

직파재배시 파종량이 총체 벼의 수량 및 사료가치에 미치는 영향

김종근^{1*} · 박형수² · 김지혜² · 고한종³

¹서울대학교 그린바이오과학기술연구원, ²국립축산과학원 초지사료과, ³제주특별자치도청

Effect of Seeding Rates on the Forage Quality and Productivity of Direct-Seeded Whole Crop Rice

Jong Geun Kim^{1*}, Hyung Soo Park², Ji Hea Kim² and Han Jong Ko³

¹Research Institute of Eco-friendly Livestock Science, INSTITUTE of GREEN BIO SCIENCE & TECHNOLOGY, Seoul National University, Pyeongchang 232-916, Korea, ²Grassland & Forages Division, National Institute of Animal Science, Cheonan 330-801, Korea, ³Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 690-700, Korea

ABSTRACT

This experiment was conducted to evaluate the effect of seeding rates on the forage quality and productivity of direct-seeded whole crop rice at the experimental field of the Grassland and Forages Division, National Institute of Animal Science, RDA from 2007 to 2008. Whole crop rice variety, “Nokyang”, developed by the National Institute of Crop Science, was directly seeded with four different seeding rates (30, 60, 90 and 120 kg/ha). There were no significant differences ($p < 0.05$) found in emergence date, heading date, greenish and disease resistance based on the seeding rates. Plant height increased at higher seeding rates but the tiller number per plant decreased ($p < 0.05$). The dry matter (DM) content showed no significant difference based on seeding rates ($p < 0.05$) while the yield of fresh and dry matter increased with incremented seeding rates ($p < 0.05$). Acid detergent fiber (ADF) content increased with higher seeding rates, but the neutral detergent fiber (NDF) content did not show a similar tendency. The total digestible nutrient (TDN) content was lowest with 120 kg/ha seeding rate. The grain ratio decreased at higher seeding rates. In economic analysis, the plot seeded at a rate of 60 kg/ha showed the highest income increment. Although high seeding rates increased the DM yield, a seeding rate of 60 kg/ha is recommended as the proper seeding rate for direct-seeded whole crop rice. (**Key words** : Whole crop rice, Seeding rate, Production, Direct-seeding)

I. 서 론

우리나라에 연간 필요한 조사료 중 수입되는 물량이 매년 늘어 2012년도에는 약 1,120천 톤의 조사료가 반추가축을 위해 수입되었다(MAFRA, 2013). 가축사육두수의 증가와 더불어 조사료 소요량도 지속적으로 늘어나고 있으며 이에 따라 정부에서도 국내산 양질 조사료를 확보하기 위한 다양한 정책을 시행하고 있다. 그러나 아직도 양질의 자급조사료는 44% 내외로 추정되며 따라서 조사료 생산을 늘리기 위한 더 많은 노력이 필요하다.

조사료 증산을 위한 가장 중요한 요소는 조사료를 생산할 수 있는 기반 조성이다. 초지 및 밭에서의 조사료 생산은 '90년대 이후로 감소하고 있으나 다행히 답리작을 이용한 조사료 재배면적이 점차 늘어나고 있다. 그러나 정부에

서 목표로 설정한 면적(370 천ha, 2014)을 달성하기는 쉽지가 않다. 현 상황에서 조사료 생산기반으로 활용하기 위한 가장 유리한 부분은 논이다. 답리작 재배를 통해 생산량을 늘리고 있긴 하지만 벼 재배를 대체하여 하계에도 논을 활용한다면 조사료 생산기반을 획기적으로 늘릴 수 있다.

그러나 논에서의 조사료 생산은 논 토양 조건을 고려한다면 하계작물로 옥수수나 수단그라스를 재배하는 것은 배수 불량으로 인한 습해가 발생할 소지가 매우 크다. 따라서 논에서는 가장 적응이 잘된 총체 벼를 활용하는 것이 바람직하다고 한다(Kim et al., 2006). 이런 이유로 일본에서는 총체벼 재배를 확대하기 위해 다양한 품종을 개발하여 활용하고 있으며 최근에는 사료용 쌀의 재배에도 정책 지원을 하고 있다(Yoshida, 2006).

