

자운영 지속재배시 입모, 월동 및 생육 특성

김상열[†] · 오성환 · 이종희 · 조준현 · 한상익 · 정진일 · 정국현
최경진 · 박성태 · 김정일 · 이지윤 · 송유천 · 여운상 · 강항원

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

Seedling Establishment, Overwintering Ability and Dry Matter Production of Chinese Milk Vetch (*Astragalus sinicus* L.) in Natural Reseeding Practices

Sang-Yeol Kim[†], Seong-Hwan Oh, Jong-Hee Lee, Jun-Hyeon Cho, Sang-Ik Han, Jin-Il Jeong, Kuk-Hyun Jeong, Kyung-Jin Choi, Sung-Tae Park, Jeong-Il Kim, Ji-Yoon Lee, You-Cheon Song, Un-Sang Yeo, and Hang-Won Kang

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

ABSTRACT Seedling establishment, overwintering ability and dry matter production of Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L. CMV) in natural reseeding practice were compared with the annual seedling in 2006~2007 and 2007~2008. In natural reseeding, CMV seeds were distributed up to 15 cm soil depth in autumn after rice harvest and the seeds generally emerged from soil at less than 5 cm depth while they all emerged from soil surface in the annual seeding. It took 7-8 d longer in seedling establishment of the natural reseeding practice than the annual seeding. Generally, the natural reseeding practice showed higher seedling stand than the annual seeding because of high seedling survival rate. The high seedling survival rate in natural reseeded plant was attributed to the longer root length than that of the annual-seeded plant. In annual seeding, most of the seeds emerged from the soil surface and the root can not easily penetrate the soil while, in natural reseeding technology, the seeds incorporated into the soil during land preparation emerged from the soil at 0 to 5 cm depths, thereby having longer root length. The long root length contributed to greater ability to survive even under low temperature and low soil moisture conditions during winter. The dry matter production in the natural reseeding practice was also higher than the annual seeding when the temperature is low and soil moisture is not sufficient. This result indicates that natural reseeding technology is more stable and beneficial in seedling establishment and dry matter production as compared with the annual seeding especially under unfavorable environmental condition for CMV growth. This practice could be encouraged in CMV-rice cropping system in the

southern parts of Korea.

Keywords : annual seeding, biomass production, Chinese milk vetch, natural reseeding, seedling stand, winter survival

녹비작물인 자운영은 질소비료 사용 절감과 비옥도 증진, 잡초발생 경감 등 작물재배에 여러 가지 이점이 있어 겨울 동안 휴경논을 중심으로 재배되고 있다(정 등, 1995;1996). 최근 2013년까지 화학비료 40% 절감을 목표로 하는 정부의 친환경 농업정책에 따라 2007년 자운영 재배면적은 66,073 ha로 급격히 늘어났고, 앞으로 더 확대 될 것으로 보인다.

자운영 재배시 충분한 생초량을 확보하는 것이 후작의 벼 재배에 충분한 영양분을 공급할 수 있다. 자운영의 충분한 생초량을 확보하기 위해서는 입모 확보기술이 무엇보다도 중요한데, 자운영의 입모에는 파종시기, 파종량 및 월동중 관리 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다(강 & 강, 2002).

자운영은 파종시기가 10월 초순이후로 늦을수록 9월 초순 파종에 비해 입모수가 적고 월동능력도 현저히 떨어져(Lee *et al.*, 2005), 매년 벼 수확전인 9월 중순~하순에 파종하고 있다. 자운영의 매년 파종은 농가에서 일찍 이양하는 관습이 있어 자운영이 충분히 자라 종자가 성숙되기 전에 경운 정지를 하기 때문이다. 자운영의 매년파종은 외국으로부터 종자 수입에 따른 외화 유출, 파종작업에 많은 노력 소요, 파종시기 지연시 입모 불량 등 많은 문제점이 있다.

