

자연적인 자운영 재입모를 위한 적정 벼 재배유형

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

*경상남도농업기술원, **경상대학교 응용생명과학부

Rice Cropping Methods for Natural Reestablishment of Chinese Milkvetch

Yeung-Gwang Kim*†, Kwang-Pyo Hong*, Wan-Kyu Joung*, Yong-Jo Choi*,
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 : Chinese milkvetch (*Astragalus sinicus* L.) has been traditionally used as a green manure supplying mineral N and organic matters to soil. In rice-Chinese milkvetch interrelay cropping system, three rice cultivating methods (no-till direct seeding, no-till transplanting, and tillage transplanting) were evaluated for stand reestablishment without reseeding Chinese milkvetch with two cropping times (May 25 and June 4) for two years. Chinese milkvetch incorporated was decomposed rapidly in the first week. Decomposition was fast in topsoil than in subsoil. Natural milkvetch reestablishment (NMR), following harvest of no-till-direct-sown rice was good enough to cover the paddy field in both cropping times, but rice yield of this method was lower than that of transplanted rice on paddy field without milkvetch cultivation. Even though good NMR was secured in no-till rice transplanting, the shoot of milkvetch should be removed before machine-transplanting of rice seedlings. NMR was better in rice cropping at the mid-ripening stage of milkvetch (June 4) than at the late-bloom stage (May 25). Rice yield was higher in tillage transplanting at the mid-ripening stage of milkvetch (June 4) than in the other rice cropping method.

Keywords : Rice, Chinese milkvetch, Natural reestablishment, Green manure

자운영(*Astragalus sinicus* L.)은 월년생 초본의 두과작물로서 질소질 화학비료의 사용이 일반화되기 이전까지 녹비작물로 많이 이용되었다. 우리 나라에서 녹비작물로 자운영을 가장 많이 재배할 때에는 약 37,000 ha에 이르렀으나 점차 재배면적이 감소하여 농경지에서 거의 사라진 시기도 있었다. 그러나 우리 나라 농경지의 대부분을 차지하고 있는 논은 농촌노령화의 고령화 등으로 동계작물을 재배하지 않게 됨으로서 이를 적절히 관리 및 유지할 수 있는 방안으로서 자운영을 이

용한 동계 피복 및 녹비 겸용 작물로서의 이용이 일부 연구자들로부터 제안되고 있다(Seong *et al.*, 1991; Jeong *et al.*, 1995).

특히 최근 들어 환경을 보존하기 위한 친환경 농업에 대한 관심이 고조되면서 이를 도입하는 농가도 증가하고 있다. 자운영은 다른 두과작물과 달리 담수조건에서도 종자가 부패하지 않고 벼의 재배가 끝나는 가을까지도 온전히 유지할 수 있는 특성을 가지고 있는 것으로 보고되고 있어 일단 조성이 되면 지속적으로 유지할 수 있는 특성을 가지고 있다. 이런 장점 이외에도 두과 작물로서 질소를 고정할 수 있는 능력이 있고, 동절기 피복으로 인한 토양의 유실을 줄이면서, ha당 20~40 톤의 녹비 생산이 가능하고 이로 인한 토양의 비옥도를 증진시키며, 또한 화분과 잡초의 발생을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 벼 이앙작업의 효율을 떨어뜨리는 단점에도 불구하고 이용상의 장점이 많아 재배면적은 꾸준히 증가될 것으로 예상된다(Jeong *et al.*, 1996; Hong *et al.*, 1997).

그러나 자운영은 채종이 번거롭고 비경제적이기 때문에 최근에 파종되고 있는 자운영은 전량 중국에서 수입되고있다. 수입종자의 경우 외래 병해충이나 잡초의 유입가능성이 높아 검역에 철저를 기해야 되지만, 완전검역은 불가능한 것이 현실이다. 이 때문에 수입종자를 이용하는 넓은 경작지가 외래 병해충과 잡초의 유입에 무방비로 노출되어 많은 문제점이 야기될 가능성이 있다. 따라서 자운영 종자를 매년 수입하기보다는 자체적인 공급방안을 강구하는 것이 필요할 것으로 여겨진다. 따라서 본 연구는 논에 녹비용으로 파종된 자운영을 재파종 없이 자연적인 재입모 확보를 통해 지속적으로 이용할 수 있는 벼 재배방법을 구명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

