

다년생 논잡초의 발생밀도에 따른 벼의 생육, 수량 및 감수 예측모델

이순계^{1*}, 김도순², 임일빈³, 변종영⁴

Growth and Yield of Rice as Affected by Different Densities of Perennial Weeds and Prediction of Rice Yield Loss in Paddy Fields

Sun Gye Lee^{1*}, Do Soon Kim², Il Bin Im³ and Jong Yeong Pyon⁴

ABSTRACT The studies were aimed to determine reduction of rice yield as affected by different densities and transplanting time of perennial weeds. The prediction models for rice yield, as affected by competition according to weed species, were as follows : $Y=537.4/1+0.03479 \times (R^2=0.916)$ in *Cyperus serotinus*, $Y=560.2/1+0.00417 \times (R^2=0.726)$ in *Eleocharis kuroguwai*, $Y=557.9/1+0.002045 \times (R^2=0.711)$ in *Sagittaria trifolia*, and $Y=556.0/1+0.0028 \times (R^2=0.649)$ in *Potamogeton distinctus*. The weed densities to cause a 50% yield loss were observed as follows : 25.3 plants m^{-2} in *C. serotinus*, 240 plants m^{-2} in *E. kuroguwai*, 490 plants m^{-2} in *S. trifolia*, and 360 plants m^{-2} in *P. distinctus*.

Key words: *Cyperus serotinus*; *Eleocharis kuroguwai*; perennial weeds; *Potamogeton distinctus*; prediction model; rice yield; *Sagittaria trifolia*.

서 언

벼와 잡초간에 경합에 의한 생육의 저해 및 수량감수 정도는 잡초의 종류와 발생량에 따라 현저히 다른데(千坂 1966; 笠原1961), 김 등(1975, 1977)에 의하면 다년생잡초 발생에 따른 수량감수정도는 너도방동사니가 45%, 올방개 30%, 가래 20%라 하였으며,

임(2000)은 다년생잡초의 발생은 기상에 따라 발생시기 및 지속기간의 차이가 크고, 너도방동사니>벗풀>올방개 순으로 발생이 빠르다고 하였다.

이양기를 달리할 때 잡초 발생의 차이가 현저한데 中川(1972)는 벼를 조기 이앙할 경우 잡초발생기간이 길어지고 경운정지에 의한 기존 발생초종의 제초효과가 높지 않기 때문에 오히려 잡초발생이 증가된다

¹ 충남농업기술원, 340-861 충남 예산군 증경리 365(Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Yesan 340-861, Korea).

² LG 생명과학, 305-380 대전광역시 유성구 문지동 104-1(LG Chemical Ltd., Daejeon 305-380, Korea).

³ 호남농업연구소 식물환경과, 570-080 전북 익산시 송학동 381(Honam Agricultural Res. Inst., RDA, Iksan 570-080 Korea).

⁴ 충남대학교 농과대학, 305-764 대전광역시 유성구 궁동 220(Department of Agronomy, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea).

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

(Received September 9, 2005; Accepted December 12, 2005)

고 하였으며, 변 등(1984)도 잡초의 발생 및 벼의 수량 감수율은 이앙시기가 빠를수록 많았다고 하였다.

山岸과 武市(1978)는 벼의 생육초기에 올방개가 우점하면 벼와 영양분의 경합으로 인하여 벼의 분얼수와 수수 감소로 20~30%의 수량저하를 가져오며, 伊藤와 宮原(1988)도 본답에서 올방개의 발생이 많으면 단위 면적당 수수와 등숙비율에 영향을 주어 수량이 최대 20~30%까지 감수된다고 하였다. 올방개는 논에서 다른 다년생 및 일년생잡초보다도 발생시기가 늦고 지속적이며(김과 권 1985; 구와 정 1993), 출아는 14℃ 이상에서 시작되고 26~30℃가 적온이며 출아후 15일경이면 10~20cm 정도 자라 분주가 시작된다(변 1984). 구(1989)는 올방개의 발생밀도가 m^2 당 10본일 때 올방개의 건물중은 48.0g이며, 발생이 없는 처리에서의 쌀수량이 578kg/10a인 반면 m^2 당 10본에서의 수량은 510kg/10a로 수량 감수율이 12%라고 하였다.

