

## 벼 담수직파에서 벼풀과 미국가막사리의 발생밀도에 따른 쌀 수량예측 및 경제적 방제밀도 수준 설정

김상국<sup>1\*</sup>, 김수용<sup>1</sup>, 원종건<sup>2</sup>, 신종희<sup>1</sup>, 권오도<sup>3</sup>

### Prediction of Rice Yield Loss and Economic Threshold Level by Densities of *Sagittaria trifolia* and *Bidens frondosa* in Direct-seeding Flooded Rice

Sang-Kuk Kim<sup>1\*</sup>, Su-Yong Kim<sup>1</sup>, Jong-Gun Won<sup>2</sup>, Jong-Hee Shin<sup>1</sup> and Oh-Do Kwon<sup>3</sup>

**ABSTRACT** This study was conducted to predict the rice yield loss and to determine the economic threshold levels for direct-seeding flooded rice cultivation from competition to the most serious weeds, *Sagittaria trifolia* L. and *Bidens frondosa* L. The rice yield loss models of *S. trifolia* and *B. frondosa* were predicted as  $Y = 497.0/(1+0.003760x)$ ,  $R^2=0.869$  and  $Y = 486.0/(1+0.007612x)$ ,  $R^2 = 0.887$ , respectively. In comparison of the competitiveness represented by parameter  $\beta$ , it was 0.003760 in *S. trifolia* and 0.007612 in *B. frondosa*, respectively. Economic thresholds calculated using Cousens' equation was negatively related with the competitiveness of weed. The economic thresholds of *S. trifolia* and *B. frondosa* were 7.6 and 3.9 plants per  $m^2$ , respectively.

**Key words:** *Bidens frondosa*; competitiveness; direct-seeding flooded rice; economic threshold; *Sagittaria trifolia*.

## 서 언

최근 들어 실시되고 있는 친환경 벼 재배는 환경보전과 생산비 절감에 대한 중요성이 부각되면서 벼농사의 잡초 관리가 제초제를 이용한 완전방제 개념에서

쌀 생산 경제 비용을 고려한 친환경 잡초관리 기술로 대체되고 있는 실정이다(Kwon 등 2009). 논 잡초는 벼와 양분 및 광, 수분 등 다양한 요소의 경합을 통하여 수량감소를 초래하므로 잡초종류별 발생밀도에 따라 정확한 수량 감수 예측모델을 설정하여 방

<sup>1</sup> 경상북도 농업기술원, 702-708, 대구광역시 북구 동호동 189(Gyeongsangbuk-do Provincial Agricultural Research & Extension Services, Daegu 702-708, Korea).

<sup>2</sup> 경상북도 농업기술원 영양고추시험장, 764-803, 경상북도 영양군 영양읍 대천리 579-3(Youngyang Pepper Experiment Station, Gyeongsangbuk-do Provincial Agricultural Research & Extension Services, Youngyang 764-803, Korea).

<sup>3</sup> 전라남도 농업기술원 쌀연구소, 520-715, 전라남도 나주시 산포면 산제리 206-7(Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea).

\* 연락처자(Corresponding author) : Phone) +82-53-320-0271, Fax) +82-53-320-0294, E-mail) sk2@korea.kr

(Received September 20, 2011; Revised November 17, 2011; Accepted December 2, 2011)

제 여부를 판단할 근거 자료가 필요하다고 할 수 있다. 우리나라에서는 농촌진흥청 국립농업과학원을 중심으로 2006년부터 잡초에 대한 정밀관리기술 개발의 일환으로 주요 문제 논 잡초 10여 종을 선정하여 이들 잡초들에 대한 경합밀도에 따른 피해 해석과 경제적 방제수준 밀도 설정연구를 도 농업기술원과 공동으로 수행하였다(Kwon 등 2008; Kwon 등 2009).

