

벼 1代雜種의 光合成 및 收量 關聯 特性

李德培* · 權泰午** · 李載吉* · 朴建鎬*

Characteristics Related to Photosynthesis and Grain Yield of F₁ Hybrid Rice

Deog Bae Lee*, Tae Oh Kwon**, Jae Kil Lee* and Keon Ho Park*

ABSTRACT: This study was carried out to investigate heterosis in photosynthetic characteristics and yield of F₁ hybrid rice using genetic cytoplasmic male sterile lines.

Two F₁ hybrid rices, HR7028A/Yongmoonbyeo and IR54756A/Yongmoonbyeo, showed heterobeltiosis in dry weight and leaf area at the heading date and at the 20 day after heading.

HR7028A/Yongmoonbyeo showed heterobeltiosis and IR54756A/Yongmoonbyeo showed heterosis in chlorophyll content and RuDPCase activity in flag leaf, T-sugar and starch content in stem, and CO₂ fixation at the 20 day after heading as well as at the heading date.

HR7028A/Yongmoonbyeo showed heterobeltiosis in number of panicles and grains per panicle, and IR54756A/Yongmoonbyeo had heterobeltiosis in number of panicles per plant.

As results, heterobeltiosis of HR7028A/Yongmoonbyeo in yield was 11% and that of IR54756A/Yongmoonbyeo was 4%.

Key words : CO₂ fixation, RuDPCase activity, T-sugar, Starch, Leaf area, Yield

Lin¹⁴⁾ 등은 현재 중국에서 재배하고 있는 1대 잡종벼는 영양생장량이 많아서 光合成 比率¹⁶⁾ 및 窒素 利用率이 높고 뿌리生育도 양호하다고 하였다.

또한 교잡 육종 방법에 의하여 육성된 자식 품종보다 20~30%의 높은 수량을 나타내고 廣地域 適應性을 가지고 있다고 하였다. 반면 登熟 中期 부터 뿌리의 생리활성이 떨어지기 쉬운 결점을 가지고 있는 것도 지적^{15,34)} 되고 있다.

1대 잡종벼에 관한 연구중 多收性을 중심으로 생리적인 측면에서 검토한 결과를 보면 우량한 조합의 1대 잡종벼는 뿌리 分布가 넓고 根系 活性이 크며^{11,14,15)}, 養分吸收能力이 높고^{5,6,28)} 養分의 利用

率과 物質의 運搬 速度가 높으며³⁰⁾, 葉面積 增大^{14, 25,29,32)} 및 光合成 能力이 높고^{16,17)}, 呼吸과 光呼吸의 強度가 낮아¹⁷⁾ 同化產物의 축적에 유리하기^{26, 34)} 때문에 이 같은 우량한 생리 생태적 기능이 잘 발휘될 수 있도록 재배 관리된다면 상당히 높은 수량을 나타낼 수 있다^{10,27,29)} 고 한다.

수량에 대한 잡종강세는 거의 모든 연구자들이 뚜렷한 잡종강세를 발현하는 조합^{3,10,34)} 과 그렇지 못하는 조합²⁾이 있어 조합에 따라 다름을 보고^{11, 24)}하고 있다.

收量構成要素에 대한 雜種強勢도 穗數에 正의 雜種強勢가 있다는 보고¹²⁾와 負의 現象³⁾ 및 일정 한 경향이 없다는 보고^{11,24)}가 있으며, 粒數에서는

* 湖南農業試驗場(National Honam Agricultural Experiment Station, Iksan 570-080, Korea)

** 圓光大學校 農科大學(College of Agriculture, Wonkwang Univ., Iksan 570-749, Korea)

〈'95. 3. 25 接受〉

正의 雜種強勢^{3,10,29)}와 組合에 따라 다르다는 보고^{11,24)}가 있다. 稔實率에서는 負의 雜種強勢 現象과 일정한 경향이 없다는 보고³⁾도 있으며, 雄性不稔親에 따라 稔性回復의 能力이 다르므로 완전한 稔性回復 因子를 가진 稔性回復親이 선발되어야 한다는 보고¹³⁾도 있다.

