

## 토양속에서 자운영 종자의 휴면성 및 종자활력 변화

김상열<sup>†</sup> · 황운하 · 이종희 · 오성환 · 조준현 · 한상익 · 정국현  
박성태 · 최경진 · 김정일 · 이지윤 · 송유천 · 여운상 · 강항원

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

### Change of Seed Dormancy and Viability of Chinese Milk Vetch (*Astragalus sinicus* L.) in Rice Field

Sang-Yeol Kim<sup>†</sup>, Woon-Ha Hwang, Jong-Hee Lee, Seong-Hwan Oh, Jun-Hyeon Cho, Sang-Ik Han, Kuk-Hyun Jeong, Sung-Tae Park, Kyung-Jin Choi, 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** Experiments were conducted to investigate seed persistence of Chinese milk vetch(CMV) in naturally reseeded rice field in 2007~2009. The seed and pods with seeds were buried in rice field at 0, 5 and 10 cm depths and retrieved from the field at one to three month intervals from July to the following year March and determined change of seed dormancy and viability. In the second experiment, persistence of the CMV seeds in the naturally reseeded rice field at different tillage methods and soil depths were also investigated after rice harvest in autumn. Burial depths and durations affected recovery rate, dormancy and viability of CMV seed. The viability loss was faster and greater in the seed than the pod with seeds and on the soil surface than the 5 or 10 cm burial depths. The recovery rate of CMV seed was decreased starting from one month as seed burial and it was significantly decreased to 52~65% for the seed in September. However, unlike the seed burial, the nearly 100% CMV seeds were recovered for burial as pod with seeds even after four months burial in both 0 and 5 cm depths. However, the recovery rate was sharply declined to below 30% at October in 2007 in both seed and pods with seeds and in the 2008/2009 experiment. the 15~47% of CMV seeds still remained even after October. The CMV had high seed dormancy of 95%, showing only 4~5% germination at the beginning in June but the seed germination increased to 25 to 35% in seed and 55 to 61% in pod with seeds in September due to breakage of hard seed dormancy. The viability loss was faster in the seed than in the pod with seeds regardless of depths of placement in the soil base on decayed seeds.

Also the seed placed on the soil surface lost viability faster than the 5~10 burial depths. On the other hand, field observation in the naturally reseeded CMV rice field showed that as many as 917~2,185 CMV seeds m<sup>2</sup> were from the 0~15 cm soil depth in the rotary tillage and 250~10,105 CMV seeds in minimum tillage treatments. The recovered seed germinated 25~33%, 23~43% but still had high percentage of hard seed having 64~72% and 51~77% even after rice harvest in autumn. These results indicate that freshly harvested CMV seeds had high level of primary dormancy and the dormancy was gradually broken in soil with time during rice cultivation periods and appreciable number of CMV seeds remained even 4 month after burial in soil. CMV plant regenerated naturally from the remained seed bank at rice harvest time in autumn. The CMV seedling still emerged even after 2 years of continuous destructive killing of emerged CMV plant by rotary tillage in naturally reseeded CMV plant in rice field, indicating that CMV seeds do persistent as least two years in soil.

**Keywords** : burial depth, Chinese milk vetch, dormancy, natural reseeded, viability

**자운영** 지속재배 답에서 벼 재배기술은 자운영 종자를 한번만 뿌리고 2년차 부터는 자운영이 자연적으로 재입모 되는 것을 이용하여 벼를 재배하는 기술로서 지금까지 많은 연구개발이 되었다(강 & 강, 2002; 김 등, 2001, Kim et al., 2008b). 자운영 지속재배는 남부지역에서 자운영 종자가 성숙이 되는 5월 하순경에 자운영 식물체를 토양에 환원하면 종자 또는 꼬투리가 토양속 0~15 cm 깊이에 묻히게 되고

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1174  
(E-mail) kimsy3@rda.go.kr <Received January 20, 2010>

벼를 이앙하면 휴면하고 있던 자운영 종자가 벼 재배기간 동안 토양속에서 휴면이 서서히 타파되어 가을철 낙수 후에 다시 재 발아가 되어 생육하게 된다(김 등, 2001; Kim et al., 2008a; Kim et al., 2008b). 자운영 지속재배 기술은 매년 파종하는 것보다 종자구입비 및 시비량이 절감 될 뿐 만 아니라 월동율도 비교적 높아 안정적인 자운영 입모수 확보도 별문제가 없는 것으로 보고하였다(Kim et al., 2010).

