

벼 직파재배시 사마귀풀의 발생생태 및 화학적 방제법

박태선* · 박재음 · 이인용 · 류갑희¹ · 김길웅²

농업과학기술원 농약개발과, ¹농촌진흥청 연구관리국, ²경북대학교 농학과

요약 : 벼 직파재배에서 난방제 잡초인 사마귀풀의 몇가지 생태적 특성 및 토양처리형 제초제에 대한 반응을 조사하였다. 실험조건중 사마귀풀종자의 발아율은 22℃에서 가장 높았으며, 휴면타파를 위한 최적온도는 4℃ 이었다. 휴면타파를 위한 저장기간에 따른 발아율은 저장기간이 길어짐에 따라 발아율이 높았고 저장 6주부터 95%이상 발아되었다. 발아를 위한 적정 토양수분은 35%(w/w) 범위였고, 파종심도별 출현율은 밭조건에서는 2cm, 논조건에서는 표면에서 가장 높았다. 벼와 사마귀풀의 중간 경합은 사마귀풀의 재식 밀도가 증가됨에 따라 벼의 초장 및 경수는 감소하였다. 포장에서 제초제에 대한 사마귀풀의 방제효과는 pyrazosulfuron-ethyl + mefenacet(2.1+105 g ai/10a) 입제와 piperophos+dimethametryn(8.8+2.2 g ai/10a) 입제에서 91~98%의 방제효과를 보였으며, 사마귀풀을 효과적으로 방제하기 위하여 2~3엽기이내에 처리하는 것이 효과적으로 나타났다.(1997년 12월 12일 접수, 1998년 2월 27일 수리)

Key words : *Aneilema keisak*, direct-seeded rice, germination, temperature, moisture, dormancy, herbicide.

서 론

벼는 현재 우리나라 농가소득의 40%, 총 농작물의 60%를 차지하는(김 등, 1992) 실질적인 농가 소득 작물이나 생산비가 매우 높아 국제경쟁력이 매우 취약한 실정일 뿐만 아니라 농촌노동력의 질적 양적 감소로 인한 생력화의 일환으로 벼 직파재배법이 농가에 보급되어 급격히 증가하고 있는 실정이다(김 등, 1992; 구 등, 1992; 박 등, 1995). 직파재배중 답수직파는 최아종자상태로, 건답직파는 마른종자를 답수 및 발상상태로 파종하는데, 답수상태로 파종이 하더라도 파종후 5~15일경 착근을위한 눈그누기를 하여야하기 때문에 표토가 노출되어 벼보다 발아속도가 빠른 잡초의 발생이 우점하게 된다(James 등, 1990). 또한, 벼의 파종시기가 5월초로 더욱 앞당겨져 보다 낮은 온도에서 잘자라는 잡초종이 급격히 증가 할 뿐만 아니라 최근 노동력 부족으로 물관리가 부실하고 제초제 살포후 죽지 않는 잡초가 있을 경우 손제초가 곤란하여 물이 적은 조건에서 발생하기 쉬운 잡초와 제초제에 의해 완전 방제가 안되는 사마귀풀, 피, 가막사리, 방동사니 등이 급격히 증가하고 있다(구 등, 1992). 특히 사마귀풀과 가막사리는 벼 직파답에서 급속히 증가하고 있는 추세이나, 생태적 특성 구명과 뚜렷한 방제기술이 미흡하여 이들 잡초에 의해 벼의 수량감소

는 물론 수확작업에도 큰 지장을 초래하고 있는 실정이다(박 등, 1995).

따라서 본연구는 사마귀풀에 대한 생태적 특성을 파악하고 기존 제초제에 대한 방제효과를 조사하여 벼 직파재배답에서 사마귀풀의 효율적인 방제를 위한 기초자료를 얻고자 실시 하였다.

재료 및 방법

발아적온 및 휴면성

본 시험에서 공시된 잡초종자는 수원 농업과학기술원 논 포장에서 채종하여 4℃ 저장고에 보존하면서 시험에 공시하였다. 발아적온은 직경 9 cm 샐레에 여지 2장을 칸후 증류수 10ml를 가하고 종자 50립을 균일하게 3반복으로 파종한후 12, 17, 22, 27, 32℃ 온도조건에서 3~4일 간격으로 30 일간 발아율을 조사하였으며, 발아율은 지상부가 2 mm 이상 신장한 것을 조사하여 계산하였다. 휴면타파를 위한 최적온도시험은 50립의 종자를 여지로 싹후 과습한 조건으로 하여 0, 4, 8, 12℃에서 60일간 보관 후 발아적온 시험에서 발아율이 가장 높았던 22℃조건에서 3반복으로 발아율을 조사하였다. 저장기간에 따른 휴면타파 정도는 휴면타파에 필요한 최적온인 4℃에서 종자를 과습한 조건으로 저장하면서 1주일 간격으로 꺼내어 22℃에서 3반복으로 발아율을 조사하였다.