本報에서는 1대 잡종벼와 그들의 양친 및 비교 품종에 대하여 出穗期와 出穗20日後 光合成 關聯 形質과 收量 등에 대하여 검토한 결과를 보고하는 바이다.

材料 및 方法

본 실험은 細胞質的 遺傳子의 雄性不稔 특성을 가진 HR7028A와 IR54756A를 母本으로 하고 국내 육성 품종 중 稔性回復 특성을 가진 龍門벼를 花粉親으로 한 1대잡종 HR7028A/용문벼, IR54756A/용문벼와 이들의 양친 중 維持系統인 HR7028B, IR54756B, 회복친인 용문벼 및 비교품종인 長城벼를 호남작물시험장 표준 재배법에 따라 파종 45일후인 6월 1일에 30×15 cm의 재식거리, 1주 1본식으로 하여 이양하였다.

본답시비량은 질소-인산-칼리를 10a당 18-11-13 kg을, 질소는 기비 50%, 분얼비 20%, 수비 10%, 실비 10% 분시하였고, 인산은 전량기비, 칼리는 70%를 기비, 30%를 수비로 사용하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

엽면적은 생육이 고른 10개체씩을 골라 조사한 후 열풍건조 후 건물중을 조사한 뒤 이 시료를 마쇄하여 식물체 분석시료로 하였다.

식물체중 무기성분은 농촌진흥청 식물체 분석법²³⁾에 따라 습식분해하여 질소는 Technico Autoanalyzer II, 가리는 원자흡광광도계(Perkin Elmer 2380)를 이용하여 측정하였으며, 인산은 Vanadate법, SiO₂는 중량법, 전분과 전당함량은 Anthrone-H₂SO₄법³³⁾, 엽록소는 Arnon법⁴⁾, CO₂ 흡수량²¹⁾은 광합성 측정장치(Horiba Plant Assimilation Analyzer ASSA2)에 조명시설 후 온도상승을 막고져 설치한 투명 아크릴판의 수로(water channel)를 통과하여 chamber내 광량이

6만 Lux가 되게 하여 일정 엽면적 당 CO₂ 흡수량을 개방계(Open System)에서 측정하였다.

RuDPCase활성은 품종별로 止葉을 11.3 cm²씩 채취하여 4 ml 추출용액(50 mM HEPES, 0.2% PVP-40, 20 mM 2-mercaptoethanol, 1 mM Na₂ EDTA, 10 mM MgCl₂, 5 mM Ascorbic acid, pH 7.8)을 넣고 4℃ 항온에서 마쇄 추출한 뒤 15,000g으로 30분간 원심분리 후 상등액을 효소액으로 하였다. 효소반응과정은 Patterson방법¹⁹⁾에 따랐고 Liquid Scintillation Counter (Pacard, U.S.A.)로 측정하였다. 수량 및 수량구성요소 조사는 농촌진흥청 기준²²⁾에 따랐다.

우수친에 대한 잡종강세의 표현은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{Heterobeltiosis (\%)} = \{(F_1 - \text{우수친의 평균치}) / \text{양친의 평균치}\} \times 100$$

結果 및 考察

1. 乾物量 및 葉面積

출수기와 출수후 20일 건물중 및 엽면적은 表 1과 같다. 건물중에 있어 1대 잡종벼는 이들의 優秀親이나 比較品種보다도 무거웠으나 출수기와 출수후 20일 사이의 乾物增加量에서는 HR7028A/龍門벼만이 兩親이나 比較品種보다 우수했으며, IR54756A/용문벼는 잡종강세 현상을 나타내지 않았다. 엽면적은 공시 1대 잡종이 이들의 우수친이나 비교품종보다 넓었으며 잡종강세 정도는 출수후 20일째가 출수기보다 컸다. 출수이후 점차 감소되는 생엽면적에 있어서 HR7028A/용문은 우수친과 비교품종보다도 감소폭이 적었으나 IR54756A/용문벼는 비교품종에 대한 잡종강세만이 인정되었다.

