벼 답수직파논에서 새섬매자기와 미국외풀 발생밀도에 따른 쌀 수량 감소와 경제적 방제수준

권오도¹, 안규남¹, 이인¹, 신서호¹, 박흥규¹, 신해룡¹, 문병철², 국용인^{3*}

Rice Yield Loss and Economic Threshold Levels by Densities of *Scirpus planiculmis* and *Lindernia dubia* in Wet-Seeded Rice Paddy Fields

Oh Do Kwon¹, Kyu Nam An¹, Yeen Lee¹, Seo Ho Shin¹, Heung Gyu Park¹
Hae Ryoung Shin¹, Byeong Cheol Moon² and Yong In Kuk^{3*}

ABSTRACT This study was conducted to find the levels of reduction in rice yield and to determine economic threshold levels as affected by densities of *Scirpus planiculmis* and *Lindernia dubia* in wet seeding rice cultivation. In wet seeding rice cultivation, yield of rice in densities of *S. planiculmis* (192 per m²) and *L. dubia* (384 per m²) was reduced by 43 and 22%, respectively. Relationship between rice yield and densities of weeds were predicted with these equations of $Y=531.3\text{kg}/(1+0.003931x)$, $r^2=0.964$ for *S. planiculmis* and $Y=547.0\text{kg}/(1+0.000792x)$, $r^2=0.922$ for *L. dubia*. According to Cousens' method, economic threshold densities of *S. planiculmis* and *L. dubia* were calculated by 7.2 and 34.9 per m², respectively. This result indicated that yield of rice in wet seeding rice cultivation could be reduced by over economic threshold densities of *S. planiculmis* and *L. dubia*.

Key words: economic threshold; *Lindernia dubia*; *Scirpus planiculmis*; weed density; yield.

서 언

최근 들어 실시되고 있는 벼 친환경재배는 환경보전

은 물론 생산비 절감에 대한 중요성이 부각되면서 벼
농사의 잡초관리가 완전방제 개념에서 쌀 생산 경제비
용을 고려한 친환경 잡초관리 기술로 대체되고 있다

¹ 전남농업기술원 쌀연구소, 520-715 전남 나주시 산포면 세남로 1508(Jeonnam Agricultural Research and Extension Service, Naju 520-715, Korea).

² 농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부, 441-707 경기도 수원시 권선구 수인로 126(Department of Agro-Food Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea).

³ 순천대학교 생명산업과학대학 자원식물개발학과, 540-742 전남 순천시 중앙로 413(Department of Development in Resources, College of Life Science and Natural Resources, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea).

* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +82-61-750-3286, Fax) +82-61-750-3280, E-mail) yikuk@sunchon.ac.kr

(Received December 5, 2011; Revised December 13, 2011; Accepted December 15, 2011)

(Kwon 등 2009). 잡초는 벼와 양분 및 광, 수분 등 다양한 형태의 경합을 통해 수량 감소를 초래하므로 이에 따라 잡초의 발생밀도에 의한 수량 감소를 예측하고 잡초방제여부를 판단할 근거 자료가 필요하다. 우리나라에서는 농촌진흥청 국립농업과학원 및 국립식량과학원, 각 도 농업기술원과 공동으로 2001년부터 잡초 정밀관리기술 개발을 위해 주요 논 잡초 14종을 선정하여 이앙재배에서 이들 잡초의 경합 피해해석과 경제적 방제수준 설정한 바 있으며, 실용화 단계까지 접근하고 있다(농촌진흥청 2010).

현재까지 연구된 잡초는 이앙재배의 경우 피를 비롯해 물달개비, 알방동사니, 여뀌바늘, 사마귀풀, 자귀풀, 미국가막사리, 가막사리, 한련초, 앵미 등 일년생 잡초 10종과 올방개를 비롯한 벚풀, 올챙이고랭이, 새섬매자기 등 다년생잡초 4종 등 총 14종에 대한 발생밀도별 수량예측모델을 개발해 data base화 하였으며 이들 자료를 근거로 혼합초종에도 적용이 가능한 수량예측모델을 개발하여 현장실증을 모색하고 있다. 그러나 담수직파재배에서는 아직까지 피, 물달개비, 올챙이고랭이, 알방동사니, 올방개, 여뀌바늘 등 10종에 대해서만 밝혀졌으나(Kwon 등 2009; 농촌진흥청 2010) 그 이외 새섬매자기와 미국외풀 등의 주요 잡초에 대한 발생밀도별 피해정도와 경제적 방제수준이 설정되지 않았다.

