

자운영 지속재배시 벼 생육, 수량 및 미질

김상열[†] · 오성환 · 최경진 · 박성태 · 김정일 · 여운상 · 강항원

국립식량과학원 기능성작물부

Growth, Rice Yield and Edible Quality of Rice under Naturally Reseeded Chinese Milk Vetch Cropping System

Sang-Yeol Kim[†], Seong-Hwan Oh, Woon-Ha Hwang, Kyung-Jin Choi, Sung-Tae Park, Jeong-Il Kim, Un-Sang Yeo, and Hang-Won Kang

Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Milyang 627-803, Korea

ABSTRACT Growth, milled rice yield and edible quality of rice in naturally reseeded Chinese milk vetch(CMV)-rice cropping system was compared with those in rice mono cropping on silty loam soil in Milyang from 2006-2008. Practicing natural reseeding technology recorded high CMV reseeding stand ranging from 565-805 plants m⁻² and resulting in the production of 13.0-17.0 kg N/10a from the CMV plant biomass which is greater than the recommendation rate of 9 kgN/10a. The plant height of rice plant grown in natural reseeding field is shorter at tillering stage but it was similar to the rice mono cropping at later stage. Dry matter production had similar trend to plant height. On the other hand, the leaf color in naturally reseeded CMV-rice cropping system was similar to the rice mono cropping up to panicle heading stage but it was high at mature stage, indicating that the nitrogen was provided by the CMV decomposition until later stage of rice. The yield components such as culm number m⁻² was greater and 1,000-brown rice weight was heavier than those of rice mono cropping but the ripened grain ratio was lower in naturally reseeded CMV-rice cropping system. Milled rice yield of naturally reseeded CMV-rice cropping system was similar to that of rice mono cropping. However, head rice percentage of milled rice was lower due to low ripened grain ratio. This result indicates that natural CMV reseeding technology can completely replace chemical fertilizer in CMV-rice cropping system.

Keywords : Chinese milk vetch, natural reseeding, nitrogen fertilizer, rice quality, rice yield

자운영은 녹비작물로서 질소비료 사용을 절감하고, 잡초 발생을 경감시킬 뿐 만 아니라 토양비옥도를 증진시켜 쌀 수량을 증가시키는 등 여러 가지 장점이 있어 우리나라에서 겨울동안 휴경논에 많이 재배하고 있다(정 등, 1995; 정 등, 1996). 최근들어 자운영 재배면적은 점차 감소하고 있지만 여전히 가장 많이 재배되고 있는 녹비 작물이다. 특히 2013년까지 화학비료를 40% 절감을 목표로 하는 정부의 친환경 농업정책에 따라 자운영의 중요성이 더욱 커지고 있다.

자운영 재배시 충분한 생초량을 확보하는 것이 자운영 논에 후작 벼 재배시 충분한 영양분을 공급할 수 있어 무엇보다 중요하다. 충분한 생초량을 확보하기 위해서는 자운영 종자를 적기에 파종하여야 한다(강 & 강, 2002). 현재 자운영 종자는 남부지방에서 9월 중하순에 벼 입모중에 3~5 kg/10를 파종하면 m²당 입모수가 500개이상 확보가 가능하다.

하지만 자운영 재배 농가에서 자운영 파종기 일실 및 균 일파종을 하지 않아 입모불균일에 따른 자운영 생육이 충분하지 않거나 또 자운영을 개화성기인 4월말이나 5월초에 일찍 토양에 환원하기 때문에 질소비료를 추가로 사용하고 있다. 자운영을 개화성기 이전 일찍 토양에 환원할 경우 탄질율이 낮아 급속히 분해되어 질소비료효과가 낮지만 개화성기이후 토양환원하면 자운영 생육이 진전됨에 따라 탄질율이 높아져 분해가 완만하게 이루어져 지력증진 효과가 높아진다(이 등, 1998). 자운영논 벼 재배시 질소시비량은 자운영 생초량에 따라 다른데 이 등(1998)은 자운영 생초량이 1,000 kg/10a 투입시 질소시비량은 7.8 kg/10a으로 관행질소 11 kg대비 30%를 절감할 수 있고 2,000 kg/10a 투입시 5.6 kg으로 50% 절감할 수 있다고 하였다. 그러나 윤 등(2003)은 자운영 생초량 2,000 kg/10a을 녹비로 투입시