출수후 20일에 葉別別 葉面積을 조사한 결과 表 2를 보면 품종에 따라 약간 차이는 있으나 제 2엽면적이 제일 넓고, 다음으로 3엽, 4엽, 5엽 순이었다. 특히 양친 품종 중 HR7028B, IR54756B 및 비교품종인 장성벼는 잎의 노화가 빨

Table 1. Dry weight and leaf area at the heading date and the 20-day after heading

Variety	Dry. wt (g/plant)			Leaf area (cm ² /plant)		
	Heading date	20 DAH ♪	Difference	Heading date	20 DAH ♪	Difference
HR7028B	45.3	65.2	18.9	2508	1972	-576
HR7028A /YMB	49.2(9)	72.1(7)	22.9(5)	2678(7)	2267(15)	-411(-9)
Yongmoonbyeo(YMB)	45.2	67.1	21.9	2388	1938	-451
IR54756A /YMB	47.9(6)	69.4(3)	21.5(-2)	2650(11)	2263(17)	-487(8)
IR54756B	44.9	65.7	20.8	2382	1743	-639
Changsungbyeo	46.7	66.8	20.1	2450	1823	-627
LSD (0.05)	3.1	5.0	-	323	164	-

♪ : 20 day after heading
 () : Heterobeltiosis(%)
 Difference : 20 DAH - Heading date

Table 2. Area of ordinal leaf at 20 days after heading

Variety	Flag leaf	2nd leaf	3rd leaf	4th leaf	5th leaf	1+2+3 leaf	4+5 leaf
HR7028B	488	510	468	377	89	1466	466
HR7028A /YMB	496(2)	546(7)	529(13)	420(6)	276(16)	1571(7)	696(10)
Yongmoonbyeo(YMB)	415	457	432	396	238	1304	634
IR54756A /YMB	498(14)	545(12)	493(8)	432(9)	295(24)	1536(11)	727(15)
IR54756B	438	487	456	342	20	1381	362
Changsungbyeo	459	508	459	383	14	1426	397
LSD (0.05)	46	52	39	41	73	87	135

() : Heterobeltiosis(%)

랐고 5엽의 엽면적이 매우 적었다.

공시된 1대 잡종벼의 葉位別 葉面積을 보면 上位葉(止葉, 2葉, 3葉)에서 보다는 下位葉(4葉, 5葉)에서 잡종강세 정도가 컸으며, 그 정도는 HR7028A /龍門보다는 IR54756A /龍門벼에서 더 컸다.

1대 잡종벼의 收量이나 芻穀 生産量, 葉面積에서 높은 잡종강세에 대한 여러 보고들이^{1,9,10,30)} 있는데, 특히 金¹⁰⁾은 葉面積指數 增加가 크면 乾物重 增加量도 크다고 하였으며 葉面積의 優秀親에 대한 잡종강세는 이양후 30일이 45일 보다 크다고 하였다.

Li³³⁾ 등은 벼 일생을 통해 잡종벼의 葉身과 葉稍의 대사수준과 질소함량은 일반벼의 것보다 높고 組合에 따라 차이는 있으나 잎이 암록색이며, 可溶性 糖含量이 계속적으로 증가되는 경향이고

생육후기까지 황색화 되지 않는다고 하였다.

2. 葉位別 窒素, 磷, 칼리 含量

출수후 20일에 葉位別 無機成分含量(表 3)을 보면 窒素는 上位葉일수록 함량이 높았고 인산은 엽위별 큰 차이는 없으나 대체로 3엽에서 높고, 칼리는 하위엽일수록 함량이 높아지는 경향이였다. 두 조합의 1대 잡종벼중 HR7028A /龍門벼 조합은 질소, 인산, 칼리가 우수친이나 비교품종보다도 높았으나, IR54756A /龍門벼는 질소, 인산은 비교품종보다도, 칼리는 우수친과 비교품종보다 함량이 높았다. 대체로 잡종강세 현상이 크게 나타나는 무기성분은 칼리이고 다음으로 질소, 인산순이었다. Kawano등⁹⁾은 33조합의 F₁ 잡종 및 양친품종에 대한 시험에서 營養生長期에 植物體內 全窒素含量, 葉面積, 分蘗數 등에 있어서는

Table 3. Content of total nitrogen, phosphorous and potassium in the ordinal leaf at the 20-day after heading(%)