우리나라 논에서 발생되고 있는 사초과 잡초는 전체 잡초의 22.4%를 차지하고 있으며 사초과 잡초중 올방개, 물고랭이, 매자기 등이 주로 발생하고 있다(Park 등 2001). 간척지에서 주로 발생하는 새섬매자기는 사초과 다년생잡초로서 종자와 괴경으로 번식하며, 초장이 하루 평균 2.7cm 정도 자라며, 3주만에 35cm 내외 그리고 7주 후에는 70cm에서 최대 100~200cm에 이르나 11주부터 엽 황화 및 고사가 일어난다(LeRoy 등 1997). 벼 이앙재배에서 새섬매자기 밀도와 벼 수량과의 관계는 m^2 당 3주가 발생할 경우 14.3% 정도의 감소를 보이며 200개가 발생할 경우 45.7%(Ryang 등 1978), 200~600개가 발생할 경우에 20~50%까지 감소하기도 한다(竹松과 一前 1997). 또한 벼 수확기에 새섬매자기의 건물중이 $100g/m^2$ 에 이르면 쌀 수량이 20%까지 감소하며(Oh 등 1992) 발생량이 많은 논에서는 쌀 감소율이 최대 70% 이상 감소하는 경우도 보고

되고 있어(宮原 1992) 벼 재배시기 및 지역, 새섬매자기 발생밀도에 따라 쌀 수량에 미치는 차이가 있음을 시사한 바 있다.

종자로 번식하는 새섬매자기는 괴경으로 번식하는 식물체보다 경합력이 작고 제초제에 대한 감수성이 높아 관행 제초제 처리 논에서 거의 문제시되지 않는다(宮原 1992). 그러나 서산 간척지에서 종자로 번식하는 새섬매자기 중 설포닐우레아계 제초제에 저항성을 보이는 생태형이 발생된(Park 등 2006) 이래 충남 보령, 서산 등 일부 농가포장에서 방제가 미흡한 사례가 보고되고 있어 이에 대한 대책이 요구되고 있다. 특히 전남 지방에서는 담수직파 재배면적이 많고 설포닐우레아계 제초제를 필연적으로 2회 이상 사용하고 있으므로 조만간 저항성잡초 생태형이 문제가 될 것으로 예상된다.

한편, 미국외풀(*Lindernia dubia*)은 현삼과 일년생 광엽잡초로서 1999년 전남 구례군에서 발견된 미국외풀의 생태형이 설포닐우레아계 제초제에 저항성으로 밝혀지면서 문제 잡초로 대두되었으며(Kuk 등 2003), 2001년 전국 잡초 발생조사에서도 미국외풀의 발생빈도가 전국적으로 증가하고 있어 추후 이 잡초가 문제가 될 가능성이 있다고 시사한 바 있다(Park 등 2001). 그러나 이 잡초에 대한 생태반응에 관한 연구는 거의 없으며 제초제 저항성 생태형 출현 여부나 방제에 관한 연구가 되고 있다(Kuk 등 2003; Park 등 2001). 다만 담수직파재배에서 3엽기에 도달하는 소요일수가 피와 물달개비에 비해 약 10~11일 정도 늦은 점으로 미루어 볼 때(Kwon 등 2004), 잡초경합 측면에서 큰 문제가 없을 것으로 생각되나 일부 농가포장에서 방제가 미흡한 사례가 종종 발생되고 있고 그 발생밀도가 매우 높아 이에 대한 대책이 요구되고 있다.

