

벼 어린모 육묘일수 연장에 따른 모소질, 본답 생육 및 수량성

김덕수*[†] · 김정곤* · 김제규* · 한희석* · 강양순*

*농촌진흥청 작물시험장

Effect of Nursery Period on Seedling Growth and Yield in Transplant Rice with Infant Seedling

Deog-Su Kim*[†], Chung-Kon Kim*, Je-Kyu Kim*, Hee-Seog Han* and Yang-Soon Kang*

*National Crop Experiment Station, RDA, Suwon, 441-100, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to find out the basic informations related to the rice cultivation using the infant seedlings. Infant seedlings with different nursery periods were compared for the growth and grain yield of rice at the National Crop Experiment Station in 1997. The highest sound seedling ratio of 93.9% was observed in 8-day old seedling, followed by 88.9% of 12-day, 82.0% of 16-day and 80.8% of 20-day. The endosperm remained 52.5% in the 8-day old seedling at transplanting and decreasingly with increasing nursery period. Missing hills at transplanting were more in 16-day and 20-day old seedling than in 8-day and 12-day old seedlings, 5.1-5.2% in 8-day and 12-day growing seedling, 6.7% in 16-day and 7.8% in 20-day old seedling. Rooting ability was observed highest in 8-day, followed by 12-day, 16-day and 20-day old seedling. The milled rice was lower by 5~16% in 12-day, 16-day and 20-day old seedling than in 8-day old seedling of 6.18 t/ha. It was found that the 8-day and 12-day old seedling provided more advantage for sound seedling ratio, endosperm remaining, missing hill during transplanting, rooting ability and grain yields than 16-day and 20-day old seedlings.

Keywords : rice, seedling age, nursery period, transplanting, yield

우리나라 벼농사는 이앙기가 1973년부터 농가에 보급되면서 중모기계이앙 재배로 전환되어 쌀 생산비 절감과 생력화의 초석이 되었다. 하지만 계속되는 농촌 노동력의 감소와 노령화로 기계이앙 재배를 더욱 생력화 할 수 있는 재배기술 개발이 요구되면서 1987년에 어린모 기계이앙 육묘기술 연구를 시작하여 1989년부터 어린모 기계이앙 재배기술(作試, 1992; 作試, 1993; 梁等, 1989; 尹等, 1989)을 보급하였다. 이는 파종 8일만에 이앙이 가능하므로 중모에 비하여 육묘일

수가 20~25일 짧고 육묘장소를 변경하지 않고 한 장소에서 육묘를 가능하게 하였다. 또한 10a당 육묘상자 소요량도 중모 기계이앙은 30개이나 어린모 기계이앙은 15~18개로 육묘비용이 중모에 비해 84% 절감되며, 또한 어린모는 종자내 배유양분을 30~50% 지니고 있는 상태에서 이앙 되므로 활착기에 식상을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 기상재해에 대한 피해를 경감시킬 수 있다.

어린모 기계이앙 재배는 '90년 17천ha에서 '93년에는 벼 재배 면적의 50%인 573천ha까지 이르렀으나 그 후 계속 감소되어 '99년에는 161천ha이었다. 이와 같은 재배면적의 감소에는 여러 가지 요인들이 있으나 그 중 가장 큰 원인은 본답정지 작업의 지연 또는 강우 등으로 이앙이 지연될 경우 육묘 관리에 어려움이 많기 때문으로 볼 수 있다. 어린모 육묘는 상자 당 200~220 g으로 밀파되므로 이앙이 늦어지면 성묘율 및 모소질이 떨어져 결주가 많아지고, 이앙 후 초기 생육이 부진하여, 이앙 작업에 어려움이 많으므로 이에 대한 재배기술 개발이 요구되고 있는 실정이다.

이러한 점을 고려하여 어린모의 육묘일수 연장에 따른 모소질, 이앙상태 및 본답초기 생육에 미치는 영향을 조사 분석하여 어린모 안전 재배기술 개발을 위한 기초자료를 얻고자 수행하였던 바 몇 가지 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 시험은 1997년 작물시험장 포장에서 화성벼를 공시하여, 5월 15일에 파종하여 8, 12, 16, 20일모를 5월 23일, 5월 27일, 5월 31일, 6월 4일 이앙 하는 방법으로 수행하였다.

