

## 벼의 생육과 수량에 미치는 피와 물달개비의 경합효과

이순계<sup>1\*</sup>, 임일빈<sup>2</sup>, 김도순<sup>3</sup>, 변종영<sup>4</sup>

### Competition Effects of *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis* on Rice Growth and Yield

Sun-Gye Lee<sup>1\*</sup>, Il-Bin Im<sup>2</sup>, Do-Soon Kim<sup>3</sup> and Jong-Yeong Pyon<sup>4</sup>

**ABSTRACT** This field study was conducted to examine competition effects of *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis* on the growth and yield of rice transplanted at different timings, and to predict rice yield by using a rectangular hyperbolic model. Among growth and yield components, number of tillers and panicles and percent ripened grain were the most significantly influenced by weed interferences. The rectangular hyperbola well described the relationships between rice yield and weed density. The prediction models for rice yield as affected by weed interferences were  $Y = 558.7 / (1 + 0.040X)$  for *E. crus-galli*, and  $Y = 576.7 / (1 + 0.0018X)$  for *M. vaginalis*. The value  $\beta$  indicates that *E. crus-galli* was about 20 times more competitive than *M. vaginalis*. The weed densities to cause a 10% yield loss of rice were estimated to be 3 and 62 plants/m<sup>2</sup> for *E. crus-galli* and *M. vaginalis*, respectively.

**Key words:** competition; *Echinochloa crus-galli*; *Monochoria vaginalis*; rice; prediction model.

## 서 언

논에서 많이 발생하는 주요 잡초의 분포비율은 벼의 재배양식과 재배법의 변화로 점차 달라지고 있는데, 1970년대 이후 우리나라 논에서 일년생잡초를 대상으로 하는 동일 연속적인 약제의 사용은 다년생잡초의 점증을 가져왔고, 1980년대 이후 손이앙 재배에

서 기계이앙재배로 전환됨으로써 분답기간이 길어짐에 따라 잡초의 발생량이 많고 종류가 다양해졌으며 특히 1990년대에는 sulfonylurea계 혼합제초제, 즉 일발처리제가 많이 사용됨으로써 다년생잡초인 올방개나 벚풀 같은 방제효과가 낮은 잡초의 우점도가 더욱 높아지고(임 2000), 피를 비롯한 화본과 잡초에 대한 잡초방제효과가 떨어지기 때문에 일년생잡초의

<sup>1</sup> 충남농업기술원, 340-861 충남 예산군 중경리 365(Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Yesan 340-861, Korea).

<sup>2</sup> 호남농업연구소 식물환경과, 570-080 전북 익산시 송학동 381(Honam Agricultural Res. Inst., RDA, Iksan 570-080, Korea).

<sup>3</sup> LG 생명과학, 305-380 대전광역시 유성구 문지동 104-1(LG Life Sciences, Ltd., Daejeon 305-380, Korea).

<sup>4</sup> 충남대학교 농업생명과학대학, 305-764 대전광역시 유성구 궁동 220 번지(Department of Agronomy, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea).

\* 연락처자(corresponding author) : Phone) 041-330-6245, Fax) 041-330-6259, E-mail) Isoong4@hanmail.net

(Received July 18, 2006; Accepted August 29, 2006)

발생비율도 높아지고 있다.

충청남도 지방 벼 재배 논에서의 잡초발생 분포 우점순위가 1981년에는 물달개비>너도방동사니>올미>쇠털골>가래 순이었으나(문 등 1981), 2000년 조사에서는 물달개비>피>올방개>사마귀풀>가막사리>벗풀 순으로 나타났다(박 등 2002).

잡초의 출아는 온도, 수분, 산소, 광 등 여러 요인에 의하여 영향을 받는데 그 중에서도 온도에 대한 영향이 가장 크다(변 등 1990). 특히 온도는 잡초의 출아율, 출아소요기간 및 생장에 가장 중요한 영향을 미친다.