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1174
(E-mail) kimsy3@rda.go.kr <Received May 11, 2009>

관행질소 시비 11 kg의 30%를 절감 할 수 있다고 하여 연구자간에 다소 차이가 있었다. 반면 생초량이 10a당 2,500 kg 이상이면 자운영만으로 벼 재배가 가능 하여 질소비료를 완전 대체가 가능하다고 보고하였다(강 & 강, 2002).

최근 자운영을 결실기에 경운하면 토양속에 매몰되어 있던 자운영 종자가 다시 출아를 하게 되어 2년차부터 자운영을 재파종하지 않고 지속적으로 벼를 재배 할 수 있는 지속재배기술이 개발되었다(김 등, 2001; 강 & 강, 2002; Kim et al., 2008a; Kim et al., 2008b). 자운영 지속재배이용 벼 재배기술은 매년파종보다 월동율이 높아 입모수 및 입모 균일도가 높기 때문에 생초량 확보가 유리하다.

지금까지의 자운영 후작 벼 재배연구는 주로 매년파종한 포장에서 질소시비량이 11 kg에서 이루어진 결과이고 최근 고품질 쌀 생산을 위한 질소 시비량이 9 kg로 줄인 후 자운영 지속재배이용과 연관한 시험은 미흡한 실정이다. 따라서 본 시험은 자운영 지속재배시 벼 생육, 수량 및 미질과 질소비료 절감 효과를 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본시험은 2006년부터 2008년까지 기능성작물부(밀양)에서 3년간 자운영을 지속재배한 포장(덕평통)에서 실시하였다. 자운영 종자는 중국 하남성에서 생산된 수입종자(농협 무역을 통해 구입)를 사용하여 벼 낙수 직전인 9월 24일 벼 입모중에 10a 당 5 kg 손파종하여 실시하였다. 자운영 입모수는 월동후 다음해 3월초에 50×50 cm quadrat을 이용하여 자운영 개수를 조사하여 m²로 환산하여 나타내었다. 자운영 생산량은 건물수량이 가장 높은 5월10일~20일 사이에 50×50 cm quadrat을 이용하여 식물체를 수확한 후 70°C 건조기에 4~5일간 건조한 후 무게를 평량하여 나타내었다. 식물체 질소함량 조사는 건조한 식물체를 분쇄한 후 자동질소분석 장치(Kjeltec 2300, Foss)를 이용 분석하였다. 식물체 질소생산량은 건물중과 식물체 질소 분석한 값을 곱하여 나타내었다. 자운영 토양환원은 결실기인 5월 30일에서 6월4일 사이에 로타리해서 6월8일에서 6월10일 사이에 주남벼를 기계이양해서 실시하였다. 시비량은 자운영 지속재배구는 완전무비로 하였고 관행 벼 단작 기계이양은 질소, 인산, 칼리를 성분량으로 10a당 9, 4.5, 5.7 kg을 질소는 요소로서 기비 70%, 수비 30%로, 인산은 용성인비로서 전량 기비로, 칼리는 염화칼리를 기비 70%, 수비 30%로 시비하였다. 물관리, 잡초방제 등 기타 재배관리는 기능성작물부 기계이양 표준재배법에 준하였으며 시험은 난괴법 3반복으로 실시하였다.

수량은 4.2 m² 면적을 수확하여 건조후 무게를 달았으며 수량구성요소 등 주요 생육특성은 농촌진흥청 농사시험 조사기준에 준하였다. 벼 수확후 자운영 재입모수는 50×50 cm quadrat을 이용하여 조사하였다.