자운영 지속재배가 가능한 이유는 자운영 종자가 종피의 경실로 인한 강한 기계적 휴면특성을 가졌기 때문이다. 성숙된 자운영 종자는 휴면율이 90% 이상으로 높고(Lee et al., 2006; Na et al., 2007; Kim et al., 2008a; 이 등, 2008), 휴면기간도 상온에서 5~6개월로 상당히 길기 때문에 5월 말에 수확한 자운영 종자를 당해 가을에 뿌리려면 고온처리 등 휴면타파를 한 후 파종을 해야 안전한 발아출아로 입모수 확보가 가능하다. 일반적으로 경실종자의 생산은 유전적이고, 종자 성숙이 진전될수록 증가한다고 보고하였다(Aitken, 1939; Imrie, 1992). 종자의 휴면성은 식물이 환경에 적응하여 살아가기 위한 요인 중의 하나로 토양에서 종자의 활력유지기간에도 크게 영향을 미친다. 일반적으로 휴면이 있는 종자는 휴면이 없는 종자보다 토양속에서 종자활력 유지기간이 길었는데(Schafer & Chilcote, 1970; Mennan & Zandstra, 2006), 경실종자인 크림손클로버와 레드클로버 종자는 토양에서 종자활력을 7년까지 유지하는 것으로 알려져 있다(Rampton & Ching, 1970). 토양속 종자의 활력유지 기간은 토양속 분포깊이 및 경운방법에 따라 영향을 받는데 토양깊이별 종자활력 유지기간은 환경 및 종류에 따라 달랐다. 크림손클로버와 레드클로버 종자는 토양표면에 있는 종자보다 토양 5~10 cm 깊이에 분포한 종자가 토양온도 및 수분의 변이가 적어 종자활력이 오랫동안 유지된 반면(Rampton & Ching, 1970), *Amaranthus quitensis*는 깊이에 따라 별차이가 없이 비슷하였다(Faccini & Vitta, 2005). 자운영 지속재배를 위해서는 5월말 자운영을 토양에 환원시 알개 로타리 하는 것이 경운하는 것보다 가을철 재입모를 높이는 방법이 된다고 보고하였는데(김 등, 2001), 이는 자운영 종자의 출아는 주로 5 cm 이하 깊이에서 출아가 되고 8 cm 이상 깊이에서는 출아율이 급격히 낮아지기 때문이다(Shim & Kang, 2004). 하지만 지금까지 자운영 지속재배와 관련하여 토양속에 묻힌 자운영 종자의 벼 재배기간 토양속에서 휴면 타파정도 및 종자 활력유지기간 등 토양속 종자 동태에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

본시험은 자운영 지속재배시 토양에 매몰된 종자의 토양

속 발아 및 휴면성 변화 등 종자동태를 조사하여 자운영 입모에 대한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 자운영 종자의 인위 토양매몰 및 지속재배포장 토양속에서 발아율과 휴면성 변화

본시험은 국립식량과학원 기능성작물부(밀양) 포장 및 실험실에서 수행하였다. 5월말 자운영 논을 벼 이앙전에 논정지를 위한 로타리 작업을 하면 자운영의 종자 및 꼬투리가 토양속 다양한 깊이에 묻히게 된다.

본시험은 5월 30일에 자운영 꼬투리를 인력으로 채취한 다음 실제 포장조건과 비슷한 상황이 되도록 꼬투리 및 꼬투리에서 분리한 종자 100립씩을 각각 사각형 망사자루(10×15 cm)에 넣은 후 논에 인위적으로 벼 이앙 10일 전(6월 3일)에 2007년에는 토양표면 및 5 cm 깊이에, 2008년에는 토양표면, 5 cm 및 10 cm 깊이에 각각 매몰하고, 6월 13일에 주남벼를 기계이앙하였다. 이앙후 1달 후부터 2007년에는 10월까지, 2008년에는 2009년 3월까지 1~3개월마다 매몰한 망사자루를 꺼내어 발아된 개체수, 종자회수율을 조사하고, 생존종자는 다시 실험실에서 발아시험을 한 후 발아율, 경실을 등을 조사하였다. 경실종자율은 발아후 남은 종자에서 손으로 종자를 눌렀을때 수분을 흡수하지 못해 딱딱한 종자를 경실종자로 간주하였다. 이앙후 논관리는 관행에 준하였다.