매년 자운영 파종에 따른 문제점을 해결하기 위하여 자운영 종자를 한번 뿌려서 지속적으로 자운영을 생산하고 벼를 재배할 수 있는 자운영 지속재배가 가능한 연구결과를 보고

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1174
(E-mail) kimsy3@rda.go.kr <Received August 6, 2009>

하였다(이 등, 1997; 김 등, 2001; 강 & 강, 2002; Kim *et al.*, 2008b). 자운영 지속재배는 자운영을 일찍 경운하지 말고 자운영 종자가 성숙하여 꼬투리가 검정색일 때인 5월 25일~30일 사이에 로터리한 후 벼를 재배하면 초기에 강한 휴면이 있던 자운영 종자가(Sim & Kang, 2004; Na *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2008a) 벼가 재배하는 동안 토양 속에서 서서히 휴면이 타파되어 가을철 벼 수확을 위한 낙수를 하면 다시 출아를 하게 되어 2년차부터는 자운영 종자를 재파종하지 않고 지속적으로 벼를 재배 할 수 있다(Kim 등, 2009). 최근 고품질 쌀 생산을 위해 벼를 6월 초순~중순에 늦게 이앙하도록 추천하고 있어 자운영 지속재배와 자연적으로 연계가 되기 때문에 자운영 지속재배기술을 농가에 보급하는 것이 가능하게 되었다. 하지만 자운영 종자를 벼 수확 전에 토양표면에 뿌리는 매년파종과 벼 이앙전 자운영 식물체와 같이 성숙된 종자를 경운로타리하여 토양 속에 묻어주는 자운영 지속재배는 출아, 월동성 및 생육특성이 다를 수 있으나, 이에 대한 구체적인 연구결과가 없는 실정이다.

본 연구는 자운영 지속재배시 입모안정성 향상을 위한 기초자료를 얻고자 수행하여 좋은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 실험은 2006년 가을부터 2008년까지 3년간 국립식량과학원 기능성작물부(밀양) 시험포장(덕평동)에서 중국 하남성에서 생산된 자운영종자를 농협무역을 통해 구입하여 실시하였다. 자운영 매년파종은 벼 성숙기 낙수 직전인 9월 24-25일에 10a 당 자운영 종자 5 kg을 손파종하였고, 지속재배 포장은 2005년도에 조성된 포장을 이용하였다.

자운영 월동전 입모수는 벼 수확후 50×50 cm quadrat을 이용하여 조사하였고, 월동 후 입모수는 다음해 3월초에 월동전 입모수를 조사한 구에 생존한 자운영 개체수를 조사하였다. 월동율은 월동 전 입모수에 대한 월동 후 입모수의 비율로 나타내었다. 월동후 자운영 건물중은 4월10일부터 5월30일까지 10일 간격으로 50×50 cm quadrat을 이용하여 채취한 다음 70℃ 건조기에서 4~5일간 건조한 후 무게를 평량하였다.

자운영 지속재배구는 자운영 결실기인 5월 30일에서 6월 1일 사이에 자운영을 로타리하여 토양환원하였고, 주남벼를 6월 8일에 기계이앙하여 실시하였다.

자운영 지속재배시 출아직전 토양중 자운영 종자 분포수 조사는 벼 수확을 위한 완전낙수 직후인 9월 29일에 지름 20 cm인 원형 쇠통을 이용 15 cm 깊이까지 토양을 채취한

다음 5 cm 단위로 토양을 잘라 물로 세척하여 토양속 종자를 분리하여 조사하였다. 자운영 출아기간 조사는 각 처리별로 가로 1 m×세로 1 m 구획을 만들어 파종후(매년파종) 또는 낙수후(지속재배) 1~2일 간격으로 2개의 떡잎이 완전히 전개된 식물체를 제거하면서 조사하였다. 자운영 지속재배의 출아깊이 조사는 가을철 벼 완전낙수 후 토양을 임의로 파서 출아되기 시작하는 자운영을 골라 토양표면에서 출아되는 지점까지 깊이를 측정하였다. 출아된 자운영의 뿌리깊이는 자운영이 완전히 출아 완료된 11월 8일에 각 시험구별로 임의로 100포기씩 골라 뿌리가 상하지 않게 토양을 분리한 다음 조사하였다.