山岸과 橋爪(1972)은 잡초가 벼에 가장 영향을 주는 시기는 이앙 후 40일까지라고 하였으며, 伊藤와 宮原(1988)은 벼풀과 벼와의 경합에서 이앙 후 46일인 최고분얼기경에 초장과 경수가 감소된다고 하였으며, 벼의 수량은 벼풀의 지하부 건물중 m^2 당 100g에서 12~15%, 150g에서 20% 감수된다고 하였다.

김(1974)은 논 잡초 중에서 벼에 가장 피해를 많이 주는 잡초는 가래로 38%의 감수를 보인다고 하였고, 이 등(1976)은 가래에 의한 수량감수율은 16% 정도이며, 수량감수의 최대 요인은 수수의 감소라고 하였다. 최근에 노동력 분산을 위하여 이앙시기가 앞당겨지면서 제초제 처리시기가 빨라져 일년생 잡초보다 출아가 늦은 다년생잡초인 올방개와 벼풀의 발생이 유리하게 전개되어 점차 피해가 가중될 전망이다.

다년생잡초는 인경이나 괴경 등으로 번식되고 출아소요적산 온도의 차이가 커 발생시기가 다양한 생태적 특성 때문에 방제에 애로가 있으며, 포장에서 한번 발생이 되면 적어도 3~5년 동안 꾸준히 관리하여야 방제가 가능하다. 또한 벼 재배에서 큰 수량감수를 가져오므로 잡초방제가 매우 중요하다.

본 실험은 전국적으로 논에 많이 발생하는 다년생 잡초인 너도방동사니, 올방개, 벼풀, 가래의 발생밀도

가 벼 수량에 미치는 영향을 정량화하고, 이들 경합에 의한 벼의 피해를 예측하여 벼 재배시 효율적인 잡초방제체계 관리정보를 제공하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험은 다년생잡초인 너도방동사니, 올방개, 벼풀, 가래의 발생밀도에 따른 벼 생육 및 수량에 미치는 영향을 분석하여 이들 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 이앙 3일 전인 5월 23일 실시하였으며, 본답 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=110-45-57kg ha⁻¹ 수준으로 사용하였고, 분시방법은 질소는 기비-분얼비-수비를 50-20-30%, 인산은 전량 기비, 칼리는 기비와 수비를 70-30%로 하였다.

정지후 다년생잡초용 실험구는 썬라이트로 1.6m×1.8m=2.9m²가 되도록 구획하였으며, 너도방동사니를 제외한 다년생잡초는 괴경 또는 인경을 토양 3cm 깊이에 이식하였고, 너도방동사니는 건조한 토양을 구획 안에 5cm이상 흙을 덮어 산소공급이 용이한 조건을 만들어준 후 괴경을 토양 3cm 깊이에 이식하였다.

다년생잡초의 밀도는 m^2 당 0, 10, 20, 30, 40, 50본으로 하였으며, 너도방동사니를 제외한 초종에서 실험구 이앙후 담수심은 3~5cm 내외가 되도록 유지하였고, 너도방동사니구는 이식 후 10일경에 담수하였다.

정지 및 잡초 이식/파종 후 3일차인 5월 26일 30일 된 묘를 재식본수 4본, 재식거리 30×14cm, 이앙 심도 3cm 정도 깊이로 손이앙하였다.

실험구배치는 난괴법 3반복으로 수행하였으며, 벼와 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 분석기준에 준하였다.

잡초의 경합에 따른 벼 수량 예측모델을 구축하기 위

하여 아래의 Rectangular hyperbolic mode(Cousens, 1985)과 통계프로그램인 Genstat 5.0(Oxford University 1993)을 이용하였다.

