

벼 1代雜種의 苗生育과 養分吸收

李德培* · 權泰午** · 李載吉* · 朴錫洪***

Seedling Growth and Nutrients Uptake in Hybrid Rice

Deog Bae Lee*, Tae Oh Kwon**, Jae Kil Lee* and Suk Hong Park***

ABSTRACT: This study was carried out to investigate the characteristics of the seedling growth and nutrients uptake at 45 day seedlings in cytoplasmic genetic male sterile lines (HR7028A, IR54756A), their restore line (Yongmoonbyeo) and check variety (Changsungbyeo).

Hybrid rices had longer and more roots, heavier dry weight and lower shoot/root ratio than their parents and inbred check variety, showing heterobeltiosis in absorbed amount of inorganic elements, content of total sugar, starch and chlorophyll in plant.

Different magnitude of heterobeltiosis were shown between F₁ hybrid rices with the same restore line ; HR7028A/Yongmoonbyeo had higher heterobeltiosis than IR54756A/Yongmoonbyeo did.

Hybrid rices had more number and higher α -naphthylamine oxidizing ability of newly-grown roots in 10 day sand culture in ground water with root-cut 45 day-seedling than parental lines and inbred variety.

Number of the newly-grown roots were positively and significantly correlated with content of total sugar, starch and absorbed amount of inorganic elements in the shoot, and content of chlorophyll in the leaf.

Key words: Seedling growth, Root activity, Total sugar, Starch, Chlorophyll, Inorganic element, Hybrid rice.

雄性不稔 系統을 이용한 1 대 잡종의 큰 특징 중의 하나는 兩親보다 발아속도가 빠르고 잎이 빨리 출현해 초기생육이 왕성하다.^{2,10,14)} 1 대 잡종의 왕성한 초기 생육은 생리적 측면 특히 養分吸收 同化能力과 밀접한 관련이 있을 것이다. Akita 等¹⁾은 Indica를 양친으로한 1대 잡종벼의 幼苗生長에서의 잡종강세는 주로 胚가 무겁고 잎생장이 크기 때문이라고 하였다. 一井 等⁹⁾은 파종25일후 1대 잡종벼의 양분흡수력과 같은 생리형질의 He-

terosis가 형태형질의 Hererosis보다 먼저 나타나며 양분흡수능력의 Heterosis는 1대 잡종의 식물체의 크기와는 관계가 없으며 1대 잡종 고유의 높은 생리활성에 의존한다고 하였다. 또한 鈴木 等⁹⁾은 식물 동화과정의 출발점으로 동화능력에 큰 영향을 미치는 질소흡수량에 대하여 현저한 Heterosis를 인정하고 있다.

本報에서는 1대 잡종벼의 파종후 45일묘 즉, 이앙시 묘소질, 양분흡수 및 동화산물 등의 잡종강

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

** 圓光大學校 農科大學(College of Agriculture, Wonkwang Univ, Iri 570-180)

*** 作物試驗場(Crop Experiment Station, Suwon 441-707)

<'95. 3. 21. 接受>

세에 대하여 검토한 결과를 보고한다.

材料 및 方法

본 연구는 細胞質的 遺傳的 雄性不稔 特性을 가진 HR7028A와 IR54756A의 雄性不稔 系統을 母本으로 하고 국내육성 稔性回復 特性을 가진 龍門벼를 花粉親으로 한 1대잡종, HR7028A/龍門벼와 IR54756A/龍門벼, 이들 兩親중 維持系統인 HR7028B, IR54756B, 回復親인 龍門벼 및 비교 품종인 長城벼를 호남작물시험장 수도 포장(전북 통)에 공시하여 수행하였다.

공시된 품종은 m²당 100g 해당량을 기준으로 염수선, 종자소독, 침종한 후 최아시켜 4월 15일에 파종하여 보온절충 못자리를 하였다.

못자리 시비량은 질소-인산-칼리=20-15-10 g/m²으로 질소는 기비 50%, 추비로 이유기와 파종38일에 각각 25%씩 사용하였고 인산, 칼리

는 전량 기비로 사용하였다. 기타 재배법은 호남 작물시험장 표준재배법에 준하였다. 시험구 배치는 난괴법 3번복으로 하였다.

파종후 45일 苗素質 조사는 100본씩 草長, 根長, 根數를 조사하고 地上部와 地下部를 나누어 건물중을 조사한 후 이를 분석시료로 사용하였다.

