

국내 채종 및 수입 녹비작물 종자의 발아 및 활력 특성 구명

김상열[†] · 오성환 · 한상익 · 서우덕 · 장기창 · 나지은 · 이종희 · 조준현 · 이지윤 · 최경진 · 송유천 · 여운상 · 강항원

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

Germination and Viability of Green Manure Crop Seeds Produced from Domestic and Foreign Countries

Sang-Yeol Kim[†], Seong-Hwan Oh, Sang-Ik Han, Woo-Duck Seo, Ki-Chang Jang, Ji-Eun Na, Jong-Hee Lee, Jun-Hyeon Cho, Ji-Yoon Lee, Kyung-Jin Choi, You-Chun Song, Un-Sang Yeo, and Hang-Won Kang

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

ABSTRACT Seed germination and dormancy of three green manure seeds such as hairy vetch, crimson clover and narrow-leaved vetch (*Vicia angustifolia* L.) produced in Milyang, southern part of Korea were investigated to provide a basic information on the stability of seedling establishment in green manure seeds. In addition, the effect of seed storage duration on the germinability of imported hairy vetch and crimson seeds was also investigated. To determine the seed maturity time of three green manure seeds, the seeds were harvested manually at May 25, May 30, and June 4, and the 100-seed weight, germinability and percentage of hard seed were evaluated. Freshly harvested seeds of three green manure crops were strongly dormant because of hard seed coat. Germination percentage of the three green manure crops varied depending on the seed harvest time ranging from 30 - 52% in hairy vetch, 16 - 35% in crimson clover and 2 - 61% in *V. angustifolia*, respectively. Of the three crops, crimson clover and *V. angustifolia* matured early on May 30 to June 4 (around 35 to 40 days after flower) but hairy vetch seed did not mature until June 4 based on the seed germinability. The matured seed of crimson clover and *V. angustifolia* germinated less than 20% while scarification on seed coat significantly overcome the innate dormancy. On the other hand, the seed germination of hairy vetch and crimson clover was lower under dark than in the presence of light. The germination percentage of the imported hairy vetch and crimson clover seeds showed high with 77 - 79%, 94 - 95%, respectively, but the seed germination significantly declined by 21 - 32%, 30 - 40% after one-year of storage under natural conditions. The seeds germinated only 8 -

13% for hairy vetch but crimson clover did not germinate at all after two years storage. These results indicate *V. angustifolia* and crimson clover mature at May 30 to June 4 but hairy vetch did not. The imported hairy vetch and crimson clover seeds should be used within one-year after import for stable seedling establishment in green manure-rice cultivation cropping system.

Keywords : hairy vetch, crimson clover, *Vicia angustifolia*, germination, seed dormancy, storage duration, seed viability

자운영, 헤어리베치는 월년생 녹비작물로서 질소비료 사용을 절감하고, 잡초발생을 경감 시킬 뿐 만 아니라 토양비옥도를 증진시키는 등 여러 가지 장점이 있어 우리나라에서 겨울동안 휴경논에 많이 재배되고 있다(정 등, 1995; 정 등, 1996; Cho & Choe, 1999; 강 & 강, 2002; 서 등, 2000; 정 등, 2007). 최근 소비자들의 친환경농산물에 대한 관심 증가와 더불어 2013년까지 화학비료를 40% 절감을 목표로 하는 정부의 친환경 농업정책에 따라 녹비작물의 중요성은 더욱 커지고 있다. 녹비작물 재배면적은 2007년까지 계속 증가하다가 다소 감소하였지만 2009년 재배면적이 77,000 ha로 여전히 높고 도입작물 중에는 자운영이 헤어리베치보다 높다.

최근 친환경 등을 목적으로 국내에서 녹비종자 생산을 추진하고 있으나(김 등, 2005; 김, 2007; 이 등, 2008), 아직 자운영, 헤어리베치 종자 등 녹비종자를 매년 중국 및 일본에서 수입해서 사용을 하고 있고 수입량은 녹비재배 면적과

[†]Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1174 (E-mail) kimsy3@korea.kr

<Received 5 September, 2011; Revised 16 September, 2011; Accepted 1 November, 2011>

더불어 증가하여 2009년에는 2008년의 1.4배가량인 3,840톤(96억원)을 수입하여 외화 낭비가 심하다.