또한 자운영-벼 지속재배 논에서 토양속 자운영 종자의 동태를 2007년과 2008년에 조사하였다. 자운영 지속재배 논을 9월 24일에 낙수한 다음 10월 10일에 재입모된 자운영을 제거한 후 지름 20 cm, 길이 25 cm인 원형 쇠통을 이용하여 15 cm 깊이까지 토양을 채취한 다음 토양을 다시 0~5, 5~10, 10~15 cm 깊이 3단계로 분리하였다. 분리한 토양은 흐르는 물에 세척하여 자운영 종자를 분리한 후 토양중 잔존 종자수, 잔존종자의 발아율과 경실율을 조사하였다. 발아시험은 9 cm 페트리디쉬에 여과지(Whatman #1)를 깔 다음 종자 50립을 치상하고 5 ml의 증류수를 부은 후 20°C 발아기(Conviron, Canada)에서 실시하였다. 토양은 20반복 채취하여 조사하였고, 발아시험은 광조건 하에서 10일간 4반복으로 수행하였다.

### 토양중 종자 활력기간

토양 중에 실제 종자 활력유지 기간을 구명하기 위해 2007년부터 2009년까지 3년간 미리 조성된 자운영-벼 지속재배포장에서 실시하였다. 9월 말경에 낙수를 하여 월동전

10월 23~24일 경에 50×50 cm quadrat으로 자운영 재입모수를 조사한 다음 월동 후 다음해 종자가 형성되기 전 4월 24일(개화기)경에 로터리 경운하여 토양에 출아한 자운영을 모두 제거하였다. 6월 5일에 주남벼를 기계이앙하여 벼를 재배한 후 위와 같은 방법으로 처리하여 2년간 가을에 출아되는 자운영 수를 조사였다. 자운영 종자의 토양 중 종자 활력유지 기간은 자운영이 출아되는 기간까지로 간주하였다.

### 결과 및 고찰

#### 매물종자의 회수율

벼 재배기간 동안 자운영 종자의 매물 깊이 및 기간별 종자회수율은 그림 1과 같다. 시험년도에 관계없이 종자와 꼬투리 모두 매물 후 기간이 경과할수록 회수율이 감소하였다. 2007년 시험에서 종자로 매물할 경우 종자회수율은 매

물 후 1달 후부터 감소하기 시작하여 9월에는 52~65%가 회수되었으나 낙수후는 급격히 감소하여 10월에는 회수율이 6~23%로 낮았다(그림 1A). 그러나 꼬투리로 매물할 경우 종자로 매물 할 때와 달리 9월 낙수 전까지 100%의 회수율을 나타내었으나 10월에는 16~23%로 종자로 매물과 비슷한 낮은 회수율을 나타내었다(그림 1B). 매물 후 기간이 경과 할수록 종자 회수율이 감소한 원인은 휴면이 없거나 휴면이 타파된 종자가 미생물 및 장기간 담수에 의해 종자가 부패되어 활력을 소실했기 때문으로 추정된다.

매물깊이별로는 토양표면에서 종자 회수율이 5 cm 깊이보다 낮았는데 이러한 결과는 토양표면이 토양 5 cm 깊이보다 온도가 높고 변화가 심하여 종자활력이 빨리 떨어졌기 때문인 것으로 사료된다. 휴면이 있는 잡초종자 *Veronica hederifolia*도 토양표면에 방치시 10 cm 깊이보다 발아율이 높고 활력이 빨리 소실이 되는 경향이였다(Mennan & Zandstra, 2006). 9월 낙수 이후 종자 회수율이 급격히 낮아진 것은