결과 및 고찰

지속재배논의 자운영 생육

3년간 지속재배 포장에서 자운영 입모수, 건물생산 및 질소함량은 표 1과 같다. 월동후 m²당 자운영 입모수는 565~804개로 재배년수가 증가할수록 증가되었고 질소생산량은 13.0~17.0 kg/10a로 관행 추천시비량 9 kg보다 훨씬 높았다. 자운영 재배논의 질소 이용효율은 벼 단작에 비해 낮지만 이용효율을 감안 하더라도 벼에 질소를 공급할 수 있는 충분한 양이 된다. 인산 함량은 2.9~3.8 kg/10a으로 추천시비량 4.5 kg/10a보다 약간 낮았으나 칼리 함량은 5.5~6.9 kg으로 추천시비량 5.7 kg/10a과 비슷하였다. 이러한 경향은 자운영 지속재배는 안정적인 입모수 확보에 따른 충분한 생초 생산이 가능하기 때문에 자운영만으로도 벼 재배에 충분한 영양분을 공급 할 수 있다는 것을 나타낸다.

자운영 지속재배답 벼 생육 특성

자운영 지속재배시 생육시기별 벼 초장 및 경수변화는 표 2와 같다. 생육초기인 분얼기 때는 벼단작에 비해 자운영 지속재배구에서 2.5~7 cm가 짧았으나 유수형성기 이후는 서서히 회복이 되어 벼 단작과 비슷하였다. 이러한 경향은 벼 이양초기에 자운영 부숙에 따라 환원상태가 되어 벼의 뿌리활착이 되지 않아 양분공급이 원활하지 않았기 때문이고 유수형성기 이후는 부숙된 자운영이 무기화되면서 지속적인 양분공급이 이루어져 생육이 왕성하여 회복된 것을 나타낸다.

주당 경수변화도 초장변화와 마찬가지로 벼 생육 초기에는 벼 단작보다 적었으나 유수형성기 이후에는 벼 단작보

Table 1. Seedling stand after overwintering, dry matter production and NPK yield of CMV plant in naturally reseeded CMV practice.

Year	Seedling stand (plant/m ²)	Dry matter (kg/10a)	kg/10a		
			N	P	K
2006	565	438	13.0	2.9	5.5
2007	700	497	15.8	3.3	6.2
2008	804	571	17.0	3.8	6.9

Table 2. Comparison of plant height and tiller number at different growth stages of rice plant as affected by rice mono cropping and naturally reseeded CMV-rice cropping systems.

Growth stage	Year	Plant height(cm)		Tiller(no./plant)	
		NRCMV	RMC	NRCMV	RMC
Tillering	'06	30.1	32.6	13.5	14.2
	'07	38.7	45.7*	16.1	21.0*
	'08	31.3	36.1*	16.4	17.0
	Mean	33.4	38.1	15.3	17.4
Panicle initiation	'06	59.3	59.8	16.8	16.1
	'07	71.4	70.1	17.7	18.0
	'08	71.4	69.0	18.7	16.8
	Mean	67.4	66.3	17.7	17.0
Heading	'06	81.7	81.7	14.6	12.9
	'07	86.4	89.1	15.1	15.0
	'08	94.2	94.7	15.2	14.8
	Mean	87.4	88.5	15.0	14.2

NRCMV : naturally reseeded Chinese milk vetch-rice cropping, RMC : rice mono cropping
 * : significant at 5% level by t-test.

Table 3. Comparison of plant leaf greenness, dry matter production and amount of nitrogen absorption at different growth stages of rice plant as affected by rice mono cropping and naturally reseeded CMV-rice cropping systems.