결과 및 고찰

자운영 지속재배시 경운방법별 벼 수확 후 토양 깊이별 자운영 종자의 분포는 표 1과 같다. 경운방법별 자운영 종자는 부분경운이 m²당 12,807개로 로터리 경운 5,005개에 비해 약 1.6배가 많았다. 깊이별 자운영 종자는 로터리 경운은 토심 5 cm이내 27%, 6~10 cm에 39%, 11~15 cm에 34%로 토양 15 cm 깊이까지 고르게 분포하였으나, 부분경운이양은 주로 토양표면으로부터 5 cm이하 깊이에 대부분(79%) 분포하였다.

로터리경운 후 벼 기계이앙시 자운영 종자분포가 토심 0~5 cm 얇은 깊이에서 6~15 cm 깊이보다 낮은 것은 토심이 얇은 곳에 분포한 종자는 대기와 가까워 토양표면의 온도가 높고, 온도변이가 심하기 때문에 깊은 곳 종자보다 휴면이 빨리 타파되어 중간 낙수시 출아가 되거나, 또는 토양미생물에 의해 종피가 빨리 분해되어 고사했기 때문인 것으로 추정된다.

자운영 지속재배 및 매년파종 종자의 출아양상은 표 2와 같이 2008년에 파종 한 종자의 경우 파종 4~5일후부터 싹이 트기 시작하여 파종후 7~8일경에 40%, 10~11일에 97% 정도 출아가 되었다. 반면 자운영 지속재배의 경우는 낙수 후 4~5일부터 출아하기 시작하여 매년파종보다 8일정도 늦은 낙수후 18~19일에 97% 정도 출아를 하였다. 자운영 지속재배가 매년파종보다 출아가 늦고 출아기간이 길었던 원인은 대부분 종자가 토양 0~5 cm 깊이에서 출아를 하기 때문으로 사료된다.

자운영 지속재배 논의 벼 수확후 토심별 자운영의 출아율은 그림 1과 같이 관행 로터리 경운하여 이앙한 경우 출아는 토심 1~3 cm에서 96%, 4~5 cm에서 4% 정도 되었다. 부분경운 이앙의 경우 출아는 토심 1~2 cm에서 98%, 3 cm 깊이에서 2% 정도되어 경운과 달리 비교적 얇은 깊이에서

Table 1. Distribution of naturally reseeded Chinese milk vetch seed at different soil depth of rice field in the autumn, 2007.

Soil depth (cm)	Seed number (no/m ²)		Relative seed distribution ratio (%)	
	Rotary tillage	Minimum tillage	Rotary tillage	Minimum tillage
0~ 5	1,373±474	10,105±3,557	27	79
6~10	1,939±510	2,371±2,085	39	19
11~15	1,693±420	331±289	34	2
Total	5,005	12,807	100	100

Table 2. Comparison of seedling emergence rate of Chinese milk vetch in annual seeding and natural reseeding practices in 2008.

Classification	Seedling emergence rate (%)						
	4~5	7~8	10~11	13~14	18~19	20~21	23~25 day
Annual seeding	0	40	57	3	-	-	-
Natural reseeding	1	35	43	15	3	2	1