쌀은 우리 농업의 기간산업으로 인식되어 그 중요성이

* Corresponding author : Jong Geun Kim, Institute of Green Bio Science & Technology, Seoul National University, Pyeongchang 232-916, Korea, Tel: +82-33-339-5728, Fax: +82-33-339-5727, E-mail: forage@snu.ac.kr

크다. 그러나 식생활의 서구화 및 수입개방으로 인해 쌀 소비량이 점차 줄어들고 있으며 이에 따라 벼 재배면적 또한 매년 줄어들어 지난해에는 약 830 천ha로 줄었다. 그러나 논은 다양한 공익적 기능을 가지고 있고 향후 통일을 대비해서 쌀 생산기반으로 유지할 필요가 있으며 (RDA, 2002) 이에 논에서 가장 유리하게 활용할 수 있는 것이 총체 벼이다.

지난 몇 년간 총체 벼의 직파를 위한 파종시기 설정 (Kim et al., 2009), 가축분뇨 사용 (Lim et al., 2007), 품종별 수량 및 사료가치비교 (Kim et al., 2007), 품종개량 (Choi et al., 2006; Lee et al., 2005) 등에 대한 다양한 시험이 수행되었다. 그러나 향후 총체 벼는 생산비 절감을 위해 직파가 권장되며 따라서 본 시험은 총체 벼의 직파 재배를 위한 적정 파종량을 구명하기 위하여 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 포장시험

본 연구는 충남 천안시 소재 국립축산과학원 조사료 포장에서 수행되었다. 시험 품종은 국립식량과학원에서 육성한 “녹양” 품종을 이용하였다.

재배 방법으로는 건답직파를 하였으며 파종량을 30, 60, 90 및 120 kg/ha로 4처리를 3반복으로 수행하였다. 파종은 4월 25일 30 cm 간격으로 직파하였으며 시험구 면적은 3×4 m (12 m²)로 하였다. 시비량은 질소-인산-칼리를 각각 150-50-70 kg/ha으로 질소질 비료는 기비-새끼칠비료-이삭비료-알비료를 각각 50-20-20-10% 비율로 분시를 하였으며 인산은 전량을 기비로 사용하였으며 칼리는 기비-이삭거름을 70~30%로 분시하였다. 수량 측정을 위해 총체 벼는 9월 15일에 3줄씩 각 1 m (0.9×1=0.9 m²)를 3 반복으로 수확하여 조사하였다. 녹색도 및 내병성 등은 관행에 의거 달관 조사로 분석하였다.

2. 사료가치 분석

분석을 위한 시료는 수확당일 300~500g의 시료를 취하여 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 건물함량을 구하였고 얻어진 시료는 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh mill로 다시 분쇄한 후 이중마개가 있는 플라스틱 시료통에 넣고 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다. 조단백질 함량은 AOAC (1995)법에 의거하여 분석하였고 NDF 및 ADF는 Goering 및 Van Soest (1970)법에 따랐다. 통계처리는 SAS (1999) package program (ver. 6. 12)를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 처리평균간 비교는 최소유의차 (LSD)를 이용하였다. TDN (total digestible nutrient) 함량은 ADF 함량으로 추정하여 계산하였다 (TDN % = 88.9-(0.79×ADF)).

3. 잎, 줄기 및 정조비율 분석

수확당일 각 처리구당 5주의 식물체를 취하여 잎, 줄기 및 정조부분으로 분리한 다음 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 72시간 이상 건조시킨 후 각각의 건조무게를 측정하여 전체 무게에 대한 각각의 무게 비율을 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 파종량에 따른 출현일, 출수기 및 녹색도