녹비종자 파종은 9월 중·하순에 벼 수확을 위한 낙수 직전에 10a당 자운영은 5 kg, 헤어리베치는 8 kg을 뿌리면 벼 수확 전에 출아를 하여 월동을 하고 이듬해 4월 중순 경에 개화를 하여 5월 하순~6월중순 경에 종자가 성숙하게 된다(황 등, 2007; 김 등, 2009b). 일반적으로 농가에서는 자운영 및 헤어리베치 종자가 성숙되기 전 3월~4월에 일찍 논을 경운하기 때문에 종자를 매년 파종하고 있는 실정이다.

녹비작물 재배시 충분한 생체량을 확보하는 것이 후작물인 벼에 충분한 영양분을 공급할 수가 있어 매우 중요한데, 10a당 생초량이 자운영은 2.5톤, 헤어리베치는 2.0톤이 되면 녹비작물만으로 벼 생육에 필요한 양분을 충분히 공급되기 때문에 무비조건에서도 벼 재배가 가능한 것으로 보고되고 있다(강과 강, 2000). 충분한 생초량을 얻기 위해서는 안전 입모수를 확보해야 하는데 이를 위해서는 국내 및 수입 녹비 종자의 발아 및 휴면특성에 대한 구명이 필요하다. 지금까지 국내 및 수입 녹비작물 발아 휴면특성 및 종자활력유지기간에 대한 연구는 자운영에 대해서는 많이 보고되어 있지만 헤어리베치, 크림손클로버 및 살갈퀴에 대한 보고는 별로 없는 편이다(전 등, 1997; 전 등, 2000; 김 등, 2009a; 성 등, 2009). 성숙된 자운영은 경실종자이기 때문에 기계적인 휴면이 있고 수확후 5~6개월이 경과해야 휴면이 타파되어 80% 이상 발아율을 나타낸다(Suetsugu & Ueki, 1960; Na *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2008a; 2008b). 또 발아 적온은 15~20°C(Shim & Kang, 2004)와 20~25°C(정 등, 2007)로 연구자들에 의해 약간의 차이가 있었다.

녹비작물의 발아 및 휴면특성 연구는 녹비 종자생산, 입모관리 및 지속재배 가능 녹비작물 선발의 기초자료가 될 수 있어 중요하다. 따라서 본 시험은 국내에서 생산한 녹비종자의 성숙시기별 발아 및 휴면특성과 수입 녹비종자의 활력유지기간을 구명하여 녹비재배 농가의 안전 입모수 확보를 위한 기초자료를 제공하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

녹비종자 수확시기별 발아 특성

본시험은 밀양소재 국립식량과학원 기능성 작물부 시험포장 및 실험실에서 실시하였다. 조숙종 헤어리베치(마메초), 크림손클로버는 2008년 9월에 수입한 종자를, 살갈퀴는 2008년 6월 초에 밀양지역에서 채종한 종자를 사용하였다. 크림손클로버 종자는 벼 수확을 위한 낙수직전인 9월 24일에 10a당 각각 5 kg, 헤어리베치와 살갈퀴는 9월 30일에 10a당 각각 8

kg을 손파종하여 입모를 시킨 후, 다음해인 2009년 5월 25일부터 6월 4일까지 5일 간격으로 꼬투리를 채취한 다음 종자를 분리하여 시험재료로 사용하였다. 분리한 종자는 100립중 및 수분함량을 조사하였다. 종자수분함량은 100°C 건조기에 4일 동안 건조 한 후 무게를 평량하여 나타내었다. 발아시험은 지름이 9 cm 페트리디쉬에 Whatman #1 여과지를 1장 깔 후 반복당 50립을 치상하여 5 ml의 증류수를 부은 후 20°C 발아기(Conviron, Canada)에서 실시하였다. 발아율은 치상후 10일에 조사하였고 완전입의 배치 4반복으로 실시하였다.

녹비종자의 휴면 특성

수확시기별로 채취한 크림손클로버, 헤어리베치, 살갈퀴 종자를 상온에서 2주간 보관 한 후 위와 같은 방법으로 발아시험을 실시하였다. 성숙시기별 휴면정도 및 종자활력 조사를 위해 칼날로 종피에 상처를 낸 종자와 무처리 종자와 함께 발아시험을 실시하였다. 최종 발아율을 조사한 후 미발아된 종자는 손으로 종자를 눌러 종피가 경실인지를 확인 후 경실율로 나타내었다.