그러므로 잡초관리 비용 절감과 친환경적 잡초관리를 위한 방제 여부 결정을 위해서는 이들 잡초의 발생 밀도에 따른 정확한 수량 예측이 무엇보다도 중요하다. 따라서 본 시험은 벼 담수직파논에서 다년생잡초 새섬매자기와 일년생잡초 미국외풀의 발생밀도에 따른 쌀 수량 감소와 예측모델을 구하고 경제적 방제수준을 설정하여 방제여부 판단 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2010년에 전남농업기술원 담수직과 벼 재배포장에서 수행하였다. 벼 종자(동진1호)는 최아시켜 10a당 4kg을 5월 10일에 산파하였으며 파종 후 20일과 30일에 m²당 입모수를 100~120개로 유지하였다. 잡초의 경합밀도는 새섬매자기의 경우 0, 8, 24, 48, 96, 192본을, 미국외풀은 m²당 0, 24, 48, 96, 192, 384본이 되도록 파종 후 20일과 30일에 2회 걸쳐 보식하였으며 기타 발생된 잡초는 파종 후 20, 40, 60일에 손제초를 3회 실시하였다.

시비량은 질소-인산-칼리를 9.0-4.5-5.7kg 10a⁻¹를 사용하였으며, 질소는 기비-분얼비-수비를 40-30-30% 비율로, 칼리는 기비-수비를 70-30% 비율로 분시하였고, 인산은 전량 기비로 사용하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 벼의 초장, 분얼수는 파종 후 40일과 60일에 조사하였으며 벼 수량과 수량구성요소는 농촌진흥청 조사기준에 의해 조사하였다. 또한, 잡초 밀도별 피해정도는 수량을 근거하여 쌀 수량감소 추정 모델식(Genstat 1993)을 구하였으며($Y=Y_0/(1+\beta x)$, 이때 모델의 계수인 Y_0 ; 무잡초 조건에서 벼 수량, β ; 잡초의 경합력, $1/\beta$ 는 50% 수량감소를 유발하는 잡초의 밀도임), 이들 수량을 근거로 하여 새섬매자기와 미국외풀의 경제적 방제수준을 설정하였다. 경제적 방제수준은(Economic Threshold, ET), $ET=Ch+Ca/YPLK$ (Cousens 1985)식을 이용하였다[Ch는 제초제 비용(2010년 담수직과용 제초제 평균 판매가격)=15,028원, Ca는 제초제 처리비용(농업경영정보관실 자료)=9,936원, Y는 완전방제구 쌀수량, P는 쌀 1kg 가격(2010년

10월 서울시 농산물공사에서 전남쌀 판매가격)=1,738원, L는 수량감소율(잡초 1본당 수량감소량/무잡초구 수량), 그리고 K는 제초제의 잡초방제효과=95%]. 통계처리는 분산분석을 통해 던컨검정 및 최소유의차 검정($P=0.05$)에 의해 발생밀도간 유의성 유무를 확인하였다(SAS 2000).

결과 및 고찰

벼와 새섬매자기 및 미국외풀의 발생밀도별 경합특성

간척지에서 주로 발생하는 다년생잡초 새섬매자기의 발생밀도에 따른 벼 초장은 조사시기에 관계없이 차이가 거의 없었다. 그러나 m²당 분얼수는 파종 후 60일경부터 24본 이상에서 유의적으로 감소되었으며, 최대밀도(192본)에서는 약 29% 정도까지 감소되었다(표 1).

일반적으로 벼와 잡초와의 경합에 있어 물달개비, 쇠틸골, 마디꽃과 같이 초장이 작은 잡초의 경우, 광에 대한 경합이 적고, 피와 미국쭈뚱꽃과 같이 초장이 큰 잡초의 경우 광 경합이 큰 것으로 알려져 있다(Kim과 Moody 1980, Shen 등 2008). 특히 새섬매자기는 초장은 크나 잎이 직립적이고 엽폭이 좁은 형태적 특성과 광포화점이 높은 생리적 특성 때문에 광 경합보다는 양분 경합에 의한 피해가 큰 것으로 알려져 있다(千葉 1991; Oh 등 1992). 또한 간척지의 문제잡초인 매자기의 경우, 이앙재배에서 경합밀도가 높아짐에 따라 벼 분얼수가 감소되는데 m²당 3본일 때 7.2%, 80본일 때 22.3%가 감소한다는 보고(Ryang 등 1978)는 본 시

Table 1. The growth of rice plant by different densities of *Scirpus planiculmis* in wet seeding rice cultivation.