Variety	T-N					P ₂ O ₅					K ₂ O				
	1st	2nd	3rd	4th	\bar{X}	1st	2nd	3rd	4th	\bar{X}	1st	2nd	3rd	4th	\bar{X}
HR7028B	2.42	1.99	1.72	1.32	1.86	0.66	0.69	0.71	0.70	0.69	0.77	1.03	1.11	1.27	1.05
HR7028A	2.66	2.31	1.88	1.47	2.08	0.77	0.78	0.79	0.78	0.78	0.84	1.06	1.17	1.27	1.09
/YMB	(3)	(1)	(2)	(4)	(5)	(1)	(0)	(0)	(4)	(1)	(9)	(3)	(5)	(0)	(4)
Yongmoon	2.59	2.09	1.85	1.41	1.99	0.76	0.78	0.79	0.75	0.77	0.75	1.00	1.11	1.22	1.02
-byeo(YMB)															
IR54756A	2.55	2.10	1.87	1.40	1.98	0.73	0.77	0.80	0.73	0.76	0.90	1.06	1.14	1.27	1.07
/YMB	(-2)	(0)	(1)	(-1)	(-1)	(-4)	(-1)	(1)	(-3)	(-1)	(6)	(1)	(2)	(4)	(4)
IR54756B	2.26	1.78	1.63	1.26	1.73	0.65	0.69	0.70	0.68	0.68	0.85	1.05	1.12	1.11	1.03
Changsung	2.43	2.06	1.70	1.35	1.89	0.71	0.72	0.73	0.72	0.72	0.83	0.94	1.05	1.20	1.02
-byeo															
LSD(0.05)	0.36	0.41	0.17	0.13	0.29	0.08	0.05	0.04	0.06	0.06	0.14	0.08	0.06	0.09	0.05

() : Heterobeltiosis(%)

조합된 F₁이 양친의 중간치보다 높은 값을 나타냈고, 조합된 F₁의 半數이상인 우수친보다도 높은 값을 나타냈으나 식물체내 질소함량은 열등친보다도 낮았다고 하였다. 그러나 잡종벼 Nan-You 2는 乳熟期에 앞의 질소함량 및 엽초중 Amino acid 함량이 높다⁵⁾고 하였으며, Murayama등¹⁷⁾은 F₁ 잡종벼는 엽신의 질소농도 및 광합성 속도에서 상당한 잡종강세를 나타냈으며 광합성 속도

와 질소함량과는 정의 상관관계가 있다고⁸⁾ 하였다.

3. 止葉의 葉綠素 含量, 光合成 能力, RuDPCase 活性

출수기와 출수후 20일에 지엽의 엽록소 함량, 광합성 능력 및 RuDPCase 활성(표 4)은 출수기에 비해 출수후 20일에 낮아졌으며 HR7028A /

Table 4. Chlorophyll content, CO₂ fixation and activity of ribulose-1,3-diphosphate carboxylase at the heading and at the 20 day after heading

Variety	Chlorophyll (mg /g F.W)			CO ₂ Fixation (mg CO ₂ /dm ² /hr)			Activity of RuDPCase (nMCO ₂ /cm ² /min)			
	Heading date	20DAH*	Differ-ence	Heading date	20DAH*	Differ-ence	Heading date	20DAH*	Differ-ence	
HR7028B	3.33	2.92	-0.41	16.15	10.00	-6.15	9.15	5.08	4.07	
HR7028A /YMB	3.90	3.55	-0.35	19.84	14.30	-5.54	12.34	8.92	3.42	
	(6)	(3)		(12)	(20)		(8)	(22)		
Yongmoonbyeo(YMB)	3.67	3.29	-0.38	17.74	11.94	-5.80	11.38	7.33	4.05	
IR54756A /YMB	3.59	3.23	-0.36	17.32	11.73	-5.59	10.75	7.02	3.73	
	(-3)	(-6)		(-2)	(-2)		(-6)	(-4)		
IR54756B	3.50	2.90	-0.60	16.27	10.36	-5.91	9.43	5.13	4.30	
Changsungbyeo	3.37	2.80	-0.57	17.06	10.70	-6.36	10.12	5.39	4.73	
LSD(0.05)		0.32	0.19	-	0.80	0.31	-	0.88	0.45	-

* : Day after heading

() : Heterobeltiosis(%)