작물이 재배되고 있는 포장에서의 잡초 발생은 한정된 면적 내에 식물체의 밀도가 증가되는 것을 의미하는 것으로 가장 높은 수량을 내기 위한 작물재배의 환경에 있어 잡초는 기본적으로 작물의 평균 수량을 감소시키는 역할을 한다. 이러한 잡초 발생으로 인한 작물 수량 감소 정도는 수학적인 모델식을 이용하여 예측하려는 다양한 노력이 시도되었다(Cousens 1985; Kropff와 Spitters 1991; Kropff 등 1995; Berti와 Sattin 1996). 이러한 모델들 가운데 Cousens에 의해 시도되었던 잡초의 밀도와 작물의 수량감소를 연계한 Rectangular hyperbola 모델이 가장 많이 사용되고 있으며(Cousens 1985), 실제로 이와 같이 잡초밀도를 이용하여 다양한 작물에 대한 수량감소를 예측한 연구들이 보고되고 있다(Kim 등 2002; Cowan 등 1998; Lindquist 등 1996).

이와 관련하여 국내에서 지금까지 연구된 일년생 잡초는 물피를 비롯한 강피, 물달개비, 알방동사니, 여뀌바늘, 사마귀풀, 자귀풀, 미국가막사리 등 8종과 다년생 잡초종인 올방개를 비롯한 벼풀, 올챙이고랭이, 새섬매자기 등 4종에 대하여 수행되었다. 이러한 잡초종의 발생밀도를 보면 이양 후 6일경에 벼의 분얼수가 10.2~27.5%정도 감소되었으며, 쌀 수량은 약 18~51%까지 감소되었다. 이러한 쌀 수량 감소는 수량 구성요소 중 수수의 감소에 기인한 것으로 알려져 있다.

또한 이들 잡초종의 발생밀도 증가에 따른 쌀 품위 중 완전미 비율이 낮아지며 미숙립은 증가하지만 밥맛의 지표가 되는 취반미 윤기치 및 단백질 함량 차이는 거의 없다고 하였다. 뿐만 아니라, 벼 생육에 영향을 미치는 잡초의 경합력은 벼 품종 및 재배지역, 재배양식, 재배시기, 시비조건, 잡초발생 양상 등 여러 가지 요인들에 의해 좌우된다고 하였다(Kwon 등 2002; Lee 등 2005, 2006; Song 등

2006, 2008).

벼풀(*Sagittaria trifolia*)은 논, 연못, 습지 등에서 자라는 자용동체의 다년생으로 거의 덩이줄기로 번식하며 15°C의 저온조건에서도 생육하며 벼풀의 덩이줄기는 휴면성이 있기 때문에 그해 가을 또는 겨울에 발아조건이 주어지더라도 쉽게 싹이 나오지 않는다. 잎은 총생하며 길이 30~60cm의 엽병이 있으며, 밑부분에서 서로 감싸는 특징이 있다. 벼와의 광 경합에 따른 벼의 피해가 크며, 단위무게당 질소함량이 벼의 2배로 양분탈취가 큰 잡초로 알려져 있다(Han과 Ryang 1992).

미국가막사리(*Bidens frondosa*)는 귀화종으로 논에서도 발생하지만 농수로 등 습지에서 다발, 피해를 야기시키며 특히 이들 습지의 자생 생태계를 교란시키는 문제잡초이다. 이 잡초는 우리나라 자생종으로 중북부 지방을 중심으로 논에서 다발하는 가막사리(*Bidens tripartita*)와는 차이가 있으며 미국가막사리는 직립형 잡초로 발생시 그 피해가 크다. 또한 논 제초제로 널리 이용되고 있는 sulfonylurea계 제초제에 대하여 상당한 저항성(Itoh 등 1994)을 가지고 있어 더욱 심각한 잡초문제를 야기시킬 수 있다(Roh와 Lee 2004).

따라서 본 시험은 2009년 경상북도 농업기술원 벼 재배포장에서 잡초발생 예찰 시스템 구축의 일환으로 벼 담수직파재배에서 벼풀과 미국가막사리 발생밀도에 따른 쌀 수량 감수 정도와 예측모델을 구하고 이들 쌀 수량 감수 예측모델을 활용하여 잡초로 인한 경제적 피해한계 밀도를 설정하여 잡초방제 여부 판단자료로 활용하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 포장시험

본 시험은 2009년에 경상북도 농업기술원 담수직파 포장에서 수행되었다. 벼 종자(일미벼 : 중만생종)는 충분히 최아시킨 다음 10a당 4kg을 5월 10일에 산파하였으며 파종 후 20일과 30일에 m<sup>2</sup>당 입모수를 100~120개로 조정하여 재배하였다. 대상 잡초는 벼풀과 미국가막사리로서 벼풀은 괴경, 미국가막사리는 종자를 사용하였다.