위의 실험결과 크림손클로버와 살갈퀴 종자는 밀양지역에서 5월 30일 전후 성숙이 가능하므로 크림손클로버, 살갈퀴 종자의 휴면기간을 알기 위해서 6월 4일에 수확한 성숙된 종자를 상온에서 보관한 후 수확 후 30일부터 수확 후 360일까지 1~3개월 마다 발아율을 조사하였다. 헤어리베치 종자는 6월 4일까지 완전히 성숙되지 않았기 때문에 휴면특성시험에 제외시켰다. 발아율과 경실율은 위와 같은 방법으로 조사하였다.

수입 녹비종자의 광의 영향 및 활력유지기간 조사

2008년과 2009년에 중국, 일본 및 미국에서 수입 헤어리베치, 조숙종 헤어리베치(마메초) 및 크림손클로버 종자를 사용하여 시험을 실시하였다. 발아시 빛의 필요 유무를 알기 위해 petridish에 녹비종자를 넣고 증류수 5 ml를 부은 다음, 암조건 처리는 2겹의 알루미늄 호일로 싸고, 다른 1세트는 광조건 상태에서 발아시험을 실시하였다.

종자활력유지기간 조사는 종자를 상온 종자보관실에 보관 후 1년마다 2년간 발아율 및 종자 활력을 조사하였다. 종자활력은 종피를 칼날로 상처를 낸 다음 발아 시험을 하여 발아가 된 것은 종자 활력이 있는 것으로 판단하였다. 발아시험은 20°C 발아기에서 위와 같은 방법으로 실시하였다.

결과 및 고찰

성숙시기별 녹비종자 발아 특성

수확시기별 녹비종자 100중 및 수분함량은 표 1과 같다.

Table 1. Effect of harvest times on the seed weight and moisture content of three green manure seeds.

Green manure	Flowering date	Seed harvest date	100 seed weight (g)	Moisture content (%)
Hairy vetch	May 11	May 25	4.66 ± 0.22	75.0 a
		May 30	4.82 ± 0.29	74.1 a
		June 4	5.17 ± 0.10	65.7 ab
Crimson clover	May 7	May 25	0.29 ± 0.01	63.0 a
		May 30	0.39 ± 0.02	58.2 a
		June 4	0.30 ± 0.01	11.0 b
<i>V. angustifolia</i>	May 7	May 25	1.78 ± 0.18	62.7 a
		May 30	1.56 ± 0.05	64.3 a
		June 4	1.25 ± 0.04	17.5 b

Means with the different letters in column are significantly different at 5% level by DMRT

Table 2. Effect of harvest time on the seed germination and seed hardness of three green manure seeds.

Green manure	Seed harvest date	Germination(%)		Seedhard ness (%)
		Intact seed	Clipped seed	
Hairy vetch	May 25	48 a	57 b	36 c
	May 30	52 a	77 a	43 b
	June 4	30 b	85 a	66 a
Crimson clover	May 25	35 a	89 a	61 b
	May 30	34 a	94 a	63 b
	June 4	16 b	94 a	81 a
<i>V. angustifolia</i>	May 25	61 a	85 a	28 c
	May 30	22 b	94 a	74 b
	June 4	2 c	95 a	98 a

Means with the different letters in column are significantly different at 5% level by DMRT

크림손클로버와 살갈퀴는 5월 7일경 개화하는 반면 헤어리베치는 5월 11일로 4일 가량 늦었다. 100립중으로 본 종자의 무게는 크림손클로버가 5월 25일에 채종한 5월 30일과 6월 4일에 채종한 종자보다 가벼웠으며 5월 30일과 6월 4일에 채종한 종자의 무게는 비슷하였다. 반면 헤어리베치 및 살갈퀴 수확시기가 5월 25일에서 6월 4일로 늦어질수록 100립중이 무거운 경향이였다.