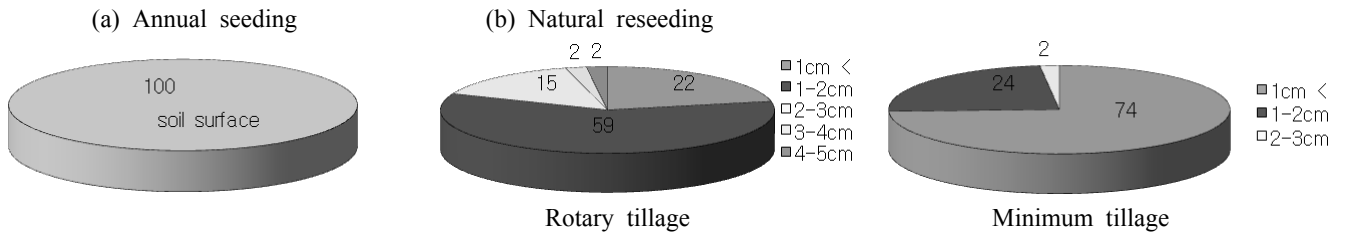


Fig. 1. Comparison of emergence depths of Chinese milk vetch seedling in annual seeding (a) and natural reseeding practices (b) in autumn 2007.

Table 3. Comparison of stand count and survival rate of Chinese milk vetch seedling in annual seeding and natural reseeding practices.

Classification	Seedling stand (no/m ²)		Seedling survival (%)	Seedling uniformity (%)
	Before winter	After winter		
2006 seeding	805	610	75.8	78.9
2nd reseeding	838	740	88.3	90.6
2007 seeding	963	678	70.4	79.4
3rd reseeding	1,016	804	79.1	90.0

출아를 하였다.

본시험의 결과를 종합해 볼 때 자운영 지속재배시 종자는 대부분 토심 5 cm 이내에서 출아하는 것으로 보여 진다. 이 결과는 자운영 파종 깊이가 5 cm 보다 깊을 경우 출아가 불량하였다는 Shim & Kang(2004)의 보고와 자운영의 안정적인 재입모수 확보를 위해 자운영 토양환원시 깊게 경운하지 말고 얇게 로타리하여야 한다는 시험결과(김 등, 2001)와 같은 경향이였다.

자운영 지속재배가 가능한 것은 자운영은 결실기인 5월

말에 경실종자가 되어 강한 기계적 휴면이 있어 벼 이앙직 후에는 발아를 하지 않고, 벼 생육기간 동안 토양 속에서 휴면이 서서히 타파되어 9월말 벼 수확을 위해 낙수를 하면 다시 출아를 하게 되기 때문이다(Kim *et al.*, 2008a;2008b).

자운영 지속재배 및 매년 파종간 월동전후 입모수, 월동울 및 입모균일도는 표 3과 같이 자운영 지속재배는 매년파종보다 월동전 입모수는 비슷하였으나 월동울이 8.7~12.5% 높아 월동후 입모수가 많고 입모수 변이도 적어 입모 균일도가 10.6~11.7%가 높았다.

Table 4. Comparison of seedling growth of Chinese milk vetch plant before and after winter in annual seeding and natural reseeding practices.

Classification	Before winter			After winter	
	Plant height (cm)	Root length (cm)	Dry weight (g/m ²)	Plant height (cm)	Dry weight (g/m ²)
2006 seeding	5.8	3.0	3.7	5.5	6.2
2nd reseeding	6.4	5.2*	5.4*	5.9	13.2*
2007 seeding	7.9	3.8	4.8	8.5	8.1
3rd reseeding	6.9	5.0*	7.1*	8.0	13.5*

