

벼 낙수시기 기준 자운영 파종적기 구명

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

국립식량과학원 기능성작물부

An Optimum Seed Planting Time of Chinese Milk Vetch (*Astragalus sinicus* L.) for Stable Seedling Establishment and Dry Matter Production in Paddy Field

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

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

ABSTRACT Sufficient seedling establishment of Chinese milk vetch (CMV) is the most important factor in the CMV cultivation. In order to obtain sufficient seedling stand, CMV seed should be planted at right seed planting date. An optimum CMV seed planting time for stable seedling establishment was determined based on the final water drainage time for rice harvest in fall. Five planting times from 10 days before water drainage (DBWD) to 15 days after water drainage (DAWD) at five day interval were evaluated during the period of 2006-2007 and 2007-2008 and the optimum CMV seed planting time was determined based on seedling stand, winter survival rate, and dry matter production. CMV seedling stand before winter was high with 575~1,050 plants/m² regardless of seed planting times but after overwintering, it was greater in seed planting date between 5 DBWD to 5 DAWD than that of 10 to 15 DAWD treatments. Winter survival rate, dry matter production and seed production yield also showed similar trend to the seedling establishment. On the other hand, when CMV seeds were sowed early at 10 DBWD, seedling stand and winter survival rate were lower than that of 5 DBWD to 5 DAWD. This result indicates that an optimum CMV seed planting time based on the final water drainage could be between 5 DBWD (September 20) to 5 DAWD (September 30).

Keywords : Chinese milk vetch, water drainage, seed planting date, seedling stand, winter survival rate, dry matter production

자운영은 녹비작물로서 질소비료 사용을 절감하고, 잡초 발생을 경감시킬 뿐 만 아니라 토양비옥도를 증진시키는 등 여러 가지 장점이 있어 우리나라에서 겨울동안 휴경논에 가장 많이 재배하고 있다(정 등, 1995; 정 등, 1996; Cho and Choe, 1999; 정 등, 2007). 또 자운영은 종자 성숙기가 다른 녹비작물보다 빨라서 종자 결실기가 벼 이앙을 위한 논 정지기간과 비슷하여 영남지역에서 자운영 종자를 한번만 뿌려서 지속적으로 벼를 재배할 수 있는 큰 장점이 있다(김 등, 2001; 이 등, 2008; Kim *et al.*, 2008a; 2008b). 자운영 재배면적은 2013년까지 화학비료를 40% 절감하는 정부정책에 따라 2006년까지 계속 증가하다 2007년부터 약간 감소하는 경향이나 여전히 녹비작물중에서 가장 재배면적이 넓다.

현재 자운영 재배농가에서는 자운영 종자가 성숙되기 전에 경운하기 때문에 매년 파종하고 있는데 자운영 재배시 충분한 생초량을 생산하는 것이 후작 벼에 충분한 양분을 공급할 수 있어 무엇보다 중요하다. 자운영 생초량을 확보하려면 자운영 종자를 적기에 파종하여야 한다. 현재 자운영 파종적기는 낙수시기에 관계없이 날짜 기준으로 중부지방에서는 8월 하순에서 9월 중순 사이이며 남부지방의 따뜻한 곳에서는 9월 하순까지 가능한 것으로 보고되고 있다(정 등, 2007). 그러나 가을철 벼 수확을 위한 낙수시기는 지역 및 품종에 따라 다르고 조생종 및 조기이앙에 따른 벼 수확이 빠를 경우, 파종당시 자운영 종자가 발아를 하는데 토양수분이 충분하지 못해 입모실패할 우려가 높다. 또 자운영 종자 발아에 적당한 온도는 20~25°C로 파종이 너무 늦을 경우 저온으로 인한 생육 부진으로 월동이 불량하여 생초량이 적어 녹비효과를 기대할 수 없다(강과 강, 2002). 따라서 보다 안정적인 입모확보를 위해 토양수분 및 온도를 고려한 파종시기 재구명이 필요하다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1174
(E-mail) kimsy3@rda.go.kr <Received April 10, 2009>

자운영 종자를 가을에 벼 입모중에 3~5 kg/10을 적기에 파종하면 월동후 m²당 350~500개이상의 입모수를 얻을 수 있고 생초량이 2.5톤이상이면 화학비료를 전혀 사용하지 않아도 벼 재배가 가능하다(강과 강, 2002).