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

(Y=벼 수량, Y₀= 잡초 무발생구 벼 수량, β=잡초경합력 (1/β는 50% 수량감수를 유발하는 잡초밀도))

결과 및 고찰

발생밀도별 경합특성

이앙 후 70일 조사에서는 너도방동사니 0본/m²구에서 벼의 초장이 69.7cm에 비하여 너도방동사니의 경합구에서 71.2~75.0cm로 큰 경향이였다(표 1). 이는 너도방동사니와 벼의 초관에 의한 경합 때문이며, 벼와 잡초간에 경합으로 수량이 감소되는 요인으로 는 영화수, 등숙율 및 엽면적의 감소 등 다양하게 작용하기 때문에 벼 초장으로 경합한계기를 설정할 수는 없으나 초기 경합에 의한 경수와 광합성 등이 수량이 미치는 요인이 우선적으로 작용할 것으로 사료 된다.

올방개 무경합 0본/m²에서 벼의 경수가 448개로 올방개 경합구의 395~374개와 차이는 있었으나, 경합밀도간에 유의차는 없었다(표 1). 올방개가 벼의 경

수에 영향을 미치는 기간이 이앙 후 40일 이후인 것으로 사료된다. 山岸과 橋爪(1972)은 잡초가 벼에 가장 영향을 주는 시기는 이앙 후 40일까지라고 하였고, 구 등(2003)도 올방개의 경합한계기를 이앙 후 40일로 보고하였는데 벼와 잡초와의 경합한계기는 실험조건, 기후, 지력, 초종에 따라 차이가 클 것으로 사료된다.

벼의 m²당 경수는 벼풀의 0본/m²에서 462개로 벼풀의 경합밀도가 높아질수록 369~417개로 줄어드는 경향이였다. 벼풀이 벼의 경수에 영향을 미치는 기간은 늦은데, 이는 벼풀이 휴면각성이 길어 포장에서의 발생이 늦기 때문으로 사료된다. 벼풀은 피경의 휴면성이 깊고, 휴면각성 기간이 현저하게 길러 출아가 불균일하고, 발생기간도 길다고 하였다(伊藤 1981; 左合 등 1975a; 左合 등 1975b; 鈴木 1979). 어린모 재배시 이앙기가 앞당겨지면서 제초제의 처리시기가 빨라져 다른 잡초보다 출아가 늦은 벼풀은 유리하게 되어 벼풀의 피해는 점점 증가될 전망이다(김 1993), 伊藤과 宮原(1988)은 벼풀과 벼와의 경합에서 이앙후 46일인 최고분얼기에 초장과 경수가 감소된다고 보고하여 본 실험과 다소 차이가 있는데 다년생잡초에 대한 경합한계기는 추후 다양한 조건에서 재검토할 필요가 있을 것으로 사료된다.

가래 0본/m²구에서 벼 초장이 72.7cm이며 가래의 경합 밀도구에서는 71.0~73.4cm로 초관이 큰 피와 너도방동사니처럼 잡초 밀도가 높을수록 초장이 큰

Table 1. Growth of rice as affected by different densities of perennial paddy weeds on 70 days after transplanting.

Density (plant m ⁻²)	<i>C. serotinus</i>		<i>E. kuroguwai</i>		<i>S.trifolia</i>		<i>P. distinctus</i>	
	Plant height (cm)	Tiller No. m ⁻²	Plant height (cm)	Tiller No. m ⁻²	Plant height (cm)	Tiller No. m ⁻²	Plant height (cm)	Tiller No. m ⁻²
0	69.7 b ^a	390 a	69.8	448 a	69.9 b	462 a	72.7	398 a
10	71.2 ab	333 ab	71.1	395 b	72.0 ab	390 a	71.4	377 ab
20	74.0 ab	312 ab	71.8	383 b	73.8 a	417 ab	73.4	376 ab
30	75.0 a	317 ab	73.1	374 b	70.3 b	390 b	71.1	350 ab
40	73.6 ab	307 ab	71.4	393 b	73.0 ab	407 ab	73.2	359 ab
50	71.6 ab	276 b	72.1	376 b	70.8 ab	369 b	71.0	334 b

^aMeans within a column followed by the same letters are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

것과 달리 경합에 따른 유의차가 없었는데 이는 초판에 의한 경합이 없었기 때문으로 사료된다. 경수는 40본/m²까지는 무경합과 유의차가 없었으나 50본/m² 이상에서 줄어드는 경향이였다. 임(1993)은 이앙재배에서 벼의 초판비율이 잡초에 우선하여 높게 확보될 수 있기 때문에 오랜 기간을 연장해 주어도 잡초경합의 해는 크지 않을 것이라 하였다.