Density (plant m ⁻²)	Plant height (cm)		Tiller (No. m ⁻²)		
	40 DAS ¹⁾	60 DAS	40 DAS	60 DAS	Index
0	34.3	63.2	400	484 a ²⁾	100
8	34.3	62.8	416	453 ab	94
24	34.2	61.6	401	421 c	87
48	33.4	63.0	404	407 bc	84
96	33.3	60.6	401	364 cd	75
192	32.8	61.4	401	343 d	71

¹⁾DAS : days after seeding; ²⁾DMRT : 5%.

Table 2. The growth of rice plant by different densities of *Lindernia dubia* in wet seeding rice cultivation.

Density (plant m ⁻²)	Plant height (cm)		Tiller (No. m ⁻²)		
	40 DAS ¹⁾	60 DAS	40 DAS	60 DAS	Index
0	33.9	64.8	397	539	100
24	33.5	64.3	392	535	99
48	33.3	64.8	387	536	99
96	33.2	65.5	373	527	98
192	34.1	65.1	367	528	98
384	34.9	65.4	381	521	97

¹⁾DAS : days after seeding.

험의 결과(담수직파재배)와 유사한 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 새싹매자기의 출아기간이 매우 길어 이앙 후 40일경부터 성숙기까지 벼와 경쟁하고(Kim과 Moody 1980, 宮原 1992) 잎이 직립적이며 엽 폭이 좁은 특성이 있어 광 경합보다는 양분 경합에 의한 피해가 크기 때문에(Ryang 등 1978; 千葉 1991; Oh 등 1992) 재배양식간 차이가 적었을 것으로 생각된다.

한편, 일년생잡초 미국외풀의 경합밀도별 벼의 생육을 보면, 벼의 초장의 경우 조사시기(파종 후 40일과 60일)에 관계없이 경합밀도에 따른 차이가 거의 없어 벼의 초장에 미치는 영향이 작다는 것을 알 수 있었다. m²당 벼 분얼수도 미국외풀의 경합밀도(384본/m²)가 높아져도 2~3% 정도만 감소되었다(표 2).

잡초의 출아와 생장은 여러 가지 복합적인 요인이 관련되기 때문에 하나의 요인만으로 해석하기에는 어려움이 있으나 일반적으로 온도가 가장 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Pyon 등 1990). 담수직파재배에서 초종별 3.0엽에 도달하는 소요일수는 피와 물달개비가 각각 17일과 18일로 비교적 빠른 반면에 미국외풀은 28일로 타 잡초보다 초기 생육이 느리다(Kwon 등 2004). 또한 제초제 저항성을 지닌 미국외풀 생태형은 제초제 처리 후 10일에 m²당 747본이, 30일 경에 1,935본까지 최대 발생하나 60일 이후에 자체 경합 또는 벼와의 경합에 의해 도태된다(Kuk 등 2003). 이와 같은 보고와 본 시험의 결과로 볼 때, 담수직파재배는 이앙재배 보다 본답 생육기간이 길기 때문에 미국외풀의 경우, 초기 생장이 느리고 초장도 작아 벼의 초장이나 분얼에 미치는 영향이 적은 것으로 생각된다.

새싹매자기 및 미국외풀 발생밀도에 따른 쌀 수량

새싹매자기는 발생밀도(192본 m⁻²)가 높아짐에 따라 10a당 수량은 제초구의 531kg에 비해 m²당 24본 이상 발생부터 유의적으로 감소되었으며 24본에서 11% 정도, 그리고 최대 발생밀도인 192본에서 43%까지 감소되었다(그림 1).