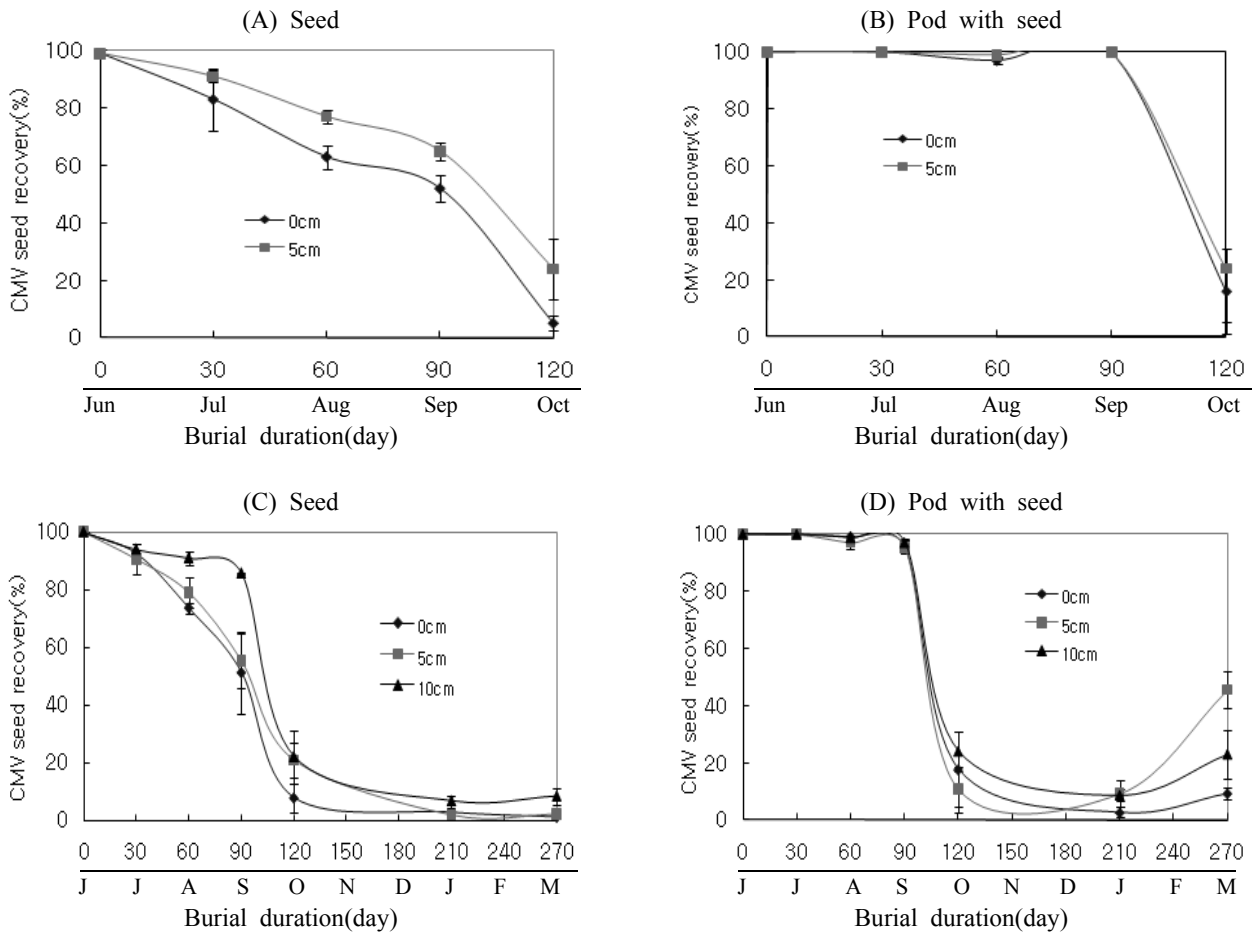


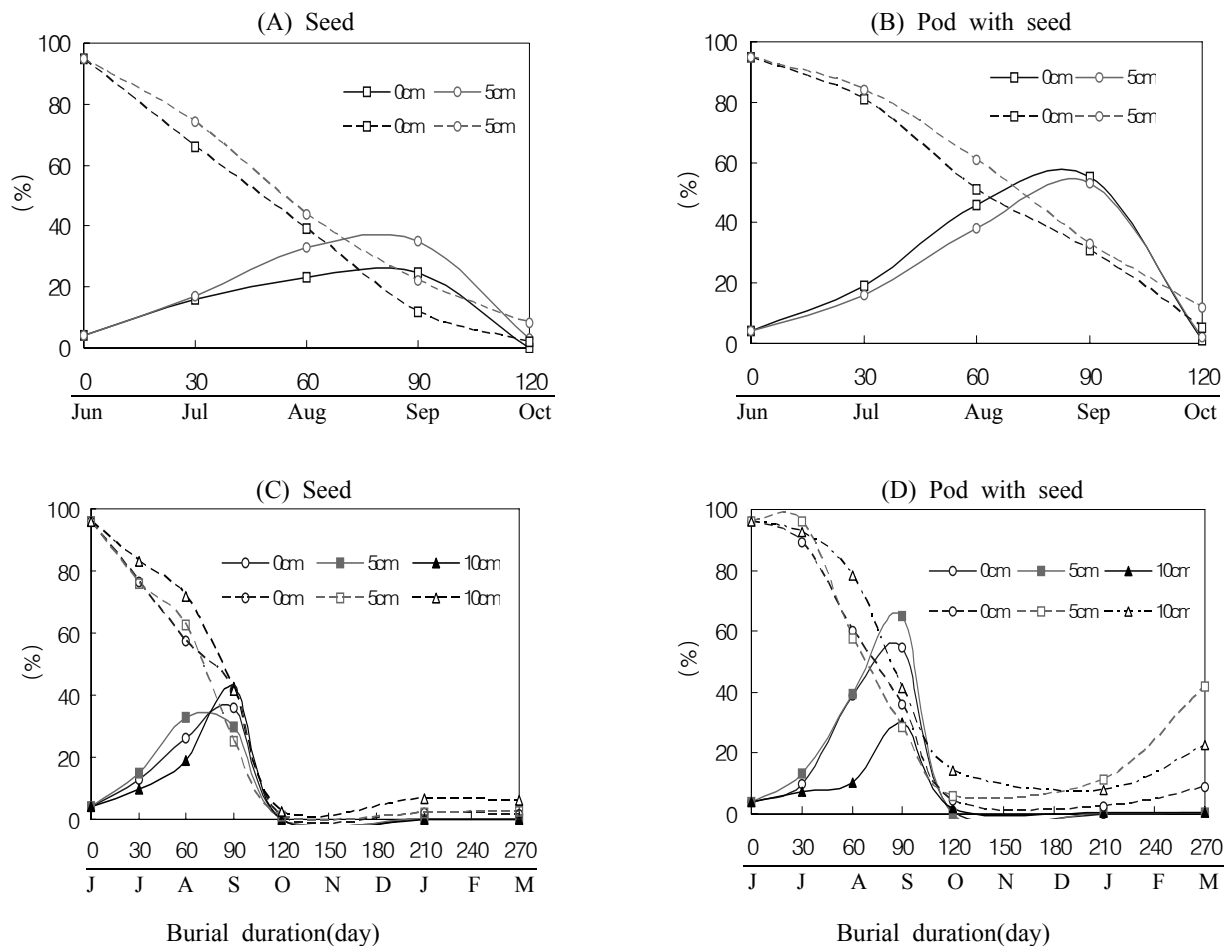
Fig. 1. The effect of burial depth and duration of Chinese milk vetch seed(A,C) and pod with seed(B,D) on the seed recovery rate in 2007 and 2008/2009. (A), (B) : 2007 experiment, (C), (D) : 2008/2009 experiment

낙수에 따른 종자수분 함량이 낮아져 종자활력이 소실되었기 때문에 사료된다. 2008/2009년 시험에서 종자 회수율은 매몰 후 4개월까지 2007년과 비슷한 경향을 나타내었으나 9개월이 지난 다음해 3월의 종자 회수율은 꼬투리 및 종자로 매몰할 경우 각각 9~42%, 1~8%로 당해 떨어진 꼬투리속 자운영 종자의 일부분이 다음해까지 종자활력을 유지한다는 것을 나타낸다(그림 1C, ID). 꼬투리로 매몰할 경우 종자로 매몰할 경우보다 회수율이 높았던 것은 종자를 덮고 있는 막이 미생물의 침투를 차단하여 보호막 역할을 하기 때문으로 사료된다. 토양깊이별로는 종자의 경우 토양표면에 방치할 경우 5 cm 매몰깊이보다 적었으나 꼬투리의 경우 토양깊이에 관계없이 비슷한 회수율을 나타내었다.