파종은 벼풀의 경우 괴경을 씨래질과 동시에 경합 밀도를 각각  $m^2$ 당 0, 4, 12, 37, 72 및 144본, 미국가막사리의 경우 종자를  $m^2$ 당 0, 1, 8, 24, 48 및 96본으로 하였다. 파종 후 20일과 30일의 2회에 걸쳐 본수를 보정하였으며, 대상 잡초 외에 발생된 잡초는 파종 후 20, 40 및 60일에 각각 손제초하였다.

시비량은 질소-인산-칼리를 9-4.5-5.7kg  $10a^{-1}$ 를 사용하였다. 질소는 기비-분얼비-수비를 40-30-30%, 칼리는 기비-수비를 70-30%, 인산은 전량기비로 사용하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 벼의 초장과 분얼수 및 엽록소 함량(Model Minolta SPAD-502, Japan)은 파종 후 30일과 60일에 조사하였다.

벼 수량과 수량구성요소는 농촌진흥청 조사기준에 준하였으며 쌀 품위는 백미의 완전립비율, 청미, 동할미 및 사미를 분석하였다. 단백질과 아미로스 함량은 FOSS Tecator(Model FOSS infratec 1241, Sweden)를 이용하여 분광학적 방법으로 측정하였다. 취반미의 식미값은 Toyo meter(Model MA-90B, Japan)로 측정하였다.

### 통계분석 및 예측모델 작성

모든 통계분석은 Genstat(Genstat Committee 1993) 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 잡초 밀도에 따른 벼 수량 감소를 예측하기 위한 추정식을 작성하기 위하여 Cousens(1985)이 제시한 아래의 Rectangular hyperbola 식을 이용하여 계산하였다.

$$Y = \frac{Y_0}{1 + \beta X} \quad (1)$$

여기서  $Y_0$ 는 잡초가 완전 방제시의 쌀 수량,  $\beta$ 는 잡초의 벼에 대한 경합력,  $X$ 는 잡초의 밀도를 나타낸다. 경제적 잡초 한계 허용 밀도( $tE$ )는 잡초방제에 필요한 비용, 제초제 비용, 쌀값을 고려하여 Cousens(1987)에 의해 개발된 아래의 식에 의해 계산하였다.

$$tE = \frac{C_h + C_a}{Y_0 PLH} \quad (2)$$

여기서  $C_h$ 는 제초제 가격,  $C_a$ 는 제초작업 비용,  $Y_0$ 는 잡초 완전 방제시 쌀 수량,  $P$ 는 쌀 가격,  $L$ 은 잡초 1본에 의해 감소되는 쌀 수량,  $H$ 는 제초제 처리시 방제가

를 나타낸다.

## 결과 및 고찰

### 잡초 밀도별 벼 생육 차이

표 1은 벼풀과 미국가막사리 잡초종의 밀도에 따른 벼의 초장, 분얼수 및 엽록소 함량에 대한 차이를 생육 시기에 따라 조사한 결과이다. 파종 후 30일에서 초장과 분얼수 및 엽록소 함량은 잡초밀도가 증가할수록 초장과 분얼수는 약간 감소하였으며 엽록소함량 또한 감소하는 경향을 보였으나 통계적인 유의성을 보이지 않았다. 파종 후 60일 조사에서는 벼의 초장은 벼풀밀도 간에는 차이를 보이지 않았으나, 미국가막사리 밀도 간에 유의적인 차이가 있었으나 일정한 경향은 보이지 않았다. 벼의 분얼수는 벼풀과 미국가막사리의 밀도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