파종량에 따른 출현일, 출수기 및 생육특성에 대한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 파종량에 따른 출현일 및 출수기는 큰 차이를 나타내지 않았다. 전체적으로 출현일까지는 4월 25일 파종하여 약 15일 정도가 소요되었으며 출수기는 8월 7일 내외로 40 kg/ha를 파종한 직파시기 시험 (Kim et al., 2009)과는 큰 차이가 없었다. Lee 등 (1997) 및 Park 등 (1985)은 벼 재배에 있어서 파종량이나 재식밀도를 높이면 출수기가 빨라진다고 보고하였는데 본 시험에서는

Table 1. Effect of seeding rates on emergence date, heading date, greenish and disease resistance of whole crop rice cultivar “Nokyang”

Seeding rate (kg/ha)	Emergence date	Heading date	Greenish*	Disease resistance*
30	10 May	8 Aug.	4	1
60	10 May	7 Aug.	4	1
90	10 May	7 Aug.	4	1
120	10 May	8 Aug.	4	2

* 1 (good, dark)~9 (poor, light).

60 및 90 kg/ha에서는 30 kg/ha에 비해 하루가 빨라졌으나 120 kg/ha구에서는 차이가 없었다.

한편 녹색도와 내병성은 차이가 없었으나 120 kg/ha 구에서 내병성이 약간 낮은 수치를 보였으나 생육이나 수량에 영향을 줄 정도는 아니었다.

2. 파종량에 따른 생육특성 및 수량

파종량에 따른 생육특성 및 수량변화는 Table 2에서 보는 바와 같다. 파종량이 늘어감에 따라 초장은 30 kg/ha시 101 cm 이었으나 90 및 120 kg/ha에서는 102~103 cm로 커졌다. 또한 식물개체당 분얼수는 파종량이 낮은 처리구(30 kg/ha)에서 11.0개로 나타났으나 파종량이 늘어남에 따라 120 kg/ha 처리구에서는 8.5개로 식물개체당 2.5개가 줄어든 것으로 나타났다.

한편 Lee 등(1997)은 담수직파 시험에서 파종량이 증가할수록 간장은 길어졌으나 수장은 비슷하다고 하여 파종량이 높아짐에 따라 초장이 증가되는 본 시험의 결과를 뒷받침 해주고 있다. 파종량이 늘어날수록 광에 대한 경합이 커져 초장이 길어진 결과를 나타낸 것으로 보여진다.

Han 및 Kim(1992)의 귀리 파종량 시험에 의하면 파종량이 120 kg/ha에서 200 kg/ha로 늘어남에 따라 식물체당 분얼수가 2.9 개/plant에서 2.1 개/plant로 줄어든다고 하여 본 시험과 같은 경향을 보여주었는데 이는 밀식으로 인해 식물체 성장에 필요한 공간이 줄어들어 분얼발생이 줄어든 것으로 판단된다.

파종량에 따른 평균 건물함량은 44.1%로 나타났으며 처리간에 건물함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 그러나 생초 및 건물수량은 파종량이 늘어남에 따라 유의적으로 증가되는 경향을 보였다($p < 0.05$). Han 및 Kim(1992)의 귀리 시험에서도 파종량이 증가함에 따라 건물수량이 유의적으로 증가한다고 하였다. 한편 Kim 등(1986)은

호밀 파종량 및 파종시기 시험에서 파종시기가 9월초순~하순까지는 파종량이 증가해도 건물수량의 차이에 유의성이 없었으나 10월중순~하순 파종시에는 파종량이 증가함에 따라 건물수량도 유의적으로 많아진다고 보고하였다.

한편 Lee 등(1997)은 3~7 kg/10a로 파종량을 증가시킬수록 벼의 건물중이 증가 하였으나 쌀 수량은 5 kg/10a 처리구에서 가장 높았다고 하여 전체를 이용하는 총체 벼와는 차이가 있었다.

Kim 등(2009)은 총체 벼로 남일벼를 재배시 파종량을 40 kg/ha로 하였을 때 생초수량은 32,056 kg/ha, 건물수량은 15,185 kg/ha로 나타났다고 하여 본 시험보다는 수량이 더 높았다.