이와 변(2002)은 작물의 재배에 있어서 잡초의 방제는 필수적이며 특히 벼 재배에 있어서 수량감수에 가장 큰 요인은 잡초에 의한 것이라 하였으며, 山岸과 橋爪(1972)은 잡초가 벼에 가장 영향을 주는 시기는 이양후 40일까지라고 하였다.

김 등(1998)도 직파재배시 피가 가장 출현이 빨라 담수표면산파 재배시 5일, 건담직파재배 7일이 소요된다고 하였고, 임(2000)은 피는 저온(10~20℃)에서 출아소요일수가 4.1~5.1일이며 20/30℃의 고온에서는 2.1~2.5일로 온도가 높을수록 출아소요일수가 단축되며, 다른 잡초보다 출아가 빠르다 하였다. 논에 발생하는 피는 강피와 물피가 주종을 이루고 있으며 산소요구도가 높아 토양수분이 적을수록 발생이 증가하고 개체당 건물중도 높아지는데(Sicbaldi 등 1997), 피는 성장속도가 매우 빠르며 또한 경합력도 높아서 단위면적당 건물생산량이 많아 벼에 피해가 많다(임 1993).

물달개비의 출아는 평균 15~16℃에서 시작되지만 논에서는 일반적으로 피보다 생육이 늦은데, 출아소요 적산온도는 450~500℃(Huang 등 2001) 범위라 하였으며, 이 등(2004)은 물달개비의 1엽 및 2엽 출현에 소요되는 유효적산 온도는 112℃와 200℃로 추정하였고, 문 등(2005)은 1엽과 2엽의 출현에 69℃와 109℃의 유효적산온도가 소요된다고 하였다. 또한 김 등(1998)은 담수직파재배에서 물달개비의 출현이 피 다음으로 빠르며 파종후 8일에 출현하여 다른 잡초의 평균출현시기 13일보다 빠른 경향이라고 하여 연구자간에 차이가 있었는데 이와 같은 결과들은

잡초의 보관 및 시험조건 그리고 포장내 잡초의 엽령 조사 방법과 환경조건에 따라 차이가 있는 것으로 판단된다.

경합이란 일정한 환경조건 하에서 한 종류 이상의 생물이 동시에 동일한 자원을 같은 시간에 요구하는 현상을 의미하며 작물생육에 필요한 요소(특히 양분, 수분, 빛, 이산화탄소)의 공급이 수요에 미치지 못할 때 일어나는 현상으로(김 1988), 본 시험은 피와 물달개비의 발생밀도가 벼의 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사하였다.

본 실험은 전국적으로 논에 많이 발생하는 일년생 잡초인 피와 물달개비의 발생밀도가 벼 수량에 미치는 영향을 정량화하고, 이들 경합에 의한 벼의 피해를 예측하여 벼 재배시 효율적인 잡초방제체계 관리정보를 제공하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

본 실험은 일년생잡초인 피, 물달개비의 발생밀도에 따른 벼 생육 및 수량에 미치는 영향을 분석하여 이들 잡초와 경합에 의한 벼의 피해를 예측하여 벼 재배시 효율적인 잡초방제체계 관리정보를 제공하기 위하여 2003년 대전에 위치한 충남농업기술원 실험포장에서 수행되었다. 시험 벼 품종은 수수형인 수라벼로 하였고 정지작업은 이양 3일 전인 5월 23일 실시하였으며, 본답 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 110-45-57kg ha<sup>-1</sup> 수준으로 시용하였고, 분시방법으로 질소는 기비-분얼비-수비를 50-20-30%, 인산은 전량 기비, 칼리는 기비와 수비를 70 : 30%로 하였다.

정지후 실험구를 썬라이트로 2.0m×1.8m = 3.8m<sup>2</sup>가 되도록 구획하였으며 잡초의 경합 밀도는 표토에 충분한 양의 종자를 살포하고 파종 후 7일에 m<sup>2</sup>당 0, 5, 10, 25, 50, 75본으로, 물달개비는 m<sup>2</sup>당 0, 10, 25, 50, 75, 100, 150본으로 조정하였다.