시험포장은 9월 중순경 중국에서 수입한 자운영 종자 50

†Corresponding author: (Phone) +82-55-750-6217 (E-mail) kimykw@nail.kmrda.go.kr
<Received November 9, 2001>

kg/ha을 피종하여 자운영이 피복된 포장을 조성하였다. 벼 이앙전 자운영의 수량은 평균 건조중이 4.1 ton/ha으로 이를 3 요소 비료량으로 환산해 보면 인산을 제외한 질소와 가리 성분은 표준시비량 이상으로 환산되어 자운영 후작 벼의 시비량은 관행의 1/2 수준으로 조절하였다. 시험에 이용한 벼는 중생종인 화영벼를 사용하였다. 자운영 개화 말기이며 결실 초기에 해당되는 5월 25일과 결실 중기에 해당되는 6월 4일로 두 시기에 무경운직파, 무경운이앙 및 경운이앙으로 재배양식을 달리하여 실시하였다. 이 때 이앙은 조건거리 30 cm, 주간거리 14 cm로 35일묘를 기계이앙 하였으며, 무경운이앙은 자운영의 지상부를 예취한 후 기계이앙하였다. 무경운직파는 담수후 ha 당 50 kg의 범씨를 자운영이 입모 중인 형태로 이앙일과 같은날 직파하였다. 다른 재배상 관리는 경남농업기술원 표준재배법에 준하였다.

자운영 재입모는 벼 수확직후 0.25 m²의 방형구를 이용하여 개체수를 조사하였고, 자운영 녹비의 부숙정도를 경시적으로 관찰하기 위하여 건조된 자운영 40 g을 넣은 1 mm-mesh의 나일론 백을 벼 이앙전 담수된 경운포장에 표토와 심토로 나누어 넣은 후 건물중과 무기성분 변화를 조사하였으며, 자운영 후작 벼의 생육 및 수량구성요소는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 준해 조사하였고, 벼가 충분히 등숙되는 시기인 출수후 45일에 무작위로 3.14 m² 수확구를 선정 수량을 조사한 후 ha당 수량으로 환산하였다.

결과 및 고찰

자운영 녹비의 무기성분 함량과 녹비효과

자운영 식물체 무기성분 함량은 Table 1과 같다. T-N이 2.92%, P₂O₅가 0.74%, K₂O가 4.28%로 일반볏짚 퇴비에 비해 무기성분 함량이 높고 특히 질소성분은 7배정도 많았다. 따라서 ha 당 40톤 정도의 자운영이 생산된다면 이를 질소원으로 환산하면 117 kg 정도로 표준시비량인 110 kg에 비해 많은 것으로 분석되었다. 이상의 결과와 전혀 질소비료를 사용하지 않고도 자운영을 녹비작물로 활용하여 벼를 재배할 수 있다는 여러 연구자의 연구 결과(Yasue, 1991; Jeong *et al.*, 1996)를 종합하여 볼 때 자운영의 활용만으로도 질소질 비료의 투입없이 벼를 재배하는 것이 가능하다고 판단된다. 벼 이앙후 자운영 녹비의 건물과 무기성분의 잔존을 변화는

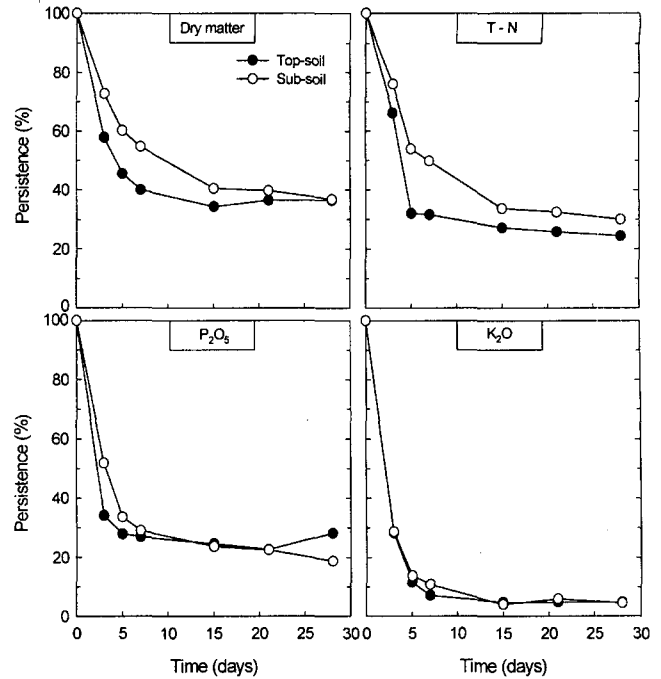


Fig. 1. Changes of dry matter, T-N, P₂O₅ and K₂O of Chinese milkvetch as affected by days after soil incorporation in transplanted paddy field.