Difference : 20DAH - Heading date

용문벼는 優秀親이나 比較品種에 대해 雜種強勢을 나타내었으나, IR54756A / 용문벼는 비교품종인 장성벼에 대해서만 잡종강세를 나타내었다. 또한 출수이후 20일간의 감소량은 1대 잡종벼가 양친보다 적었으며, 1대 잡종벼간에는 HR7028A / 용문벼가 IR54756A / 용문벼보다 감소량이 적었다. 엽면적, 엽록소 함량, 광합성 효율에 대한 잡종강세 현상은 여러 연구자들에 의하여 보고^{10,14,16,30}되고 있다. 그러나 椶木⁸⁾ 등은 F₁ 45품종과 그 양친 25품종을 사용한 시험에서 1대 잡종의 엽면적당 광합성 능력은 양친품종보다 대개 낮은 것을 보고²⁰하고 있으며 McDonald¹⁶⁾, Murayama¹⁷⁾, Yamauchi³²⁾는 조합에 따라 광합성 속도에 있어서 잡종강세가 인정된다 보고하였다. 광합성의 CO₂ 고정작용은 RuDPCase의 활성에 의해 촉진되는데, 보리나 수수에서도 1대잡종이 양친보다 그 활성이 더 컸다는 보고²⁵⁾도 있다. 沐

4. 全糖과 澱粉 含量

줄기의 全糖 및 澱粉含量은 (表 5) 출수기보다 출수후 20일에 낮았으며 공시된 1대 잡종벼중 HR7028A / 龍門벼는 출수기 및 출수후 20일에, IR54756A / 龍門벼는 출수기에만 우수친이나 비교품종에 대해서 잡종강세를 나타냈다. 출수이후 20일까지 감소량에 있어서 HR7028A / 龍門벼나 IR54756A / 龍門벼는 우수친이나 비교품종보다

정도가 컸다. 출수기 이후 莖葉의 건물중은 감소되고 수확기에 약간 증가되는데 이것은 莖葉中에 있는 탄수화물이 이삭으로 전류됨을 의미하는 것으로 공시 1대 잡종벼는 모두 출수기와 출수후 20일 사이 줄기중 全糖, 澱粉減少량이 컸던 것은 줄기중 저장양분이 이삭으로의 轉移量이 많았음을 나타내는 것이다. 1대 잡종벼들은 비교품종보다 同化產物이 빨리 轉移되어 葉稍莖中 당함량이 낮다³¹⁾고 하였는데 HR7028A / 龍門벼는 비교품종보다 높았다. 또한 1대 잡종벼는 등숙초기에 전분합성 효소의 활성이 일반품종보다 높다는 보고²⁾도 있다.

5. 收量 및 收量構成要素

수량 및 수량구성요소는 表 6에서와 같다. 1대 잡종에서 수량구성요소중 잡종강세 정도는 穗數가 가장 컸다는 보고^{18,20)}가 있는 반면, 이와 반대되는 보고^{1,11,29)}도 있는데 본 시험의 공시 1대 잡종은 수량 구성요소중 株當穗數의 잡종강세가 높게 나타났다.

수당립수에서는 HR7028A / 용문벼만이 2%의 낮은 herobeltiosis를 나타낸 것은 Virmani²⁹⁾의 보고와 다소 차이가 있었으며 登熟比率 및 千粒重에서의 잡종강세 현상은 나타나지 않았다.

Virmani등²⁹⁾은 천립중에 있어 잡종강세 정도가 매우 크고, 등숙율에 있어서는 잡종강세 정도

Table 5. Total sugar and starch content in the stem at the heading date and the 20-day after heading(%)

Variety	Total - Sugar			Starch		
	Heading date	20DAH*	Difference	Heading date	20DAH*	Difference
HR7028B	4.34	3.35	-0.99	9.54	2.73	-6.81
HR7028A / YMB	6.68(28)	4.17(18)	-2.51	12.11(21)	4.21(20)	-7.90
Yongmoonbyeo(YMB)	5.21	3.54	-1.67	10.02	3.52	-6.50
IR54756A / YMB	5.33(2)	3.42(-3)	-1.91	10.22(2)	3.13(-11)	-7.09
IR54756B	3.69	3.15	-0.54	9.00	1.97	-7.03
Changsungbyeo	4.91	3.41	-1.50	9.92	3.12	-6.80
LSD(0.05)	0.54	0.23	-	1.32	0.28	-