일반적으로 초장이 큰 피나 너도방동사니는 종내 경합보다는 벼와 종간 경합에 유리하여 초장이 신장되며 광 경합능력이 우수하여 벼 등숙율이나 천립중에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Cho 등 1983). 이앙재배에서 매자기는 m²당 3본에서 200본의 경합밀도에서 14.3~45.7% 정도의 쌀 수량이 감소되며(Ryang 등 1978) 200~600본의 경합밀도에서 20~50%까지 감소한다고 하여(竹松과 一前 1997) 본 시험의 결과와 비슷한 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 담수직파의 경우 이앙재배에 비해 본답 생육기간이 긴 반면에 새싹매자기는 출아 후 11주부터 엽 황화 및 고사가 일어

Fig. 1. Rice yield reduction based on densities of *Scirpus planiculmis* in wet seeding rice cultivation.

Fig. 2. Rice yield reduction based on densities of *Lindernia dubia* in wet seeding rice cultivation.

나기(LeRoy 등 1997) 때문에 등숙율이나 천립중에 미치는 영향이 낮아 새섬매자기 발생밀도나 재배양식간 차이가 있더라도 쌀 수량에 미치는 영향은 적었을 것으로 생각된다.

한편, 미국외풀도 발생밀도(384본 m⁻²)가 높아짐에 따라 10a당 쌀 수량은 제초구의 548kg에 비해 m²당 48본에서 5%, 96본에서 9%, 그리고 384본에서 22%까지 감소되었다(그림 2). 이와 같은 결과로 볼 때 미국외풀은 초기 생장이 느리고 초장이 작기 때문에 벼 생육 후기 특성인 등숙율이나 수당립수, 천립중에 거의 영향을 미치지 않으나 잡초경합 밀도가 높을 경우 광 경합보다는 양분경합에 의해 수수의 감소를 초래하여 수량도 감소되었을 것으로 추정된다. 지금까지 보고에 의하면, 초장이 큰 잡초인 자귀풀이나 미국가막사리 및 미국좁부처꽃의 경우 초장이 작은 잡초들에 비해 벼의 수수와 수당립수의 감소율이 높아 이들 잡초에 의한 수량 감소 폭도 각각 73, 75, 21%로 매우 크며(농촌진흥청 2010; Xiang 등 2008) 초장이 작더라도 설포닐우레아계 저항성 생태형인 물달개비와 같이 고밀도로 발생할 경우, 담수직파에서 약 70%, 이앙재배에서도 44% 정도 수량감소를 보인다고 하였다(Kwon 등 2002).

쌀 수량 예측모델 및 경제적 방제수준 설정

벼 담수직파재배에서 단일 잡초별 경합조건에 따른 실제 조사된 벼 수량자료를 근거로 수량 예측모델을 비선형 회귀분석한 결과(Genstat 1993), 새섬매자기의 경우 $Y=531.3\text{kg}/(1+0.003931x)$, $r^2=0.964$ 의 회귀식을 얻었다(이때 모델의 계수인 Y_0 ; 무잡초 조건에서 벼 수량, β 값, 잡초의 경합력, $1/\beta$ 는 50% 수량감소를 유발

Fig. 3. Observed and predicted rice grain yields based on *Scirpus planiculmis* and *Lindernia dubia* densities in wet seeding rice cultivation. The predicted rice grain yield (kg) was calculated using $Y=531.3\text{kg}/(1+0.003931x)$, $r^2=0.964$ in *S. planiculmis* and $Y=547.0\text{kg}/(1+0.000792x)$, $r^2=0.922$ in *L. dubia*.

하는 잡초의 밀도임). 이 예측 모델식을 이용하여 새섬매자기 발생밀도별 쌀수량을 예측한 결과, 5% 수량감소를 유발하는 경합밀도는 13본/m²이었다. 미국외풀의 경우, 새섬매자기와 동일방법으로 수량 예측모델을 추정 한 결과, $Y(\text{쌀수량})=547.0\text{kg}/(1+0.000792x)$, $r^2=0.922$ 으로 5% 수량감소를 유발하는 경합밀도는 66본/m²으로 추정할 수 있었다. 이와 같은 결과로 볼 때 벼에 대한 새섬매자기의 경합력이 미국외풀 보다 약 5.0배 정도 큰 것으로 나타났다(그림 3).