Growth stage	Year	Leaf color (SPAD value)		Dry weight (kg/10a)		Amount of nitrogen absorption (kg/10a)	
		NRCMV	RMC	NRCMV	RMC	NRCMV	RMC
Tillering	'06	40.5	41.5	92	97	2.9	3.2
	'07	41.1	41.2	75	98	2.4	3.0
	'08	39.8	39.9	68	80	2.7	3.3
	Mean	40.5	40.9	78	92	2.8	3.1
Panicle initiation	'06	41.4	39.2	505	476	12.5	10.6
	'07	38.4	36.9	444	438	9.1	6.8
	'08	38.0	39.9	501	487	11.6	9.2
	Mean	39.3	38.7	483	467	11.1	8.9
Heading	'06	32.7	32.6	951	910	10.8	9.2
	'07	42.3	42.5	901	870	11.3	11.2
	'08	35.8	33.8	1,297	1,051	13.3	10.5
	Mean	36.9	36.3	1,050	944	11.8	10.3
Mature	'07	38.4	34.7*	1,161	1,230	14.2	11.1*
	'08	33.9	30.3*	1,120	1,120	15.4	11.9*
	Mean	36.2	32.5	1,141	1,175	14.8	11.5

* : significant at 5% level by t-test.

다 0.7개 정도가 많았다.

하지만 엽색도는 분얼초기부터 출수기까지 벼 단작과 비슷하였으나 출수기 이후 성숙기까지 엽색도는 벼 단작보다

3.7이나 높았다(표 3). 이러한 경향은 자운영 지속재배구에서는 질소성분이 벼 생육후기 늦게까지 지속적으로 공급이 되는 것을 의미한다. 그 결과 벼 건물중 및 식물체 질소흡

수량도 생육초기에는 벼 단작보다 적었으나 벼 유수형성기 이후에는 벼단작과 비슷하거나 높았다. 이러한 결과는 자운영 답의 토양 NH_4 함량이 벼의 최고분얼기부터 성숙기까지 벼단작보다 4~5배가량 높았다는 정 등(1995)의 보고와 비슷한 경향이였다. 따라서 초기 환원장애를 받아 벼 초장이 짧더라도 추비를 주지 않아야 후기에 벼 도복을 방지할 수 있다는 것을 나타낸다.

또 자운영 생초량이 부족하여 추비를 사용 할 경우 기비 중점으로 시비하면 초기에 자운영 분해를 촉진시켜 벼 활착을 증진시킬 수 있어 분얼수 확보에 유리할 수 있을 것으로 사료된다. 자운영답에서 초기에 분얼수를 확보하면 벼 생육후기에는 자운영으로부터 영양분이 서서히 지속적으로 공급되기 때문에 충분한 수량 확보가 가능할 것으로 생각된다. 자운영 답에서 질소를 분얼비 중점으로 하면 자운영 환원장애에 의한 초기 분얼수 확보가 어렵고 생육 후기까지 질소비료가 과다하게 용출될 우려가 있어 오히려 생육이 과번무되어 미질이 나빠질 우려가 있다.

수량 구성요소 및 쌀 수량

자운영 지속재배논에 무비로 벼를 재배한 결과 벼단작에 비해 m^2 당 수수가 평균 14개정도가 많고 현미천립중이 약간 무거웠으며 수당입수는 비슷하였으나 등숙비율은 벼 단작보다 0.6~7.8% 낮았다(표 4). 자운영 논에서 등숙비율이 낮은 원인은 표 3에서와 같이 질소 등 영양분이 등숙후기까지 지속적으로 공급되기 때문이다. 자운영 지속재배시 3년간 쌀수량은 518 kg/10a으로 벼단작 501 kg/10a과 비슷하였다. 이러한 결과는 자운영 지속재배시 자운영 만으로도 영양분이 충분히 공급되기 되기 때문에 추가로 화학비

료를 사용하지 않아도 벼 단작과 같은 쌀 수량을 얻을 수 있다는 것을 나타낸다. 정 등(1995)도 자운영 생초량이 2.4톤/10a 일경우 질소를 무비로 해도 관행 질소 11 kg 처리보다 쌀수량이 5% 증수하였다는 보고와 일치하는 경향이였다. 따라서 자운영 지속재배이용 벼 재배는 자운영 생초량을 2.5톤 이상 안정적으로 얻을 수 있을 뿐만아니라 화학비료를 100%까지 절감 할 수 있다는 결과를 나타낸다. 자운영 지속재배시 질소비료를 추가로 주면 오히려 질소과다에 의한 도복 및 충해 피해를 받기 쉬워 특별히 병충해를 방제에 주의 하지 않으면 수량이 오히려 감소되기 쉽다. 이러한 결과가 다른 토성에도 적용이 되는지 추후 시험해 볼 필요가 있다.