일반적으로 종자가 발아를 하는데 온도, 수분 및 광이 필요하다(Bewley and Black, 1985; 성 등, 1990). 자운영 종자는 가을에 파종하기 때문에 토양수분 및 파종시기에 따라 입모수가 크게 달라질 수 있다. 따라서 본 시험은 안정적인 입모수 확보를 위해 낙수시기를 기준으로 파종적기를 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2006년 9월부터 2008년 5월 30일까지 기능성 작물부(밀양) 시험포장(덕평동)에서 중국 하남성에서 수입한 자운영 종자를 사용하여 실시하였다. 벼 수확을 위해 낙수는 9월24(2006)과 9월25일(2007)에 하였고 자운영 파종은 낙수시기를 기준하여 벼 낙수전 10일(9월15일)에서 낙수후 15일(10월10일)까지 5일간격으로 6처리를 하여 벼 입모중에 10a 당 5 kg 손파종하였다. 파종후 자운영 출아기간은 2개의 떡잎이 완전히 전개되는 기간까지 2~3일 간격으로 엽수진전을 조사하였다. 월동전 자운영 입모수는 벼 수확후 50×50 cm quadrat을 이용하여 조사 하였고 월동후 입모수는 다음해 3월초에 월동전 입모수 조사한 구에 생존한 자운영 개수를 조사하여 m²로 환산하여 나타내었다. 월동율은 월동전후 자운영 입모수의 비율을 이용하여 계산하여 나타내었다. 월동후 생체중 및 건물중은 다음해 4월10일부터 5월 30일까지 10일 간격으로 50×50 cm quadrat을 이용하여 채취한 다음 생체중을 조사하였고 건물중은 70℃ 건조기에서 4~5일간 건조한 후 무게를 평량하여 나타내었다. 식물체 질소함량 조사는 건조한 식물체를 분쇄한 후 자동질

소분석 장치(Kjeltec 2300, Foss)를 이용 분석하였다. 또 최고 건물중을 나타내는 5월 10~20일에 식물체 질소 분석한 값과 건물중을 곱하여 식물체 질소생산량으로 나타내었다.

종자생산량은 5월30일에 자운영 식물체를 2×2 m를 채취하여 꼬투리를 수확한 다음 종자를 인력으로 분리하여 무게 비율로 나타내었다. 수확한 종자의 발아능력 시험은 반복당 종자 100립을 4반복으로 직경 9 cm petridish에 치상후 증류수 5 ml을 부은후 20℃ 발아기에서 10일간 실시하였다.

결과 및 고찰

자운영 종자 파종시기부터 결실기까지 월 평균기온 및 강수량은 그림 1과 같다. 2006/2007년 월 평균기온은 9월, 12월, 4월이 평년보다 0.2~1.4℃ 낮았으나 그 외 달은 평년보다 0.2~2.1℃가 높았다. 2007/2008년은 11월과 2월을 제외하고 평년보다 0.2~1.8℃가 높았다. 전반적으로 2007/2008년 평균기온이 2006/2007년 보다 0.2℃가 더 높게 경과 하였다.

강수량은 2006/2007년에는 2월과 3월을 제외하고 모든 기간 동안 강수량이 평년보다 7~67 mm가 적었으나 2007/2008년 강수량은 11월과 2~4월을 제외하고 평년보다 많았다. 총 강수량은 2007/2008년은 2006/2007년 보다 286 mm가 많았지만 2007/2008년 11월에 전혀 비가 오지 않아 토양수분이 부족한 상태로 경과하였다.