벼와 잡초의 경합력은 벼 품종 및 지역, 재배양식, 재배시기, 시비조건, 잡초발생양상 등 여러가지에 요인에 의해 좌우되나 담수직파재배에서 새섬매자기의 경합력은 0.003931로 잡초의 초장이 크거나 번식력이 왕성한 잡초들, 즉 자귀풀(0.04434), 장립종앵미(0.03052), 단립종앵미(0.01805), 사마귀풀(0.00913), 미국가막사리(0.007612), 올방개(0.005356) 보다는 작았으나 벼풀(0.003760), 물옥잠(0.003563), 여뀌바늘(0.002943), 올챙이고랭이(0.001884), 너도방동사니(0.001883) 보다는 큰 경향을 보였다(농촌진흥청 2010). 그러나 미국외풀의 경합력은 0.000792로 지금까지 보고된 잡초들 보다는 적은 것으로 나타났다.

한편 잡초발생정도에 따른 초종별 경제적 방제수준을 설정하여 방제여부 판단기준을 얻고자 E.T. (Economic Threshold)=Ch+Ca/YPLK(Cousens, 1985) 식을 이용하였다(표 3). 그 결과 담수직파재배에서 새섬매자기의 경제적 방제수준은 m²당 7.2본으로 나타났

Table 3. Parameter estimates and economic threshold density (Et) of weed species in wet seeding rice cultivation.

Parameter	<i>S. planiculmis</i>	<i>L. dubia</i>
C _h (won)	15,028	15,028
C _a (won)	9,936	9,936
Y (kg)	531.3	547.0
P (kg)	1,738	1,738
L	0.003931	0.000792
K (%)	0.95	0.95
Et m ⁻² (No.)	7.2	34.9

^aAnalysis method of Economic threshold (E.t., Cousens 1985b), $Et = \frac{Ch + Ca}{YPLK}$

^bAbbreviations : Et (Economic threshold level), the point at which control measure become cost-effective; Y, weed free crop yield; P, value per unit of crop; L, yield loss per unit weed density; K, Herbicide efficacy calculated as (efficacy/100); Ch, herbicide cost; Ca, application cost.

으며 미국외풀의 경제적 방제수준은 m²당 34.9본으로 나타나 이 보다 발생밀도가 높을 경우 방제하는 것이 경제적으로 유리할 것으로 판단되었다. 그러나 초종별 경제적 방제수준은 제초제 가격 및 처리비용, 쌀 가격의 변동에 따라 언제든지 조정될 수 있으므로 농가현장에 적용할 경우, 주변 상황을 고려하여 경제적 방제수준을 재설정해야 할 것이다.

요 약

벼 담수직파재배에서 잡초 경합밀도별 쌀 수량 감소는 새싹매자기의 경우, m²당 24본 이상에서, 미국외풀은 48본 이상에서 유의적으로 낮아졌으며 새싹매자기 (m²당 192본)와 미국외풀(m²당 386본)의 최대 경합밀도에서 각각 43%, 22% 정도 감소되었다. 새싹매자기 발생밀도에 따른 수량 예측 모델식은 $Y=531.3kg/(1+0.003931x)$, $r^2=0.964$, 미국외풀은 $Y=547.0kg/(1+0.000792x)$, $r^2=0.922$ 으로 나타나 벼에 대한 새싹매자기의 경합력이 미국외풀 보다 약 5.0배 정도 큰 것으로 나타났다. 또한, Cousens(1985) 방법에 따른 초종별 경제적 방제수준은 새싹매자기는 m²당 7.2본, 미국외풀은 34.9본으로 나타나 이에 비해 잡초 발생밀도가 높을 때는 방제하는 것이 경제적으로 유리할 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