벼 수량 및 수량구성요소

너도방동사니의 경합밀도수준별 벼 수량 및 수량구성요소를 보면(표 2) 주당수수와 등숙비율은 20주/m², m²당 영화수와 수량은 10주/m² 이상의 경합에서 유의성 있게 낮았으며 밀도수준이 높을수록 벼의 도복발생이 심하였다.

너도방동사니의 재식밀도가 높을수록 벼 이삭위로

초장이 신장되어 도복에 의한 수광태세 불량과 이화명충 등이 발생되어 등숙비율이 현저히 저하되었다. 특히 수량은 너도방동사니 경합밀도가 m²당 50본일 경우 1.97MT ha⁻¹으로 64%나 감소되었다. 너도방동사니는 초판이 벼에 비하여 높고 커서 벼와의 경합에서 유리하였으며 초기생장도 빠르고 C₄ 잡초라 생육도 벼에 비하여 높아 초기경합에 유리하였다. 김 등(1975)도 다년생잡초 초종별 수량감소 정도가 너도방동사니 45%로 가장 높다고 하였다.

올방개와 경합에 의한 수량구성요소 및 수량을 보면 주당수수는 무경합과 유의차가 없었으나, m²당 영화수는 50주/m² 이상, 수량은 10주/m² 이상의 경합에서 감소하였다(표 2). 수량도 m²당 0본에서 5.67MT ha⁻¹ 대비 50본에서 4.69MT ha⁻¹으로 17% 감소되었으며 밀도별로는 m²당 10본 이상에서 통계적 유의성

Table 2. Yield and yield components of rice as affected by different densities of perennial paddy weeds.

Weed species	Density (plant m ⁻²)	No. of panicles hill ⁻¹	No. of spikelets per m ⁻² (×100)	Ripening percent (%)	Field lodging (0~9)	Milled yield (MT ha ⁻¹)
<i>C. serotinus</i>	0	16.1 a ^a	310 a	89.8 a	0	5.51 a
	10	13.8 ab	236 b	81.9 ab	3	3.82 b
	20	12.0 bc	225 bc	75.3 bc	5	2.77 c
	30	11.9 bc	211 bc	67.1 c	5	2.72 c
	40	11.6 bc	198 bc	66.7 c	5	2.68 cd
	50	11.2 c	194 c	52.9 d	7	1.97 d
<i>E. kuroguwai</i>	0	16.8	299 a	89.4	0	5.67 a
	10	15.4	292 a	88.2	0	5.29 b
	20	14.9	264 ab	87.7	0	5.15 bc
	30	16.5	270 ab	87.8	0	5.04 bc
	40	17.1	277 ab	86.7	0	4.73 c
	50	15.5	256 b	83.8	0	4.69 c
<i>S. trifolia</i>	0	17.1 a	314	90.2	0	5.58 a
	10	16.6 ab	291	89.2	0	5.43 ab
	20	15.4 ab	266	85.3	0	5.38 ab
	30	14.4 b	256	86.9	0	5.30 abc
	40	16.6 ab	261	86.7	0	5.17 bc
	50	15.8 ab	252	85.9	0	4.96 c
<i>P. distinctus</i>	0	16.7	320	89.2 a	0	5.60 a
	10	14.1	305	89.8 a	0	5.30 ab
	20	16.4	321	84.5 a	0	5.33 ab
	30	14.3	252	87.5 a	0	5.19 ab
	40	16.4	254	86.2 a	0	4.94 b
	50	15.6	269	80.2. b	0	4.89 b