자운영 파종시기별 종자의 출아 적산온도 및 출아기간은 표 1과 같다. 자운영 종자는 파종시기에 관계없이 평균 적산온도가 236℃에서 출아가 되고 낙수후 5일파종시 평균기온이 20℃ 이상되고 최저기온이 11.8℃였으며 그이후로 늦을수록 평균기온이 18.1℃, 최저기온이 10℃이하로 낮아졌다. 출아기간은 9월 15일~ 20일에 파종시 10일이었고 파종기가 늦을수록 출아기간이 길었다.

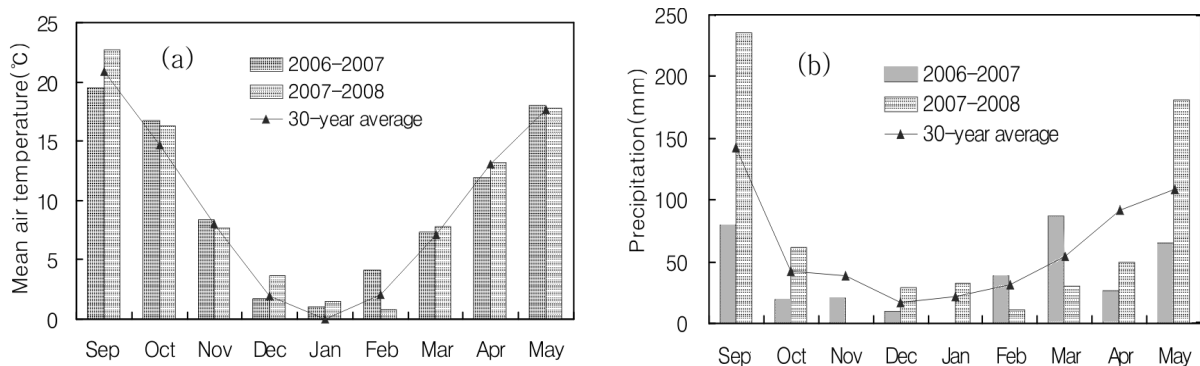


Fig. 1. Monthly mean air temperature (a) and precipitation (b) in Milyang during the growth period of Chinese milk vetch.

자운영을 월동전에 충분한 생육을 진전 시켜 놓는 것이 월동율을 증진시키는 방법이 된다. 월동전 생육을 진전시키는 방법은 자운영을 적기에 파종하는 것이다. 자운영 파종적기를 위한 낙수시기별 자운영 입모수 및 월동율은 표 2와 같다. 월동전 자운영 입모수는 파종시기에 관계 없이 575~1,050/m² 개로 높았으나 월동후 입모수는 낙수 5일전에서 평균 718 개/m²로 가장 높았고 파종시기가 늦을수록 입모수가 감소하여 낙수 10일 이후에는 405개/m² 이하로 급격히 감소하였다. 월동율도 낙수 전 5일과 낙수후 5일 사이에서 66.2~82.8%로 가장 높았고 낙수후 10일 이후 파종은 23.5~62.0%로 낮았다. 이러한 결과는 낙수 5일전 후까지는(9월20~9월 30일) 자운영 종자가 출아하는데 충분한 수분이(37.7~ 40.1%) 있어 월동전 생육이 진전된 반면 낙수 10일 이후는 토양수분이 평균 31.8%로 급격히 떨어지고 출아온도도 낮아져 생육이

불량하여 겨울 저온 및 가뭄에 견디는 힘이 약하였기 때문으로 사료된다(표 3). 남부지방에서 자운영 파종은 9월 하순까지 가능하다고 보고하였다(정 등, 2007).

