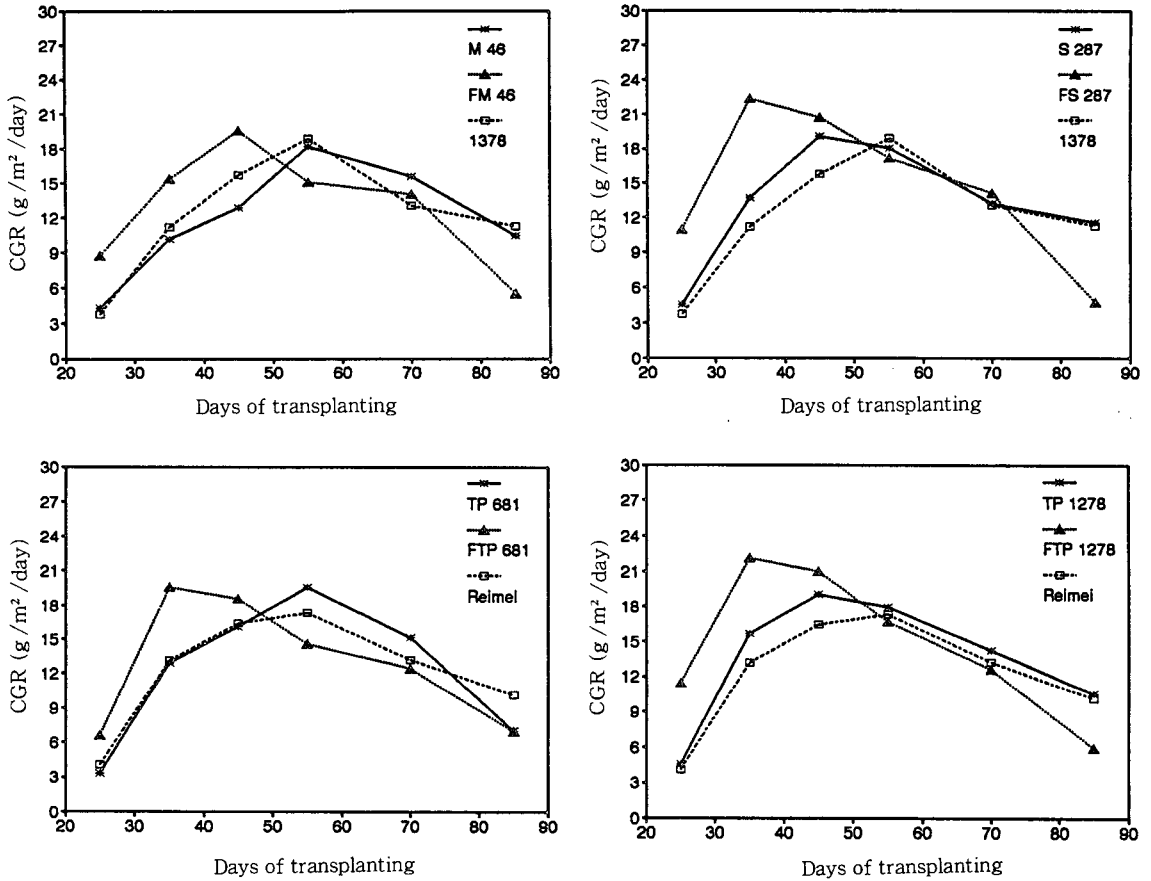


Fig. 1. Seasonal changes in crop growth rate(CGR) of F₁ rice hybrids and their parents.

상하층간 구배가 F₁ 품종이 양친에 비하여 월등히 컸는데, Shiratsuchi(1993)⁷⁾ 등은 군락 상하간의 질소 농도 구배가 큰 것이 군락 광합성에 유리하다고 하였다. 엽 질소함량의 집중강세는 Indica가 Japonica보다 컸으며 같은 품종군에서는 수량의 Heterosis가 높은 조합인 Indica의 1378ms×S287 조합과 Japonica의 Reimei ms×TP1278조합이 크게 나타났다.