벼는 정지 및 잡초종자의 파종 후 3일(5월 26일)에 30일 묘를 재식본수 4본, 재식거리 30×14cm, 이양심도 3cm 정도 깊이로 손이앙 하였다.

실험구배치는 난피법 3반복으로 수행하였으며, 벼

와 잡초의 생육은 이앙 후 20일 간격으로 60일까지 3회, 70일에 1회 등 4회에 걸쳐 조사하였고, 수량조사는 벼 출수 후 60일에 하였다. 벼 수확 후 현미의 품위 등을 조사하였으며, 수량 및 수량구성요소 조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(2003)에 준하였다.

쌀의 식미치 분석은 Toyomidometer(MB-90A)를 이용하여 11월 상순에 조사하였다. 잡초의 경합에 따른 벼 수량 예측모델을 구축하기 위하여 아래의 Rectangular hyperbolic model(Cousens, 1985)과 통계프로그램인 Genstat 5.0(Genstat Committee, 1993)을 이용하였다.

$$Y = \frac{Y_0}{1 + \beta x}$$

(Y= 벼 수량, Y<sub>0</sub>= 잡초 무발생구 벼 수량, β= 잡초경합력 (1/β는 50% 수량감수를 유발하는 잡초밀도))

## 결과 및 고찰

### 발생밀도별 경합특성

이앙 후 70일 조사에서 피 밀도별 벼의 생육을 보면(표 1), 벼의 초장은 피의 밀도간에 유의차가 없었다. 그러나 경수는 밀도가 높아질수록 적어져 0본 m<sup>2</sup> 구에서 421개인 반면 75본 m<sup>2</sup>에서는 317개였으며, 피의 밀도가 높고 이앙 후 일수가 경과될수록 벼의

경수 억제에 뚜렷한 경향이 있었다. 벼와 잡초의 경합으로 벼의 수량이 감소되는 요인으로는 영화수, 등숙율 및 엽면적의 감소 등 다양하게 작용하기 때문에 벼 초장으로 경합한계기를 설정할 수는 없으나 초기 경합에 의한 경수감소와 광합성억제 등이 수량에 미치는 요인으로 우선적으로 작용할 것으로 사료된다.

이앙 후 70일에 물달개비의 밀도별 벼의 생육은(표 1), 물달개비 0본 m<sup>2</sup>구에서 벼의 초장은 68.3cm로 가장 짧았으나, 150본 m<sup>2</sup>에서 71.9cm로 가장 길어 밀도수준이 높아질수록 물달개비 경합에 의해 벼의 초장은 도장하여 커지는 경향이였으며, 경수는 밀도수준이 높아질수록 줄어들어 물달개비 0본 m<sup>2</sup>구에서 398개로 가장 많았고 150본 m<sup>2</sup>에서 362개로 가장 적었다. 그러나 물달개비의 경합은 밀도가 증가하여도 벼의 생육억제에 미치는 영향이 피처럼 크지 않아, 100본까지는 유의차가 없었는데 이는 물달개비의 초장이 짧아 광, 양분 등의 경합력이 떨어지기 때문으로 사료된다.

### 벼 수량 및 수량구성요소

피의 밀도 수준별 벼 수량 및 수량구성요소를 보면(표 2) 수수와 영화수는 25본 m<sup>2</sup>, 등숙비율은 10본 m<sup>2</sup> 이상의 밀도에서 유의적으로 낮아졌다. 수량은 5본 m<sup>2</sup> 이상의 경합에서 유의적으로 낮아졌으며, 밀도가 클수록 그 경향은 현저히 커졌다. 쌀 수량은 피

Table 1. Growth of rice as affected by interferences of *E. crus-galli* and *M. vaginalis* at different densities.