한편 낙수 10일전에 너무 일찍 파종해도 낙수 5일전 파종보다 입모수가 적었는데 이러한 결과는 출아된 자운영이 담수상태에서 뿌리활착이 되지 못하고 물속에서 습해를 받아 고사되어 입모가 불량해 진 것으로 생각된다. 따라서 담수상태에서 파종시 파종후 10일 이내에는 반드시 낙수를 하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

월동후 전생육기간 파종시기별 자운영 건물중은 낙수전 10일~낙수후 5일에서 573~746 kg/10a로 가장 높았고 17.0~20.5 kg/10 질소의 공급이 가능하였다(표 4, 그림 2). 이 질소량은 관행 질소 시비량 9 kg/10a에 비해 2배 정도 많아 화학비료를 전혀 주지 않아도 벼 생육을 하는데 영향을 주

Table 1. Cumulative average- and lowest minimum temperatures from seed planting to seed emergence, and days to seed emergence in 2007.

| Seed planting time | CAT [†] (°C) | AAT [‡] (°C) | LMT [§] (°C) | Days to seed emergence (day) |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 10 DBWD | 239.3 | 23.9 | 18.7 | 10 |
| 5 DBWD | 228.4 | 22.8 | 14.8 | 10 |
| Water drainage | 233.6 | 21.2 | 14.8 | 11 |
| 5 DAWD | 242.3 | 20.2 | 11.8 | 12 |
| 10 DAWD | 235.1 | 18.1 | 7.8 | 13 |
| 15 DAWD | 238.5 | 14.9 | 3.0 | 16 |

[†]Cumulative average temperature from seed planting to seed emergence.

[‡]Average air temperature from seed planting to seed emergence

[§]Lowest minimum temperature during the seedling emergence

DBWD : day before water drainage, DAWD : day after water drainage

Water Drainage : September 24 (2006), September 25 (2007)

Table 2. Influence of seed planting time of CMV on the seedling stand, winter survival rate and soil moisture content at seed planting time.

| Seed planting time | Seedling stand (No./m ²) | | | | Winter survival rate (%) | | Soil moisture content (%) | |
|--------------------|--------------------------------------|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| | Before winter [†] | | After winter [‡] | | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 |
| | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 | | | | |
| 10 DBWD | 670 | 720 | 530 | 490 | 79.1 | 69.5 | - | - |
| 5 DBWD | 838 | 1,050 | 668 | 768 | 79.7 | 73.1 | - | - |
| Water drainage | 805 | 963 | 610 | 678 | 82.8 | 69.1 | 35.4 | 44.7 |
| 5 DAWD | 818 | 890 | 670 | 598 | 82.7 | 66.2 | 34.7 | 40.8 |
| 10 DAWD | 670 | 763 | 418 | 405 | 62.0 | 53.0 | 30.0 | 33.5 |
| 15 DAWD | 575 | 638 | 238 | 150 | 41.3 | 23.5 | 32.8 | 31.3 |
| LSD (0.05) | 248 | 283 | 277 | 219 | 22.7 | 23.4 | 2.5 | 1.1 |

※ Data recorded : [†](Nov.7-8), [‡](Feb. 22)

지 않을 정도로 판단된다. 자운영 지속재배논의 입모수가 700개/m²인 논에 벼 재배시 화학비료를 전혀 주지 않아도 관행 9 kg의 쌀 수량과 차이가 없었다(Kim *et al.*, 2008b). 표 4에서 낙수전 10일 파종에서 월동후 입모수가 낙수후 5일보다 적었으나 건물중 생산이 많았던 것은 조기 파종에 따른 월동전에 생육이 진전되었기 때문으로 사료된다.

호남지역에서도 자운영을 9월하순에서 10월 중순 사이에 늦게 파종할 경우 자운영의 월동율이 불량하여 생초량이 적어 녹비효과를 기대할 수 없었다(정 등, 2007).

종자수량도 낙수 전 5일~낙수 후 5일에 파종시 24.2~30.8 kg/10a으로 많았으나 낙수후 10일 이후 파종은 종자 생산량도 19.4 kg/10a으로 적었다(표 5). 하지만 파종시기별 종자 천립중은 3.0~3.2 g, 발아율은 10% 미만으로 낮았고 종자활력은 96~100%로 파종시기 간에 크게 차이가 없었다. 따라서 늦게 파종해도 종자 수량은 적으나 종자가 충분히 성숙이 되었다. 이러한 결과는 수확직후 자운영 종자는 기계적인 휴면이 있어 발아율이 10% 미만이었으나 종자활력은 95% 이상 높았다는 보고와 같은 경향이였다(Imrie, 1992;