육묘방법은 시판 상토를 사용하였고, 상자 당 220 g씩 파종 후 전열출아기를 이용 32°C에서 2일간 출아시킨 다음 녹화 및 경화는 20~25°C에서 1일간 시켰으며 그 이후는 주간 30°C, 야간 20°C가 유지되는 육묘 온실에서 관리하였다.

본답은 시비량을 질소-인산-칼리를 각각 110-70-80 kg/ha를 사용 하였다. 분시방법은 질소비료는 기비 : 분얼비 : 수비를 각

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6829 (E-mail) kim0dus@rda.go.kr

<Received February 20, 2001>

각 40:30:30%로 3회, 칼리비료는 기비 70%, 수비 30%로 2회 분시하였으며, 인산은 전량 기비로 사용하였다. 기타는 작물시험장 어린모 기계이앙 표준재배법에 준하여 재배 관리하였다.

모 균일도는 모 초장의 변이계수로 비교하였으며, 초기위조 시간은 관수(포화상태) 후 식물체가 시든 시기까지의 시간으로 계산하였다. 엽수는 불완전엽을 제외하고 조사하였으며, 발근력은 뿌리를 1 mm정도 남기고 자른 후 사경재배로 이앙 후 5일, 10일에 2회 조사하였다. 이앙 당시 엽색도는 제 1본엽의 엽색을 SPAD로 측정하여 잎의 노화정도를 조사하였고, 매트장력은 상자모를 가로 3 cm, 세로 10 cm 크기로 잘라서 도복 측정기(日本, 木屋製作所株式會社)를 이용하여 매트가 끊어지는 장력을 조사하였다. 종자내 배유양분 잔존율은尹과朴(1989)의 방법에 준하였으며, 근활력은 α -Naphthylamine법을 이용하였다. 수량구성요소 및 수량과 기타 생육특성들은 농촌진흥청 농사시험 연구조사기준(農振廳, 1995)에 따랐다.

결과 및 고찰

육묘일수별 모의 특성

성묘율은 Table 1에서와 같이 육묘일수에 따라 8일모는 93.9%, 12일모는 88.9%, 16일모와 20일모는 각각 82.0, 80.8%였다. 이와 같이 12일모 이후 성묘율이 급격하게 저하한 것은 상자 당 220 g씩 밀파되고, 어린모 육묘 상자는 뿌리의 매트형성을 촉진시키기 위하여 물이 빠질 수 있는 구멍 외에 밀폐되어 있어 육묘일수가 길어지면 뿌리에 산소 공급이 원활하지 못하여 뿌리 노화가 촉진되고, 모 개체간의 경쟁에 의하여 연약한 모는 고사되기 때문인 것으로 생각된다.

개체간 변이계수로 본 모 균일도는 8일모가 7.4%로 가장 높았으며, 12일모는 13.3%, 16일모는 16.2%, 20일모는 11.5%였다. 이것으로 보아 8일모는 종자의 충분한 양분을 이용할 수 있는 시기이므로 개체간의 변이가 적었으나, 육묘 기간이 길어지면 자체양분보다 개체간 경쟁으로 초기생육이 부진했던 모와의 차이가 더욱 커지므로 개체간 변이가 높아진 것으로 생각된다. 그러나 20일모에서는 11.5%로 변이가

16일모보다 적었는데 이는 어느 일정한 기간이 경과된 후에는 고사된 모와 생육이 불량한 모는 도태되기 때문에 오는 결과로 생각된다.