4. 群落의 吸光係數

층별 예취법에 의하여 각 생육시기별로 측정된 군락의 흡광계수(K)를 나타낸 것이 표 4이다. F₁ 품종들의 흡광계수는 양친품종들에 비하여 낮았으며 그 차이는 생육이 진전될수록 커져 F₁ 품종들은 양친에 비하여 잎이 직립화되어 효율적인 광 이용

생산구조를 가지며, 특히 군락이 완전히 형성되는 생육후기 일수록 차이가 컸다.

5. 光合成

공시한 10개 품종의 우수 분화기 엽신의 질소함량과 광합성 속도와의 관계를 나타낸 것이 그림 2이다. 품종들의 엽신의 질소함량과 광합성 속도와는 고도로 유의한 정의 상관관계가 있었으며, 1대 잡종의 질소함량과 광합성 속도는 양친보다 모두 높았고 조합간에는 수량의 Heterosis가 높은 Indica의 1378ms×수원287과 Japonica의 Reimei ms×TP1278이 광합성 속도가 높았다. Indica는 Japonica보다 동일한 질소함량에서도 광합성 속도가 더 높았다. 단위 면적당 엽신의 질소 보유량과 광합성 속도와의 관계도 유의적인 정의 상관이 인

Table 3. Heterosis and Heterobeltiosis for leaf nitrogen content of each canopy stratum at each growth stage of F₁ rice hybrids

Strata (cm)	After transplanting								
	25 days			45 days			70 days		
	N.C(%)	H	H.B	N.C(%)	H	H.B	N.C(%)	H	H.B
F ₁ hybrid (1378 ms × M 46)									
0-15	2.09	118.6	118.8	1.61	131.2	110.3	0.69	125.8	113.2
15-30	3.12	124.4	124.6	3.14	137.0	116.1	1.33	131.6	113.1
30-45	4.45	130.9	131.1	3.72	143.5	122.6	1.64	131.6	115.7
45-60	-	-	-	4.02	149.6	128.8	2.17	134.3	119.7
F ₁ hybrid (1378 ms × S 287)									
0-15	2.14	132.4	117.0	1.92	144.1	128.7	0.75	119.0	105.5
15-30	3.43	138.2	122.8	3.14	149.9	134.5	0.96	116.6	107.5
30-45	4.65	144.8	129.4	3.72	156.5	141.1	1.45	124.6	108.9
45-60	-	-	-	4.37	162.5	147.2	1.55	134.2	116.2
F ₁ hybrid (Reimei ms × TP 681)									
0-15	2.85	112.1	97.7	2.36	116.3	102.0	1.02	91.6	82.3
15-30	3.93	117.9	103.5	3.73	122.1	107.8	1.92	91.6	84.6
30-45	3.12	116.5	105.6	3.73	128.7	114.4	1.93	98.2	91.1
45-60	-	-	-	3.78	134.8	120.4	2.17	104.2	97.2
60-75	-	-	-	3.78	134.8	120.4	2.21	115.3	108.5
F ₁ hybrid (Reimei ms × TP 1278)									
15-30	2.98	132.4	122.5	3.64	143.3	126.9	1.32	119.4	111.2
30-45	3.54	139.0	129.0	3.25	149.9	133.5	1.24	126.0	117.7
45-60	-	-	-	3.98	149.5	137.6	1.56	132.0	123.8
60-75	-	-	-	4.25	155.9	139.6	1.87	132.0	123.8

Note : H : Heterosis, H.B : Heterobeltiosis, N.C : Nitrogen content

Table 4. Light extinction coefficient (K) at each growth stage of F₁ rice hybrids and parents

Trp	M 46	FM 46	S 287	FS 287	1378	TP 681	F 681	TP 1278	F 1278	Reimei
25	0.516	0.472	0.584	0.480	0.529	0.639	0.689	0.723	0.619	0.729
45	0.476	0.358	0.467	0.412	0.481	0.526	0.516	0.512	0.501	0.626
70	0.435	0.395	0.436	0.380	0.414	0.776	0.587	0.692	0.498	0.751

FM 46 : 1378 ms × M 46, F 681 : Reimei ms × TP 681, FS 287 : 1378 ms × S287
F 1278 : Reimei ms × TP 1278, Trp : Days after transplanting

정되었고 그림 2의 질소 함량의 경향과 유사하였다.

