

벼 수경육묘에서 양액의 종류와 공급시기에 따른 묘 생육과 무기성분의 이용

김영광*† · 홍광표* · 정완규* · 손길만* · 송근우* · 강진호**

*경상남도농업기술원, **경상대학교 응용생명과학부

Effects of Nutrient Solutions and Their Supplying Frequency on Seedling Growth and Utilization of Minerals in Hydroponic Rice Seedling Raising

Yeung-Gwang Kim*†, Kwang-Pyo Hong*, Wan-Kyu Joung*,
Gil-Man Shon*, Geun-Woo Song* and Jin Ho Kang**

*Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Chinju 660-370, Korea

**Div. of Applied Life Sci. Gyeongsang Natl. Univ., Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to develop a technology for raising rice hydroponically seedlings using the bed in which the seedlings grew in nutrient solution without soil. In hydroponic rice seedlings, two nutrient solutions (Yoshida and Wonsi) were evaluated with four supplying methods [3 times (2 days, 8 days and 12 days after seeding), 2 times (5 days and 10 days after seeding), and 1 time (5 days and 10 days after seeding)]. Seedling growth was not different between the two solutions. However, tensile strength of root-mat was higher in Yoshida solution than in Wonsi solution. The more frequent supply of solution resulted in the better seedling growth but in the weaker root mat. Utilization efficiency of the solution minerals was not different in N content regardless of supplying frequencies, but higher in P, K, Ca and Mg when supplied only once on the 5 days after seeding.

Keywords : Rice, Hydroponic seedlings, Nutrient solution.

현재 벼 기계이앙을 위해서는 상자육묘가 관행적으로 많이 이루어지고 있으나, 상토확보와 못자리관리가 어려워 새로운 육묘법의 개발이 요구되고 있다. 이 때문에 가격이 저렴하면서도 가벼운 대체상토의 개발이 연구되고 있으나(Kim *et al.*, 1986; 佐藤 *et al.*, 1977; 고 등, 2000), 상토사용에 따른 불편함과 문제점은 여전히 현실이다.

최근에는 벼 육묘에 있어서 상토를 사용하지 않고 물과 양액만으로 육묘를 함으로써 기존 육묘의 문제점을 근본적으로 해결할 수 있는 수경육묘 방법이 일부에서 연구되고 있다(田坂 등, 1996; 小倉, 1998). 그러나 벼 재배·생리적 측면에서의 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 상토를 전혀 사용하지 않음으로써 상자묘

자체의 무게를 획기적으로 줄여 묘 운반 및 관련 작업을 생략화할 수 있고 육묘비용도 크게 줄일 수 있을 것으로 기대되는 벼 수경육묘 기술을 개발코자 수경육묘와 관련된 적당한 양액의 선발과 공급횟수를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

벼의 수경육묘에 관한 시험을 수행하기 위하여 경상남도농업기술원 비닐하우스 내에 폐쇄순환식 수경묘 베드를 설치하였다. 시험에 사용된 베드는 육묘되는 부분의 길이가 1 m, 폭은 육묘상자와 동일한 28 cm, 높이는 10 cm이었다. 육묘베드는 양액을 공급하는 소형 양액탱크, 양액을 급수 또는 배수하여 주는 부분과 베드로 제작하였으며, 베드를 통과한 양액을 모으는 양액탱크를 베드 아래에 설치하였다. 베드당 초기 양액량은 12 l였고, 양액은 1.5~2 l/min 정도의 양을 소형수중펌프(UP-7W, Hyubshin)와 타이머로 시간당 15분씩 순환시켜 공급하였다.

본 시험에서는 동안벼를 공시품종으로 이용하였다. 2000년 5월 14일에 1~2 mm 정도 최아 시킨 종자를 1.4 kg/m² 수준으로 베드에 파종하여 15일간 육묘하였다. 시험에 사용된 양액은 국제미작연구소에서 벼 생리 시험용으로 사용되는 Yoshida액(Yoshida *et al.*, 1976)과 원예작물의 양액재배에서 주로 사용되고 있는 일본 원시표준액(박과 김, 1998)을 사용하였으며, 양액의 공급횟수는 EC를 2.0 dS/m에 맞추어 3회(파종후 3일, 8일, 12일), 2회(파종후 5일, 10일)와 1회로 공급횟수를 달리하였으며, 1회 공급은 파종후 5일과 파종후 10일로 공급시기를 달리하였다. 한편 육묘기간중 양액이 감소한 양만큼 지하수로 보충해 주었으며, 시험에 사용된 지하수의 무기성분 함량은 Table 1과 같다.