파종 후 60일 조사에서의 분얼수 변화는 잡초 초종 간에도 감소하는 경향의 차이가 있었으며, 잡초의 밀도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 즉 벼풀의 잡초밀도 4~144본에서 분얼수 감소는 1.9~24.3%, 미국가막사리의 1~96본에서 분얼수 감소는 5.6~25.2% 정도로 벼풀보다는 미국가막사리에서 벼의 분얼수가 더 감소되는 결과를 보였다. 한편, 출수기의 벼 분얼수 감소는 잡초 종에 따라 파종 후 60일 보다 경합정도가 달랐는데, 벼풀의 경우 1.5~20.6%, 미국가막사리의 경우 4.6~23.7% 정도 분얼수가 감소하여 파종 후 60일과 비교할시 벼풀보다 미국가막사리에서 경합이 높음을 알 수 있었다. 출수기의 잡초 초종과 밀도별 엽록소 함량은 잡초밀도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으나 통계적인 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다. 벼풀은 초장이 짧고 뿌리가 넓게 발달하여 벼와의 양분경합에서 유리한 조건이지만 미국가막사리는 초장이 벼와 비슷하거나 더 길어 벼의 수광상태를 상당히 어렵게 하기 때문에 벼의 분얼수 감소율이 더 높아진 것으로 사료되었다.

### 잡초 밀도별 벼 수량 및 수량구성요소

벼풀과 미국가막사리 잡초종의 밀도에 따른 쌀 수량 및 수량구성요소의 변화는 표 2와 같다. 벼의 간장은 벼풀의 밀도가 증가함에 따라 유의적인 감소를 보였으

**Table 1.** Changes of dry weight of rice plant as affected by different weed densities of two weed species in direct-seeding flooded rice cultivation.

Weed density (plant m <sup>-2</sup> )	30 DAS <sup>1)</sup>			60 DAS			Heading stage		
	Plant height (cm)	Tiller (No./hill)	SPAD	Plant height (cm)	Tiller (No./hill)	SPAD	Plant height (cm)	Tiller (No./hill)	SPAD
<i>Sagittaria trifolia</i>									
0	39a <sup>2)</sup>	23.6a	39.5a	91a	21.4a	39.2a	99a	19.4a	33.8a
4	39a	23.7a	39.2a	89a	21.0a	39.3a	99a	19.1a	33.4a
12	39a	21.9a	39.3a	89a	18.5ab	39.0a	100a	17.4ab	31.7a
37	37a	21.5a	38.7a	88a	17.7ab	38.8a	98a	16.6b	32.2a
72	38a	20.9a	38.8a	89a	16.3b	38.9a	99a	15.8b	31.8a
144	38a	20.1a	38.9a	89a	16.2b	38.6a	99a	15.4b	31.9a
<i>Bidens frondosa</i>									
0	39a	23.6a	39.5a	91a	21.4a	39.2a	99a	19.4a	33.8a
1	39a	23.4a	39.3a	88a	20.2a	39.2a	96ab	18.5a	32.6a
8	39a	22.1a	39.1a	88a	18.1ab	39.4a	96ab	17.1a	32.8a
24	38a	21.3ab	38.2a	87ab	17.1b	39.2a	96ab	16.2b	31.5b
48	37a	19.2b	38.4a	89a	17.2b	38.6a	95b	15.6b	31.1b
96	37a	19.0b	38.6a	86b	16.0b	38.8a	95b	14.8b	30.4c

<sup>1)</sup>DAS : Days after seeding.

<sup>2)</sup>DMRT : In each column, means with the same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

**Table 2.** Changes of yield and yield components as affected by different weed densities of two weed species in direct-seeding flooded rice cultivation.

Weed density (plant m <sup>-2</sup> )	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	Panicles (No. hill <sup>-1</sup> )	Spikelets (No. panicle <sup>-1</sup> )	Ripened grain ratio (%)	1,000-seed weight (g)	Rice yield (t ha <sup>-1</sup> )
<i>Sagittaria trifolia</i>							
0	74a <sup>1)</sup>	16.3a	17.2a	88.2a	90.2a	21.8a	5.1a
4	71b	15.6b	16.3a	83.6a	88.9a	21.6a	4.9a
12	71b	16.2a	16.4a	77.5a	86.0b	21.7a	4.6a
37	71b	16.3a	15.3ab	75.2ab	84.2b	21.7a	4.4b
72	70b	15.9a	14.4b	68.9b	78.8c	21.6a	3.9c
144	68c	16.4a	14.2b	62.5c	77.4c	21.5a	3.3d
<i>Bidens frondosa</i>							
0	74a	16.3b	17.2a	88.2a	90.2a	21.8a	5.1a
1	72b	17.3a	16.2b	84.4ab	88.6b	21.5a	4.8a
8	71b	17.7a	15.3b	77.8b	86.2b	21.4a	4.5a
24	69b	17.5a	15.4b	75.8b	84.5bc	20.8b	4.0b
48	68b	17.7a	13.4c	69.3bc	78.9c	20.7b	3.5bc
96	68b	17.4a	14.1bc	62.7c	77.7c	20.4b	3.0c