Table 3. Influence of seed planting time on growth characteristics of CMV seedling before winter.

| Seed planting time | Seedling height (cm) | | Root length (cm) | | Leaf number (no) | | Dry weight (mg/10 plants) | |
|--------------------|----------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 |
| 10 DBWD | 6.3 | 6.1 | 4.2 | 3.6 | 7.2 | 8.2 | 85 | 92 |
| 5 DBWD | 7.5 | 8.9 | 4.5 | 3.9 | 5.5 | 6.8 | 60 | 90 |
| Water drainage | 5.8 | 6.9 | 3.0 | 4.3 | 2.9 | 4.8 | 46 | 66 |
| 5 DAWD | 5.0 | 4.7 | 2.0 | 3.9 | 1.5 | 2.0 | 32 | 38 |
| 10 DAWD | 4.7 | 4.9 | 2.2 | 3.6 | 0.2 | 0.8 | 24 | 27 |
| 15 DAWD | 1.5 | 1.9 | 1.5 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 18 | 19 |
| LSD (0.05) | 0.8 | 2.0 | 1.1 | 2.0 | 1.2 | 2.0 | 10.8 | 11.5 |

Table 4. Influence of seed planting time on dry matter production and nitrogen yield of CMV plant at May 10th to 20th.

| Seed planting time | Dry weight (kg/10a) | | Fresh weight (ton/10a) | | Nitrogen content (%) | | Nitrogen yield (kg/10a) | |
|--------------------|---------------------|-----------|------------------------|-----------|----------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 | 2006-2007 | 2007-2008 |
| 10 DBWD | 637 | 638 | 3.25 | 3.40 | 3.2 | 2.7 | 20.4 | 17.2 |
| 5 DBWD | 681 | 688 | 3.43 | 3.56 | 3.0 | 2.7 | 20.5 | 20.1 |
| Water drainage | 656 | 746 | 3.10 | 4.05 | 2.9 | 2.8 | 18.7 | 19.3 |
| 5 DAWD | 573 | 658 | 2.78 | 3.71 | 3.0 | 2.8 | 17.0 | 18.4 |
| 10 DAWD | 427 | 549 | 2.28 | 2.82 | 2.2 | 2.5 | 9.4 | 13.7 |
| 15 DAWD | 386 | 360 | 2.07 | 1.85 | 2.1 | 2.6 | 8.1 | 9.4 |
| LSD (0.05) | 52.1 | 86.7 | 0.24 | 0.45 | - | - | - | - |

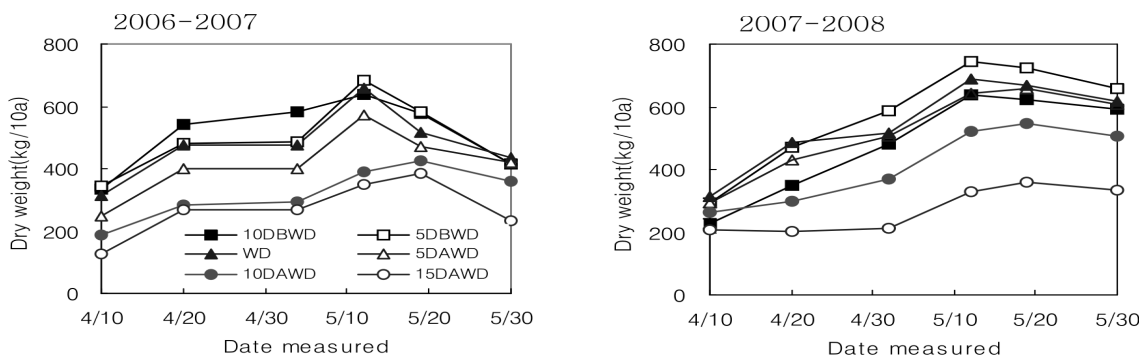


Fig. 2. Influence of seed planting time on the change of dry matter production of CMV plant throughout the growth period in two growing seasons.