6. 生長指標와 窒素含量과의 關係

1대 잡종과 양친 품종들의 엽신 질소함량과 생장 지표와의 상관성을 생육시기별로 나타낸 것이 표 5이다.

CGR은 이양후 45일 이전까지 엽신의 질소 함량과 유의한 정의 상관성이 인정되어 엽신 질소 함량이 높은 품종이 CGR이 높았으며 이양후 55일 이후는 유의한 상관성이 인정되지 않았다. RGR은 이양후 25일에만

유의한 정의 상관성이 있었고 그 이후로는 유의성이 인정되지 않았으며, NAR의 경우도 CGR과 마찬가지로 이양후 45일까지는 높은 정의 상관성이 있었으나 그후 상관성이 유의하지 않았으며 상관계수도 점차 낮아지는 경향이었다. 이는 생육초기에 질소흡수량이 많아 엽중의 질소농도가 높은 품종이 순광합성속도가 높아 초기 군락생장이 촉진되는 것으로 해석되는데, Jenings(1967)⁸⁾도 1대 잡종이 생육초기에 질소흡수량이 많고 광합성 속도가 높아 생육 초기에 급격한 건물중 증가를 가져온다고 하였다.

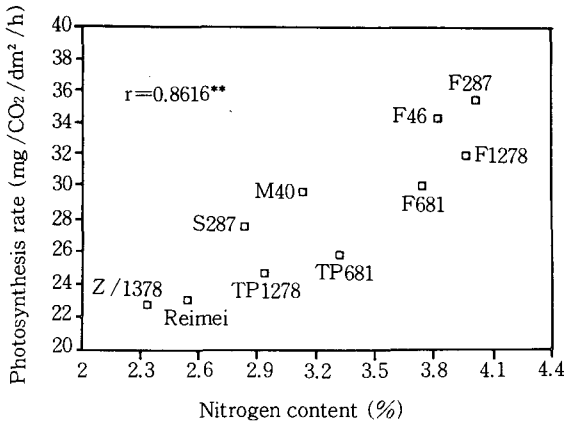


Fig. 2. Relation between content of leaf nitrogen and photosynthesis rate during the vegetative growth(45 dat) of F₁ rice hybrids and their parents.

7. 生長指標 및 窒素保有量과 穎花數 및 收量과의關係

1대 잡종과 양친 품종들의 수량 및 단위면적당 영화수와 생장 지표와의 상관은 표 6과 같다.

단위 면적당 영화수와 수량은 유수분화기(이양 후 45일)이전인 영양 성장기의 CGR, NAR, LAI 와 매우 높은 정의 상관을 나타내었으나 생식 성장기의 이들 생장지표와는 유의한 상관이 인정되지 않았다. 한편 CGR 및 NAR과의 상관은 이양후 25일에 가장 높았으며 LAI와는 이양후 35일에 가장 높은 상관관계를 보였다. 한편 유수분화기(이양후 45일) 1대 잡종과 양친 품종들의 지상부 건물중과 단위면적당 영화수와도 유의한 정의 상관이 있었다. 이와 같은 결과는 품종의 단위면적당 영화수와 이에 기인하는 수량성의 품종간 차이는 영양성장기

Table 5. Correlations between leaf nitrogen content and growth characteristics at each growth stage of F₁ rice hybrids and their parents

Character	25	35	45	55	70	85
	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT
CGR	0.8901**	0.8115**	0.9241**	0.6948	0.4457	0.1309
RGR	0.7420*	0.6201	0.4642	0.5735	0.5865	0.2239
NAR	0.8586**	0.7302*	0.7625*	0.5453	0.4666	0.3831
LAI	0.5549	0.4657	0.5651	0.4467	0.5378	0.4259

DAT : Days after transplanting

특히 초기생장의 차이가 중요한 요인임을 시사하는 것으로 생각된다.

이양후 각 시기에 있어서 공시 품종들의 경엽중 질소 보유량과 단위면적당 영화수 및 수량과의 상관은 표 7과 같다.