자운영 지속재배는 화학비료를 절감 할 수 있을 뿐만 아니라 자운영 종자를 매년 파종할 필요가 없어 자운영 종자 구입비 및 파종노력 등 생산비도 크게 절감 할 수 있다.

미질

자운영 답 벼 재배시 쌀 품질은 표 5에서와 같이 벼 단작에 비해 등숙비율이 낮은 결과 백미 완전미율이 낮았는데 이러한 원인은 벼 성숙되는 늦게까지 질소공급에 의한 분상질립 및 청미 등의 미성숙립 비율이 높았기 때문이다. 이러한 결과는 자운영 재배답에서 미질이 관행보다 좋았다는 결과와 상이한데(홍 등, 2006) 이는 자운영 투입량이 2.5톤/10a 이하로 적었기 때문이라고 사료된다. 자운영 생초량을 1.5톤/10a 투입시 등숙비율 및 완전미율이 관행 벼단작과 비슷하였다.

완전미 수량도 완전미율이 낮았던 결과 벼 단작에 비해 2%가 낮았다(표 6). 따라서 자운영답 미질 향상을 위한 재

Table 4. Comparison of yield components and milled rice yield in rice mono cropping and naturally reseeded CMV-rice cropping systems.

Cropping pattern	Year	Rice culm (no./m ²)	Spikelet (no./panicle)	Ripened grain (%)	1000-brown rice weight (g)	Milled rice (kg/10a)
NRCMV	'06	341	98	82.7	22.9	481
	'07	350	89	80.8	24.1	514
	'08	357	103	82.7*	23.1	560
	Mean	348	97	82.1	23.4	518
RMC	'06	307	99	85.1	21.9	456
	'07	350	88	81.4	23.2	488
	'08	348	97	90.5	23.2	558
	Mean	335	95	85.7	22.8	501

* : significant at 5% level by t-test.

Table 5. Comparison of milled rice quality in rice mono cropping and naturally reseeded CMV-rice cropping systems.

Cropping pattern	Year	Head rice (%)	Imperfect rice(%)			
			Broken	Chalky	Damaged	Others
NRCMV	'06	81.8*	8.5	9.6	0.1	0.1
	'07	78.6*	8.2	4.8	5.2	3.2
	'08	77.4*	13.2	4.7	3.6	1.1
	Mean	79.3	10.0	6.4	3.0	1.5
RMC	'06	86.2	8.4	4.8	0.6	0.1
	'07	83.8	5.2	2.7	3.9	4.6
	'08	81.9	13.0	1.7	2.9	0.5
	Mean	84.0	8.9	3.1	2.5	1.7

* : significant at 5% level by t-test.

Table 6. Comparison of head rice yield and protein content of milled rice in rice mono cropping and naturally reseeded CMV-rice cropping systems.

Cropping pattern	Year	Head rice (kg/10a)	Yield index	Protein content (%)
NRCMV	'06	393	100	5.9
	'07	404	99	7.7
	'08	433	95	7.2
	Mean	410	98	6.9
RMC	'06	393	100	5.2
	'07	409	100	6.7
	'08	457	100	6.0
	Mean	420	100	6.0

배기술이 개발이 필요할 것으로 사료 된다. 이 등(2008)에 의하면 자운영답에서 규산 시비가 완전미율을 증가시켰다는 보고가 있는데 추후 보다 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료 된다.

적 요

자운영 지속재배시 벼 생육, 수량 및 미질과 질소비료 절감 효과를 구명하고자 3년간 실시한 시험결과는 다음과 같다.