**매몰 기간 및 깊이별 발아율과 휴면성 변화**

매몰직전 자운영 종자의 경실비율은 95%로 높았으나 매

몰기간이 경과함에 따라 휴면이 점차 타파되어 경실종자의 비율이 감소하였고 9월 이후에는 종자의 경우 12~22%, 꼬투리는 31~33%로 낮았고 낙수후 10월에는 경실율이 종자 2~8%, 꼬투리 5~12%로 급격히 감소하였다(그림 2A, 2B, 2C, 2D). 경실종자의 감소 원인은 벼 재배기간 동안 토양속에서 휴면이 점차적으로 타파되어 발아율이 증가되었기 때문이다. 2007년 및 2008/2009년 모두 9월에 발아율이 시험전 발아율 4%보다 각각 21%~31%, 49~51%가 증가하였으나 9월 낙수후 토양수분이 감소함에 따라 급격히 낮아졌는데 이는 종자 회수율이 낮았기 때문이다. 그러나 2008/2009년 시험에서 이듬해 3월까지 경실율은 종자로 매몰시 6%이었고 꼬투리로 매몰시 9~42%로 종자매몰보다 다소 높았다. 토양깊이별로는 토양표면에 방치시 경실율이 5~10 cm 깊이 보다 빨리 소실되나 5 cm 및 10 cm 간에는 크게 차이가 없었다. 또 꼬투리로 매몰시 종자로 매몰할 때



**Fig. 2.** Change in percentage of hard seed and seed germination in Chinese milk vetch seed buried in the rice field as seed(A,C) and pod with seed(B,D) at different soil depths. (A), (B) : 2007 experiment, (C), (D) : 2008/2009 experiment solid line(—) : germination, broken line(---) : hard seed

보다 종자의 회수율 및 경실율이 높았다. 이러한 결과는 꼬투리로 매몰될 경우 상당수의 자운영 종자가 다음해까지 토양 중에 남아 활력을 유지하고 있어 자운영 지속재배시 입모수에 영향을 준다는 것을 나타낸다.

#### 지속재배 논의 토양잔존종자 정도 및 종자활력 유지기간

실제 자운영 지속재배포장에서 가을철 낙수후 깊이별 토양속 종자의 잔존수를 경운방법별로 조사한 결과, 자운영 종자의 토양중 분포수는 부분경운 이앙한 처리가 이앙전 로터리한 후 벼를 이앙한 포장의 자운영 종자개수보다 2.3~2.6배가 많았고 분포깊이별로는 로터리한 후 이앙한 처리는 토양 0~15 cm 깊이까지 분포수가 917~2,185개로 5 cm 이하 깊이에서는 5~15 cm 깊이보다 적게 분포하였으나 부분경운 이앙시는 대부분의 자운영 종자가 5 cm 이하 깊이에 분포하였다(표 1). 이러한 결과는 자운영 재배시 부분경운이 로터리 경운보다 입모수 확보에 유리하다는 것을 나타낸다. 자운영논에 6월 4일 무경운 이앙시 가을철 재입모수는 로터리 경운후 이앙보다 1.9배가 많았다는 결과와 같은 경향이였다(김 등, 2001).

또 실제 지속재배논의 토양속 자운영 종자 분포수는 위의 자운영 종자를 인위로 토양깊이별로 매몰하여 시험한 결과

보다 훨씬 많은 종자가 남아있었다. 이러한 결과는 10a당 80만~100만개의 종자가 생산되는 자운영 지속재배포장에서의 결과(김 등, 2009a)는 사용 종자수가 적은 인위적 매몰 시험과 달라 질수 있다는 것을 나타낸다.

토양속에서 분리한 자운영 종자의 발아율은 로터리의 경우 25~33%, 부분경운의 경우 23~43%로 상당한 종자가 발아력을 가졌고, 발아능력이 있는 경실종자의 비율도 64~72%, 51~77%로 높았다(표 2). 이러한 결과는 실제 자운영 지속재배 포장에서는 낙수 후에도 활력이 있는 상당수의 종자가 다음해 까지도 토양속에서 활력을 유지 할 수 있다는 것을 나타낸다. 다음해 4월에 조사한 토양속 자운영 종자수는 로터리 경운 후 이앙에서는 전년도 가을철 종자수의 8.1~31.3%, 부분경운이앙의 경우 1.6~3.9%가 남아있었다.