Fig. 1과 같다. 잔존건물중은 표토와 심토 모두 첫 1주일 이내에 급격히 분해되어 표토는 40%, 심토에서는 54.8%의 잔존율을 보였으며, 그 이후로는 잔존율의 감소가 점차 둔화되는 경향이었다. 한편 자운영의 잔존율은 심토에 비하여 표토에서 낮았다. 따라서 자운영의 분해는 표토에서 크게 일어난다고 할 수 있으나 약 3주 이후에는 표토와 심토간에도 차이가 없었다.

이상의 분시험 결과로는 자운영 녹비의 토양환원에 따른 질소성분의 잔존을 변화는 잔존건물중을 변화와 같이 1주일내 급격히 감소되었다. 이는 담수 후 호기성 조건에서 10일까지 자운영이 급격히 분해되어 NH₄-N이 NO₃-N으로 전환되어 탈질작용이 시작되며(Jun, 1999), 자운영은 탈질율이 12~20%로 미생물에 의한 분해가 잘 이루어지기 때문에 자운영에 포함된 대부분의 질소 성분이 속효성으로 비효가 초기에 높다는 보고(Yasue, 1991)와 본 연구결과를 토대로 판단해 보면, 녹비작물로 이용되는 자운영을 토양속으로 혼입한 이후 벼가 적절히 이용할 수 있도록 초기관리를 철저히 하여야만 할 것이다. 이

Table 1. Plant height, dry matter and chemical composition of Chinese milkvetch in the experimental plot.

Year	Plant height (cm)	Dry matter (ton/ha)	Chemical composition (%)				
			T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
1999	39.6	3.77	3.18	0.79	4.31	0.48	0.07
2000	49.2	4.34	2.66	0.69	4.25	0.36	0.05
Mean	44.4	4.06	2.92	0.74	4.28	0.42	0.06

와 더불어 자운영의 초기 질소 공급력이 높기 때문에 벼 재배 시 기비로 권장되고 있는 질소 55 kg/ha의 대체가 가능할 것으로 판단된다. 한편 토양의 산화환원전위는 자운영 예취구의 담수 초기때에 환원상태를 보이다가 시일이 경과할수록 완화된다는 보고(Hong *et al.*, 1997)와 아울러 질소 잔존율은 심토에 비해 표토에서 낮기 때문에 자운영이 무경운 상태로 예취 피복되는 것보다는 경운을 통하여 혼입하는 것이 자운영 분해로 인한 일시적 환원장해를 경감할 수 있을 것으로 사료된다.

자운영에 함유된 질소 성분과 더불어 인산과 가리 성분의 잔존을 변화는 질소성분에 비해 토양환원정도가 더 빨라 5일 이내 30%이하의 잔존율을 보였다. 그런데 자운영 녹비중 인산 성분의 함량은 비교적 낮기 때문에 시비가 이루어져야 할 것으로 사료되나, 가리 성분은 170 kg/ha 정도로 기비로 권장되고 있는 57 kg/ha에 비해 높은 수준이므로 질소와 마찬가지로 기비를 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

벼 수확후 자운영 입모수와 다음해 녹비수량

벼 수확후 자운영의 입모수는 Fig. 2와 같다. 자운영 입모수는 자운영의 결실중기인 6월 4일에 벼를 직파하거나 이앙 할 경우 개화중기인 5월 25일에 비하여 많은 것으로 조사되었다. 개화중기에 입모수가 낮았던 이러한 결과는 수정된 종자가 미숙한 상태이기 때문에 경운후의 담수로 꼬투리와 종자가 쉽게 부패하거나 발아력이 상실되어 재입모가 되지 않았던 것이 원인으로 판단된다. 반면 자운영의 수확은 4월 중하순부터 5월 하순까지 가능하지만 채종은 6월 이후 가능하다는 기존의 연구결과(김 등, 1978)와 본 시험의 연구결과를 종합해 보면 자운영 결실중기에는 대부분의 종자가 완전히 성숙되었기 때문에 벼 수확직전 자연발아가 이루어짐으로서 입모수도 많아져 재입모가 가능한 결과로 해석된다. 한편, 무경운 직파에서는 담수가 이루어진 후에도 자운영 식물체가 수면 위로 대부분