<sup>1)</sup>DMRT : In each column, means with the same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

며 특히 벼풀의 경우 평방미터당 144본에서 68cm로 무처리보다 6cm정도 유의적인 감소를 보였다. 이러한 경향은 미국가막사리의 결과와 비슷하였다. 수장의 변화는 잡초종과 밀도 간에 뚜렷한 차이를 보였다. 벼풀에 있어서는 잡초밀도 간에 평방미터당 4본에서 15.6cm로 무처리보다 0.7cm 감소하였으나, 미국가막사리에 있어서는 오히려 무처리 보다 잡초구에서 1~1.4cm정도 더 길어지는 경향을 보였다. 수수의 변화는 잡초 초종간 밀도가 증가함에 따라 유의하게 감소하여 벼풀의 잡초밀도 4~144본에서 4.5~17.4%, 미국가막사리의 잡초밀도 1~96본에서 5.8~22.1%로 감소하여 벼풀에서 감소폭이 적은 경향을 보여 주었다. 영화수는 벼풀의 잡초밀도 4~144본에서 5.2~29.1%, 미국가막사리의 잡초밀도 1~96본에서 4.3~28.9%로 감소하여 수수의 감소폭보다 더 커지는 경향이였다.

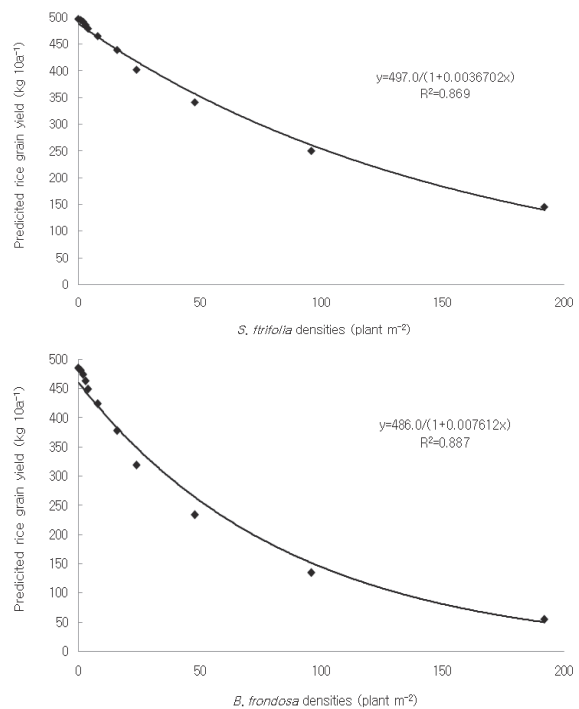
등숙비율 감소 정도는 벼풀의 잡초밀도 4~144본에서 1.4~14.2%, 미국가막사리의 잡초밀도 1~96본에서 1.8~13.9%로 벼풀보다 미국가막사리에서 감소폭이 다소 낮아지는 결과를 보였다. 쌀 수량은 벼풀의 잡초밀도 4~144본에서 2.6~35.8%, 미국가막사리의 잡초밀도 196본에서 5.3~41.1%로 감소하였다. 전체적인 수량구성요소 및 수량의 감소정도는 미국가막사리가 벼풀에 비하여 2.7~5.3%정도 감소하는 것으로 나타났다. 이는 표 3과 그림 1에서 보는 바와 같이 벼와 의 경합력이 미국가막사리에서 크게 나타난 결과에 기인하였다.