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

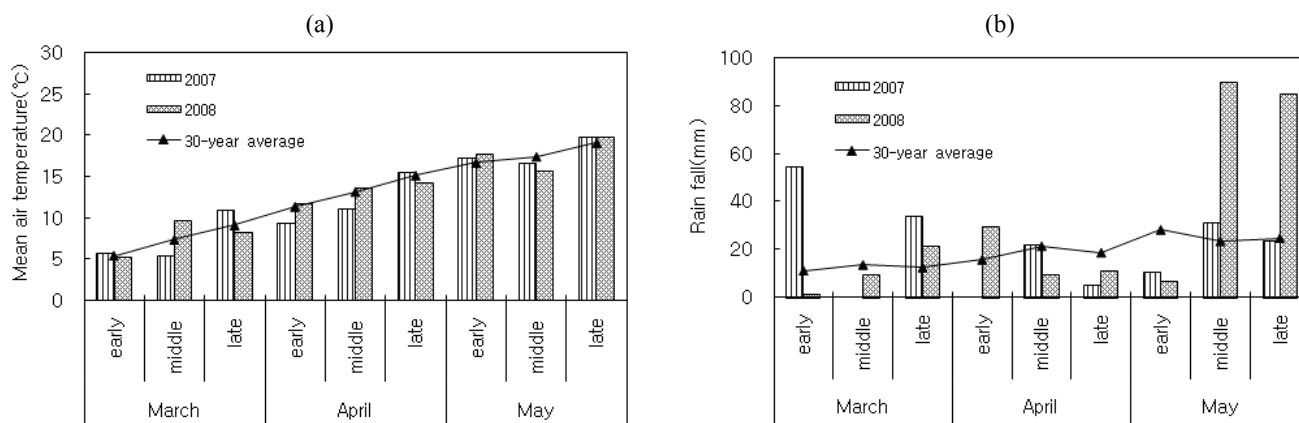


Fig. 2. Monthly mean air temperature(a) and rain fall(b) in Milyang during the growth period of Chinese milk vetch after overwintering, which seed was sown in autumn of 2006 and 2007.

지속재배 자운영이 매년파종보다 월동율이 높았던 원인은 지속재배포장에서는 이앙전 논정지를 위한 로타리작업 시 자운영 종자 및 꼬투리가 토양과 균일하게 혼합되어 토양속 15 cm 깊이까지 분포해 있다(표 1) 가을 벼 수확을 위한 낙수후 토양 속 0~5 cm 깊이에서 출아를 하기 때문에(그림 1b) 토양표면에서 출아를 하는 매년 파종 자운영보다 월동전 토양 속 뿌리가 1.1~2.2 cm 더 깊이 뚫어 초기 건물중이 높아 겨울동안 저온 및 가뭄에 견디는 힘이 강하기 때문인 것으로 해석된다(표 4). 이 결과는 자운영 지속재배 기술이 매년파종보다 월동율이 높아 입모가 안정적이고 균일하여 입모실패 우려가 적다는 것을 의미한다. 황 등 (2007)도 자운영을 지속재배할 경우 매년파종보다 월동율이 9% 향상되었다는 보고와 같은 경향이였다. 자운영 지속재배에서 지속년차가 증가 할수록 입모수가 증가된 것은 토양속에서 종자활력을 유지하고 있던 전년도 종자가 재발아를 해서 당해년도 종자와 합해져서 입모수가 증가된 것으로 보여진다(김 등, 2009).

자운영 지속재배시 입모균일도는 매년파종보다 높았는데

이러한 원인은 자운영 결실기에 벼 이앙전 로타리 정지 작업시 종자 및 꼬투리가 토양표면에서부터 토양 15 cm 깊이 까지 토양과 고르게 혼합되기 때문에 가을에 낙수후 토양속에서 균일하게 출아를 하게 된다. 반면에 매년파종은 손 또는 동력살분기로 파종하는데 논 면적이 클 경우 논 전체 종자가 고루 뿌려지지 않는 경우가 많고, 토양표면에서 출아를 하기 때문에 뿌리가 토양 속 얇게 뚫어 겨울동안 저온 및 가뭄에 견디는 힘이 약하였던 것이 주요 원인인 것으로 생각된다.

자운영의 월동후 생육기간 동안 기상영향을 알기위해 월동후 자운영 생육기간인 3월 초순부터 5월 하순까지 순별 평균기온 및 강수량은 그림 2와 같다. 평균기온은 2007년 3월 중순, 4월 초순~중순, 5월 중순에서 평년보다 0.7~2.1°C가 낮았고, 그 외 기간은 평년보다 0.2~0.6°C가 높았다. 하지만 2008년에는 3월 초순 및 하순, 4월 하순과 5월 중순에는 평년보다 0.2~1.8°C가 낮았으나 그 외 기간은 0.3~2.3°C가 높았다. 월동후 자운영 전생육기간의 평균온도는 2008년이 12.9°C로 2007년보다 0.5°C 높게 경과 하였다.