종자의 수분함량은 크림손클로버와 살갈퀴의 경우 5월 30일까지 58~70% 정도로 높았으나 6월 4일경에는 수분함량이 급격히 떨어져 11.0~17.5%로 낮았다. 반면 헤어리베치의 종자는 6월 4일까지도 수분함량이 65.7~75.0%로 다른 녹비종자 보다 훨씬 높았다. 이러한 경향은 일반적으로 종자가 성숙되면서 수분이 감소하는데 크림손클로버와 살갈퀴의 경우 밀양에서 5월 30일 경에 성숙이 되는 반면 헤

어리베치의 경우 개화시기가 늦기 때문에 성숙이 되지않는다는 것을 나타낸다. 자운영의 경우 종자가 성숙되면 수분함량이 60%에서 10% 정도로 낮아지나 종자활력은 증가하고(Na *et al.*, 2007), 최종적으로는 종자가 건조되면서 무게 및 화학적 조성이 변하지 않는다는 보고와 비슷한 경향이였다(최 등, 2006).

성숙시기별 녹비종자의 무처리 발아율은 표 2와 같이 크림손클로버는 16~35%, 헤어리베치는 30~52%, 살갈퀴 2~61%로 3 녹비종자 모두 5월 25일 채종에서 6월 4일보다 발아율이 다소 높았으나 경실종자 비율은 발아율과 반대로 종자가 성숙될수록 높았다. 성숙시기별 종자 경실율은 크림손클로버는 61~81%, 살갈퀴는 28~98%로 비교적 높았으나, 헤어리베치는 36~66%로 다소 낮았다. 이러한 결과는 녹비종자가 성숙이 되면서 경실화되기 때문에 강한 휴면을

가져 발아율이 낮아진다는 것을 나타낸다. 종자의 종피가 경실화 되면 발아에 필요한 수분 흡수 및 산소 통과를 저해하기 때문에 발아율이 낮아지는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2008a).

그러나 종피에 약간의 상처를 낼 경우 발아율은 크림손클로버는 89~94%, 살갈퀴 ~93%, 헤어리베치 57~83%로 무처리에 비해 모두 훨씬 높아졌다. 시기별로는 5월 25일 채종시 대부분이 83~87%를 보여 종자활력이 낮았으나 5월 30일 이후 채종시 94% 이상 종자활력을 나타내었다. 반면 헤어리베치 종자는 6월 4일에 채종한 종자의 활력이 85%로 낮았다. 이러한 결과는 밀양지역에서 크림손클로버 및 살갈퀴 종자는 5월 30일 이후 모두 성숙이 되는 반면 조숙종 헤어리베치는 6월 4일까지도 종자가 성숙이 되지 않는다는 것을 나타낸다. 성숙된 3종의 녹비 종자의 종피를 상처를 내면 무처리보다 훨씬 높은 발아율을 나타내는데 이러한 것은 3종류의 녹비종자 모두 종피가 경실화 되어 발아를 하지 못하는 기계적 휴면인 것을 알 수 있다. 자운영 종자의 발아도 종피의 기계적인 휴면에 의해 발아가 억제된다고 보고하였다(Shim & Kang, 2004; Na *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2009).

밀양지역에서 크림손클로버, 살갈퀴 종자는 5월말~6월 초에 거의 성숙되기 때문에 이들 녹비작물을 5월 말경에 토양에 로타리 환원한 후 벼를 재배하면 토양에 묻힌 크림손클로버 및 살갈퀴 종자는 종피가 딱딱하여 수분 침투가 억제되어 벼를 재배하는 기간동안 서서히 휴면히 타파되기 때문에 상당히 오랜기간동안 토양속에서 활력을 유지할 수 있어 지속재배가 될 가능성이 높은 녹비작물이다. 자운영의 경우 토양에 속에서 적어도 2년 정도의 활력을 할 수 있어 녹비재배시 안정적인 입모수 확보가 가능하다고 보고하였

다(김 등, 2010). 따라서 자운영이 알팔파 바구미 등으로 문제가 될 경우 살갈퀴 등이 지속재배 가능한 녹비작물로 대체가 가능할 것으로 사료된다. 성 등(2009)의 연구결과에 의하면 살갈퀴는 수원에서 지속재배 가능성을 보고하였다. 하지만 크림손클로버와 살갈퀴의 지속재배 가능성 구명을 위해 종자가 성숙되는 5월 말경에 종자를 토양환원 후 벼를 재배해서 가을철에 재입모되는 정도를 추후 구명하는 시험이 수행되어야 할 것으로 사료된다. 반면 조숙종 헤어리베치는 6월 4일 수확해도 종자활력이 낮고 경실율도 낮은 것으로 보아 종자성숙은 6월 4일 이후되는 것을 알 수 있다.