* 연락저자

발아적정 토양수분

25도 경사면을 이용하여 일정한 수분조건을 만들어 발아율 및 발아특성을 조사하였다. 직경 25 cm의 플라스틱 원통을 반으로 절단후 10 mesh체로 친 토양을 담고 모세관 현상에 의하여 물이 흡수된 토양을 경사면의 10cm 간격으로 채취하여 건토 중량법에 의하여 토양수분을 조사한 결과, 수면위 10 cm부위의 토양수분 함량이 35% 정도이었으며, 그로부터 10 cm씩 높아 짐에 따라 토양수분 함량은 각각 31, 22, 16% 정도이었다. 각각의 토양수분 부위에 50립씩 0.5 cm깊이로 파종하여 20일후에 발아율 및 생육상태를 조사하였다.

발,논(담수)조건에서 최적출현 심도

1/5,000 와그너 포트에 0, 0.5, 1, 2, 3, 4 cm 깊이의 천위에 종자를 100립씩 파종하여 매물 한 다음 발 및 논조건으로 조성하였다. 파종후 30일에 출현율을 조사하였으며 발아하지 않은 종자는 TTC검정법으로 종자의 사멸 여부를 판정하였다.

사마귀풀 밀도 변동에 따른 벼와 중간 경합

0.25 m² 면적에 1.5엽기인 벼를 2주씩 일정하게 재식한 다음 파종후 10일된 4엽기의 사마귀풀을 0, 5, 10, 15, 20 주씩 재식하여 파종후 30일과 60일에 벼의 경우는 초장과 경수를 그리고 사마귀풀의 경우는 초장과 생체중을 조사하였다.

제초제 반응

건답직파답에서 제초제를 체계적으로 처리한 다음 사마귀풀에 대한 제초제 효과를 파악코자 포장에서 파종후 17일인 피 2~3엽기에 pendimethalin+propanil(125+125 ai g/10a) 유제를 10a당 500ml로 경엽살포한 다음 담수후 4일에 온실조건에서 사마귀풀에 대하여 약효가 우수한 것으로 알려진 piperophos+dimethametryn(8.8+4.4 g ai/10a) 입제, pyrazosulfuron-ethyl+mefenacet(2.1+105 g ai/10a) 입제, butachlor+pyrazolate(105+180 g ai/10a) 입제, bensulfuron-methyl+molinat(5.1+150 g ai/10a) 입제 및 benfuresate+bensulfuron-methyl(45+3 g ai/10a) 입제를 처리하고 25일후에 생체중을 조사하였다. 사마귀풀에 대한 엽기별 방제효과는 온실에서 실시하였으며 사용량은 농약사용 지침서(농약공업협회, 1995)의 추천량으로 하였다.

결과 및 고찰

발아적온 및 휴면성

사마귀풀 종자에 대한 온도별 발아적온을 조사한 결과는 그림1에서와 같이 상대적으로 저온인 7~12℃에서는 12~30%의 발아율을 보였으나 22℃에서는 98%, 27℃에서는 96%의 높은 발아율을 보였으며 고온인 32℃에서는 65%가 발아하여 사마귀 풀의 발아최적온도가 22~27℃인 것을 알 수 있었다. 온도별로 발아율에 다소 차이는 있었으나 모든 처리구에서 발아가 되는 것으로 보아 발아온도 범위가 매우 넓음을 알 수 있었다. 잡초 종자에 대한 발아적온은 채집된 잡초종자의 종류, 채집시기, 포장조건, 다양한 기상환경등에 따라서 달리 나타날 수도 있으나(Wofford 등, 1977) 평균기온(수원기상대, 1995)에 의하여 벼 건답 직파논에서 사마귀풀의 발생량을 추정하므로써 방제시기를 예측할 수 있다. 벼 파종시기인 5월 상순 평균 기온에서