<i>E. crus-galli</i> density (plant m <sup>-2</sup> )	Rice <sup>a</sup>		<i>M. vaginalis</i> density (plant m <sup>-2</sup> )	Rice	
	Plant height (cm)	Tiller (No. m <sup>-2</sup> )		Plant height (cm)	Tiller (No. m <sup>-2</sup> )
0	70.4	421	0	68.3	398
5	71.8	383	10	70.7	395
10	74.8	378	25	69.1	383
25	71.4	376	50	68.9	381
50	73.7	340	75	69.9	383
75	72.2	317	100	69.9	369
			150	71.9	362
LSD (0.05)	1.47	34.4	LSD (0.05)	2.95	28.8

<sup>a</sup>The rice growth was investigated at 70 days after transplanting.

**Table 2.** Yield components of rice as affected by interferences of *E. crus-galli* and *M. vaginalis* at different densities.

Weed species	Density (plant m <sup>-2</sup> )	Panicle length (cm)	No. of panicles hill <sup>-1</sup>	No. of spikelets per m <sup>2</sup> (×100)	Ripening percent (%)	Field <sup>a</sup> lodging (0~9)	Milled rice yield (MT ha <sup>-1</sup> )
<i>E. crus-galli</i>	0	18.3	17.6	310	88.9	0	5.82
	5	17.5	16.5	297	80.0	0	4.52
	10	17.9	16.1	287	69.6	0	3.65
	25	17.7	14.2	255	68.0	0	2.93
	50	17.5	13.8	250	62.8	3	2.05
	75	17.7	13.2	246	60.6	7	1.54
	LSD (0.05)	-	0.96	1.58	41.3	4.02	-
<i>M. vaginalis</i>	0	18.3	17.4	314	91.6	0	5.86
	10	19.5	16.9	311	89.0	0	5.71
	25	18.3	15.7	302	89.6	0	5.38
	50	18.3	15.8	292	89.2	0	5.16
	75	18.6	16.4	276	89.8	0	5.12
	100	18.2	15.5	271	90.6	0	5.03
	150	18.1	14.7	266	84.7	0	4.52
LSD (0.05)	-	1.63	2.05	31.6	3.86	-	31.29

<sup>a</sup>Observed at 50 days after heading.

5본 m<sup>2</sup> 에서부터 유의적으로 감소하였으며 75본 m<sup>2</sup> 에서는 무경합에 비해 74%정도 감소되었다. 이는 양분, 광 등의 경합에 의한 경수, 영화수의 감소를 비롯하여 후기에는 등숙비율 및 현미 천립중의 감소로 전체 수량구성요소에 크게 영향을 미쳤기 때문으로 사료된다. Smith(1968)는 피의 밀도가 m<sup>2</sup>당 11개일 때 수량이 25% 감소된다고 하였으며, 포장상태에서 잡초밀도와 수량감소 간에는 유의적 상관관계가 있다고 하였다(Smith 1981).

물달개비 밀도별 벼 수량 및 수량구성요소를 보면 (표 2) 영화수는 물달개비 150본 m<sup>2</sup> 경합밀도까지 유의적 차이가 없었다. 쌀 수량은 25본 m<sup>2</sup>의 경합까지는 유의차가 없었으나 50본 m<sup>2</sup> 이상의 경합부터는 유의적으로 감소하였다. 또한 25본 m<sup>2</sup>에서 150본 m<sup>2</sup>까지 밀도에서 수량에 유의차가 없었다. 이는 물달개비는 생육초기에는 벼와의 경합력이 낮기 때문으로 사료된다. 문 등(2004)은 기계이앙에서 물달개비에 의한 경제적 피해한계밀도수준은 m<sup>2</sup>당 7본이라 하였고, 김 등(1977)도 물달개비에 의한 벼의 수량감

소는 m<sup>2</sup>당 25본에서 23%가 감소되며 625본 일 때 63%정도 감소된다고 하였다. 권(2000)도 이앙재배에서 물달개비에 의한 수량 감소가 44%라고 보고하여 본 실험과 차이가 많았는데 이는 재배조건이나 환경에 의한 물달개비의 경합력에 미치는 영향이 크기 때문으로 사료된다. 아울러 잡초의 밀도가 높아질수록 벼와의 경합뿐만 아니라 잡초 종내 경합에 의해서도 잡초의 생육이 영향 받을 것으로 생각된다.