휴면기간

그림 1은 저장기간별 크림손클로버와 살갈퀴의 발아 및 휴면특성을 나타낸다. 수확 후 녹비종자의 발아율은 저장기간이 경과함에 따라 휴면이 점차 타파되어 경실종자의 비율이 낮아졌는데 크림손클로버 및 살갈퀴는 6개월이 경과한 후에 각각 63~68%, 70~77% 발아율 나타내었다. 반면 경실율은 크림손클로버의 경우 28~34%, 살갈퀴는 18~28%로 낮았다. 이러한 결과는 국내에서 당해 수확한 녹비종자를 9월에 파종하려면 휴면 타파 처리를 하거나 휴면이 완전히 타파되는 수확후 1년이 경과한 종자를 사용해야 안전한 입모수를 확보할 수 있다는 것을 나타낸다. 자운영도 수확 후 5~6개월이 지나야 발아율이 80%로 높아졌다는 결과와 비슷한 경향이였다(Kim *et al.*, 2008b; 김 등, 2009a).

수입 녹비종자 발아 특성

수입 헤어리베치와 크림손클로버 종자의 발아시 광의 영향을 조사한 결과, 광조건에서 발아율은 헤어리베치가 79~77%, 크림손클로버가 94%로 광조건이 암조건보다 발아

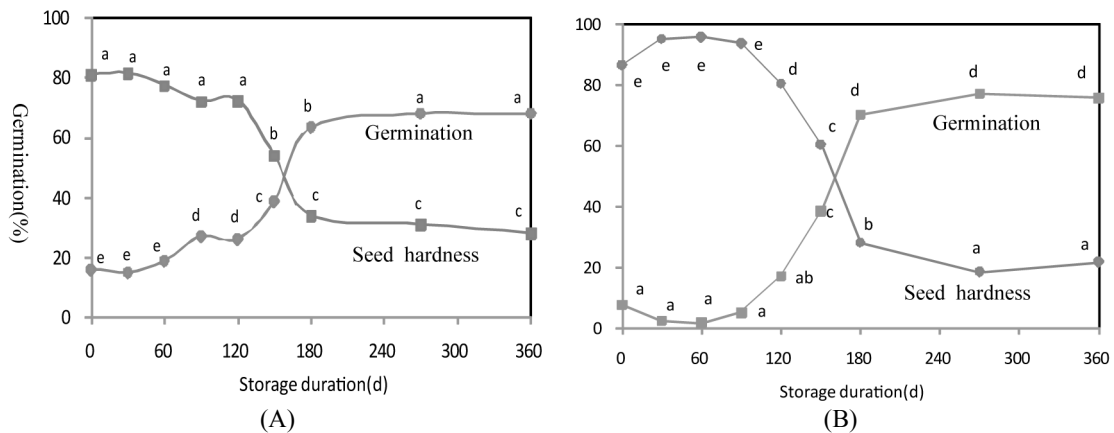


Fig. 1. Change of physical dormancy and seed hardness ratio of freshly harvested crimson(A) and *Vicia angustifolia*(B) seeds as influenced by storage duration in cage house.

Table 3. Germination of hairy vetch and crimson clover seeds as influenced by light and darkness.

Green manure	Germination(%)		
	Light	Darkness	Difference
Hairy vetch1	79	75	ns
Hairy vetch2	77	72	ns
Crimson clover	94	90	ns

ns : not significant at 5% level T-test value

Table 4. Germination percentage and seed viability of imported hairy vetch and crimson clover seeds as influenced by the duration of seed storage at room temperature.

Year of seed imported	Storage duration (month)	Germination (%)		
		Hairy vetch1	Hairy vetch2	Crimson clover
2008 Sept.	0	77a	79a	96a
	12	56b	61b	66b
	24	13c	5c	0c
2009 Sept.	0	79a	76a	94a
	12	47b	50b	54b
	24	8c	7c	0c

Means with the same letter in column are not significantly different at 5% level by DMRT

율이 4~5% 정도 높았으나 통계적인 유의성은 없었다(표 3). 이러한 결과는 헤어리베치 및 크림손클로버 종자를 가을에 벼 입모중에 파종시 벼 잎의 균락 및 벧짚 등에 의해서 광이 차단되어도 입모에 크게 영향을 받지 않는다는 것을 나타낸다. 자운영 및 많은 잡초종자 발아시험에서 암조건에서도 광조건과 비슷한 발아율을 나타내었다(김 등, 2009a; Gramshaw & Stern, 1977; Baskin & Baskin, 1998; Vinod *et al.*, 2008).