* : Day after heading

() : Heterobeltiosis(%)

Difference : 20 DAH - Heading date

Table 6. Yield and yield components

Variety	No. of panicles per hill(ea)	No. of spikelets per panicle(ea)	Ripening ratio (%)	1,000grain weight (g)	Milled rice yield (kg /10a)
HR7028A	12.0	134	85.1	24.6	633
HR7028A /YMB	12.6(5)	161(2)	90.2(-4)	23.6(11)	728
Yongmoonbyeo(YMB)	10.7	158	93.8	21.4	657
IR54756A /YMB	14.7(7)	156(-1)	89.7(-4)	21.2(-1)	682(4)
IR54756B	13.7	127	92.9	20.2	648
Changsungbyeo	13.0	122	93.2	23.8	666
LSD(0.05)	0.9	20	4.3	0.2	51

() : Heterobeltiosis(%)

Table 7. Correlation coefficients of chlorophyll, T-sugar, starch content, CO₂ fixation and RuDPCase activity to the milled rice yield

Growth stage	Chlorophyll	T-sugar	Starch	CO ₂ fixation	RuDPCase
Heading	0.835**	0.904**	0.935**	0.932**	0.860**
20DAH ♪	0.781**	0.878**	0.782**	0.933**	0.866**

♪ : Day after heading

*, ** : Significant at 5% and 1% level, respectively

가 낮다고 하였으나, 공시 1대 잡종에 따라 수당 량수, 천립중에 있어서 正의 雜種強勢를 나타냈다는 결과^{18,20)}가 있는가 하면 負의 雜種強勢를 나타냈다는 보고^{16,19)}도 있다.

종자식물에서는 수량에 대한 잡종강세가 크게 나타나야 이용가치가 큰데, 공시 1대 잡종벼중 HR7028A /용문벼가 11%, IR54756A /용문벼가 4%의 heterobeltiosis를 나타내었고 비교품종인 장성벼보다도 수량성이 높았다.

잡종강세 정도는 양친의 조합에 따라 發現程度가 크게 다른 것으로 보고¹⁶⁻¹⁹⁾되어 있으며 특히 雄性不稔 계통을 이용한 1대 잡종벼는 잡종강세 정도가 매우 크다고 보고^{1,29)}되어 있다.

그러나 Jennings⁷⁾에 의하면 잡종벼는 初期 過繁茂 生育으로 차광되어 수량에서 Heterosis가 인정되지 않는다고 하였으며, Kawano등⁹⁾도 잡종벼 초기생육 진전은 수량증대에 유효하지 않았다고 하였다.

表 7은 수량에 대한 출수기 및 출수후 20일 엽록소, 전당, 전분함량, 광합성 능력 그리고 RuDPCase 활성의 상관계수를 나타낸 것인데 모두 수량과 고도의 정의 유의상관관계를 나타냈으며,

그중 광합성 능력의 상관치가 가장 높았고, 다음으로 줄기중 전당, 전분, RuDPCase활성, 엽록소 순이었다.

摘 要

水稻 雄性不稔系統 HR7028A와 IR54756A에 稔性 回復特性을 가진 것으로 알려진 龍門벼를 이용한 1대 잡종과 그의 兩親(維持系統, 回復系統) 및 比較品種(長城벼)를 공시하여 1대 잡종에 대한 생리적 특성과 수량에 대한 잡종강세현상을 구명한 결과는 다음과 같다.

1. 출수기와 출수후 20일에 乾物重, 葉面積, 두 時期間 乾物增加量과 葉面積 減少量에서 HR-7028A /龍門벼는 우수친과 비교품종에 대한 잡종강세를 IR54756A /龍門벼는 比較品種에 대해서 雜種強勢를 나타냈다.
2. 출수후 20일 葉位別 葉面積에 있어 1대 잡종벼는 上位葉보다 下位葉에서 heterobeltiosis현상이 크게 나타났으며, 엽위별 무기성분 함량에 있어 HR7028A /龍門벼는 窒素, 磷酸, 칼리