또한 파종 45일묘의 뿌리를 1mm정도 남기고 절단한 후 사각 pot(40×32cm)에 10일동안 지하수로 사경재배하여 新根의 發生量 및 根活力등을 조사하였다.

根活力 조사는 α -naphthylamine酸化法¹³⁾, 식물체중 무기성분은 농진청 植物體 分析法⁷⁾에 따라 습식분해하여 질소는 Technicon Autoanalyzer II, 칼리, 칼슘, 마그네슘은 원자흡광광도계(Perkin Elmer 2380)를 이용하여 측정하였으며 인산은 Vanadate법, 규산은 중량법으로 측정하였고, 澱粉과 全糖含量은 Anthrone-H₂SO₄¹⁵⁾법, 엽록소는 Arnon¹¹⁾법 등을 이용하여 측정하였으며 엽면적은 자동엽면적기(Meiwa LI-3000)

Table 1. Growth of F₁hybrids and heterbeltiosis at the 45day after sowing

Variety	Plant Height (cm)	Root Length (cm)	Root Number (ea)	Total root length (LengthxNumber)
HR7028B	41	18.4	25.4	467
HR7028A/YMB	41 (0)	23.0 (25)	48.2 (90)	1109 (137)
Yongmoonbyeo(YMB)	31	17.1	17.1	292
IR54756A/YMB	41 (32)	20.5 (20)	25.3 (13)	519 (78)
IR54756B	28	12.9	22.3	288
Changsungbyeo	32	24.4	26.1	376
LSD (0.05)	4	2.1	8.1	96

Variety	Shoot D. W (mg/plant)	Root D. W (mg/plant)	Shoot/Root (D. W/D. W)
HR7028B	392	96	4.08
HR7028A/YMB	575 (47)	145 (59)	3.96 (-7)
Yongmoonbyeo(YMB)	389	91	4.27
IR54756A/YMB	444 (14)	110 (21)	4.04 (-8)
IR54756B	338	77	4.39
Changsungbyeo	360	83	4.34
LSD(0.05)	47	13	0.29

() : Heterobeltiosis (Heoerosis over the highest parent)

로 측정하였다.

優秀親에 대한 雜種強勢의 表現은 다음과 같다.

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

結果 및 考察

1. 播種後 45日 苗 生育

이앙시(파종후 45일)묘의 생육상태는 표 1에서 보는 바와 같이 초장, 근장, 근수는 두 조합의 1대 잡종(HR7028A/龍門벼, IR54756A/龍門벼)에서 이들의 우수친보다는 높은 생육량을 보여 HR7028A/龍門벼는 근장에서 25%, 근수에서 90%, IR54756A/용문벼는 초장에서 32%, 근장에서 20%, 근수에서 13%의 우수친에 대한 잡종강세를 나타내었고 또한 비교품종인 장성벼보다도 우

수한 생육량을 나타냈으며 발근량(근장×근수)의 잡종강세는 HR7028A/용문벼에서 137% 그리고 IR54756A/용문벼에서는 78%였다.

地上部와 地下部 乾物重에 있어서도 HR7028A/龍門벼는 각각 47, 59%, IR54756A/龍門벼는 각각 14, 21%의 heterobeltiosis을 보였으나 Shoot/Root비율에서 나타난 부의 잡종강세현상은 이들 1대 잡종벼가 兩親에 비해 지하부가 건전히 생육했다는 것을 의미한다. 1대 잡종벼의 생육량은 조합에 따라 큰 차이를 보였는데 HR7028A/龍門벼가 IR54756A/용문벼보다 묘소질이 양호하였다. 이는 같은 화분친이라도 웅성불임계통에 따라 생육량에 차이가 나타나는 것을 알 수 있었다.

2. 無機成分 吸收量

지상부 및 지하부의 무기성분(표 2)은 공시 조합 모두 우수친보다도 흡수량이 많았다. 무기성분

Table 2. Absorption of inorganic nutrients in the shoot and the root of hybrid rice at 45day after sowing

Variety	Shoot (mg /plant)					
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
HR7028B	12.11	2.59	7.02	0.27	0.13	27.05
HR7028A/YMB	19.32 (60)	3.80 (47)	2.71 (64)	0.35 (30)	0.17 (31)	47.27 (75)
Yongmoonbyeo(YMB)	9.84	1.83	7.74	0.19	0.12	18.98
IR54756A/YMB	12.30 (11)	2.26 (15)	8.92 (15)	0.22 (16)	0.13 (8)	25.31(33)
IR54756B	11.09	1.96	5.75	0.17	0.10	17.58
Changsungbyeo	12.01	2.13	7.79	0.23	0.11	24.97
LSD(0.05)	4.01	0.47	1.21	0.07	0.04	6.91