수입 헤어리베치 및 크림손클로버 종자의 저장기간별 발아율은 표 4와 같다. 헤어리베치 종자를 상온에 보관할 경우 수입 1년후 발아율은 수입당시 발아율 76~79%보다 18~32%가 낮았고, 2년후에는 종자발아율이 급격히 떨어져 5~13%로 낮아졌다. 크림손클로버 종자도 헤어리베치종자와 마찬가지로 수입당시 발아율은 94~96%로 높았으나 1년후에는 54~66%로 낮아졌고, 2년 후에는 거의 발아를 하지 않았다. 이러한 결과는 농가에서 전년도에 구입한 수입 헤어리베치, 크림손클로버 종자를 보관하고 있을 경우 가급적 수입후 1년이내에 사용하는 것이 바람직하며 수입후 1년이 경과한 헤어리베치 종자는 10a당 추천 파종량 8 kg/10a 보다 1.5~1.7배, 크림손클로버는 추천 파종량 5 kg/10a 보다 1.6~1.9배를 뿌려야 입모수 확보에 문제가 크게 없다는 것을 의미한다. 반면 수입후 2년이 경과한 종자

는 종자활력이 떨어져 발아율이 낮으므로 사용하지 않아야 한다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 헤어리베치와 크림손클로버는 수입후 2년 후에도 33~35%의 종자활력이 유지되는 자운영과 달리 종자활력이 일찍 소실된다는 것을 나타낸다(김 등, 2010).

이상의 결과에서 자운영 및 크림손클로, 살갈퀴는 밀양지역에서 5월 30일이 후 완전히 성숙된다는 것을 나타내기 때문에 5월말~6월초에 채종이 가능하고 또 이시기에 토양에 환원할 경우 이들 녹비작물의 지속재배가 가능하리라 사료된다. 또한 수입헤어리베치 및 크림손클로버 종자는 가능한 수입후 1년 이내에 사용하는 것이 바람직하다.

적 요

녹비종자의 입모증진 및 지속재배 가능성을 구명하고자 국내산 녹비종자의 종자의 성숙시기별 발아 및 휴면 특성과 수입녹비종자의 종자활력유지기간을 구명한 결과는 다음과 같다.

1. 녹비종자의 채종시기별 발아율은 5월 25일에서 6월 4일로 종자 성숙이 진전 될수록 경실율이 높아져 낮아졌다. 6월 4일 수확한 녹비종자의 무처리 발아율은 마

메초 30%, 크림손클로버 16%, 살갈퀴는 2%로 낮았으나 종피 파상처리후 종자활력은 마메초 85%, 크림손클로버 94%, 살갈퀴는 95%로 높아 녹비종자의 휴면은 종자경실에 기인한 것으로 확인되었다.

2. 녹비종자 성숙시기별 종자 활력은 크림손클로버와 살갈퀴는 5월 30일 이후에는 90%이상으로 높았으나 마메초는 77~85%로 낮아 크림손클로버와 살갈퀴는 밀양에서 5월 30이후 완전히 성숙이 되었으나 마메초는 6월 4일까지도 성숙이 되지 않았다.
3. 6월초에 수확한 녹비종자를 상온저장 후 매월 발아율 및 경실율(휴면율)을 조사한 결과, 저장기간이 경과함에 따라 경실종자의 비율이 감소하여 발아율이 증가하였으나 녹비종자 파종시기인 9월까지도 발아율이 26~34%로 낮았다. 따라서 국내 생산 녹비종자 이용시 9월 파종직전 휴면타파 처리를 해야 안전 입모수 확보가 가능할 것으로 판단되었다.
4. 수입 녹비종자의 광조건이 암조건보다 발아율이 4~5% 정도 높았으나 통계적인 유의성은 없어 녹비종자의 발아에 광의 영향은 크게 받지 않았다.
5. 수입 헤어리베치와 크림손클로버 종자를 상온보관시 1년후에는 발아율이 헤어리베치는 18~32%, 크림손클로버는 30~40%가 낮았고, 2년후에는 발아율이 헤어리베치는 5~13% 정도로 낮고 크림손클로버는 전 혀발아가 되지 않아 수입후 2년이 경과한 종자는 사용하지 말아야 한다.