Table 5. Influence of seed planting time on CMV seed yield and germination characteristics in 2007-2008.

| Planting date | Seed yield (kg/10a) | 1,000-seed weight (g) | Germination (%) | Seed viability (%) |
|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| 10 DBWD | 23.5 | 3.2 | 5.7 | 99.7 |
| 5 DBWD | 26.2 | 3.1 | 9.7 | 97.7 |
| Water drainage | 30.8 | 3.0 | 8.3 | 98.0 |
| 5 DAWD | 24.2 | 3.1 | 6.3 | 96.3 |
| 10 DAWD | 19.4 | 3.2 | 5.3 | 97.7 |
| 15 DAWD | 17.3 | 3.1 | 9.3 | 97.7 |
| LSD (0.05) | 2.7 | 0.2 | ns | ns |

Shim and Kang, 2004; 이 등, 2008; Na *et al.*, 2007).

적 요

자운영 안전입모수 확보를 위한 벼 낙수시기를 기준 자운영 파종적기를 시험한 결과는 다음과 같다.

1. 벼 낙수 전 5일~낙수 후 5일 사이에 파종시 자운영 종자가 발아를 할 수 있는 충분한 토양수분이 있어 월동후 평균 입모수 및 월동율은 각각 530~670개/m², 79.1~82.8%로 높아 낙수 10일 이후 파종 보다 입모수 확보에 유리하였다.

2. 월동후 전생육기간 파종시기별 자운영 건물중도 낙수 전 5일~낙수후 5일에서 573~746 kg/10a으로 높아 17.0~20.5 kg/10a 질소를 생산할 수 있었다.

3. 자운영 종자를 너무 늦은 10월초나 낙수 10일이후에 뿌리면 자운영 종자가 출아를 하는데 온도가 낮고 수분이 부족하여 생육부진으로 월동율이 낮아 자운영 입모수가 부족하였다.

4. 낙수 10일전에 너무 일찍 파종해도 출아를 한 자운영이 습해를 받아 입모가 불량하였다.

5. 종자수량도 낙수 전 5일~낙수후 5일에 파종시 24.2~30.8 kg/10a으로 높았으나 낙수후 10일 이후 파종은 종자 생산량도 19.4 kg/10a으로 낮았다.

따라서 자운영 안전 입모수 확보, 월동율, 건물생산성을 고려한 자운영 파종적기는 낙수전 5일(9월 20일)~낙수후 5일(9월 30일)이었다.

인용문헌

Bewley, J. D. and M. Black. 1985. *Seeds; Physiology of Development and Germination*, Plenum. Press. 367p.
 Cho, Y. S. and Z. R. Choe. 1999. Vetch effects for the low-input no-till direct-seeding rice-vetch cropping system. *Kor. J. Crop Sci.* 44(3) : 221-224.
 Imrie, B. C. 1992. Reduction of hardseedness in mungbean by

short duration high temperature treatment. *Aust. J. Exp. Agric.* 32 : 483-486.
 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. 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.
 강위금, 강중국. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용. 제3장 자운영. *농촌진흥청*. 85-130p.
 김영광, 홍광표, 정완규, 최용호, 송근우, 강진호. 2001. 자연적인 자운영 재입모를 위한 적정 벼 재배유형. *한작지*. 26(6) : 473-477.
 성낙춘, 박근용, 조재영. 1990. 온도, polyethylene glycol 및 황산처리기가 자운영의 발아에 미치는 영향. *한작지*. 35(3) : 248-253.
 이병진, 최진룡, 김상열, 오성환, 김준환, 황운하, 안종웅, 오병근. 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 연구. *농업논문집* 38(2):299-303.
 정지호, 강중국, 양창휴, 심형권, 최만영, 임일빈, 이상복, 김희권, 윤봉기, 이인. 2007. 호남지역 자운영 이용 친환경 벼 재배기술. *호남농업연구소*. pp.66.