단위면적당 영화수는 이양후 45일 이전까지 경엽중의 질소 보유량과 유의한 정의 상관관계가 있었으며 상관성은 생육 초기일수록 높았다. 이 결과는 단위 면적당 영화수는 영양 성장기에 경엽중의 질소 보유량과 정의 상관이 있다는 보고^{4,13,14}와 일치 하였으며 영양 성장기 특히 생육 초기에 질소 흡수량이 높은 품종일 수록 영화수 확보에 유리하여 다수성을 나타내는 것으로 볼 수 있다.

이상의 결과를 종합하여 볼때 F₁의 수량에 대한 잡종강세는 단위면적당 영화수의 잡종강세에 의하여 나타나는데, 단위면적당 영화수의 품종간 차이는 영양성장기 특히 생육초기의 질소흡수량과 건물 생산성의 차이가 주요 원인인 것으로 판단되었다. F₁ 품종들이 영양성장기에 건물생산성이 높은

Table 6. Correlations of yield and spikelets per square meter with growth characteristics at each growth stage of F₁ rice hybrids and their parents

Growth	characteristic	after transplanting					
		25 days	35 days	45 days	55 days	70 days	85 days
CGR	Spikelets	0.8648**	0.8109**	0.8419**	0.5216	0.3602	0.5136
	Yield	0.8434**	0.7856*	0.7485*	0.2619	0.2581	0.5360
NAR	Spikelets	0.8982**	0.7592*	0.6891	0.5437	0.5598	0.6931
	Yield	0.8745**	0.6065	0.6553	0.6847	0.5642	0.6762
LAI	Spikelets	0.7968*	0.8578**	0.7512*	0.6471	0.6059	0.5066
	Yield	0.6816	0.8163**	0.7276*	0.6334	0.6280	0.5346

것은 질소의 흡수량이 많아 엽의 질소농도가 높게 유지되어 단위동화능력이 높을 뿐만 아니라 군락 상층일수록 질소함량에 대한 Heterosis가 높아 군락동화에 유리한 질소의 군락내 공간적 분포를 하고 또한 효율적인 광 이용 생산구조를 형성하기 때문인 것으로 판단된다.

Table 7. Correlations of yield and spikelets per square meter with nitrogen amount in the shoot of F₁ rice hybrids and their parents at each growth stage

Component	after transplanting					
	25days	35days	45days	55days	70days	85days
Spikelet	0.9064**	0.8207**	0.7308*	0.6025	0.4521	0.3872
Yield	0.8562**	0.7374*	0.7194*	0.5671	0.3981	0.4178

摘 要

본 연구는 잡종 강세 정도가 다른 벼 F₁과 양친 품종들의 성장 특성 및 다수성 요인을 구명하고자 Indica와 Japonica에서 각각 F₁의 잡종강세가 큰 것과 작은 것 그리고 이들의 양친 등 10개 품종을 공시하여 생육 시기별 성장 특성, 질소 함량과 공간적 분포, 흡광계수, 광합성 속도, 수량 및 수량 구성요소에 대하여 검토한 결과는 다음과 같다.

1. F₁의 잡종강세가 나타나는 수량 구성요소는 수수와 수당 영화수였으며, 단위 면적당 영화수는 양자의 Heterosis가 상승적으로 작용하여 가장 큰 잡종강세를 나타내었으며 등숙률과 천립중은 잡종강세 현상이 나타나지 않았다.
2. 출수기에 양친보다 상층부에 분포하는 잎이 많았으며 또한 광 소멸계수는 전 생육기간에 걸쳐서 양친보다 작아서 수광상태가 양호한 군락 구조를 형성하였다.
3. F₁은 양친에 비하여 잎의 질소함량이 높을 뿐만 아니라 군락 상하층간의 질소농도의 구배가 커서 군락 동화에 유리한 질소의 공간적 분포를 하였는데, 특히 생육 초기에 F₁과 양친간 질소의 공간적 구배의 차이가 컸으며 생육의 진전에 따라 그 차이는 작아졌다.
4. 유수 분화기 엽의 광합성 속도는 F₁이 양친 품

종들보다 높았는데 이는 엽의 질소함량이 높을 때서 기인되는 것으로 판단되었으며, 같은 품종군에서는 수량의 Heterosis가 높은 조합이 광합성 속도와 질소함량이 높았다.