**경합이 벼 품질에 미치는 영향**

잡초경합이 쌀 품위에 미치는 영향 가운데(표 3) 완전미 비율에 대한 영향은 피에서만 뚜렷하였고 물달개비에서는 큰 차이가 없었다. 피의 밀도가 높을수록 완전미 비율은 낮아지고 청미비율은 증가되는 경향이었는데 이는 피의 밀도 증가에 따른 벼의 도복발생과 초관에 의한 수광태세가 불리하였기 때문으로 사료된다. 피의 밀도가 높아질수록 완전미 비율은 감소하였고 m<sup>2</sup>당 10본의 밀도까지는 유의차가 없었으나 25본 m<sup>2</sup> 이상의 밀도에서는 유의적으로 감소하였다. 물달개비

**Table 3.** Quality value of rice as affected by interferences of *E. crus-galli* and *M. vaginalis* at different densities.

Weed species	Density (plant m <sup>-2</sup> )	Quality of rice (%)					Quality <sup>a</sup> value
		Head rice	Immature rice	Damaged kernel	Cracked rice	Others	
<i>E. crus-galli</i>	0	68.3	11.3	9.7	8.6	2.1	74.0
	5	57.3	20.7	8.9	9.9	3.3	73.2
	10	54.7	23.6	11.0	6.7	4.0	69.4
	25	50.9	28.1	10.6	5.5	5.2	69.2
	50	46.4	30.9	13.3	4.7	4.7	70.3
	75	39.5	36.4	11.9	5.4	6.6	67.0
	LSD (0.05)	-	10.8	5.7	5.5	2.3	2.0
<i>M. vaginalis</i>	0	67.3	12.1	9.6	9.1	2.0	70.8
	10	64.6	11.7	11.8	9.0	2.9	72.0
	25	66.a	13.2	9.1	9.5	2.0	69.5
	50	66.2	12.4	10.6	8.4	2.4	74.0
	75	65.0	14.2	9.8	8.8	2.2	72.1
	100	67.1	12.2	9.8	8.5	2.4	70.4
	150	65.6	13.6	9.7	8.6	2.6	69.7
LSD (0.05)	-	3.2	4.6	4.3	2.2	2.0	1.2

<sup>a</sup>Quality value was measured by using Toyomidometer (MA 90A, Japan).

150본 m<sup>2</sup>까지 밀도에서 쌀 품질에는 영향이 없었다. 피의 밀도가 높아질수록 완전미 비율이 현저히 낮아지고 청미 등의 비율이 높아져 쌀의 품위가 나빠졌는데 권 등(2004)과 조 등(2004)도 잡초의 밀도가 높아질수록 완전미 비율이 떨어진다고 하였다.

Toyomidometer(MB-90A)를 이용한 쌀의 식미치 분석결과는 피의 밀도가 높을수록 식미치가 감소되는 경향이었으나 물달개비에서는 유의차가 없었다.

#### 경합밀도에 따른 벼 수량 예측모델

일년생잡초와 경합조건에서 실제 조사된 벼의 수량 자료를 잡초경합에 따른 수량예측 모델인 Rectangular hyperbolic model(Cousens, 1985)에 적용하여 비선형회귀분석을 실시한 결과(표 4), 모델의 계수인 Y<sub>0</sub> (무잡초 조건에서 벼 수량)과 β값(잡초의 경합력, 1/β는 50% 수량감수를 유발하는 잡초의 밀도)을 계산할 수 있었다. 일년생 잡초인 피의 β값이 0.03954로서

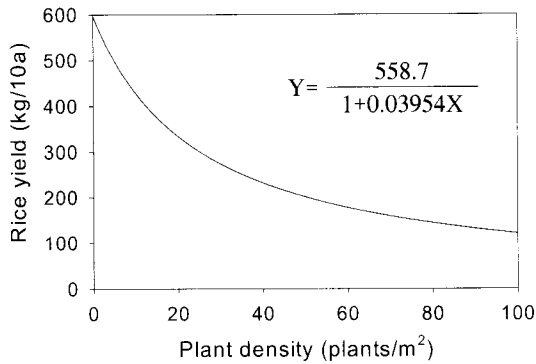
**Table 4.** Parameter estimates for the prediction of rice yield as affected by *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis*.