### 벼와 잡초와의 경합

본 시험에서는 다양한 벼와 잡초와의 경합모델 가운데 Cousens에 의해 시도되었던 잡초의 밀도와 작물의 수량 감소를 연계시킨 Rectangular hyperbola 모델을 이용하여 추정하였다(Cousens 1985). 잡초 밀도에 따른 벼 수량 감소를 예측하기 위한 추정식을 작성하고자 재료 및 방법의 계산식(1)을 이용하여 추정된 잡초 완전 방제시의 벼 수량( $Y_0$ )과 잡초의 벼에 대한 경합력( $\beta$ ) 등은 표 3에 제시한 바와 같다. 따라서 그림 1은 표 3에서 구해진 잡초 초종별 완전 방제시 수량과 벼와의 경합력을 바탕으로 하여 잡초 초종별 밀도에 따른 벼 수량 감소 예측식을 나타낸 것이다. 잡초를 완전 방제 했을 경우를 가정한 벼 수량(10a당)은 벼풀에서 497kg, 미국가막사리 486kg이었으며, 벼와 잡초의 경

**Table 3.** Weed free rice yield ( $Y_0$ ) and the competitiveness represented by parameter  $\beta$ , whose reciprocal  $1/\beta$  is a weed density reducing rice yield by 50% in direct-seeding flooded rice cultivation.

Weed species	Parameter estimates		$R^2$
	$Y_0$ (t ha <sup>-1</sup> )	$\beta$	
<i>Sagittaria trifolia</i>	5.0	0.003760	0.869
<i>Bidens frondosa</i>	4.9	0.007612	0.887



**Fig. 1.** Observed and predicted rice grain yield as a function of and in direct-seeding flooded rice cultivation. The predicted rice grain yield (continuous line) was calculated using eqn.1 and parameter estimates in Table 4. The dots represent in real rice grain yield harvested in the fields.

합력은 벼풀에서 0.003760, 미국가막사리 0.007612로 벼풀보다 미국가막사리에서 높은 것을 알 수 있었다.

벼의 재배양식별 벼에 대한 잡초의 경합력은 담수직파재배보다 기계이앙재배에서 약 2~3배정도 높다고 보고되고 있으며(Won 등 2009; Kwon 등 2007, 2009), 벼 이앙 재배시 대전, 수원, 익산 및 나주지역에서 벼풀의 경합력은 0.002167, 0.001827, 0.002437 및 0.001611로 지역간 차이가 있음을 보고하였다(Moon

**Table 4.** Parameter estimates and economic thresholds (tE) of two different weed species in direct-seeding flooded rice cultivation.

Weed species	Parameter estimates and economic thresholds*						
	C <sub>h</sub> (₩ ha <sup>-1</sup> )	C <sub>a</sub> (₩ ha <sup>-1</sup> )	Y <sub>o</sub> (t ha <sup>-1</sup> )	P (₩ ha <sup>-1</sup> )	L	H	tE (No. m <sup>-2</sup> )
<i>Sagittaria trifolia</i>	138,670	99,360	5.0	17,560	0.003670	0.95	7.6
<i>Bidens frondosa</i>	138,670	99,360	4.9	17,560	0.007612	0.95	3.9

\* Y<sub>o</sub>, weed free rice yield; P, value per unit of crop; L, proportion of yield loss per unit weed density; H, herbicide efficacy calculated as (efficacy/100); C<sub>h</sub>, herbicide cost; C<sub>a</sub>, application cost.

등 2006). 본 시험에서는 벼풀의 벼에 대한 경합력은 0.003760으로 다른 지역보다 높음을 알 수 있었으며, 벼 이앙재배시 미국가막사리의 경합력은 0.01211 (Moon 등 2009)로 담수직파재배에서 보다 기계이앙재배에서 높은 결과를 보였다.