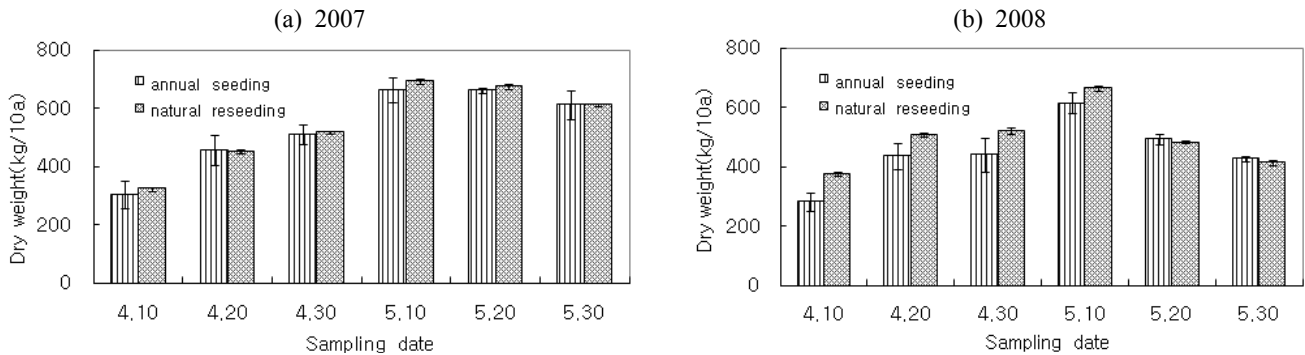


Fig. 3. Comparison of dry matter production in annual seeded and natural reseeded Chinese milk vetch plants after overwintering in 2007(a) and 2008(b). The seeds were sown in autumn 2006 and 2007.

강수량은 2007년 경우 3월 중순과 4월 초순에는 비가 전혀 오지 않아 수분이 부족한 상태로 경과 하였고 3월 초순과 하순 및 5월 중순에서 7.5~43 mm가 많았으나 그 외기간은 평년보다 1~18 mm가 적었다. 2008년 강수량은 3월 초순~중순, 4월 중순~5월 초순까지 평년에 비해 5~22 mm가 적었으나 4월 초순, 5월 중순 및 하순에는 평년보다 9~66 mm가 많았다. 전반적으로 2008년이 2007년보다 평균기온 높고 비가 전혀 오지 않은 기간이 없어 2007년보다 자운영 생육하기에 좋은 환경이었다.

그 결과 월동 후 자운영 전 생육기간 지속재배와 매년파종간의 건물생산은 2007년 3월 중순과 4월 초순에 비가 전혀 오지 않고 기온이 2008년보다 낮았던 관계로 자운영 지속재배가 2007년 자운영 생육보다 5월 10일까지 건물중이 높았으나 그 이후는 비슷하였다(그림 3a). 반면, 2008년 자운영 생육은 온도가 높고 강수량이 많아 2007년과 달리 4월 초순까지만 지속재배 자운영의 건물중이 약간 높았고 그 이후는 비슷하였다(그림 3b). 이러한 결과는 자운영을 매년 파종시 월동 후 자운영 생육은 m^2 당 600개 이상의 충분한 입모수를 확보하고 자운영 생육기간 동안 기상환경이 양호할 경우 지속재배와 비슷한 건물생산성을 나타내나 저온이 지속되는 기간이 길고 가뭄으로 수분이 부족할 경우 지속재배가 매년 파종한 자운영보다 건물생산이 높다는 것을 나타낸다. 따라서 지속재배시 매년파종보다 월동율이 높고 입모가 균일하여 안정적인 입모수 확보가 가능하고, 건물생산도 특히 불리한 기상환경에서 매년파종 자운영보다 안정적인 것을 나타낸다. 이외에도 자운영 지속재배는 자운영 종자를 1번만 파종하고 2년차 부터는 자연적으로 출아하여 재입모가 되기 때문에 종자구입비 및 파종노력을 절감할 수 있고, 자운영을 2~3년간 지속재배할 경우 토양비옥도가 높아져 자운영만으로 벼 재배가 가능하여 화학비료도 100% 까지 절감 할 수 있는 등 매년 파종하는 것보다 여러 가지 이점이 있다.