Weed species	Y <sub>0</sub> <sup>a</sup>		β <sup>b</sup>		R <sup>2</sup>
	Estimate	SE <sup>c</sup>	Estimate	SE	
<i>E. crus-galli</i>	558.7	20.0	0.03954	0.00505	0.933
<i>M. vaginalis</i>	576.7	7.6	0.001778	0.000226	0.808

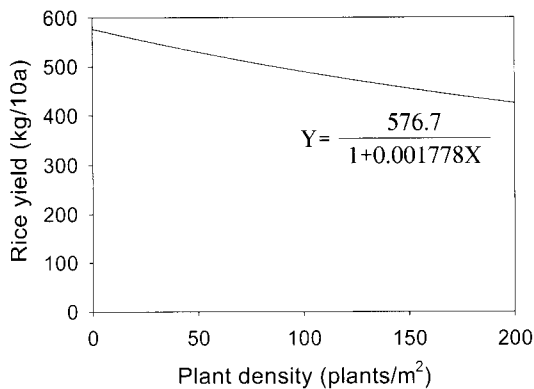
<sup>a</sup>Weed-free yield.

<sup>b</sup>Weed competitiveness (1/β is weed density to cause 50% yield loss).

<sup>c</sup>Standard error.



**Figure 1.** Predicted rice yield as affected by rice and *Echinochloa crus-galli* competition, using the rectangular hyperbolic model and the parameter estimates in Table 4.



**Figure 2.** Predicted rice yield as affected by rice and *Monochoria vaginalis* competition, using the rectangular hyperbolic model and the parameter estimates in Table 4.

경합력이 높았으며, 물달개비는  $\beta = 0.001778$ 로서 경합력이 매우 낮았는데 이로 피가 물달개비에 비하여 약 22배정도 경합력이 높음을 알 수 있다.

표 4의 추정된 계수들을 예측모델에 대입하여 잡초의 다양한 밀도에서 벼 수량을 예측한 결과(그림 1, 그림 2), 일년생잡초인 피의 경우 그림 1에서와 같이 밀도증가에 따른 벼의 수량감수가 매우 현저하여 본 연구에서 채용한 예측모델(rectangular hyperbolic model)은 밀도증가에 따른 벼 수량변화를 아주 잘 설명 예측하였다. 피의 밀도에 따른 수량예측 모델식은  $Y = 558.7 / (1 + 0.03954X)$ 으로 이 식에 따라 50% 수량감수의 피의 밀도는 25.3본  $m^2$ 로 추정되었으며, 0.26본  $m^2$ 의 피가 1% 벼 수량감수, 2.8본  $m^2$ 은 10%, 그리고 피 1본  $m^2$ 는 약 3.8%의 수량감수가 되어 물달개비에 비하여 경합력이 높음을 확인할 수 있었다. 임(1993)도 피는 성장속도가 매우 빠르며 경합력이 높아서 벼의 피해가 크다고 하였으며, 조 등(2004)은 피 발생에 의한 벼의 수량감소가 크고 피의 밀도가  $m^2$ 당 5본 이상일 때 쌀 수량이 10% 이상 감소된다고 하였다.