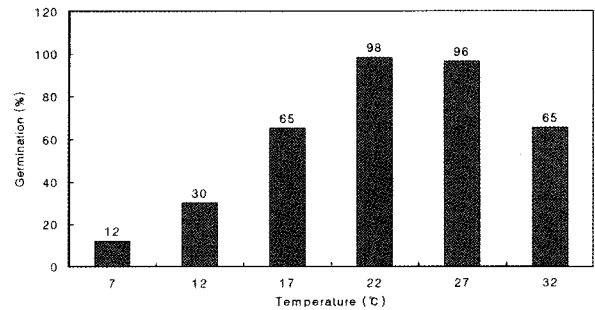


Fig 1. Germination rate on different temperature of *Aneilema keisak* Hassk. which had stored in wetting condition for 6 weeks at 4℃.

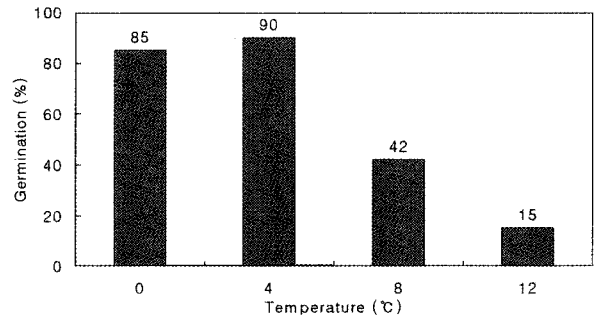


Fig. 2. Effect of storage temperature to break dormancy on germination of *Aneilema keisak* Hassk. which was determined after incubation for 15 days at 22℃.

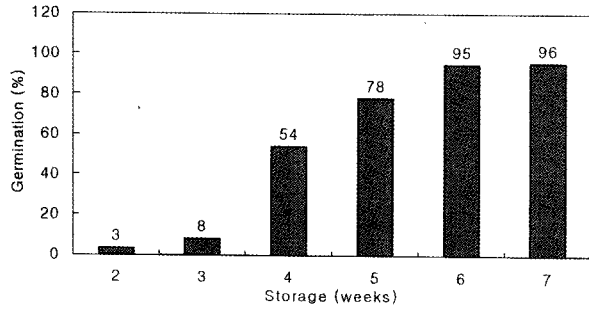


Fig. 3. Variation of germination rate of *Aneilema keisak* Hassk. as affected by storage duration at 4°C which was optimum storage temperature for break dormancy at this experiment.

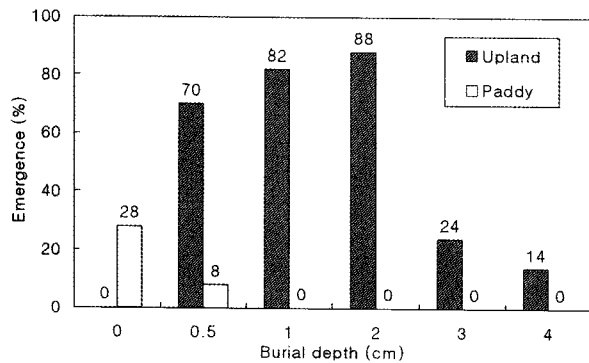


Fig. 4. Emergence rate of *Aneilema keisak* Hassk. as affected by burial depth of the seeds under upland and paddy(submerged) conditions.

발생되기 시작하여 6월상순 평균기온 범위인 22°C에서 가장 많이 발생되기 때문에 제초제 살포시 중·후기 경엽처리제 위주로 처리한 다음 담수 후 수면처리용 제초제를 살포하는 체계적 방제가 효과적일 것으로 생각된다. 한편, 성 등 (1994)은 벼전답직파 재배조건에서 재배양식별 처리온도에 따른 사마귀풀의 발생량이 20°C에서 가장 높게 나타나는 것으로 보고하여 본시험과 유사하였다. 그러나 조 등 (1987)은 사마귀풀 저온건조저장 시기별 발아율이 25°C에서 매우 낮은 것으로 보고하여 본 결과와 많은 차이를 보였는데 이는 종자 처리조건 차이 때문인 것으로 생각된다.