Variety	Root (mg /plant)					
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
HR7028B	1.33	0.38	0.72	0.49	0.12	10.56
HR7028A/YMB	2.02 (52)	0.71 (87)	1.15 (60)	0.78 (26)	0.17 (31)	16.97 (61)
Yongmoonbyeo(YMB)	1.25	0.36	0.62	0.62	0.13	8.43
IR54756A/YMB	1.52 (22)	0.52 (37)	0.83 (34)	0.63 (2)	0.15 (15)	11.74 (39)
IR54756B	1.12	0.38	0.52	0.42	0.12	8.09
Changsungbyeo	1.13	0.35	0.61	0.46	0.10	8.40
LSD(0.05)	0.39	0.30	0.38	0.32	0.09	2.09

() : Heterobeltiosis (%)

별 Heterobeltiosis 정도를 보면 지상부에 있어 HR7028A / 龍門벼는 규산이 75%로 제일 컸고 칼리는 64%, 질소는 60%, 인산47%, 칼슘과 마그네슘이 30%순이었다. IR54756A / 龍門벼는 규산이 33%, 그외 무기성분들은 8~16%정도였다.

지하부에서는 지상부와는 달리 두 조합 모두 대체로 인산>규산>칼리>질소>마그네슘, 칼슘 순으로 Heterobeltiosis를 나타냈고 두 조합간에는 지상부에서와 같이 HR7028A / 龍門벼가 IR-54756A / 龍門벼보다 Heterobeltiosis 발현 정도가 컸다. 또한 이들 1대 잡종벼는 비교품종인 장성벼보다도 지상 지하부 모두 무기성분 흡수량이 많았다.

3. 全糖, 澱粉, 葉綠素 含量

이앙시 묘의 지상부 전당 및 전분 함량이 있어서 (표 3), 공시조합 모두 우수친에 비하여 전당 21%, 전분의 6~10%의 Heterobeltiosis를 나타냈고 엽록소함량에서도 7~10%의 Heterobeltiosis를 나타내었고 비교품종인 장성벼보다도 함량이 높았다.

1대 잡종식물의 특징 중의 하나는 양친보다 종자 발아가 빠르고 잎이 빨리 출현해 초기 생육이 왕성^{2,10,14)}하며, 이는 배의 크기에 의해 결정된다고^{1,8,11,12)}하였다.

Hasegawa 등³⁾은 Japonica / Indica간 F₁은 파종후 45일에 엽면적, 지상부와 지하부 건물중 및 질소흡수량이 우수친보다도 월등했으나 지상부 / 지하부 건물중비는 우수친보다 낮았다고 하였으

며, 一井 等⁶⁾은 12개 F₁은 잡종과 이들의 양친 6 품종을 사용해 파종후 25일묘의 양분흡수능력을 시험한 결과 초장, 근장에서는 대부분 잡종강세 현상을 보였으나 根數나 水稻體重에 있어서는 잡종강세 현상이 거의 나타나지 않았고 조합간에 큰 차이를 보였으며, 양분흡수속도에 있어서 잡종강세는 NO₃-N가 가장 크고, P, NH₄-N, K의 순으로 적었다고 하였으며, 또한 중국에서 육성한 1대 잡종벼 Nan-You2는 임성회복친인 IR24보다 유묘기에 있어서 T-N, starch함량이 높아 동화물질을 합성하는데 우수하다고⁵⁾ 하였다.

4. 發根力

파종 45일묘를 根切斷후 砂耕栽培하여 10일후 생육상황을 보면 표 4와 같다. 1대 잡종벼의 엽면적은 優秀親보다 넓었으며, 그 정도는 HR-7028A / 龍門벼가 IR54756A / 龍門벼보다 훨씬 컸으며, IR54756A / 龍門벼는 비교품종인 長城벼에 비해 엽면적이 넓지 않았다. 發根長보다는 發根數에서 雜種強勢 현상이 크게 나타났으며 發根量(發根長, 發根數)에 있어서는 공시 조합 모두 優秀親이나 비교품종에 대해 잡종강세를 나타냈다. 根活力과 置床前과 後의 乾物重比率도 같은 경향으로 1대 잡종벼에서 Heterobeltiosis현상이 있었으며 조합간에는 HR7028A / 龍門벼가 IR54-756A / 龍門벼보다 雜種強勢 現象이 크게 나타났다. 이상의 결과로 보아 1대 잡종벼는 優秀親 및 比較品種보다 대체로 生育이 양호였으며 동일한 花粉親이라 하더라도 雄性不稔 系統에 따라서 雜