물달개비의 경우는 밀도증가에 따른 벼의 수량이 완만하게 감소하는 것으로 예측되었으며(그림 2), 물달개비의 밀도에 따른 수량예측 모델식은  $Y = 576.7 / (1 + 0.001778X)$ 으로 이 식에 따라 50% 수량감수의 물달개비의 밀도는 562본  $m^2$ 로, 1% 감소는 5.7본  $m^2$ 로 추정되었다. 또한 1본  $m^2$ 당 수량감수율은 0.18%로서 경합력이 낮음을 확인할 수 있었다. 이와 같이 물달개비에 의한 수량감소가 낮은 이유는 초관에 의한 경합이 떨어졌기 때문으로 사료된다. 권 등(2004)도 물달개비가 피에 비하여 2.5배 정도 경합력이 작다고 하였다.

다년생잡초의 밀도에 따른 수량에서도 이 등(2005)은 초관이 큰 너도방동사니에서 5%의 수량감소는 29

**Table 5.** Estimated plant densities of *Echinochloa crus-galli* and *Monochoria vaginalis* to cause 1% and 10% rice yield losses and their relative competitiveness.

Weed species	Density to cause yield loss by		Yield loss (%/ per plant)	Relative <sup>a</sup> competitiveness
	1%	10%		
<i>E. crus-galli</i>	0.255463	2.810094	3.7925	1.00000
<i>M. vaginalis</i>	5.681108	62.49219	0.177484	0.046799

<sup>a</sup>Relative  $\beta$  values by dividing the  $\beta$  value of *M. vaginalis* by that of *E. crus-galli*.

본  $m^2$  인 반면, 초관이 수면에 위치하는 가래는 360 본  $m^2$  으로 초관에 의한 공간경합력이 큰 너도방동사니에서 수량감소가 크다고 하였다.

표 5에 종합된 바와 같이 피의  $\beta$ 값을 1로 놓고 물달개비의 상대적인 경합력을 계산한 결과 0.047로 벼에 대한 피의 경합력이 물달개비에 비해 약 20배 높은 것으로 예측되어 물달개비보다는 피가 잡초방제 체계에 있어 핵심적 관리대상초종임을 알 수 있었다.

## 요 약

벼 재배 포장에서 벼의 생육 및 수량에 미치는 일년생잡초인 피와 물달개비의 경합의 영향을 평가하고 Cousens의 직각쌍곡선 모델을 이용하여 경합에 따른 벼의 수량을 예측하고자 본 포장시험을 수행하였다. 경합에 가장 영향을 많이 받은 벼의 생육 및 수량구성 요소는 분얼수, 수수, 등숙율이었다. 직각쌍곡선 모델은 벼의 수량과 잡초의 밀도와의 관계를 잘 설명하여 수량예측에 적합한 것으로 판단되었다. 따라서 잡초의 밀도에 따른 벼의 수량예측 모델식은 피의 경우  $Y = 558.7/(1+0.040X)$ , 물달개비의 경우  $Y = 576.7/(1+0.0018X)$ 이었다. 피의 경합력은 물달개비에 비해 약 20배 높은 것으로 예측되었으며, 수량 10%를 감소하는 밀도를 예측한 결과 피는 3본  $m^2$ , 물달개비는 62본  $m^2$ 이었다.