이앙당시 초장은 8일모가 7.6 cm, 12일모는 13.0 cm, 16일모는 15.1 cm, 20일모는 16.9 cm로 육묘일수가 길어짐에 따라 초장이 컸는데, 그 정도는 8일모에서 12일모까지는 6.4 cm의 생육 증가가 있었으나 12일모 대비 16, 20일모에서는 각각 2.1 cm, 3.9 cm 증가로 생육이 저조하였다. 이는 12일모까지는 정상적인 생육이 이루어지고 있으나 12일모 이후는 생육환경이 나빠진데서 오는 결과로 생각된다. 엽수도 육묘일수간에는 초장과 같은 경향으로 8일모는 1.1매, 12일모는 1.8매로 8일모와 12일모 사이는 0.9매의 증가를 보였으나, 12일모와 16일모는 0.3매, 16일모와 20일모는 0.1매의 증가로 육묘일수가 증가될수록 생육량이 적었다.

초기 위조 소요 시간 및 건물중 변화

초기 위조시간은 Table 2에서 보는 바와 같이 8일모는 52 시간으로 가장 길었으며 12일모, 16일모는 33시간, 20일모는 27시간 이후 위조가 시작되었다. 이와 같은 결과는 모의 생육 기간이 길어짐에 따라 이수량이 증가되고, 종자의 배유 잔존량 또한 적어져(Table 3) 불량 환경에 적응력이 낮아지는데 원인이 있는 것으로 생각되며, 이는 육묘일수가 연장되면 관수 빈도가 많아져 노력이 가중되고, 이에 따라 육묘 비용도 증가될 것으로 생각된다.

매트장력은 8일모가 598 g/cm²로 가장 낮았으나 이앙은 가

Table 2. Duration to temporary wilting and dry weight of seedlings with different nursery period.

Nursery period (days)	Temporary wilting (hours)	Tension of mat [†] (g/cm ²)	Dry weight (mg/plant)		
			Shoot	Root	Total
8	52	598	3.7	1.4	5.1
12	33	937	4.3	1.6	5.9
16	33	1,196	6.7	1.9	8.6
20	27	1,170	7.0	1.8	8.8

[†]Tension of mat : (3 × 10 cm).

Table 1. Growth characteristics of rice seedlings with different nursery period.

Nursery period (days)	Sound seedling ratio (%)	Seedling uniformity (C.V.)	Plant height (cm)	Leaf age
8	93.9 a [†]	7.4	7.6	1.1
12	88.9 a	13.3	13.0	1.8
16	82.0 b	16.2	15.1	2.1
20	80.8 b	11.5	16.9	2.2

[†]The common letters in a column indicate no significant difference at 5.0% probability level by DMRT.

Table 3. Percentage of endosperm remaining and root activity of seedlings with different nursery period.

Nursery period (days)	Residual of endosperm (%)	Root activity (μg α-NA/g F.W./hr) [†]	Total nitrogen content (%)
8	52.5	84.3	2.92
12	36.2	66.4	2.62
16	30.1	56.8	2.27
20	27.4	54.9	2.18

[†]Root activity was determined by measuring the oxidizing power of α-naphthylamine (α-NA).

능한 상태였고 12일모는 937 g/cm², 16일모는 1,196 g/cm²으로 최고점을 보였으며, 그 이후 20일모에서는 1,170 g/cm²으로 약간 감소되었는데 이와 같은 결과는 16일모 이후부터는 뿌리의 노화에서 오는 결과로 생각되어진다.

모 개체 당 건물중은 8일모는 5.1 mg, 12일모는 5.9 mg, 16일모는 8.6 mg, 20일모는 8.8 mg으로 육묘일수가 길어짐에 따라 증가되었다. 이를 개체의 기관별로 분리하여 보면 지상부 건물중은 총건물중과 같은 경향으로 육묘일수 증가에 따라 건물중도 증가되었으나, 뿌리의 건물중은 16일모까지는 증가되나 20일모에서 약간 감소되었는데 이는 20일모에서는 뿌리의 노화와 개체간 뿌리 신장이 둔화되었기 때문으로 생각된다.