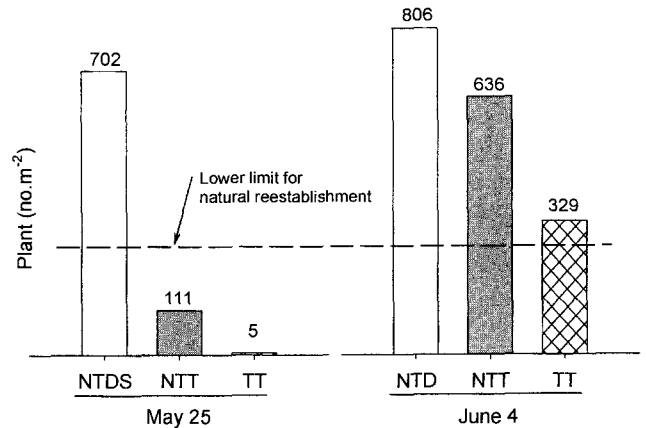


Fig. 2. Stand establishment of Chinese milkvetch after rice harvesting as affected by cropping time and cultivating method. NTDS, no-till direct seeding; NTT, no-till transplanting and TT, tillage transplanting

노출된 채로 고사되기 때문에 자운영 종자의 등숙이 충분히 이루어져 벼 수확 후에도 자운영 입모수가 더 많았다고 할 수 있다.

일반적으로 자운영 입모수가 m²당 250개체 이상이면 다음해 자운영 포장조성은 무난한 것으로 알려져 있다(이 등, 1997). 이러한 밀도는 자운영 개화중기에서는 무경운 직파만이 가능하였으나, 자운영 결실중기인 6월 초순에는 경운이앙을 포함한 모든 재배양식에서 확보가 가능한 것으로 판단된다.

재입모 다음해 자운영 녹비수량은 Table 2와 같다. 무경운 직파구는 입모수가 많아 ha당 50 ton 이상의 자운영이 생산되었다. 이를 3요소 함량으로 환산 할 경우 질소성분이 ha당 165 kg 이상으로서 생산된 자운영을 전량 녹비로 이용할 경우 질소과다로 인한 과번무와 도복이 우려될 정도이었다. 한편, 무경운 5월 25일 이앙구는 자운영 입모수가 적어서 다음해의 녹비수량도 25 ton/ha 정도로 적었던 반면, 6월 4일 이앙구는

Table 2. Green manure and nutrient yield of reestablished Chinese milkvetch as affected by cropping times and cultivating method of rice on the next year.

Cropping time	Cultivating method	Yield of green manure --- ton ha ⁻¹ ---	Ratio of dry matter ---- % ----	Dry matter ----- kg ha ⁻¹ -----	Nutrients [†]		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
May 25	NTDS [‡]	54.7	10.3	5,650	165	42	242
	NTT	25.1	11.2	2,820	82	21	121
	TT	1.0	12.9	130	4	1	6
	Mean	26.9	11.5	1,150	84	21	123
June 4	NTDS	71.3	9.5	950	196	50	288
	NTT	69.9	9.5	950	193	49	283
	TT	29.7	10.1	1,010	87	22	128
	Mean	56.9	9.7	970	159	40	233

[†]Nutrient concentration in Chinese milkvetch : N (2.92%), P₂O₅ (0.74%), K₂O (4.28%).
[‡]NTDS, no-tillage direct seeding; NTT, no-tillage transplanting and TT, tillage transplanting.

70 ton/ha에 가까운 자운영이 생산되었다. 자운영 포장은 사전에 지상부를 예취하지 않을 경우 벼의 기계이앙이 사실상 불가능하였다. 이 때문에 무예취 방법을 농가에 그대로 적용할 수 없을 뿐만 아니라 전량녹비로 이용할 경우 벼의 도복을 야기할 수 있어서 일정량의 자운영을 제거한 후 여분을 이용할 수 있는 방법이 추후 강구되어야 할 것이다. 그러나 경운이앙의 경우 5월 25일 이앙구는 입모부족으로 인해 생산된 자운영의 수량이 적었던 반면, 6월 4일 이앙구는 녹비수량이 30 ton/ha 정도로서 이를 전량 녹비로 이용하여도 양분과다로 피해가 우려되는 수준은 아니었다. 따라서 벼-자운영 작부체계시 경운이앙은 재입모되는 자운영을 지속적으로 이용하는 것도 가능할 뿐만 아니라 이로 인하여 초래되는 피해도 없을 것으로 예상되기 때문에 농가에서는 자운영이 갖는 장점을 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