## 인 용 문 헌

- 권오도, 국용인, 이도진, 신해룡, 박인진, 김을배, 구자욱. 2002. Sulfonylurea계 제초제 저항성 물달개비 생태형의 경합기간별 벼의 생장 및 수량. 한잡초지 22(2):147-153.
- 권오도, 문병철, 국용인, 신해룡, 박인진. 2004. 벼 답수직파에서 피와 물달개비 발생밀도에 따른 쌀 수량감소 정도와 경제적 허용한계 밀도수준 설정. 한잡초지 24(별1):86-88.
- 김길웅. 1998. 최신 잡초방제학원론. pp. 92-100.
- 金純哲, 許輝, 朴來敬, 諸商律. 1977. 논에 發生되는 主要 多年生雜草 發生이 水稻生育 및 수량에 미치는 影響. 韓雜草誌 22(1):61-69.
- 金顯浩, 李舜葵, 李在哲, 宋仁萬, 申喆雨, 文昌植, 卞鍾英. 1998. 湛水乾畚直播 벼 栽培에서 雜草의 發生特性 및 效果的인 雜草防除. 韓雜草誌 18(1): 1-11.
- 농업기술과학 연구조사 분석기준. 2003. 농촌진흥청. pp. 271-290.
- 문병철, 권오도, 조승연, 이순계, 원종건, 한상욱, 박태선, 이인용, 오세문, 박재읍, 김도순. 2004. 벼 이앙재배시 잡초경합에 따른 수량감소 예측. 한잡초지 24(별1):92-94.
- 문병철, 원종건, 박중수, 박태선, 오세문, 박재읍. 2005. 유효적산온도를 이용한 피, 물달개비의 엽령반응 및 농업기후대별 예측. 한잡초지 25(2): 112-118.
- 文昌植, 吳世鉉, 宋錫吉, 金昌榮. 1981. 忠南地域 논 雜草 分布調査. 忠南 試驗研究 報告書 pp.88-90.
- 朴載邑, 李仁龍, 文炳喆, 金昌錫, 朴泰善, 林順澤, 趙廷來, 吳世文, 任日彬, 黃載福, 具然忠. 2002. 最近 雜草 發生特性과 群落變動. 韓雜草誌 22(3): 272-279.
- 변종영, 강태구, 박찬원, 강광식. 1990. 토양온도 및 파종심도가 다년생 답 잡초의 출아 및 초기생장에 미치는 영향. 한잡초지 10(3):197-201.
- 이순계, 김도순, 임일빈, 변종영. 2005. 다년생 논잡초의 발생밀도에 따른 벼의 생육, 수량 및 감수 예측모델. 한잡초지 25(4):295-303.
- 李舜葵, 卞鍾英. 2002. 恒溫 및 變溫條件이 多年生 雜草의 出芽와 初期生長에 미치는 影響. 韓雜草誌 22(4):334-341.
- 이순계, 신향일, 오성우, 문병철, 변종영. 2004. 주요 논잡초의 발생과 초기생장의 경시적 변화에 따른 방제시기 추정. 한잡초지 24(2):93-102.
- 임일빈. 1993. 수도 재배유형별 잡초발생 양상과 경합특성. 전남대학교 박사학위논문. pp. 75.
- 任日彬. 2000. 雜草防除技術 農村振興廳 標準營農教本 41(改訂版). pp. 21-177.
- 조승현, 권석주, 최동철, 최정식, 문병철. 2004. 벼 건

- 답작과 재배에서 주요잡초의 경합밀도에 따른 쌀 수량 감소. 한잡초지 24(별1):89-91.
- Cousens. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. *Annal. Appl. Ecol.* 107:239-252.
- Genstat Committee. 1993. Reference Manual (Genstat 5.0, Release 3). Oxford University Press, Oxford, UK.
- Huang, J. Z., H. Rahimian and C. J. Swanton. 2001. Effect of temperature and photoperiod on the phenological development of common lambsquarters. *Weed Sci.* 49:500-508.
- Moon, B. C, S. M. Oh., T. S. Park., I. Y. Lee and J. E. Park. 2003. Control efficacy of water chestnut (*Eleocharis kuroguwai* Ohwi) as affected by sulfonylurea herbicides treatment. Proceedings of IUPAC-KSPS, International Workshop on Pesticides pp. 309.
- Sicbaldi, F., G. A. Sacchi., M. Trevisan and A. A. M. Delre. 1997. Root uptake and xylem translocation of pesticide from different chemical classes. *Pestic Sci.* 50:111-119.
- Smith, R. J. Jr., 1968. Weed competition in rice. *Sci.* 16:252-254.
- Smith, R. J. Jr., 1981. Weeds of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. In : weed Control in Rice, IRRI/IWSS. pp. 19-36.
- 山岸淳, 橋爪厚. 1972. 水稻多年生雜草の防除に関する研究. 第V報. 耕耘. 代かきかみズガヤツリ越冬器官の生存, 出芽におよぼす影響. 千葉縣農試研報 12:43-50.