Table 3. Content of total sugar, starch in the shoot and chlorophyll in the leaf of 45 day seedlings

Variety	Total sugar g /100gD.W	Starch	Chlorophyll mg /g F.W
HR7028B	1.88	5.73	2.27
HR7028A / YMB	2.28 (21)	6.38 (10)	2.49 (10)
Yongmoonbyeo(YMB)	1.56	5.80	2.01
IR54756A / YMB	2.08 (21)	6.16 (6)	2.38 (7)
IR54756B	1.72	5.65	2.23
Changsungbyeo	1.69	5.75	2.33
LSD(0.05)	0.41	0.48	0.26

() : Heterobeltiosis (%)

Table 4. Leaf area and rooting ability of hybrid rice after 10 days sand culture with root-cutted 45day seedlings

Variety	Leaf area (cm ² /plant)	Newly grown root			Activity* (r.g/Fw.hr)	Ratio of dry weight** (%)
		Length (cm)	Number (No)	Length× Number		
HR7028B	12.6	2.6	5.0	13.0	99.7	5.8
HR7028A/YMB	38.8 (187)	4.9 (14)	18.6 (244)	91.9 (293)	125.3 (26)	9.2 (31)
Yongmoonbyeo(YMB)	13.5	4.3	5.4	23.2	96.4	5.5
IR54756A/YMB	17.9 (18)	4.1 (-5)	11.4(107)	46.7(101)	117.7 (11)	2.0 (11)
IR54756B	15.2	3.4	5.5	18.7	105.6	3.9
Changsungbyeo	19.0	4.2	8.2	39.4	74.9	1.5
LSD(0.05)	9.1	0.6	5.9	10.9	16.2	9.8

* : α -Naphthylamine oxidizing activity

** : (Dry weight after 10 day sand culture ÷ Dry weight before sand culture) × 100

() : Heterobeltiosis

Table 5. Correlation coefficients between plant growth, amount of nutrients absorbed in the 45day seedlings and newly grown root after the sand culture

45 day after sowing	Newly grown roots from root cutted rice seedlings				
	Root length(RL)	Root no.(RN)	RL×RN	α -Na. ♪	Dry wt. ratio ♪ ♪
Shoot/Root ratio	-0.196ns	-0.693**	-0.615**	-0.716**	-0.771**
T-sugar in shoot	0.310ns	0.868**	0.791**	0.793**	0.960**
Starch in shoot	0.679**	0.947**	0.914**	0.752**	0.782**
Chlorophyll in leaf	0.267ns	0.792**	0.742**	0.447ns	0.829**
T-N ♪ ♪ ♪	0.511*	0.931**	0.914**	0.625**	0.873**
P ₂ O ₅ ♪ ♪ ♪	0.101ns	0.880**	0.850**	0.652**	0.887**
K ₂ O ♪ ♪ ♪	0.723**	0.955**	0.956**	0.596**	0.722**
CaO ♪ ♪ ♪	0.633**	0.871**	0.860**	0.653**	0.691**
MgO ♪ ♪ ♪	0.518**	0.861**	0.819**	0.836**	0.817**
SiO ₂ ♪ ♪ ♪	0.185ns	0.911**	0.892**	0.601**	0.841**

♪ : α -Naphthylamine oxidizing ability

♪ ♪ : (Dry weight after 10 day culture ÷ Dry weight before sand culture) × 100

♪ ♪ ♪ : Amount of nutrient absorbed in the shoot and root

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

ns: Not significant

種強勢 發現程度는 다르다는 것을 알 수 있다.

5. 45일묘 양분흡수량과 발근력간 상관

표 5는 파종후 45일묘의 자상부/지하부 건물중비와 지상부 양분흡수량과 근절단후 10일간 사경 재배후 새로운 뿌리 발생량과의 상관관계를 나타낸 것이다. 지상부/지하부 건물중비와 새뿌리 발생량간에는 부의 상관관계를 나타내어 지하부의 건물중이 무거웠던 것이 새뿌리 발생량이 많았다. 지상

부의 전당, 전분함량, 무기성분흡수량, 잎중 엽록소 함량은 발근량(발근수×발근장)과 정의 상관관계를 나타내었으며 특히 새뿌리 발생수에 대한 상관관계가 높았다. α -Naphthylamine 산화력, 지상부/전 건물중비 역시 양분흡수량과 정의 상관관계를 나타내어 양분흡수량, 동화축적량이 많았던 1대 잡종벼가 발근력과 근절단 사경재배시 생육량이 우수했었던 것으로 생각된다.