3. 파종량에 따른 사료가치 변화

파종량에 따른 사료가치의 변화는 Table 3에서 보는 바와 같다. 조단백질 함량은 30 kg/ha 처리구를 제외하면 파종량이 늘어남에 따라 약간 감소되는 경향을 나타내었다. ADF 함량은 파종량이 증가함에 따라 높아지는 결과를 보였으나 NDF 함량은 일정한 경향을 보이지 않았다. ADF 함량으로 추정된 TDN 함량은 120 kg/ha 구에서 가장 낮았다.

한편 Cho 및 Ko(2003)는 제주지역에서 제주조의 파종량에 따른 사료가치 변화시험에서 파종량이 늘어남에 따라 조단백질, 조지방, 가용무질소물 등은 증가되었고 조섬유와 조회분 함량이 낮아졌는데 그 요인은 제주조의 밀식으로 인해 영양생장기간이 지연되어 출수기간이 연장되었기 때문으로 추정하였다. 또한 Cho 등(2001a)의 제주메조 시험, 조 등(2001b)의 귀리 시험, Masaoka 및 Takano(1980)의 수수 및 수단그라스계 잡종 비교시험에서 파종량이 늘어남에 따라 조단백질 함량은 증가되었고 조섬유 함량은 낮아졌다고 보고하여 본 시험의 조단백질 함량과는 다른 경향을 보였다.

Table 2. Effect of seeding rates on growth characteristics and yield of whole crop rice cultivar "Nokyang"

Seeding rate (kg/ha)	Plant height (cm)	Tiller (No./Plant)	DM (%)	FM yield (kg/ha)	DM yield (kg/ha)
30 kg/ha	100	11.0	44.5	24,307	10,625
60 kg/ha	101	10.4	43.9	26,208	11,376
90 kg/ha	103	10.5	44.5	29,194	11,466
120 kg/ha	102	8.5	43.7	27,370	11,772
Mean	101	10.1	44.1	26,020	11,310
LSD (0.05)	NS	—	NS	992	372

* NS : not significant. DM : dry matter, FM : fresh matter.

Table 3. Effect of seeding rates on content of crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and total digestible nutrient (TDN) of whole crop rice

Seeding rate (kg/ha)	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	TDN (%)
30	5.1	28.9	62.8	66.1
60	5.3	27.5	59.8	67.2
90	5.0	27.2	62.5	67.4
120	4.7	29.9	59.1	65.3
Mean	5.0	28.2	61.1	66.5

* The samples within 3 replications were mixed.

4. 파종량에 따른 식물체 구성비율 변화

파종량에 따른 식물체 구성성분의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 식물체 구성(잎-줄기-정조) 비율은 파종량이 높아짐에 따라 잎의 비율은 증가되는 경향을 보였으며 줄기는 큰 차이가 없었으나 정조 비율이 낮아지는 것으로 나타났는데, 이는 파종량이 높아질수록 수수는 증가하였으나 등숙비율이 떨어진다는 Lee 등 (1997)의 보고에서 판단해볼 때 본 시험에서도 파종량이 높은 처리구는 등숙비율이 낮아 정조비율이 낮아진 것으로 판단된다.

한편 사료가치 비교시 120 kg/ha구에서 TDN 함량이 가장 낮았다고 언급하였는데 이는 잎-줄기-정조비율과 연계하여 판단해볼 때 파종량이 많아질수록 잎의 비율은 증가되었으나 정조비율이 감소되면서 알곡내 전분질 축적이 줄어들어서 TND 함량이 낮아진 것이 그 이유로 추정된다. Kim 등 (2007)도 총체 벼의 생육단계별 사료가치 변화 연구에서 출수기 이후 숙기가 진행됨에 따라 알곡내 전분질의 축적이 늘어나서 TDN 함량이 점차 증가된다고 보고한 바 있다.