조사형질 중에서 초장, 엽수, 근장, 근수는 베드에서 육묘된 20주의 수경묘를 조사하였고, 건물중은 100개의 식물체를 경영과 뿌리로 나누어 70°C에서 2일간 건조한 후 칭량하였다.

†Corresponding author: (Phone) +82-55-750-6217 (E-mail) kimykw@mail.knrda.go.kr <Received February 15, 2003>

Table 1. Mineral content of ground water used in the experiment.

pH	EC	PO ₄	K	Ca	Mg	Na	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Fe	Mn	Zn	Cl	SO ₄	HCO ₃	
	dS/m	-----						mg l ⁻¹	-----						
6.8	0.26	0.46	1.6	20.8	6.5	2.7	0.2	1.2	0.24	0.03	0.06	19.6	40.1	90.9	

한편 육묘된 묘의 이양적응성을 알아보기 위한 인장강도는 묘를 10×3 cm 넓이로 절단한 후 한쪽 끝을 고정시키고 다른 쪽 끝은 간지집계를 물려 인장강도측정기(FGN-5, Shimpo)로 절단될 때까지 잡아당겨 기기상에 기록된 최고점으로 표시하였다. 식물체 분석은 70°C에 2일간 건조한 후 분쇄한 시료를 이용하였다. 전질소는 Kjeldahl법으로, P₂O₅는 Vanadate법으로 Spectrophotometer(Stasar II, Gilford)를 사용하여 380 nm에서 측정하였다. K₂O, CaO 및 MgO 함량은 원자흡광분광광도계(analyst 300, Perkin-Elmer)를 이용하여 정량하였다.

양액의 분석은 APHA의 Standard method(Clesceri *et al.*, 1998)에 준하여 분석하였다. 수경묘와 양액의 무기성분 분석 결과를 이용하여 베드당 벼 식물체에 축적된 각 무기성분의량을 계산하였으며 이를 이용하여 N에 대한 각 무기성분의 비율로 환산하였다. 한편 무기성분의 이용효율은 양액과 벼 자체가 갖고 있는 무기성분의 총량에 대한 수경묘 자체가 갖고 있는 양의 비율로 환산하였다.

결과 및 고찰

양액 종류와 공급시기에 따른 묘 생육과 무기양분 이용

양액의 종류와 공급시기별 묘소질은 Table 2와 같다. 엽수,

근장 및 근수는 양액을 공급한 것과 무처리간에 차이가 없었던 반면, 초장은 양액공급시 무처리에 비해 2배 정도 길었다. 양액 종류에 따른 묘소질을 보면 Yoshida액과 원시표준액간에 차이가 없었고, 양액의 공급시기에 있어서는 두 양액 모두 공급횟수가 많을수록 초장과 건물중이 증가되었으나 공급횟수에 비해 증가율은 둔화되는 경향을 보였다. 양액 공급시간 묘 생육은 양액 1회 공급시 Yoshida액과 원시표준액 모두 차이가 없었다. T/R율은 양액처리구가 무처리의 2배 정도였으며, 양액공급 횟수는 2회에서 가장 높았다.

일반적으로 상토를 사용하는 어린묘는 배유에 양분이 남아 있어 추가로 양분을 공급할 필요가 없으나 수경육묘에서는 양액의 공급이 없으면 생육이 부진하기 때문에 양액이 공급되어야만 한다. 따라서 수경묘의 초장을 어린묘에 맞춘다면 어린묘의 적정 초장인 8~12 cm(Yang *et al.*, 1989)에 해당되어 1회의 양액 공급으로 가능하다고 할 수 있다. 그런데 지하수로 육묘한 수경묘의 경우 파종후 7일경에 비철현상이 관찰되는 것을 감안한다면 파종 5일후에 양액을 공급하는 것이 무난할 것으로 판단된다.

어린묘나 수경묘는 육묘기간이 짧아 매트형성이 충분하지 못하기 때문에 묘를 이양기에 탑재시키는 작업이 곤란하다. 따라서 매트형성을 가늠해 볼 수 있는 방법으로 Ueno *et al.*

Table 2. Characteristics of rice seedlings hydroponically grown for 15 days after seeding as affected by nutrient solutions and their supplying times.