자운영 후작벼의 이앙적성, 수량구성요소 및 수량

자운영 후작 벼의 이앙시 이앙시기와 재배방식에 따른 이앙 상태는 Table 3과 같다. 결주율은 경운이앙의 경우 자운영이 조성되지 않은 포장인 대조구와 차이가 없었다. 그러나 무경운 이앙의 경우 예취 피복된 자운영이 부식되기 전에 이앙 함에 따라 묘가 알게 심겨져 묘가 물위에 뜨는 비율이 경운이앙에 비하여 4~6% 정도 높았다. 무경운 이앙시에는 이앙기 식부깊이를 깊게 조정했음에도 불구하고 표토가 단단하거나, 자운영에 의하여 깊게 심겨지지 않기 때문에 벼의 도복이 심하게 일어남을 관찰할 수 있었다.

자운영 후작으로 재배된 벼의 수량구성요소 및 수량은 Table 4와 같다. 대조구에 비하여 자운영 재배답의 경운이앙구가 이앙시기에 관계없이 간장도 길었고 수수와 입수도 많아 수량이

Table 3. Missing hill and transplanted depth of rice in paddy field after incorporation of Chinese milkvetch.

Cropping time	Cultivating method	Adaptability of transplanting	
		Missing ratio	Transplanting depth
		-- % --	-- cm --
May 25	NTDS [†]	-	-
	NTT	8.9a [‡]	1.3b
	TT	2.5b	4.0a
	Mean	4.7A	3.2A
June 4	NTDS	-	-
	NTT	5.2a	1.2b
	TT	1.3b	4.4a
	Mean	2.7A	3.0A

[†]NTDS, no-tillage direct seeding; NTT, no-tillage transplanting; TT, tillage transplanting.

[‡]Small letters compare the mean values between the cultivation methods within the same cropping time but capital letters between cropping times (P=0.05).

4~6% 증수되었던 반면, 무경운 직파구와 무경운 이앙구는 비슷하거나 오히려 감소되는 경향을 보였다. 이는 무경운에 의한 벚짚, 자운영, 독새풀 등의 잔여물 때문에 벼 종자가 토양에 밀착되지 않아 도복이 심하고(Hong *et al.*, 1997) 이로 인하여 초기생육이 다소 지연된 것이 원인으로 추정된다. 따라서 자운영 후작 벼 재배는 수량과 생육적인 측면에서 다른 재배양식보다 경운이앙이 적당할 것으로 예측되며, 환경보전적 측면에서 계속 자운영을 이용하도록 하기 위하여는 6월 초순경 경운 이앙하도록 유도하는 것이 이상적으로 판단되나 이러

Table 4. Yield components and yield of rice as affected by cropping times and cultivating methods after Chinese milkvetch incorporation to the soil.

Cropping time	Cultivating method	Culm length	Panicle length	Panicles	Spikelets	Ripening ratio	Brown/rough rice	1000 grain wt.	Yield
		---- cm ----		---- no. m ⁻² ----		---- % ----		g	ton ha ⁻¹
May 25	NTDS [†]	76b [‡]	19.1c	294b	24,900c	85.0b	80.9b	21.5a	4.42b
	NTT	76b	20.4ab	353a	28,200bc	87.1a	80.2b	20.8b	4.61b
	TT	82a	20.0b	372a	32,500a	81.9c	80.8b	19.6c	4.90a
	Control	77b	20.9a	309b	28,300b	86.8ab	82.3a	18.4d	4.72ab
	Mean	78A	20.1A	332A	28,500A	85.2A	81.1A	20.1A	4.66A
June 4	NTDS	77c	18.9b	280b	25,900b	85.1b	81.1ab	21.7a	4.71b
	NTT	78c	20.3a	350a	28,400ab	76.8d	81.8a	20.8b	4.67b
	TT	83a	20.5a	360a	30,600a	82.7c	80.9b	19.6c	5.03a
	Control	80b	20.6a	327ab	28,500ab	87.1a	82.4a	18.5d	4.74ab
	Mean	80A	21.1A	329A	28,300A	83.0A	81.5A	20.2A	4.79A

[†]NTDS, no-tillage direct seeding; NTT, no-tillage transplanting; TT, tillage transplanting and Control, tillage transplanting without Chinese milkvetch.