5. 유수분화기 이전 특히 생육초기의 군락생장율(CGR), 순동화율(NAR), 엽면적지수(LAI)는 양친에 비하여 잡종품종이 높았으며, 품종들의 이 생육지표들은 잎의 질소함량과 높은 정의 상관성이 있었다. 한편 영양생장기의 이 생육지표들 및 질소 보유량과 품종들의 수량 및 단위 면적당 영화수와는 정의 유의한 상관성이 있었으며 생육초기일 수록 상관성이 높았다.
6. F₁은 생육초기에 엽의 질소함량이 높아 단위동화율이 높을 뿐만아니라 질소의 군락내 상하간의 농도 구배가 크고 흡광계수가 낮아 군락의 광합성에 유리하고, 이에따른 영양 생장기 건물 생산성의 증대가 단위 면적당 영화수의 증대를 통해 수량의 증대를 가져오는 것으로 판단되었다.

引用文獻

1. Chung, G.S and M.H. Heu 1991. Improvement of Tongil-type rice cultivars from Indica/Japonica hybridization in Korea. *Biotechnology in agriculture and forestry*, vol 14:105-112
2. 高在哲. 1987. 水稻 雄性 不稔系統을 利用한 1대雜種의 雜種強勢 및 組合能力. *農試研報(作物)* 29(2):1-21
3. 高熙宗. 1989. Japonica型 벼의 細胞質 雄性不稔 系統 및 그의 稔性回復 系統育成과 稔性回復因子的 遺傳分析. 서울大 農學博士學位 論文
4. 小林知廣. 1991. 栽培條件의 異なる水稻의 分化 穎花數와 稻體窒素의 影響 日作紀 60(2):3-6
5. 許文會, 金弘烈, 高熙宗. 1989. Japonica型 水稻 몇개 品種의 收量 및 收量構成要素의 交配組合能力. *韓育誌* 21:1-8
6. 許文會, 金弘烈, 趙允熙. 1985. 雄性不稔性을 利用한 水稻 雜種 品種의 開發. 3. ms-WA를 導入하여 育成한 雄性不稔 系統들의 雜種強勢.

- 서울대 農學研究. 10(1) 別冊: 75-84
7. Shiratsuchi, Hiroyuki and Tohru Yamagishi. 1993. Simulation study on the effects of optimized distribution of leaf nitrogen on rice canopy photosynthesis, Low-Input sustainable crop production systems in Asia(KSCS): 227-230
 8. Jennings, P.R. 1967. Rice heterosis at different growth stages in a tropical environment. Rice Comm. Newsletter. 16(2):24-26
 9. Jones, J.W. 1926. Hybrid vigor in rice. J. Am. Soc. Agron. 18:423-428
 10. Kawano, K., K. Kurosawa and M. Takahashi. 1969. Heterosis in vegetative growth of the rice plant. Jap. J. Breeding 19(5):355-342
 11. 金鍾昊. 1985. 水稻 雄性 不稔系統을 利用한 1대雜種의 雜種強勢에 關한 研究. 農試論文集 (作物) 27(1):1-33
 12. 金弘烈. 1989. 통일型 水稻 細胞質的 雄性不稔系統의 育성과 그들의 組合能力. 서울대 農學 博士學位 論文
 13. 玖村敦彦. 1956. 水稻に葉身の窒素濃度が收量構成要素におよぼす影響. 日作紀. 24:177-180
 14. 律野辛人. 1959. 主要作物の收量豫測に關する 研究. 日作紀 28:188-190
 15. Virmani, S.S., 1983. Advances in hybrid rice research at IRRI. IRRI Saturday Seminar, March 26, 1983
 16. 丸山辛夫, 花木信辛, 田島公一. 1988. 日本水稻の窒素に對する生育反應. 日作紀 57(3):470-475
 17. 村山盛一, 大村. 1974. イネの1대 雜種利用に關する基礎的 研究. 日育雜誌 24(6)287-290