적 요

자운영 재배농가에 자운영 안정적 입모확보에 기초자료를 얻고자 자운영 지속재배와 매년파종시 입모 및 생육특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 자운영 지속재배포장에서 가을철 토양 속 자운영 종자는 이앙전 로타리는 토양표면에서 15 cm 깊이까지 고루 분포한 반면, 부분경운 이앙시는 주로 10 cm 깊이 이하에서 대부분 분포하였다.
2. 자운영 지속재배시 출아깊이는 부분경운 이앙시 1~3 cm, 로타리경운 이앙시 1~5 cm에서 출아가 되었다.
3. 자운영 지속재배는 표면에서 출아하는 매년파종 자운영보다 월동전 뿌리 길이가 깊어 월동율이 높고 논 정지 작업시 종자가 토양과 고루 혼합이 되어 입모균일도가 10.6~11.7% 가량 높아 입모수 확보가 유리하였다.
4. 자운영 지속재배시 건물생산성은 수분부족 및 저온 등 기상환경이 불량 할 경우 매년파종보다 건물생산성은 높았으나 환경조건이 양호할 경우는 크게 차이가 없었다.

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.
- Na, C. S., Y. H. Lee, S. H. Hong, C. S. Jang, B. H. Kang, J. K. Lee, T. H. Kim, and W. Kim. 2007. Change of seed quality of Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) during

- seed developmental stages. Kor. J. Crop Sci. 52(4):363-369.
- Shim, S. I. and B. H. Kang. 2004. Ecophysiology of seed germination in Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.). Kor. J. Crop Sci. 49(1):19-24.
- Lee, J. H., B. H. Kang and S. I. Shim. 2005. Overwintering capacity affected by seeding time and method of Chinese milk vetch, *Astragalus sinicus* L., in upland field. Kor. J. Crop Sci. 50(2):67-72.
- 이 인, 김희천, 윤봉기, 김병호, 김용웅. 1997. 벼 재배지에서 1회 파종한 자운영의 지속적인 이용에 관한 연구, 전라남도농촌진흥원 시험연구사업보고서. p. 613-620.
- 이병진, 최진룡, 김상열, 오성환, 김준환, 황운하, 안종웅, 오병근, 구연충. 2008. 자운영 종자생산을 위한 적정 수확시기 구명. 한작지. 53(1):70-74.
- 정지호, 소재돈, 이경수, 김호중. 1995. 자운영에 의한 토양개선 및 벼 생산성 증대 연구. 농업논문집. 37(1):255-258.
- 정지호, 최송열, 신복우, 소재돈. 1996. 자운영에 의한 수도의 질소소비량 절감 연구농업논문집. 38(2):299-303.
- 황동용, 강위금, 구연충, 김상열 등. 2007. 자운영 이용 친환경 쌀 생산기술. 영남농업연구소. p. 129.
- 강위금, 강종국. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용(최성호 등 14인). 제 3장. 자운영. 농촌진흥청. p. 85-130.
- 김영광, 홍광표, 정완규, 최용호, 송근우, 강진호. 2001. 자연적인 자운영 재입모를 위한 적정 벼 재배유형. 한작지. 26(6):473-477.
- 김상열, 오성환, 최경진, 박성태, 김정일, 여운상, 강항원. 2009. 자운영 지속재배 벼 생육, 수량 및 미질. 한작지. 54(4):351-356.