자운영 지속재배시 토양속 자운영 종자의 활력기간을 출아되는 기간을 기준으로 조사한 결과, 자운영 지속재배시 토양속에 매몰된 자운영 종자는 1년 후에는 전년도에 비해 38%가 출아가 되고 2년후에도 3%가 출아되는 것으로 보아 자운영 종자는 적어도 매몰후 2년까지 토양속에서 활력을 가진다는 것을 나타낸다(표 3). 이러한 결과는 자운영 지속재배시 지속재배 년수가 경과할 수록 입모수가 증가되었다

**Table 1.** Distribution of Chinese milk vetch seed at different soil depths as affected by tillage methods in autumn of 2007 and 2008.

Soil depth (cm)	Rotary-till		Minimum-till	
	2007	2008	2007	2008
	----- CMV seed(no/m <sup>2</sup> ) -----			
0~5	1,373±474	917±359	10,105±3,557	9,024±4,208
5~10	1,939±510	2,185±630	2,371±2,085	250±100
10~15	1,693±420	981±518	331±289	-
Total	5,005	4,083	12,807	9,274

**Table 2.** Percentage of germinated and dormant seeds of Chinese milk vetch recovered from soil samples at various depths in autumn of 2007 and 2008.

Tillage	Soil depth (cm)	Germinated		Dormant		Non-viable	
		2007	2008	2007	2008	2007	2008
		----- % -----					
Rotary-till	0~5	33	45	66	55	1	1
	5~10	25	49	72	50	3	2
	10~15	33	54	64	46	3	0
Minimum-till	0~5	23	13	77	84	0	3
	5~10	38	26	61	62	1	2
	10~15	43	-	51	-	7	-

**Table 3.** Seed viability of Chinese milk vetch seed based on the reseeded stand in naturally reseeded rice field after killing Chinese milk vetch plants at the flowering stage every year.

Year	Reseeding stand (no/m <sup>2</sup> )	Survival rate (%)
2007	560a	100
2008	210b	38
2009	16c	3

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

는 결과와 일치하였는데(김 등, 2009b), 이러한 원인은 토양 속에 종자활력이 있는 전년도 종자의 상당수가 당해 종자에 더해지므로 입모수가 증가된 것으로 보여 지며, 경실인 클로버 종자와 휴면이 있는 *Amaranthus quitensis* 등 잡초종자도 토양속 종자활력 유지기간이 길었다는 보고와도 비슷한 경향을 나타낸다(Forcella et al., 1997; Rampton & Ching, 1970; Faccini & Vitta, 2005).

자운영-벼 지속재배는 자운영 종자가 강한 휴면이 있어 가능한데 6월초 벼 이앙시 강한 휴면이 있던 자운영 종자가 벼 재배기간 동안 토양속에서 점진적으로 휴면이 타파되어 가을철 낙수와 더불어 재발아를 하여 입모가 되기 때문에 자운영 종자를 1번 뿌려서 지속적으로 벼 재배가 가능하고, 2년차부터는 토양중에 남아 있던 전년도 종자와 당해종자와 합해져서 재입모가 되기 때문에 안정적인 입모수 확보가 가능하고 또 이앙전 토양정지 작업시 자운영 종자와 꼬투리가 토양과 고루 섞이기 때문에 입모가 균일하여 매년과중보다 입모수 확보에 유리할 것으로 사료된다.

### 적 요

자운영 지속재배시 토양에 매몰된 종자의 휴면 및 발아특성을 조사하여 토양속 종자 동태를 구명하기 위해 자운영 종자와 꼬투리의 토양매몰 깊이 및 기간별 휴면성과 종자활력 변화를 조사하고 또한 자운영 지속재배 포장에서 낙수후 자운영 종자의 토양속 분포 개수, 발아율 및 종자활력기간을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 자운영 종자 회수율은 종자 매몰 한달후부터 활력이 잃기 시작하여 낙수전 9월까지 52~65%, 낙수후 10월에는 급격히 떨어져 종자와 꼬투리 모두 30% 이하를 나타내었고, 꼬투리 매몰의 경우는 낙수전 9월까지 활력소실이 되지 않고 100%를 보였다.