이앙당시 종자내 배유양분 잔존율 및 근활력

종자내 배유양분 잔존율은 Table 3에서 보는 바와 같이 8일모는 52.5%, 12일모는 36.2%, 16일모는 30.1%, 20일모는 27.4%로 육묘일수가 연장되면서 종자내 배유양분 잔존량이 적어졌다. 육묘일수간 배유양분 잔존율 차이는 8일모와 12일모는 16.3%, 12일모와 16일모는 6.1%, 16일모와 20일모는 2.7%를 보였는데 이는 육묘일수가 길어지면서 종자내 배유양분 소모 정도가 적어지며 그 결과 생육량도 낮아진 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 어린모는 이앙 당시 종자내 배유양분이 30~50% 남아있으므로 이앙 후 활착 및 초기생육이 빠른 장점(作試, 1992)을 지니고 있는데, 육묘일수가 12일모보다 길어지면 종자내 배유양분의 급격한 감소로 이앙 후 활착이 늦어져 어린모로서의 장점이 감소될 것으로 생각된다.

근활력은 8일모가 84.3 μg α-NA/g F.W./hr으로 가장 활력이 높았으며, 다음으로 12일모로 66.4 μg α-NA/g F.W./hr, 16일모와 20일모는 각각 56.8 μg α-NA/g F.W./hr, 54.9 μg α-NA/g F.W./hr로 비슷하였다. 식물체의 전질소함량은 8일모는 2.92%, 12일모는 2.62%, 16일모는 2.27%, 20일모는 2.18%로 육묘일수가 길어짐에 따라 낮아졌는데 이는 배유양분 잔존율과 같이 육묘일수가 길어짐에 따라 뿌리의 노화가 진전되어 양분의 흡수가 원활하지 못한데서 오는 결과로 생각된다.

이앙상태 및 식상

재식본수는 Table 4에서와 같이 성묘율이 높은 8일모가 주당 4.1본으로 가장 많았으며 12일모는 4.0본, 16일모는 3.8본,

Table 4. Planting state and transplanting injury ratio by seedlings with different nursery period.

Nursery period (days)	Number of seedling per hill	Ratio of missing hill (%)	Ratio of transplanting injury (%)
8	4.1	5.1	0
12	4.0	5.2	0
16	3.8	6.7	7.7
20	3.7	7.8	23.8

20일모는 3.7본으로 16일모와 20일모는 비슷하였다. 결주율은 8일모는 5.1%, 12일모는 5.2%, 16일모와 20일모는 각각 6.7%, 7.8%로 8일모와 12일모는 어린모 한계 결주율인 6.0% (作試, 1990) 이하였으나, 16일모와 20일모는 한계 결주율보다 높아 이에 대한 재배기술 개발이 있어야 할 것이다.

이앙 후 생육 초기온도(5월 하순)는 16.9°C로 평년 18.2°C보다 1.3°C낮게 경과되었음에도 이앙 후 벼 피해율이 8일모와 12일모는 식상이 없었으나, 16일모와 20일모는 각각 7.7%, 23.8%를 보였다. 이와 같은 결과는 벼 어린모 기계이앙은 배유양분을 갖고서 이앙되어 이앙 후 불량환경에서 초기생육 및 활착에 유리하다(梁 等, 1989)는 것과 상이하여 지속적인 검토가 요구된다.

발근력 및 초기 생육

이앙 후 발근력은 Table 5에 보는 바와 같이 이앙 후 5일에 근수는 8일모가 2.7개, 12일모는 2.1개, 16일모는 1.9개, 20일모는 1.2개로 육묘일수가 연장될수록 근수가 작아졌다. 근장은 8일모가 3.7 cm로 가장 길었으며 12일모는 2.4 cm, 16일모는 1.5 cm, 20일모는 0.8 cm로 육묘일수에 따라 근장의 변화도 근수와 같은 경향을 보였다.

이앙 10일 후의 근량은 8일모가 104로 가장 높았으며 12일모는 60, 16일모는 41, 20일모는 28로 12일모 이후는 8일모의 절반이하로 근량이 현저히 적었다.

이앙 20일 후 본답초기 생육 정도는 초장은 8일모가 20.9 cm, 12일모와 16일모가 19.5~19.4 cm로 비슷하였으며, 20일모는 15.9 cm로 이앙당시는 초장보다 오히려 작았다. 이와 같은 결과는 이앙 후 식상이 원인이었던 것으로 생각된다. 주당 경

Table 5. Rooting ability and early growth after transplanting of seedling with different nursery period.