5. 경제성 분석

총체 벼 직파 재배에 따른 적정 파종량을 제시하기 위한

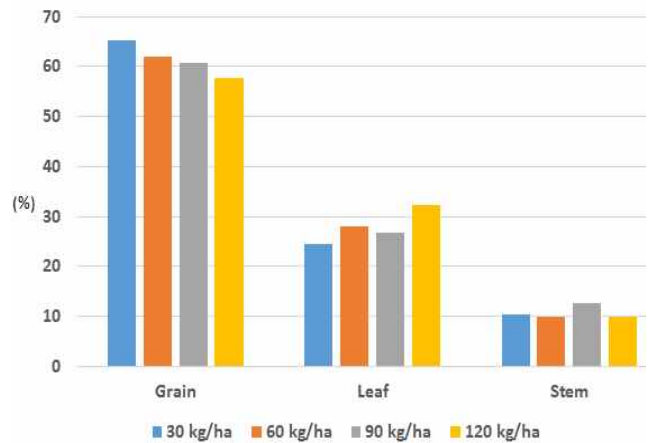


Fig. 1. The leaf-stem-grain ratio of whole crop rice according to seeding rates.

경제성 분석은 Table 4에서 보는 바와 같다. 30 kg/ha를 기준으로 60 kg/ha는 105,200 원/ha의 추가 수입을 올릴 수 있는데 비해 파종량이 60 kg/ha를 넘을 경우는 소득증가가 크지 않았다. 즉 파종량을 늘림으로써 생산량도 높일 수 있지만 종자대, 사일리지 조제비 등의 생산비 증가 요소가 더 높아져 실제 소득은 60 kg/ha에서 가장 높은 것으로 나타나 향후 직파재배를 위한 총체 벼의 적정 파종량은 60 kg/ha 내외가 적당할 것으로 판단된다.

Table 4. Economic analysis of whole crop rice production in relation to seeding rate

(Unit : won/ha)

Additional seeding rate (kg/ha)	Increased production cost			Increase in sales (D)	Increase in income (D-C)	Ratio (%)
	Seed (A)	Manufacturing (B)	Total (C=A+B)			
60 (+30)	45,000	93,875	138,875	244,075	105,200	100
90 (+60)	90,000	105,125	195,125	273,325	78,200	74
120 (+90)	135,000	143,375	278,375	372,775	94,400	90

* Seed price : 1,500 won/kg, Manufacturing cost : 50,000 won/ton Whole crop rice silage : 130 won/kg (40% DM basis).

IV. 요약

본 시험은 사료용 총체 벼 직파 재배시 파종량이 수량 및 사료가치에 미치는 영향을 구명하기 위해 2007년부터 2008년까지 국립축산과학원에서 수행되었다. 총체 벼는 국립식량과학원에서 육중한 녹양벼를 이용하여 4개의 파종량을 두고 (30, 60, 90 및 120 kg/ha) 수행하였다. 출현일, 출수기, 녹색도 및 내병성은 파종량에 따른 차이는 나타나지 않았다. 초장은 파종량이 늘어남에 따라 커졌으며 ($p<0.05$) 분얼수는 줄어들었다. 건물함량은 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 생초 및 건물수량은 파종량이 증가함에 따라 유의적으로 증가되었다 ($p<0.05$). 조단백질 함량은 파종량이 늘어남에 따라 감소되었으며 ADF 함량은 파종량이 늘어남에 따라 높아졌고 NDF 함량은 일정한 경향이 없었다. TDN 함량은 120 kg/ha 처리구에서 가장 낮았고, 일-줄기-정조 비율은 파종량이 늘어남에 따라 정조비율은 줄어들었으며 일의 비율은 약간 높아졌고 줄기는 큰 차이가 없었다. 경제성 분석결과 60 kg/ha 파종구에서 가장 높은 소득 증가가 있는 것으로 나타났다. 따라서 이상의 결과를 종합하여 볼 때 총체 벼 직파재배를 위한 적정 파종량은 60 kg/ha 내외가 적당한 것으로 추천된다.