Solution	Supplying time [†]	Seedling height	Leaves	Roots	Root length	Dry weight (DW)			T/R ratio	DW/seedling height
						Leaf	Root	Total		
		cm	no. seedling ⁻¹		cm	----- mg seedling ⁻¹ -----				mg cm ⁻¹
Yoshida	3, 8, 12	11.2ab [§]	2.8a	5.8a	5.0b	8.5a	5.2a	13.7a	1.7a	0.8a
	5, 10	12.2a	2.8a	6.2a	4.4b	7.7b	4.6bc	12.3b	1.7a	0.7a
	5	10.2bc	2.4b	5.9a	7.0a	6.6c	5.0bc	11.6bc	1.3b	0.7a
	10	9.5c	2.7a	6.1a	5.2b	6.4c	4.5c	10.9c	1.4b	0.7a
	Mean	10.8A	2.7B	6.0A	5.4A	7.2A	4.8B	12.1A	1.5A	0.7A
Wonshi	3, 8, 12	13.3a	2.8a	5.6ab	7.9a	9.3a	6.0a	15.3a	1.5b	0.7a
	5, 10	10.3b	2.9a	5.7ab	5.3b	8.5a	4.5b	13.0b	1.8a	0.8a
	5	8.4c	2.5b	5.5b	5.0b	6.5b	4.8b	11.3b	1.2b	0.8a
	10	8.7bc	2.9a	6.0a	4.9b	6.5b	4.8b	11.3b	1.4b	0.8a
	Mean	10.2A	2.8A	5.7A	5.8A	7.7A	5.0B	12.7A	1.5A	0.8A
Control [‡]		5.3B	2.5C	5.6A	5.7A	4.4B	6.3A	10.7B	0.7B	0.8A

[†] Days after seeding.

[‡] Control was irrigated with ground water.

[§] Capital letters compare the mean values between solutions but small letters do between their supplying times within the same solution at 0.05 probability of DMRT.

(1982)은 인장강도와 절단강도를 제시하였다. 양액 종류와 공급시기별 뿌리 매트 의 인장강도는 Fig. 1과 같다. 처리간 인장강도는 Yoshida액이 원시표준액에 비해 강했고, 공급횟수가 적을수록 강해지는 경향이였다. 양액의 공급횟수를 늘릴 경우 공급된 양액이 수경묘에 완전히 흡수되지 못하고 오히려 남아 있는 양액 성분이 미생물 번식의 영양원으로 이용되어 번식된 미생물이 부직포를 부식시킨 결과 부직포의 장력이 약화된 것으로 생각된다. 따라서 묘소질과 뿌리 매트의 인장강도를 고려할 때 Yosida액을 파종 5일후에 1회 공급해주는 것이 적당할 것으로 판단된다.

육묘후 벼 식물체에 축적된 무기성분량은 Table 4와 같다. N과 K는 Yoshida액에 비해 원시표준액에서 다소 많았던 반면, P, Ca와 Mg는 양액 종류간에 차이가 없었다. 공급횟수가 무기

성분량에 미치는 영향으로는 횟수가 많을수록 N, P와 K의 축적량은 증가되었으며, 그 정도는 N에서 가장 컸던 반면, Ca와 Mg는 뚜렷한 차이가 없었다.

어린모나 수경묘는 육묘기간이 짧아 매트형성이 충분하지 못하기 때문에 이양기에 탑재시키는 작업이 곤란하다. 따라서 매트형성을 가늠해 볼 수 있는 방법으로 Ueno *et al.*(1982)은 인장강도와 절단강도를 제시하였다. 양액 종류와 공급시기별 뿌리 매트의 인장강도는 Fig. 1과 같다. 처리간 인장강도는 Yoshida액이 원시표준액에 비해 강했고, 공급횟수가 적을수록 강해지는 경향이였다. 양액의 공급횟수를 늘릴 경우 공급된 양액이 수경묘에 완전히 흡수되지 못하고 오히려 남아 있는 양액 성분이 미생물 번식의 영양원으로 이용되어 번식된 미생물

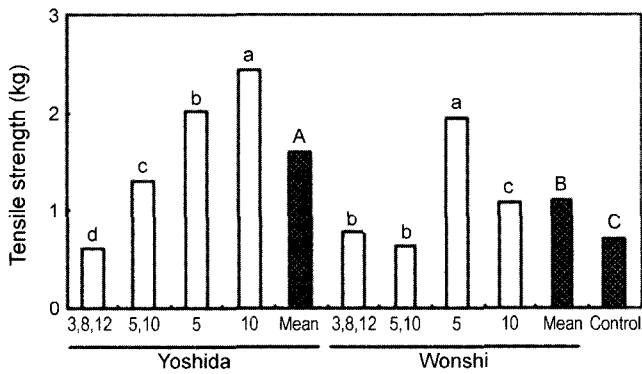


Fig. 1. Tensile strength of rice seedlings hydroponically grown for 15 days after seeding as affected by nutrient solutions and their supplying times. Capital letters compare the mean values between solutions but small letters do between their supplying times within the same solution at 0.05 probability of DMRT.