표 3에서 얻어진 자료를 바탕으로 그림 1에서 보는 바와 같이 잡초 초종별 밀도 증가에 따른 벼 수량 추정식을 작성하였다. 벼풀과 벼와의 밀도 경합에 따른 수량 예측식은  $y=497.0/(1+0.003760x)$ ,  $R^2=0.869$ 이고, 미국가막사리는  $y=486.0/(1+0.007612x)$ ,  $R^2=0.887$ 로 나타났다. 표 4는 재료 및 방법에 제시한 바와 같이 Cousens(1987)에 의해 개발된 계산식(2)을 이용하여 벼와 잡초와의 경합에 있어서 당해연도 경제적 한계 허용밀도를 산출하여 나타내었다. 그 결과, 제초제 구입 비용은 ha<sup>-1</sup>당 138,670원(2009년)이었고, 제초제를 살포하는데 소요되는 인건비 등은 ha<sup>-1</sup>당 99,360원, 쌀의 kg당 가격은 1,756원, 제초제의 방제가는 95%로 적용하였을 때 경제적 한계 허용 밀도는 잡초 완전 방제시 수량이 5톤이고 1본당 수량 감소 정도가 0.003670인 벼풀은 평방미터당 7.6본, 잡초 완전 방제시 수량이 4.9톤이고 1본당 수량 감소 정도가 0.007612인 미국가막사리는 평방미터당 3.9본이었다. 이와 같은 결과로 볼 때 잡초의 벼에 대한 경합력이 높을수록 경제적 한계 허용 밀도의 본수는 줄어들었고, 경합력이 다소 낮았던 잡초는 경제적 한계 허용 밀도의 본수가 증가되는 경향을 보였다.

표 4에서 언급된 경제적 한계 허용밀도는 각 나라의 경제적 상황, 제초제 비용 및 노동비용에 따라 다르게 나타날 수 있어, 상대적으로 쌀값이 낮은 지역은 경제적 한계 허용 밀도가 어느 정도까지 높아질

수 있으며, 노동 비용 및 제초제 가격이 낮은 지역은 경제적 한계 허용 밀도가 낮아 질 수도 있을 것으로 생각된다.

### 요 약

본 시험은 2009년 경상북도 농업기술원 벼 재배포장에서 잡초발생 예찰 시스템 구축의 일환으로 최근 담수 직파답이 늘어나면서 벼 재배시 문제잡초인 벼풀과 미국가막사리를 대상으로 잡초 밀도별 벼와의 경합력을 구명하고 Rectangular hyperbola 모델을 기초로 잡초의 밀도에 따른 쌀 수량 감소를 예측하고 경제적인 방제 필요수준을 구명하고자 본 시험을 실시하게 되었다. 잡초 초종별 밀도 증가에 따른 벼 수량 예측식은 벼풀이  $y=497.0/(1+0.003760x)$ ,  $R^2=0.869$ 이고, 미국가막사리는  $y=486.0/(1+0.007612x)$ ,  $R^2=0.887$ 로 나타났다. 제초제 구입 비용은 ha<sup>-1</sup>당 138,670원이었고, 제초제를 살포하는데 소요되는 인건비 등은 ha<sup>-1</sup>당 99,360원, 쌀의 kg당 가격은 1,756원, 제초제의 방제가는 95%로 적용하였을 때 경제적 한계 허용 밀도는 잡초 완전 방제시 수량이 5톤이고 1본당 수량 감소 정도가 0.003670인 벼풀은 평방미터당 7.6본, 잡초 완전 방제시 수량이 4.9톤이고 1본당 수량 감소 정도가 0.007612인 미국가막사리는 평방미터당 3.9본이었다. 이와 같은 결과로 볼 때 잡초의 벼에 대한 경합력이 높을수록 경제적 한계 허용 밀도의 본수는 줄어들었고, 경합력이 낮았던 잡초는 경제적 한계 허용 밀도의 본수가 증가되는 경향이였다.