1. 자운영 지속재배시 m²당 자운영 입모수는 565~804개로 안정적이었고 식물체의 질소 및 칼리함량은 관행보다 높았으나 인산함량은 추천시비량보다 약간 낮았다.

2. 자운영 지속재배 답 벼 생육은 분얼기때는 환원장애를 받아 벼 단작보다 초장이 짧고 주당 경수 및 건물중이 적었으나 유수형성기 이후에는 서서히 회복이 되어 벼 단작과 비슷하였다.

3. 엽색도 변화도 분얼초기부터 출수기까지 벼 단작과 비슷하였으나 출수기 이후 성숙기까지 엽색도는 벼 단작보다 3.7이나 높았다. 이러한 경향은 자운영구에서는 질소성분

이 벼 생육후기 늦게까지 공급이 되는 것을 의미한다.

4. 자운영 지속재배논에 무비로 벼를 재배한 결과 m²당 수수가 벼단작보다 평균 14개정도가 많고 현미천립중이 약간 무거웠고 수당입수는 비슷하였으나 등숙비율은 벼 단작보다 0.6~7.8% 낮았다.

5. 자운영 지속재배논에 무비로 벼 재배시 3년간 쌀수량은 518 kg/10a으로 벼단작 501 kg/10a과 비슷하여 자운영 지속재배시 화학비료 100% 절감이 가능하였다.

6. 자운영 답 벼 재배시 쌀 품질은 벼 단작에 비해 등숙비율이 낮은 결과 백미 완전미율이 낮았는데 이러한 결과는 벼 성숙기 늦게까지 질소공급에 의한 분상질립 및 청미 등의 미성숙립 비율이 높았기 때문이다.

인용문헌

Kim, S. Y., S. H. Oh, W. H. Hwang, S. M. Kim, K. J. Choi and H. W. Kang. 2008a. Physical dormancy in seeds of Chinese milk vetch(*Astragalus sinicus* L.) from Korea. *Kor. J. Crop Sci.* 53(4) : 421-426.
 Kim, S. Y., S. H. Oh, W. H. Hwang, S. M. Kim, K. J. Choi

- and B. G. Oh. 2008b. Optimum soil incorporation time of Chinese milk vetch(*Astragalus sinicus* L.) for its natural re-seeding and green manuring of rice in Gyeongnam Province. *Kor. J. Crop Sci. and Biotech.* 11(3) : 193-198
- 이인, 박홍규, 권오도, 김석연, 김용재. 1998. 자운영재배답에서 기계이앙 재배시 질소시비량이 벼 생육 및 토양의 화학적 특성에 미치는 영향. *한작지.* 43(1) : 105-106.
- 이창훈, 박기도, 손일수, 박신태, 강위금, 정기열, 황재복, 최영대, 박창영, 이용환. 2008. 자운영답 벼 재배시 토양양분 관리기술 개발. 2008 시험연구보고서, 기능성작물부. pp. 390-409.
- 윤봉기, 김병호, 이인, 최형국, 박인진, 김용웅. 2003. 남부평야지 자운영 재배답에서 논유형과 질소수준이 벼생육 및 토양 화학성에 미치는 영향. *한국제농지.* 15(3) : 189-197.
- 홍광표, 김영광, 정환규, 신현열, 이춘희, 최진룡. 2006. 쌀 수량과 품질에 미치는 자운영 역할. *한작지* 51(1S) : 202-203.
- 정지호, 소재돈, 이경수, 김호중. 1995. 자운영에 의한 토양개선 및 벼 생산성증대 연구. *농업논문집* 37(1) : 255-258.
- 정지호, 최송열, 신복우, 초재돈. 1996. 자운영에 의한 수도의 질소시비량 절감 연구. *농업논문집* 38(2) : 299-303.
- 강위금, 강종국. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용(최성호 등 14인). 제3장 자운영. *농촌진흥청.* pp. 85-130.
- 김영광, 홍광표, 정환규, 최용조, 송근우, 강진호. 2001. 자연적인 자운영 재입모를 위한 적정 벼 재배유형. *한작지.* 46(6) : 473-477.