Table 3. Mineral contents in leaves of rice seedlings hydroponically grown for 15 days after seeding as affected by nutrient solutions and their supplying times.

Solution	Supplying time [†]	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
----- % -----						
Yoshida	3, 8, 12	3.41	1.45	1.74	1.09	0.64
	5, 10	3.20	1.44	1.71	0.81	0.61
	5	2.95	1.31	1.24	0.89	0.64
	10	2.97	1.37	1.19	1.10	0.62
	Mean	3.13	1.39	1.47	0.97	0.63
Wonshi	3, 8, 12	3.76	1.40	2.25	1.00	0.52
	5, 10	3.74	1.37	1.81	0.95	0.39
	5	3.61	1.22	1.59	1.16	0.51
	10	3.55	1.31	1.52	1.23	0.51
	Mean	3.67	1.33	1.79	1.33	0.48

[†]Days after seeding.

Table 4. Mineral accumulation of rice seedlings grown hydroponically for 15 days after seeding as affected by nutrient solutions and their supplying times.

Solution	Supplying time [†]	N	P	K	Ca	Mg
----- g/0.28 m ² bed -----						
Yoshida	3, 8, 12	6.05	1.12	2.56	1.38	0.68
	5, 10	5.09	1.00	2.26	0.92	0.59
	5	4.43	0.86	1.54	0.95	0.58
	10	4.19	0.84	1.40	1.11	0.53
	Mean	4.94	0.96	1.94	1.09	0.60
Wonshi	3, 8, 12	7.45	1.21	3.70	1.42	0.62
	5, 10	6.28	1.01	2.52	1.14	0.40
	5	5.27	0.78	1.93	1.21	0.45
	10	5.18	0.84	1.84	1.29	0.45
	Mean	6.05	0.96	2.50	1.27	0.48

[†]Days after seeding.

Table 5. Ratios between N and other minerals accumulated by rice seedlings hydroponically grown for 15 days after seeding as affected by nutrient solutions and their supplying times.

Solution	Supplying time [†]	P/N	K/N	Ca/N	Mg/N
----- % -----					
Yoshida	3, 8, 12	18.5	42.4	22.8	11.3
	5, 10	19.7	44.4	18.0	11.6
	5	19.4	34.9	21.6	13.0
	10	20.2	33.3	26.4	12.6
	Mean	19.5	38.8	22.2	12.1
Wonshi	3, 8, 12	16.2	49.6	19.1	8.3
	5, 10	16.1	40.1	18.2	6.3
	5	14.8	36.7	22.9	8.5
	10	16.2	35.5	24.9	8.7
	Mean	15.8	40.5	21.3	8.0

[†]Days after seeding.

Table 6. Utilization efficiency of minerals in nutrition solutions and endosperm in rice seedlings hydroponically grown for 15 days after seeding as affected by nutrient solutions and their supplying times.

Solution	Supplying time [†]	N	P	K	Ca	Mg
Yoshida	3, 8, 12	51.3	54.4	63.4	64.4	15.6
	5, 10	49.5	61.2	76.0	48.8	18.2
	5	50.3	70.4	81.1	54.6	26.9
	10	47.9	69.4	73.8	71.2	25.4
	Mean	49.8	63.9	73.6	59.8	21.5
Wonshi	3, 8, 12	59.7	64.8	82.0	64.6	31.4
	5, 10	58.5	67.2	76.8	58.7	24.3
	5	58.2	67.9	93.7	65.2	32.7
	10	57.5	72.8	89.6	74.2	33.8
	Mean	58.5	68.2	85.5	65.7	30.6

[†]Days after seeding.

이 부직포를 부식시킨 결과 부직포의 장력이 약화된 것으로 생각된다. 따라서 묘소질과 뿌리 매트 of 인장강도를 고려할 때 Yoshida액을 파종 5일 후에 1회 공급해주는 것이 적당할 것으로 판단된다.