^aMeans within a column in a weed species followed by the same letters are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

을 보였으며, 그 이외 밀도간에는 현저히 줄어들지는 않았는데 이는 출아소요적산온도가 높아 초기발생이 늦고 초기생육불량에 따른 벼와의 경합이 높지 않았기 때문이다. 올방개의 수량감소를 위해서는 경합밀도가 m²당 150본 이상이 되어야 피와 너도방동사니처럼 수량의 현격한 감소가 예상될 것으로 사료된다. 김 등(1977)도 올방개의 밀도가 m²당 125본에서 수량감소는 30%이며, 625본에서는 45%의 수량감소를 가져온다고 하였다.

벼풀의 밀도가 높아질수록 영화수가 감소되어 m²당 0본에서 31,400개이던 것이 50본에서는 25,200개로 줄어들었다(표 2). 수량도 m²당 0본~30분까지는 유의성이 없었으며 0본과 40본, 그리고 50본에서만 유의성이 인정되었다. 쌀수량은 m²당 0본에 5.58MT

ha⁻¹ 대비 50본에서 4.96MT ha⁻¹으로 11% 밖에 감소되지 않았다. 벼풀도 벼와의 경합이 높지 않았고 또한 다년생잡초중 너도방동사니 올방개 다음으로 수량의 감소율이 높았으며 초기경합에서 벼 보다 불리하였는데 이는 벼풀의 휴면각성에 많은 시간이 소요되어 출아가 늦었기 때문으로 사료된다. 또한 본 실험에서 여치 등 해충에 의한 경엽의 손상으로 벼풀의 생육이 저조하였으며, 밀도의 분수를 조정하였으나 적정재식 밀도에 다소 미치지 못하였다.

가래의 밀도수준별 벼 수량 및 수량구성요소를 보면 밀도가 높아질수록 영화수가 감소되어 m²당 0본에서 32,000개이던 것이 50본에서는 26,900개로 줄어들었다(표 2). 수량도 통계적 유의성은 m²당 0본과 40~50본에서만 인정되었으며 나머지 처리간에서는

Table 3. Quality value of rice as affected by different densities of perennial paddy weeds.

Weed species	Density (plant m ⁻²)	Quality of rice (%)					Quality ^a value
		Head rice	Immature rice	Damaged kernel	Cracked rice	Other	
<i>C. serotinus</i>	0	64.2	14.5	8.6	0.2	14.2	68.2
	10	56.5	19.7	12.9	0.5	10.4	64.7
	20	53.2	24.4	10.0	1.1	11.3	61.7
	30	55.9	21.8	12.4	0.7	9.2	63.6
	40	55.3	22.8	11.5	0.9	9.6	63.8
	50	49.6	29.0	10.5	0.8	10.1	63.7
<i>E. kuroguwai</i>	0	61.0	11.8	12.3	0.1	14.8	67.9
	10	64.0	12.3	11.4	0.0	12.3	62.3
	20	62.9	11.9	12.4	0.1	12.8	64.7
	30	63.3	9.9	12.9	0.2	13.7	61.7
	40	64.0	11.8	12.7	0.2	11.4	62.5
	50	66.5	11.9	11.0	0.1	10.5	63.6
<i>S. trifolia</i>	0	64.9	11.5	10.7	0.2	12.8	65.4
	10	64.6	13.1	8.7	0.0	13.6	61.6
	20	68.0	10.4	11.2	0.0	10.5	61.9
	30	66.6	12.0	9.2	0.0	12.3	62.9
	40	65.3	10.7	11.1	0.1	12.7	63.5
	50	64.8	11.7	10.2	0.0	13.2	62.1
<i>P. distinctus</i>	0	65.8	10.2	8.9	0.1	14.1	64.9
	10	68.4	8.5	10.4	0.1	12.6	61.6
	20	65.2	10.3	10.2	0.1	14.3	61.9
	30	67.7	10.7	8.4	0.0	13.2	62.9
	40	67.2	10.5	10.3	0.1	12.0	63.5
	50	66.1	10.1	10.2	0.1	13.5	62.1
L.S.D (0.05)	-	1.8	0.4	ns	0.07	0.7	3.8

^aQuality value was measured to Toyomidometer (MA 90A, Japan).