## 인용문헌

- Berti, A., and M. Sattin. 1996. Effect of weed position on yield loss in soybean and a comparison between relation weed cover and other regression models. *Weed Research*. 36:249-258.
- Cousens, R. D. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. *Annals Applied Biology* 107:239-252.
- Cousens, R. D. 1987. Theory and reality of weed control thresholds. *Plant Protection Quarterly* 2:13-20.
- Cowan, P., S. E. Weaver and C. J. Swanton. 1998. Interference between pigweed (*Amaranthus* spp.), barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*), and soybean (*Glycine max.*). *Weed Science* 46:533-539.
- Han, S. S., and W. J. Ryang. 1992. Physio-ecological characteristics of *Sagittaria trifolia* L., a perennial weed in paddy field-1. Effect of environmental factors on emergence of tuber of *S. trifolia*. *Korean J. Weed Sci.* 12:8-15.
- Itoh, K. J., J. J. Lee, T. Sumiyoshi and M. Tachibana. 1994. Characters of seed emergence and effect of sulfonylurea rice herbicides on three *Bidens* paddy weeds. *Proc. of 15th Asia-Pacific Weed Science Society conference*. pp. 339-345.
- Kim, D. S., P. Brain, E. J. P. Marshall and J. C. Caseley. 2002. Modelling herbicide dose and weed density effects on crop-weed competition. *Weed Research* 42:1-13.
- Kropff, M. J., and C. J. T. Spitters. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of weeds. *Weed Research* 31:97-105.
- Kropff, N. J., L. A. P. Lotz, S. E. Weaver, H. J. Bos, J. Wallinga and T. Migo. 1995. A two-parameter model for prediction of crop loss by weed competition from early observations of relative area of weeds. *Annals of Applied Biology* 126:329-346.
- 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. *Kor. J. Weed Sci.* 22(2):147-153.
- Kwon, O. D., Y. I. Kuk, S. H. Cho and B. C. Moon. 2007. Effect of densities of *Echinochloa crus-galli* and *Cyperus difformis* in transplanting rice cultivation on rice yield and rice quality, and economic threshold levels of the weeds. *Korean J. Weed Sci.* 27:102-111.
- Kwon, O. D., Y. I. Kuk and B. C. Moon. 2008. Economic threshold levels based on rice yield and rice quality as affected by densities of *Scirpus planiculmis* in transplanting rice cultivation. *Korean J. Weed Sci.* 28:255-253.
- 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.* 29:167-177.
- Lee, S. G., D. S. Kim, I. B. Im and J. Y. Pyon. 2005. Growth and yield of rice as affected by different densities of perennial weeds and prediction of rice yield loss in paddy fields. *Korean J. Weed Sci.* 25(4):295-303.
- Lee, S. G., I. B. Im, D. S. Kim and J. Y. Pyon. 2006. Competition effects of *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis* on rice growth and yield. *Korean J. Weed Sci.* 26(3):262-269.
- Lindquist, J. L., D. A. Mortensen, S. A. Clay, R. Schmenk, J. I. Kells, K. Howatt and P. Westra. 1996. Stability of corn (*Zea mays*)-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. *Weed Science* 44:309-313.
- Moon, B. C., O. D. Kwon, S. H. Cho, S. G. Lee, J. G. Won, S. B. Song, T. S. Park, C. K. Kang, J. R. Jo, D. S. Kim and J. E. Park. 2006. Prediction of rice yield loss as a result of rice-weed competition in machine transplanting of rice. *Korean J. Weed Sci.* 26(1):71-75.
- Moon, B. C., J. G. Won, O. D. Kwon, S. H. Cho, S. M. Oh, J. E. Park, I. Y. Lee, Y. D. Jin, H. Y.

- Kwon, D. S. Kim and O. K. Kwon. 2009. Prediction of rice yield loss as a result of rice-weed competition in machine transplanting of rice. Korean J. Weed Sci. 29(1):77-78.
- Rho, Y. D., and M. H. Lee. 2004. Germination characteristics of *Bidens tripartita* and *Bidens frondosa* occurring in paddy fields. Korean J. Weed Sci. 24:299-307.
- Song, S. B., J. B. Hwang, Y. K. Hong, S. T. Park and H. Y. Kim. 2006. Loss of rice growth and yield affected by weed competition in machine transplanted rice cultivation. Korean J. Weed Sci. 26 (4):407-412.
- Song, S. B., J. B. Hwang, Y. K. Hong and H. W. Kang. 2008. Effect of rice growth and yield affected by different densities of *Ludwigia Prostarata* Roxb. In machine transplanted rice cultivation. Korean J. Weed Sci. 28(3):214-219.
- Won, J. G., D. J. Ahn, S. J. Kim, O. D. Kwon, B. C. Moon and J. E. Park. 2009. Yield losses and economic thresholds by density of *Bidens tripartita* and *Eclipta prostrata* in transplanted rice field. Korean J. Weed Sci. 29:328-335.