공급된 양액에 포함된 성분의 흡수정도를 분석하기 위하여 양액과 벼 자체가 갖고있는 무기성분 총량에 대한 수경묘의 이용효율을 계산한 결과는 Table 6과 같다. N, P, K, Ca 및 Mg의 이용효율 모두 Yoshida액에 비해 원시표준액에서 높았다. 양액별 공급횟수에 따른 이들 무기성분의 이용효율에 있어서 P, Ca 및 Mg는 Yoshida액의 경우 2회 또는 3회 공급하는 것보다는 1회 공급시 높았으며, 원시표준액에서는 이러한 경향이 K에서 관찰되었다. 그러나 묘소질과 인장강도 및 무기성분의 이용효율 등을 종합적으로 고려할 경우 적정양액과 양액의 최적 공급방법은 Yoshida액을 파종 5일 후에 1회 공급하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 벼 생산비중 육묘에 투입되는 비용을 경감시키고 이양의 효율을 제고하기 위하여 기계이양용 상자육묘시 상토를 전혀 사용하지 않고 물과 양액만으로 묘를 생산하는 수경육묘법을 개발하고자 하였다. 이를 위해 적절한 양액의 선발과 공급횟수를 구명하고자 시험을 실시하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Yoshida액과 원시표준액간의 육묘후 묘소질은 두 양액간에 차이가 없었으나, 양액 공급횟수는 1회에서 3회로 증가할

수록 초장, 엽수, 건물중이 증가 되었다.

2. 육묘후 인장강도는 Yoshida액이 원시표준액에 비해 높았고, 양액 공급횟수는 증가할수록 낮아졌다.

3. 경엽의 무기성분 함량은 공급양액 종류에 관계없이 N, P, K 함량은 증가하였으나 Ca와 Mg는 뚜렷한 경향이 없었다.

4. 수경묘에 축적된 무기성분량은 양액종류에 관계없이 공급횟수가 많을수록 N, P와 K의 축적량은 증가 되었으며, 그 정도는 N에서 가장 컸다.

5. 수경묘에 축적된 N에 대한 다른 무기성분 비율중 P/N과 Mg/N의 비율은 원시표준액에 비해 Yoshida액에서 높았고, 공급횟수가 증가할수록 K/N 비율이 증가되었다.

6. 양액의 이용효율은 N의 경우 공급횟수에 관계없이 비슷 하였으나, P, K, Ca와 Mg는 파종 5일후 1회 공급시 높았다.

인용문헌

Addiscolt, T. M. 1974. Potassium and the distribution of calcium and magnesium in potato plants. *J. Sci. Food Agric.* 25 : 1173-1183.

Clesceri, L. S., A. E. Greenberg, and A. D. Eaton. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. (20th ed.). APHA-AWWA-WPCF.

Kim, J. Y., B. Y. Kim, and Y. S. Lee. 1986. Studies on artificial seed bed soil, rock-wool, for mechanical transplanting. *Res. Rept. RDA.* 28(1) : 102-106.

고중환, 함진관, 김용복, 사중구. 2000. 팽화왕겨를 이용한 벼 육묘상토 개발. 강원도농업기술원 시험연구보고서. pp. 11-16.

小倉昭男. 1998. 롱그맷트水耕育苗移植技術. 機械化農業 3 : 13-16.

박권우, 김영식. 1998. 양액재배. pp. 13-102. 아카데미서적.

佐藤 隆, 吉田 浩, 木村和夫, 失野和男. 1977. 水稻育苗におけるもみから培地の利用. 農業および園芸 52 : 43-48.

田坂幸平. 1996. 水稻の育苗・移植作業の軽作業化(水稻롱그맷트水耕育苗の誕生と展望). 農業および園芸 71(6) : 55-60.

田坂幸平, 小倉昭男, 唐橋需. 1996. 水稻の水耕育苗と移植技術の開発に關する研究. 第1報 育苗方法と苗の巻取り. 農業技術學會誌 58(6) : 89-99.

Ueno, M., H. Ezaki, S. Yuzawa, and A. Yoda. 1982. Studies on the tension, compression and shear of rice seedling mats. (I) Tension and compression characteristics. *J. Japan Soc. Agri. Machin.* 44(1) : 23-30.

Yang, W. H., Y. D. Yun, M. T. Song, M. H. Lee, M. S. Lim, and R. K. Park. 1989. Machine transplanting cultivation with infant seedling in rice plant. II. Effects of raising temperature, duration and nutritional residue in endosperm on seedling growth after transplanting. *Korean J. Crop Sci.* 34(4) : 434-439.

Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Routine procedure for growing rice plants in culture solution. Laboratory manual for physiological studies of rice (3rd ed.). The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. pp. 61-65.