- Cho, H. Y., H. S. Lee and Y. W. Kwon. 1983. The growth and yield of paddy rice as affected by competitive duration and density of flatsedge, *Cyperus serotinus* Rottb. Korean J. Weed Sci. 3 (2):156-165.
- Cousens, R. D. 1985. An simple model relating yield loss to weed density. Annals of Applied Ecology 107:239-252.
- Genstat 5.0, Release 3. 1993. Reference Manual, Oxford University Press.
- Kim, S. C., and K. Moody. 1980. Types of weed community in transplanted lowland rice and relationship between yield and weed weight in weed communities. Korean J. Crop Sci. 25(2):1-8.
- Kuk, Y. I., O. D. Kwon, D. Y. Shin, B. S. Kwon, A. G. Jeong, I. B. Lim and J. O. Guh. 2003. Growth difference of SU herbicide-susceptible and -resistant *M. vaginalis*, *L. dubia*, and *R. indica* biotypes and rice yield loss by resistant weeds. Korean J. Weed Sci. 23(2):143-152.
- Kwon, O. D., B. C. Moon and Y. I. Kuk. 2004. Herbicide application timing for control of major annual weeds based on leaf development by different seeding date under wet seeding. Korean J. Weed Sci. 24(4):308-31.
- Kwon, O. D., Y. I. Kuk, D. J. Lee, H. R. Shin, I. J. Park, E. B. Kim and J. O. Guh. 2002. Growth and yield of rice as affected by competitive period of resistant *Monochoria vaginalis* biotype to sulfonylurea herbicides. Korean J. Weed Sci. 22(2): 147-153.
- Kwon, O. D., B. C. Moon, K. N. An, H. G. Park, H. R. Shin and Y. I. Kuk. 2009. Prediction of rice yield loss and economic threshold level by densities of *Cyperus difformis* in wet-seeded rice. Korean J. Weed Sci. 29(2):167-177.
- LeRoy Holm, J. Doll, E. Holm, J. Pancho and J. Herberger. 1997. World weeds natural histories and distribution. John Wiley and Sons. Inc. pp.

- 722-739.
- Oh, Y. J., K. H. Park and Y. C. Ku. 1992. Research in foreign countries : Review of Weed Research Japan (Vol. 36 No. 2). Korean J. Weed Sci. 12(4): 402-404.
- Park, J. E., I. Y. Lee, B. C. Moon, T. S. Park, S. T. Lim, J. R. Cho, Y. C. Ku, I. B. Im and J. B. Hwang. 2001. The occurrence characteristics of weed flora in rice paddy field of Korea. Korean J. Weed Sci. 21(4):327-334.
- Park, T. S., B. C. Moon, C. K. Kang and J. E. Park. 2006. Characteristic and management of sulfonylurea-resistant *Scirpus planiculmis* confirmed in reclaimed paddy fields, Korea. Korean J. Weed Sci. 26(4): 375-383.
- Pyon, J. Y., T. G. Kang, C. W. Park and K. S. Kang. 1990. Effect of soil temperature and planting depth on emergence and growth of perennial paddy weeds. Korean J. Weed Sci. 10(3):197-201.
- Ryang, H. S., J. C. Chun and Y. H. Moon. 1978. Control of perennial weed *Scirpus maritimus* L. in reclaimed paddy fields of west seashore. II. Physiological and ecological characteristics of *S. maritimus*. Korean J. Crop Sci. 23(1):64-73.
- [SAS] Statistical Analysis System. 2000. SAS/STAT Users Guide, Version 7. Cary, NC: Statistical Analysis Systems Institute, Electronic Version.
- Shen, X. R., D. S. Kim and J. Y. Pyon. 2008. Competitive effect of *Ammannia coccinea* Rottb on growth and yield of rice in paddy field. Korean J. Weed Sci. 28(1):25-31.
- 千葉和夫. 1991. 水稻とコウキヤガラの競合に関する研究. 雑草研究 2(2):109-117.
- 竹松哲夫, 一前宣正. 1997. 世界の 雑草. 全國農村教育協會 pp. 246-250.
- 宮原益次. 1992. 水田雑草の生態とその防除 - 水稻作の 雑草と除草劑解説. 全國農村教育協會 pp. 92-102.
- 농촌진흥청. 2010. 주요 병해충 · 잡초 요방제수준 설정 자료집. 상록사. pp. 108-140.