- 습량에서, IR54756A/龍門벼는 칼리에서만 heterobeltiosis를 나타내었고 무기성분 중에서는 칼리 > 질소 > 인산 순으로 잡종강세 현상이 컸다.
3. 출수기 및 출수후 20일 지엽중 엽록소 함량, 광합성 능력, RuDPCase활성과 줄기의 전당, 전분함량은 HR7028A/용문벼는 heterobeltiosis, IR54756A/龍門벼는 heterosis현상이 있었으며 출수후 20일 사이 지엽중 엽록소 함량, 광합성 능력, RuDPCase활성은 1대 잡종벼가 양친보다 감소량이 적으나 줄기의 전당 및 전분함량은 양친보다 감소량이 더 많았다.
 4. HR7028A/용문벼는 수수와 입수에서, IR-54756A/용문벼는 수수에서 heterobeltiosis를 나타내어 수량에서 HR7028A/龍門벼는 11%, IR54756A/龍門벼는 4%의 heterobeltiosis를 나타내었다. 또한 수량과 출수기 및 출수후 20일 지엽중 엽록소함량, 광합성능력, RuDPCase활력과 줄기중 전당, 전분 함량과는 고도의 유의성 있는 정의상관 관계를 나타내었다.

引用文獻

1. Chang, W.L., E.H. Lin, and C.N. Yang. 1971. Manifestation of hybrid vigor in rice. J. Taiwan Agri. Res. 20(4):8-23.
2. Guandong Plant Physiology Research Institute. 1978. A study on some physiological and biochemical characters. J. Sci. Technol. 17:33-38.
3. 許文會, 金弘烈, 趙允熙. 1984. 雄性不稔을 이용한 水稻 雜種品種開發. II 中共의 細胞質의 遺傳的 雄性不稔系統에 대한 몇가지 韓國品種의 反應. 韓作誌 29(3):227-231.
4. 北條良夫, 石塚潤彌. 1985. 最新 作物生理試驗法. 日本農業技術協會. p 338.
5. Hunan Agriculture College. 1977. A physiological and biochemical comparison between Nan-You 2 and its parents. Hunan Agri. Sci. Technol. 1:16-17.
6. 一井眞比古, 中村雅彥. 1990. F₁ 이 네 幼植物의 養分吸收における 헤テ로스. 日作紀 59(1):140-145.
7. Jennings, P.R. 1967. Rice heterosis at different growth stage in the tropical environment. Int. Rice Comm. News Letter 16(2):24-26.
8. 椛木信幸, 秋田重誠, 田中市郎, 兩官昭. 1976. 栽培稻および雜種第1代の 光合成と 光呼吸特性. 日作紀 42別 2:177-178. 沐
9. Kawano, K., K. Kurosawa, and M. Takahashi. 1969. Heterosis in vegetative growth of the rice plant. Genetical studies on rice plant. Jpn. J. Breed. 19:335-342.
10. 金鍾昊. 1985. 水稻雄性不稔系統을 이용한 1代雜種의 雜種強勢에 관한 研究. 農試論文集(作物) 27(1):1-33.
11. 高在哲. 1987. 水稻雄性不稔을 이용한 1代雜種의 組合能力 및 稔性回復遺傳. 農試論文集(作物) 29(2):19-21.
12. 郭泰淳, 田炳泰, 趙守衍, 朴來敬. 1988. 水稻品種의 二面交雜에 依한 量的形質의 遺傳分析. I. 자포니카 水稻品種의 雜種強勢 및 主要形質間의 相關. 韓育誌 20(2):138-145.
13. Li, Z.B., W.H. Shao, Y.K. Zhu, R.J. Li, Z.L. Liu, and J.M. Wan. 1982. The study and practice of hybrid rice. Shanghai Academic and Technical Press, Shanghai, China.
14. Lin, S.C. and L.P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. In Innovative approaches to rice breeding. IRRI, pp 35-51.
15. 莫家讓. 1978. 雜交水稻根系活力. 廣西農業科學 11:11-14.
16. Mc Donald, D.J., E.C. Gilmore, and J.W. Stancel. 1971. Heterosis for rate of gross photosynthesis in rice. Agro. Abst. 11-12.
17. Murayama, S., K. Miyzato, and A. Nose.