V. 사사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ010535)의 지원에 의해 이루어진 것임.

VI. REFERENCES

- A.O.A.C. 1995. Official method of analysis(15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. Washington D. C.
- Cho, N.K. and Ko, D.H. 2003. Effect of seeding dates on ecological response, yield potential and feed value in Jeju Italian Millet. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 23(4):271-276.
- Cho, N.K., Song, C.K., Kim, I.S., Cho, Y.I. and Oh, E.K. 2001a. Effect of number of plants per hill on the major characters, forage yield and chemical composition. *Journal of Animal Science and Technology*. 43(6):967-972.
- Cho, N.K., Song, C.K., Song, S.W., Cho, Y.I. and Oh, Y.K. 2001b. Effects of seeding rate on agronomic characteristics, forage yield and chemical composition of oat. *Journal of Animal Science and Technology*. 43(4):561-568.
- Choi, J.S., Beak, J.S., Park, H.H., Chung, Y.G., Lee, J.J., Park, K.H., Yang, S.J. and Kim, J.G. 2006. Breeding for whole crop rice silage & winter forage crop in Korea. *Proceeding of the 2006 Grassland & Forage Congress*. pp. 87-105.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handbook 379*, U. S. Government Print Office, Washington, D. C.
- Han, K.J. and Kim, D.A. 1992. Effects of seeding rates and nitrogen fertilization levels on the agronomic characteristics, nutritive value and forage yield of spring oat. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 12(1):59-66.
- Kim, D.A., Sung, K.I. and Kwon, C.H. 1986. Effect of sowing time and seeding rate on growth characteristics, winter survival and dry matter yield of forage rye. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 6(3):164-168.
- Kim, J.G., Chung, E.S., Lee, J.K., Lim, Y.C., Yoon, S.H. and Kim, M.J. 2009. Comparison of yield and quality of direct-seeded whole crop rice. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29(1):25-30.
- Kim, J.G., Chung, E.S., Ham, J.S., Seo, S., Kim, M.J., Yoon, S.H. and Lim, Y.C. 2007. Effect of growth stage and variety on the yield and quality of whole crop rice. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 27(1):1-8.
- Kim, J.G., Kim, W.H. and Seo, S. 2006. Production and utilization technology of forage crops and whole crop rice in paddy field. *Proceeding of the 2006 Grassland & Forage Congress*. pp.59-85.
- Lee, J.S., Park, S.T., Lee, K.Y., Shin, S.U. and Kim, S.C. 1997. Optimum seeding rate of water seeded rice on corrugated paddy surface in east coastal area. *Korean Journal of Crop Science*. 42(5):522-527.
- Lee, J.H., Chung, H.Y., Beak, J.S., Hong, H.C.g, Yang, S.J., Lee, Y.T., Sung, K.I. and Kim, B.W. 2005. Evaluation of whole crop rice for animal feed. *Proceeding of the 2005 Grassland & Forage Congress*. pp. 224-225.
- Lim, Y.C., Yoon, S.H., Jung, M.W., Kim, W.H., Kim, J.G., Lee, J.K., Seo, S., Park, N.G. and Yook, W.B.. 2007. Effect of livestock manure application on the productivity of whole crop rice, feed value and soil fertility. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 27(4):287-296.
- Masaoka, Y.K. and Takano, N.B. 1980. Studies on the digestibility of forage crop. I. Effect of plant density on the feeding value of a sorghum-sudangrass hybrid. *Journal of Japanese Grassland and Forage Science*. 26(2):179-184.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2013. The current situation of forage increase production and supplementation policy. pp.2-5.
- Park, S.T., Kim, S.C., Choi, C.D. and Lee, S.K. 1985. Competitive

- response of rice cultivar in association with plant spacing and seedling number per hill. Korean Journal of Crop Science. 30(3):252-258.
- Rural Development Administration. 2002. Research development status and future strategy for rice consumption promotion. pp.5-43.
- SAS Institute, Inc. 1999. SAS user's guider : Statistics. SAS Inst., Inc.
- Yoshida, Norio. 2006. Current situation and prospect of production and utilization of whole crop rice for feed. International Symposium on Production and Utilization of Whole Crop Rice for Feed. XII AAAP Animal Science Congress 2006. pp. 25-29.
- (Received June 17, 2014 / Revised July 15, 2014 / Accepted July 18, 2014)