摘 要

水稻 雄性不稔系統 HR7028A와 IR54756A에稔性回復親인 龍門벼를 交配한 1대 잡종과 그의 兩親(維持系統, 回復系統) 및 比較品種(長城벼)을 公시하여 1대 잡종에 대한 苗素質 및 養分吸收特性에 대한 雜種強勢 現象을 조사한 結果는 다음과 같다.

1. 苗素質(草長, 根長, 根數, 乾物重等)에 있어 1대 잡종벼는 양친의 優秀親보다는 越等했으며, 특히 地上部보다는 地下部の 생육이 양호하였다.
2. 地上부와 地下部 無期成分 吸收量에서 優秀親에 대한 잡종강세 정도는 HR7028A/龍門벼가 IR54756A/龍門벼보다 컸으며 地上部 無機成分별로는 鈣>칼리>질소>인산>칼슘>마그네슘 순이었으며, 地下部에서는 인산>鈣>칼리>질소>마그네슘>칼슘 순이었다.
3. 地上部の 全糖, 澱粉含量 및 엽록소 함량에서도 優秀親에 대한 雜種強勢가 나타났고, 근절단후 砂耕栽培後 發生한 신근의 특성에서도 1대잡종벼가 양친보다 우수하였으며, 그 정도는 HR7028A/龍門벼가 IR54756A/龍門벼보다 높았다.
4. 45일묘의 地上부에 비해 地下部の 건물중이 무거울수록 根切斷後 發生하는 發根數와 新根의 근활력이 높았으며, 地上部 全糖, 澱粉, 地上, 地下部 無機成分 吸收量 및 잎의 葉綠素 含量과 발근수, 발근장, 발근량(발근수×발근장), 근활력 등과 유의한 正의상관을 나타냈고 이중 발근수와 正의상관계수가 가장 컸었다.

引用文獻

1. Akita, S., L. Blanco, and K. Katayama. 1990. Physiological mechanism of heterosis in seedling growth of indica F₁ rice hybrids. Japan. J. Crop Sci. 59(3):548-556.
2. Hageman, R.H., E.R. Leng, and J.W. Dudley. 1967. A biochemical approach to corn breeding. Advan. Agron. 19:45-86.
3. Hasegawa, H., T. Kon, Y. Kono. 1991. Heterosis in japonica/indica F₁ rice hybrid with special reference to nodal root function. Japan J. Crop Sci. 60(4):558-565.
4. 北條良夫, 石塚潤彌. 1985. 最近 作物生 試驗法. 植物色素의 分析法. 日農技協: P.338.
5. Hunan Agriculture College. 1977. A physiological and biochemical comparison between Nan-You 2 and its parents. Hunan Agri. Technol. 1:16-17.
6. 一井眞比古, 中村雅彦. 1990. F₁ 이네幼植物의 養分吸收におけるヘテロシス. 日作紀 59(1):140-145.
7. 農村振興廳. 1988. 토양화학 분석법-토양, 미생물, 토양 미생물-농촌진흥청 농업기술연구소.
8. Sinha, S.K. and R. Khanna. 1975. Physiological, biochemical and genetic basis of heterosis. Adv. Agron. 27:123-174.
9. 鈴木保宏, 諸岡稔. 1986. F₁ 水稻의 窒素吸收. 日土肥誌. 57:149-154.
10. Whaley, W.G. 1952. Physiology of gene action in hybrids. In 'Heterosis' (J.W. Gowen, ed). Iowa State College Press, Iowa, p 98-113.
11. Yamada, M. 1985. Heterosis in embryo of maize. *Zea mays* L. Bull. Natl. Inst. Agrobiol. Res. 1:85-98.
12. Yamada, M., M. Ishige, and Y. Ohkawa. 1985. Reappraisal of Ashby's hypothesis on heterosis of physiological traits in maize, *Zea mays*. Euphyica 34:593-598.
13. 山田登, 村田吉男, 中村拓. 1961. α-ナフチルアミンによる水稻根の活力診斷. 農業及園藝 36(12):103-105.
14. 山口彦之. 1985. 細胞質的雄性不稔. CMC. 東

- 京.
15. Yoshida, S., D.A. Forno, J.H. Cock, and K.A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. 3rd ed. IRRI. p 46-49.