Nursery period (days)	5 days after treatment			10 days after treatment			20 days after transplanting	
	Root no. (A)	Root length (cm)(B)	Rooting quantity (A × B)	Root no. (A)	Root length (cm)(B)	Rooting quantity (A × B)	Plant height (cm)	No. of tillers per hill
8	2.7	3.7	10.0	4.6	22.6	104.0	20.9	6.1
12	2.1	2.4	5.0	4.1	14.5	59.5	19.5	6.0
16	1.9	1.5	2.9	3.8	10.9	41.4	19.4	5.8
20	1.2	0.8	1.0	3.4	8.2	27.9	15.9	4.5

Table 6. Heading date, yield components and yield by seedlings with different nursery period.

Nursery period (days)	Heading date	No. of panicle per m ²	No. of spikelet per m ² (× 1000)	Ripened grain ratio (%)	1000 grain weight (g)	Milled rice (MT/ha)	Yield index
8	8.19	436	41.4	84.6	21.5	6.18	100
12	8.19	431	38.4	83.4	21.1	5.86	95
16	8.22	469	39.4	71.7	21.0	5.49	89
20	8.24	455	37.8	70.9	20.9	5.21	84
LSD(0.05).....						0.33	
C.V.....						3.1	

수는 8일모와 12일모는 6.1~6.0개로 비슷하였으나 16일모는 5.8개였으며, 20일모는 4.5개로 20일모는 경수가 현저히 낮았다.

수량구성 요소 및 수량

출수기는 Table 6에서와 같이 8일모와 12일모는 8월19일 출수 하였으나 16일모와 20일모는 육묘일수가 길어지면 파종 부터 출수까지의 일수가 길어진다는 보고(梁, 1991)와 비슷하게 지연되는 경향이였다.

m²당 수수는 16일모가 469개로 가장 많았고, 다음은 20일모가 455개이었으며, 8일모 12일모는 각각 431개, 436개로 적었다. 이와 같이 16일모와 20일모의 수수가 8일모보다 많은 것은 분얼기의 온도가 높아서 분얼에 유리하였던데 원인이 있는 것으로 생각된다.

m²당 영화수는 8일모가 41.4천개로 가장 많았으며 그 외는 37.8~39.4천개로 8일모보다 3.6~2천개 적었다.

등숙비율은 8일모가 84.6%로 가장 높았으며, 다음은 12일모가 83.4% 16일모는 71.7%, 20일모는 70.9%로 육묘일수가 연장되면서 이앙시기가 늦어져 등숙비율이 현저히 떨어졌다. 어린모 육묘일수를 8, 12, 16, 20일로 하여 동일시기(5월 23일)에 이앙 했을 경우는 81.3~81.8%로 비슷한 것(작시, 1997)으로 보아, 이와 같은 결과는 늦게 이앙 되므로 해서 유효경 확보가 늦어져 등숙율이 낮아진 것으로 생각된다.

현미천립중은 등숙율과 비슷하게 8일모가 21.5g으로 가장 무거웠으며 육묘일수가 길어질수록 현미천립중은 약간씩 감소되는 경향을 보였다.

ha당 쌀수량을 8일모는 6.18톤, 12일모는 5.86톤, 16일모 5.49톤, 20일모는 5.21톤으로 8일모가 가장 많았으며 8일모 대비 수량 감소는 12일모가 5%, 16일모는 11%, 20일모는 16%로 16일모와 20일모는 수량감소가 컸다. 이와 같은 결과는 이앙기가 지연되므로 해서 분얼이 늦게까지 발생되어 수수는 어느 정도 확보는 되었으나, 상대적으로 영화수 확보가 미흡하였고 등숙율이 낮았던 것이 수량 감소의 원인으로 생각된다. 따라서 어린모 기계이앙의 경우 이앙이 지연되어 육묘일수가 12일 이상이 될 경우에는 영화수 확보 및 등숙비율 향상을 위한 재배기술 개발에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Table 7. Quality of brown rice when transplanted with seedlings having different duration of nursery period.