인용문헌

Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 1998. Ecology of seed dormancy and germination in grasses. Pages 30-83 in G. P. Cheplick, ed. Population Biology of Grasses. Cambridge, UK, Cambridge University Press.

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.

Gramshaw, D. and W. Stern. 1977. Survival of annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.) seed in a Mediterranean type environment, II: effects of short-term burial on persistence of viable seed. Aust. J. Agric. Res. 28 : 93-101.

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.

Suetsugu, I. and C. Ueki. 1960. On the hard-coatedness in Renge seeds. Bull. Hokuriku Agr. Exp. Sta. No. 1, pp. 89-121.

Vinod, K. P., K. Chejara, D. B. R. Whalley, B. M. Sindel, and C. Nadolny. 2008. Factors affecting germination of coolatai grass(*Hyparrhenia hirta*). Weed Sc. 56 : 543-548.

최봉호, 김석현, 민태기. 2006. 종자생산학, 향문사.

이병진, 최진룡, 김상열, 오성환, 김준환, 황운하, 안중용, 오병근. 2008. 자운영 종자생산을 위한 적정 수확시기 구명. 한작지. 53(1) : 70-74.

장위금, 강종국. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용. 제3장 자운영. 농촌진흥청. pp. 85-130.

김민태. 2007. 두과녹비작물 헤어리베치의 개화 및 결실에 관한 연구/ 한국작물학회: 학술대회논문집, 6th OSONG INTERNATIONAL BIO-SYMPOSIUM pp. 227.

김민태, 조현숙, 엄순표, 이종기, 성기영, 이장용, 김충국. 2005. 국내 자생종 헤어리베치 우수 종자 선발, 한국작물학회 학술대회논문집 pp. 250-251.

김상열, 오성환, 최경진, 박성태, 김정일, 여운상, 강항원. 2009a. 수입 및 국내 채종 자운영 종자의 발아 특성. 한작지. 54(4) : 384-389.

김상열, 오성환, 최경진, 김정일, 박성태, 여운상, 강항원. 2009b. 벼 낙수시기 기준 자운영 파종적기 구명. 한작지. 54(3) : 260-264.

김상열, 황운하, 이종희, 오성환, 조준현, 한성익, 정국현, 박성태, 최경진, 김정일, 이지윤, 송유천, 여운상, 강항원. 2010. 토양속에서 자운영 종자의 휴면성 및 종자활력 변화. 한작지. 55(1) : 76-82.

황동용 등 28인. 2007. 자운영 이용 친환경 쌀 생산 기술. 영남 농업연구소. pp. 141.

전남수, 이병진, 최진룡. 1997. 피복작물로서 자운영 (Chinese milkvetch, *Astragalus sinicus* L.)과 살갈퀴(Narrowleaf vetch, *Vicia angustifolia*)의 발아 및 생장특성. 한국작물학회 학술대회논문집 pp. 118-119.

전남수, 최진룡, 김은석, 김영광, 홍광표, 정완규, 송근우. 2000. 지속농업체계의 동계피복작물로서 자운영(*Astragalus sinicus* L.)과 살갈퀴 (*Vicia angustifolia*)의 기능평가. 한국작물학회 학술대회논문집 pp. 158-159.

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 질소시비량 절감 연구농업논문집 38(2) : 299-303.
- 정지호, 강종국, 양창휴, 심형권, 최만영, 임일빈, 이상복, 김희권, 윤봉기, 이 인. 2007. 호남지역 자운영 이용 친환경 벼 재배기술. 호남농업연구소. pp. 66.
- 서종호, 이호진, 허일봉, 김시주, 김충국, 조현숙. 2000. 동계녹비작물 초종별 화학성분 및 생산성 비교. 한초지. 20(3) : 193-198.
- 성기영, 전원태, 조현숙, 정광호, 김충국. 2009. 두과 2년생 잡초 살갈퀴의 녹비 이용성 검토. 한국잡초학회 학술대회논문집 pp. 53-54.