유의성이 없었다. 쌀수량은 m^2 당 0본에서 5.60MT ha^{-1} 대비 50본에서 4.89MT ha^{-1} 으로 13% 밖에 감소되지 않았다. 가래는 다년생잡초 중 벼와의 경합이 가장 낮았으며 초기경합에서 벼 보다 불리하였는데 이는 가래가 초기 출아는 빠르나 초장에 의한 경합이 없었기 때문으로 사료된다. 아울러 올방개와 마찬가지로 경합밀도가 m^2 당 150본 이상이 되어야 수량의 현격한 감소가 예상될 것으로 사료된다. 김(1977)도 가래의 밀도가 m^2 당 25본에서 수량감소가 시작되어 125본에서 30%가 감소된다고 하였다.

경합이 벼 품질에 미치는 영향

잡초경합밀도에 따른 쌀 품위를 보면(표 3), 완전미 비율은 무경합 대비 너도방동사니는 경합밀도가 높을수록 낮은 반면 올방개는 높았다. 너도방동사니의 경합밀도가 높을수록 완전미 비율은 낮았으며 청미비율은 증가되는 경향이었는데, 이는 너도방동사니의 경합밀도 증가에 따른 벼의 도복발생과 초관에 의한 수광태세가 불리하였기 때문으로 사료된다. Toyometer (MB-90A)을 이용한 쌀의 식미치 분석결과는 너도방동사니는 경합밀도가 높을수록 식미치가 감소되었으나 나머지 잡초에서의 유의적인 차는 없었다. 아울러 경합밀도가 높아질수록 완전미비율이 현저히 낮아지고 청미 등의 비율이 높아져 쌀의 외관품위가 나빠졌다. 권 등(2004)과 조 등(2004)도 잡초의 경합밀도가 높아질수록 완전미 비율이 떨어진다고 하였다.

경합밀도에 따른 벼 수량 예측모델

다년생잡초와 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_0 (무잡초 조건에서 벼 수량)과 β 값(잡초의 경합력, $1/\beta$ 는 50% 수량감소를 유발하는 잡초의 밀도)을 계산할 수 있었다. 다년생잡초 가운데 너도방동사니의 β 값이 0.03479로 가장 높아 경합력이 가장 높은 것으로 확인되었으며, 올방개(0.00417) > 가래(0.002776) > 벧풀(0.002045) 순이었다. 결국, 벼와 초종간 경합력은 너도방동사니 > 올방개 > 가래 > 벧풀 순이었다.

Table 4. Parameter estimates for the simulation of rice yield as affected by perennial weeds, *Cyperus serotinus*, *Elocharis kuroguwai*, *Sagittaria trifolia*, and *Potamogeton distinctus*.

Weed species	Y_0^a		β^b		R^2
	estimate	se ^c	estimate	se	
<i>C. serotinus</i>	537.4	19.4	0.034790	0.003780	0.916
<i>E. kuroguwai</i>	560.2	9.5	0.004170	0.000697	0.726
<i>S. trifolia</i>	557.9	5.2	0.002045	0.000343	0.711
<i>P. distinctus</i>	556.0	7.9	0.002776	0.000543	0.649

^a Y_0 : Weed-free yield.

^b β : Weed competitiveness (Weed density to cause 50% yield loss).

^cse : Standard error.