Nursery period (days)	Head rice (%)	Green rice (%)	Immature rice (%)
8	92.1	5.7	2.2
12	91.5	6.2	2.3
16	88.8	9.4	1.8
20	85.4	12.4	2.2

현미 품위

현미품위 중 완전미 비율은 8일모와 12일모는 90%이상이었으나 16일모는 88.8%, 20일모는 85.4%로 육묘일수가 12일 이후는 완전미 비율의 감소정도가 뚜렷하였다. 육묘일수에 따른 청미 발생 비율은 8일모와 12일모는 5.7~6.2%로 비슷하였으나 16일모는 9.4%로 증가되었고 20일모는 12.4%로 8일모와 12일모보다 2배정도가 많았다. 미숙립은 육묘일수에 관계없이 1.8~2.3%의 분포를 보였다(Table 7).

이와 같은 결과 어린모 기계이앙에서는 육묘일수가 지연되어 이앙기가 늦어짐으로 해서 미질에도 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

적 요

벼 어린모 육묘시 적기이앙을 못하여 육묘일수가 연장 될 경우 모소질과 본답초기 생육 및 수량에 미치는 영향을 검토하고자 화성벼를 공시하여 1997년 작물시험장 포장에서 8일모, 12일모, 16일모, 20일모를 이용하여 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 성묘율은 8일모가 93.9%로 가장 높았으며, 12일모는 88.9%, 16일모는 82.0%, 20일모는 80.8%로 육묘일수가 길어질수록 성묘율이 낮아졌다.
2. 이앙당시 초장이 8일모가 7.6 cm, 12일모가 13.0 cm, 16일모가 15.1 cm, 20일모가 16.9 cm로 육묘 12일 이후는 육묘일수 지연에 따른 생육 차이가 적었다.
3. 종자내 배유양분 잔존율은 8일모가 52.5%로 가장 많았으며 12일모가 36.2%, 16일모 30.1%, 20일모가 27.4%였다.

4. 결주율은 8일모와 12일모는 5.1~5.2%로 비슷하였으나 16일모와 20일모는 6.7%, 7.8%로 결주 발생이 많았다.
5. 발근량은 8일모가 104.0로 가장 높았으며, 다음은 12일모로 59.5, 16일모는 41.4, 20일모는 27.9 이었다.
6. ha당 쌀수량은 육묘일수가 길어질수록 수량감소가 현저하여, 8일모 대비(6.18톤) 12일모는 5%, 16일모는 11%, 20일모는 16%가 감소하였다.
7. 현미의 완전미 비율은 8일모와 12일모는 92.1, 91.5%로 비슷하였으며, 16일모와 20일모는 88.8, 85.4%로 현저히 감소되었다.

인용문헌

- 作物試驗長. 1990. 벼 機械移秧 栽培의 新技術. p143.
- 作物試驗長. 1992. 벼 어린모 機械移秧 栽培技術. p284.
- 作物試驗長. 1993. 벼 어린모 自動 育苗 시스템 開發 研究. p189.
- 作物試驗長. 1997. 시험연구 보고서(수도편). p499.
- 農村振興廳. 1995. 農事試驗 研究調查 基準, p487-491.
- 梁元河. 1991. 벼의 箱子育苗 일수가 出穗日數 및 收量에 미치는 影響. 서울大 學校 博士學位 論文, p32.
- 梁元河, 尹用大, 宋文台, 李文熙, 林茂相, 朴來敬. 1989. 벼 어린모 機械移秧 栽培研究. II 育苗溫度, 育苗日數 및 胚乳養分 殘存量 이 移秧後 初期生育에 미치는 影響. 韓作誌, 34(4): 434-439.
- 尹用大, 吳龍飛, 林茂相, 朴來敬, 朴錫洪. 1989. 벼 어린모 機械移秧 栽培研究. I. 床土種類 및 出芽長의 差異가 어린모 機械移秧 栽培에 미치는 影響. 韓作誌, 34(4): p428-433.
- 尹用大, 朴錫洪. 1984. 機械移秧育苗에 관한 研究. 제5보 箱子育苗 時 胚乳養分의 消耗가 苗生育 및 活着에 미치는 影響. 韓作誌 29(1): 25-30.