온도 조건별 휴면타파 정도를 그림 2에서 보면 0°C와 4°C에서 각각 85%와 90%가 발아되어 다른 온도조건에 비하여 4°C에서 휴면타파 효과가 가장 높았다. 휴면상태에서 발아가 개시될 때 종자 발아에 영향을 미치는 생리적인 요

Table 1. Effect of soil moisture content on the germination and growth of *Aneilema keisak* Hassk. which had stored in wetting condition for 6 weeks at 4°C

Soil moisture (% w/w)	Germination (%)	Plant height (cm)	Fresh weight (g/plant)
Submerged	0	-	-
35	85	8.9	2.7
31	75	6.3	2.3
22	42	3.4	1.5
16	0	-	-

인은 다양하나 식물 호르몬과 여러 가지 화학물질, 가수분해효소 등에 의해 영향을 받는다고 알려져 있으나 자연상태에서 발아에 가장 중요한 원인은 주로 온도로 변온, 습윤 상태하의 저온 등에 의하여 발아가 촉진된다고 알려져 있다 (황 등, 1996). 본시험에서도 사마귀풀의 휴면타파를 위해서는 저온 처리가 효과적이었다.

휴면타파에 필요한 저장기간을 조사하기 위해 휴면타파 최적온도인 4°C에서 과습한 조건으로 저장 2주일부터 1주간격으로 발아율을 조사한 결과는 그림 3과 같다. 저장후 3주까지는 8%의 낮은 발아율을 보였으나 4주 이후부터 저장기간이 길어짐에 따라 발아율이 증가되어 6주 이후부터는 95% 이상의 발아율을 보였다. 일반적으로 식물체 종자의 휴면정도는 각각의 종에 있어서도 여러 요인이 관여하는데 주로 종피의 기계적 저항이나 물질흡수 방해, 배의 성숙정도, 종자 내부의 발아억제물질 또는 외부의 환경요인 등에 의해 다를 수도 있으나 (Wofford, 1977; James 등, 1990) 본 시험에서는 사마귀풀의 휴면타파를 위해서 4°C에서 6주간 저온습윤 처리가 가장 효과적인 방법이었다.

발아적정 토양수분

토양수분 함량별 발아율을 구명하기 위하여 담수조건부터 16%까지의 토양수분조건별 발아 및 생육특성을 조사한 결과는 표 1과 같다.

토양수분 30~35%(w/w)조건에서 75~85%의 발아율을 보였으나 담수상태와 16%이하의 건조한 조건에서는 전혀 발아되지 않았다. 그러므로 발아율, 초장, 생체중으로 볼 때 사마귀풀의 발아 및 생육에 적합한 토양수분은 35~40% 부근인 것으로 추측된다. 건답직파 토양수분함량 30~40%

가 벼 생육에 적합하다고 하였으나(Smith, 1988), 토양수분은 토성에 따라 식물이 이용할 수 있는 유효수분 함량이 다르므로 본시험 결과가 모든 토성에 적용 될 수는 없으나, 발상태인 벼 건담직파담과 담수직과 재배시 착근을 위한 눈그누기 중에는 토양수분 조건이 상대적으로 낮아 사마귀풀 발생 조건과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다.

밭, 논(담수) 조건에서 파종심도별 출현율

포장 조건별로 종자를 표면, 0.5, 1, 2, 3, 4 cm깊이로 파종하고 30일에 출현율을 조사한 결과는 그림 4와 같다. 밭 조건에서 1~2cm 파종심도에서는 82~88%의 높은 출현율을 보였으나 파종 3cm 깊이에서는 24%로 급격히 감소하였는데 이는 산소 부족에 따른 발아율 차이로 생각되나 온도 및 광조건에 의한 영향등을 복합적으로 검토해 볼 필요가 있다.

그러므로 건담직파 재배시 경우를 깊이할 경우 사마귀풀의 발생을 억제할 수 있는 하나의 경종적방법이 될 수 있다. 논(담수)조건에서는 밭 상태와는 달리 표면과 0.5cm 깊이에서만 8~28%가 출현되었으며 1 cm이상의 파종깊이에서는 전혀 출현되지 않았다. TTC 검정결과 대부분 발아후 사멸된 것으로 보아 벼 직파재배시 물관리를 보다깊게 한다면 사마귀풀의 발생을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

사마귀풀 재식밀도 변동에 따른 벼와의 경합

사마귀풀과 벼의 중간경합 특성을 파악코자 0.25㎡면적에 2주의 벼를 일정하게 재식하고 각 구에 사마귀풀의 밀

도를 0, 5, 10, 15, 20주씩 이식하여 생육시킨 다음 벼의 초장과 경수 그리고 사마귀풀의 초장과 생체중을 조사 비교한 결과를 표 2에 나타내었다. 전체적으로 볼때 사마귀풀의 초장과 생체중은 벼 2주를 일정하게 재식한 구에 사마귀풀의 밀도를 증가 시킴에 따라 다소의 정도차이는 있지만 감소 하는 경향을 보였으며 사마귀풀 5주 재식부터 유의차가 인정되어 경합이 뚜렷하였다.