[‡]Small letters compare the mean values between the cultivation methods within the same cropping time but capital letters between cropping times (P=0.05).

한 결과는 환경의 변화에 영향을 받기 때문에 계속 검토가 이루어져야 할 것이다.

적 요

벼-자운영의 연속재배체계 확립을 통해 자운영을 지속적으로 이용하고자 기계이앙 및 직파 파종시기와 재배양식을 달리 하여 시험한 결과는 다음과 같다.

1. 자운영의 식물체 무기성분함량은 T-N이 2.92%, P₂O₅가 0.74%, K₂O가 4.28%로 ha당 30 ton정도의 녹비가 생산되면 벼 재배시 인산을 제외하고는 표준소비량 이상에 해당되었다.
2. 자운영 녹비의 포장 잔존율은 초기 1주일 이내에 급격히 떨어져 토양에 환원되었고, 무기성분의 잔존율도 같은 경향이 있었다. 질소성분에 비해 인산과 가리성분의 환원정도가 더 빨랐고, 심토에 비해 표토에서 낮은 결과를 보였다.
3. 무경운 직파재배에서는 5월 25일 이후 파종할 경우 파종 시기에 관계없이 벼 수확후 자연적인 자운영 재입모로 다음해 도복이 가능하였다.
4. 무경운이앙은 자운영의 지상부 예취 없이는 벼 이앙이 불가능하여 농가활용이 곤란하였고, 경운이앙은 5월 25일 이앙 시 벼 수확후 자운영의 자연적인 입모가 극히 불량한 반면, 6월 4일 경운후 이앙시 벼의 충분한 생육과 수량이 확보되고 자운영의 자연적인 재입모로 다음해에도 자운영 조성이 가능하였다.
5. 자운영포장에 벼 이앙시 결주율은 경운에 비해 무경운에서 높았고 이앙심도도 무경운이앙시 예취된 자운영 때문에 알파 도복이 우려되었다.

6. 자운영 후작 포장의 벼 수량은 무경운직파의 경우 입모가 불량하여 수량이 낮았으나, 경운이앙의 경우 자운영이 재배되지 않은 대조구에 비해 4~6% 증수되었다.

인용문헌

- Hong, K. P., J. Y. Kim, D. J. Kang, N. D. Kang, and Z. R. Choe. 1997. Effect of different vetch sward treatments on soil and rice growth in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems. *Korean J. Crop Sci.* 42(5) : 564-570.
- Jun, N. S. 1999. Evaluation of Chinese milkvetch (*Astragalus sinicus* L.) and narrow-leaved vetch (*Vicia angustifolia*) as winter legume cover crop for sustainable crop production systems. Gyeongsang Nat'l. Univ., Korea. Master's Degree Thesis. pp. 44.
- Jeong, J. H., J. D. So, G. S. Rhee, and H. J. Kim. 1995. Soil improvement and rice yield productivity by vetch (*Astragalus sinicus* L.) in paddy soil. *RDA. J. Agri. Sci.* 37(1) : 255-258.
- Jeong, J. H., S. Y. Choi, B. W. Shin, and J. D. So. 1996. Effect of milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) cultivation on reduction of nitrogen fertilizer application rate in paddy soil. *RDA. J. Agri. Sci.* 38(2) : 299-303.
- 김기원, 박영균, 송종호, 이이동, 이은종. 1978. 자운영, 사료작물학 (향문사). p. 217-220.
- 이인, 김희천, 윤봉기, 김병호, 김용웅. 1997. 벼재배지에서 1회 파종한 자운영의 지속적인 이용에 관한 연구. 전라남도농촌진흥원 시험연구사업보고서 p. 613-620.
- Seong, R. C. and K. Y. Park. 1991. Forage productivity of collected Chinese milkvetch varieties. *Korean J. Crop Sci.* 36(1) : 7-11.
- Yasue, T. 1991. The change of cultivation and utilization of Chinese milkvetch (*Astragalus sinicus* L.), and the effect of fertilizer and soil fertility on paddy field as a green manure. *Jpn. J. Crop Sci.* 60(4) : 583-592.