2. 자운영 종자의 휴면은 수확당시는 95%로 높았으나 시간이 경과함에 따라 점차 파괴되어 9월에는 휴면율(경실율)이 종자는 12~22%, 꼬투리는 31~33%로 급격히 낮아졌고, 낙수후 10월에는 경실율이 종자는 2~8%, 꼬투리는

5~12%로 보다 더 낮아졌다.

3. 발아율은 토양 매몰전 종자는 4%로 낮았으나 토양에 120일간 매몰후 종자 및 꼬투리속 종자 발아율은 휴면이 타파되어 각각 21%~31%, 49~51%로 증가하였다.

4. 자운영 지속포장에서 9월 낙수후 토양속 잔존 자운영 종자는 로터리 부분경운이양은 경운이양보다 2.3~2.6배가 많았고, 자운영 종자분포 깊이는 로터리 경운은 0~15 cm 깊이에 고르게 분포되었으나 부분경운 이양은 대부분의 종자가 5cm 이하 깊이에 분포하고 있었다.

5. 자운영 종자의 출아기간을 기준으로 한 토양 속에서 활력유지기간은 매몰 후 2년정도 인 것으로 조사되었다.

### 인용문헌

Aitken, Y. 1939. The problem of hard seeds in subterranean clover. Proc. Roy. Soc. Vict. 51:187.  
 Faccini, A. and J. I. Vitta. 2005. Germination characteristics of *Amaranthus quitensis* as affected by seed production date and duration of burial. Weed Res. 45: 371-378.  
 Forcella, F., R. Wilson, J. Decker, R. Kremer, J. Cardina, R. Anderson, D. Alm, K. Renner, R. Harvey, S. Clay, and D. Buhler. 1997. Weed seed bank emergence across the corn belt. Weed Sci. 45: 67-76.  
 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 Kor. 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 reseeded and green manuring of rice in Gyeongnam Province. Kor. J. Crop Sci. and Biotech. 11(3): 193-198.  
 Lee, Y. H., S. H. Hong, B. H. Kang, J. K. Lee, S. I. Shim, and W. Kim. 2006. Effect of stratification on the dormancy of Chinese milk vetch seeds(*Astragalus sinicus* L.). Kor. J. Breed. 38(4): 250-254.

- Mennan, H. and B. H. Zandstra. 2006. Effects of depth and duration of seed burial on viability, dormancy, germination, and emergence of ivyleaf speedwell(*Veronica headerifolia*). Weed Techn. 20: 438-444.
- 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.
- Rampton, H. H. and T. M. Ching. 1970. Persistence of crop seeds in soil. Agronomy J. 62: 272-277.
- Schafer, D. E. and D. O. Chilcote. 1970. Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations, II. The effects of soil temperature and moisture. Crop Sci. 10: 342-345.
- Shim, S. I. and B. H. Kang. 2004. Ecophysiology of seed germination in Chinese milk vetch(*Astragalus sinicus* L.). Kor. J. Crop Sci. 49: 19-24.
- 이병진, 최진룡, 김상열, 오성환, 김준환, 황운하, 안중웅, 오병근, 구연충. 2008. 자운영 종자생산을 위한 적정 수확시기 구명. 한작지. 53(1): 70-74.
- 강위금, 강종국. 2002. 두과녹비작물 재배와 이용. 제3장 자운영. 농촌진흥청 pp. 85-130.
- 김영광, 홍광표, 정완규, 최용조, 송근우, 강진호. 2001. 자연적인 자운영 재입모를 위한 적정 벼 재배유형. 한작지. 46(6): 473-477.
- 김상열, 오성환, 최경진, 김정일, 박성태, 여운상, 강항원. 2009a. 벼 낙수시기 기준 자운영 파종적기 구명. 한작지. 54(3): 260-264.
- 김상열, 오성환, 최경진, 박성태, 김정일, 여운상, 강항원. 2009b. 자운영 지속재배시 벼 생육, 수량 및 미질. 54(4): 351-356.
- 김상열, 오성환, 이종희, 최경진, 박성태, 김정일, 정진일, 여운상, 강항원. 2010. 자운영 지속재배시 입모, 월동 및 생육 특성. 한작지. 55(1): 8-13.