벼의 초장은 이식후 30일에는 사마귀풀 10주부터 유의차가 인정되었으며 이식후 60일에는 사마귀풀 15주부터 유의차가 있었다. 그러나 벼 경수는 사마귀풀 밀도가 증가할수록 뚜렷하게 감소되어 이식후 30일 및 60일에 전처리구에서 유의차가 인정되어 벼와의 심한 양분 또는 광경합이 있었음을 볼 수있었다.

제초제 반응

건담직파논에서 담수후 사마귀풀에 대한 제초제반응을 파악코자 파종후 17일에 pendimethalin+propanil 유제를 살포한다음 온실 실험에서 사마귀풀 방제효과가 우수한(성적생략) 토양처리형 입제를 담수후 4일에 수면처리하고 처리후 25일에 사마귀풀에 대한 방제 효과를 조사한 결과는 그림 5와 같다.

Piperophos+dimethametryn 입제와 pyrazosulfuron-ethyl+mefenacet 입제는 91%이상의 높은 방제효과를 보였으나 butachlor + pyrazolate 입제는 다소 저조한방제효과를 보여 사마귀풀이 다발생한 포장에서는 등록 보급된 제초제중 선택적 사용이 중요할 것으로 생각된다.

Table 2. Growth comparison under interspecific competition between *Oryza sativa* L. and *Aneilema keisak* Hassk.

Plantation density (No.plant/plot)		<i>Oryza sativa</i> L.				<i>Aneilema keisak</i> Hassk.			
		Plant height (cm)		Number of tiller		Plant height (cm)		Fresh weight (g/plant)	
<i>O.sativa</i>	<i>A.keisak</i>	30DAP ^{a)}	60DAP	30DAP	60DAP	30DAP	60DAP	30DAP	60DAP
2	0	71.0a ^{b)}	83.7a	5.3a	10.0a	-	-	-	-
2	5	70.7a	82.3a	4.3ab	8.7bc	23.0a	50.7a	14.3a	23.7a
2	10	57.0b	81.7a	4.0b	7.3c	18.3b	46.3ab	9.7b	17.3b
2	15	51.3bc	74.3bc	3.7bc	6.0cd	15.7c	40.0b	8.3bc	14.0bc
2	20	46.3c	69.0c	3.0c	5.3d	15.0c	36.0c	6.0c	11.0c

^{a)}DAP : Days after planting.

^{b)}Same letters within a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

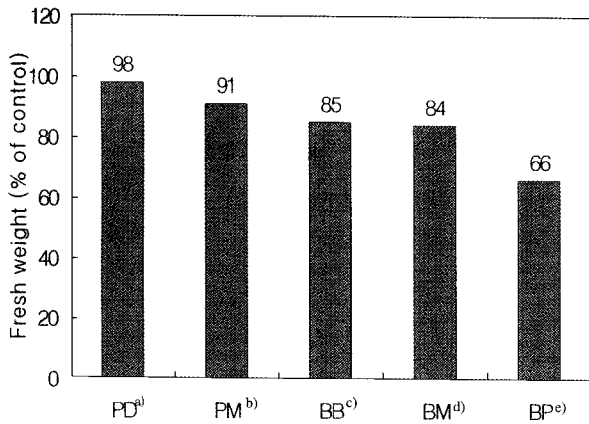


Fig. 5. Effect of *Aneilema keisak* Hassk. on systematic application of pendimethalin + propanil EC followed by several soil-applied herbicides after irrigation in direct-seeded rice under dry-field.

^{a)}PD : Piperphos + Dimethametryn GR.

^{b)}PM : Pyrazosulfuron-ethyl + Mefenacet GR.

^{c)}BB : Benfuresate + Bensulfuron-methyl GR.

^{d)}BM : Bensulfuron-methyl + Molinate GR.

^{e)}BP : Butachlor + Pyrazolate GR.

Table 3. Control effect of several soil-applied herbicides according to growth stages of *Aneilema keisak* Hassk. at greenhouse

Herbicide	Growth stage			
	ES ^{a)}	2~3LS ^{b)}	4~5LS	6~7LS
	--- Control effect(%) ^{c)} ---			
Piperophos+Dimethametryn GR ^{d)}	100	100	100	91
Pyrazosulfuron-ethyl+Mefenacet GR	100	100	93	82
Benfuresate+Bensulfuron-methyl GR	100	92	80	72
Bensulfuron-methyl+Molinate GR	100	87	80	61
Bensulfuron-methyl+Pyrazolate GR	100	85	63	58

^{a)}ES : Early seedling.

^{b)}LS : leaf stage.

^{c)}Control effect : Relative fresh weight rate(%) of untreatment.

^{d)}GR : Granule.

그러나 포장조건에서는 여러 가지 환경적 요인에 의해서 사마귀풀의 발생시기와 생장속도가 다를 뿐만 아니라 처리된 제초제에 대한 반응이 사마귀풀의 흡수부위와 생육 정도에 따라 서로 다르게 나타나기 때문에 온실조건에서 사마귀풀의 엽기별 제초제 반응을 조사한 결과는 표 3과 같다.

Piperophos+dimethametryn 입제는 6~7엽기까지 91%의 높은 방제 효과를 보였고, pyrazosulfuron-ethyl+mefenacet 입제는 4~5엽기까지 90%이상의 방제 효과를 보여 포장시험과 대체로 일치하였으나 bensulfuron-methyl+ pyrazolate 입제는 4~5엽기후부터는 낮은 방제효과를 보였다. 그러므로 사마귀풀의 엽기가 진전될수록 방제효과는 감소하기 때문에 사마귀풀 방제는 약제에 따라 다소 차이는 있으나 2~3엽기 이전에 처리하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

인용 문헌

James, E.H., S.R. Robert, D.E. Bayer and J.F. Willim (1990) Crop response and weed control from new herbicide combinations in water-seeded rice (*Oryza sativa*). Weed Technology 4:838~842.

Smith, R.J. (1988) Weed control in water and dry-seed rice, *Oryza sativa*. Weed Tech. 2:242~250.

Wofford, B.E., D.H. Webb and W.M. Dennis (1977) State records and other recent noteworthy collections of Tennessee plants. Catanea(USA).

구자욱, 임일빈 (1992) 벼 직파재배로의 양식 전환에 따른 논잡초 문제의 변화. 한국잡초학회지 12(3):223~229.

김순철 (1992), 벼직파재배의 잡초 발생생태와 효과적인 방제법. 한국잡초학회지 12(3):230~260.

농약공업협회 (1994) 농약사용지침서.

박태선, 박재읍, 류갑희, 이인용(1995) 벼 건답직파에서 효과적인 잡초방제. 한국잡초학회지 15(2):99~104.

성기영, 구연충, 오윤진 (1994) 벼 직파재배 식양별 잡초 발생소장 연구. 한국잡초학회지 14(별책 1호):9~12.

수원기상대(1994), 농업기상정보.

조광연, 김진석, 김영섭 (1987) 건조저장한 몇가지 잡초종자의 발아유기. 한국잡초학회지 7(1):19~28.

황인택, 최경섭, 곽현희, 김진석 (1996) 가막사리의 종자발아, 유묘의 생장 및 제초제 반응. 한국잡초학회지 16(2): 114~121.

Ecological characteristics and chemical control of *Aneilema keisak* Hassk. in direct-seeded rice (*Oryza sativa*)Tae-Seon Park*, Jae-Eup Park, In-Yong-Lee, Gap-Hee Ryu¹ and Kil-Ung Kim²*(National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea,**¹Research management bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea, ²Kyungpook National University, 702-701, Korea)*

Abstract : This study was conducted to obtain information on occurrence ecology of *Aneilema keisak* Hassk. and establish its effective control system in direct-seeded rice. Optimum germination temperature and storage temperature to break dormancy were 22°C and 4°C, respectively. Optimum content of soil moisture for germination was 35%(w/w) in clay loam soil, where recorded 85% of germination rate. In the inter-specific competition between density of *Aneilema keisak* Hassk. and constant rice-mixed stands, the plant height and the tiller of rice were decreased with increase of density of *Aneilema keisak* Hassk.. Among the herbicides tested, piperophos+dimethametryn(8.2+2.2 g ai/10a) GR and pyrazosulfuron-ethyl+mefenacet(2.1+105 g ai/10g) GR were found to be effective for control of *Aneilema keisak* Hassk., having more herbicidal effect with an earlier application.

* Corresponding author