표 4의 추정된 계수들을 예측모델에 대입하여 다양한 잡초의 밀도에서 벼 수량을 예측한 결과, 너도방동사니의 경우 그림 1에서와 같이 밀도의 증가에 따라 그 경합효과가 현저하여 벼 수량이 현저히 감소하는 것을 알 수 있었다. 추정된 계수와 예측모델을 변형하여 특정 수준의 수량감소를 유발하는 너도방동사니의 밀도와 1본당 벼 수량감소율을 계산한 결과, 너도방동사니의 경합 밀도에 따른 수량예측 모델식은 $Y=537.4/1+0.03479 \times (R^2=0.916)$ 으로 이 식에 따라 50% 수량감소를 유발하는 발생밀도는 29본/ m^2 로 추정되었으며, 1%의 벼 수량감소는 0.3본/ m^2 , 10% 수량감소는 3.2본/ m^2 이었다. 또한 1본당 벼 수량감소율은 3.36%로 예측되었다. 김 등(1977)은 너도방동사니에 의한 수량감소율은 45%로 다른 다년생잡초 중

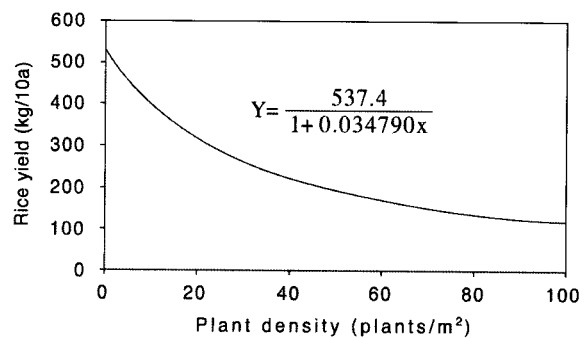


Fig. 1. Predicted rice yield as affected by *Cyperus serotinus* density, using rectangular hyperbolic model and the parameter estimates (see Table 4).

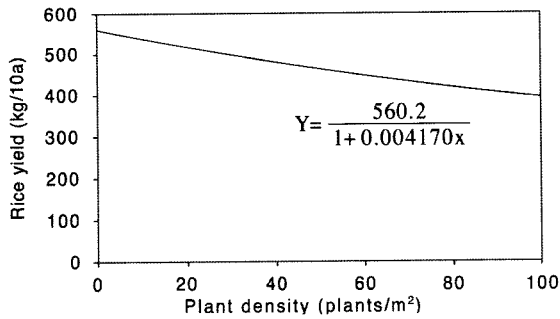


Fig. 2. Predicted rice yield as affected by *Eleocharis kuroguwai* density, using rectangular hyperbolic model and the parameter estimates (see Table 4).

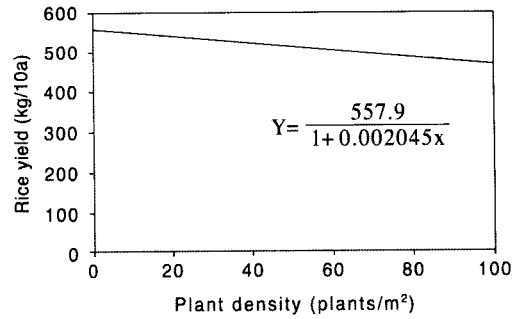


Fig. 3. Predicted rice yield as affected by *Sagittaria trifolia* density, using rectangular hyperbolic model and the parameter estimates (see Table 4).

Table 5. Predicted densities to cause 1% and 10% rice yield losses, % yield loss per weed plant, and relative competitiveness.

Weed species	Density to cause yield loss		Yield loss (%/plant)	Relative ^a competitiveness
	1%	10%		
<i>C. serotinus</i>	0.290342	3.193766	3.362035	1.000000
<i>E. kuroguwai</i>	2.422305	26.645350	0.415169	0.123487
<i>S. trifolia</i>	4.939369	54.333060	0.204083	0.060702
<i>P. distinctus</i>	3.638692	40.025620	0.276832	0.082340

^aRelative competitiveness : relative β values by dividing the β value of each weed species by the β value of *Cyperus serotinus*.

에서 가장 높다고 보고하여 본 실험에서 제시한 것과 동일한 수량감소 경향을 나타냈다. 그러나 기존의 연구결과는 본 실험과 같이 잡초의 경합밀도를 조절하여 체계적인 실험을 수행한 것이 아니라 자연적으로 발생된 포장조건에서 단순 조사하여 잡초의 밀도별 적정 수량감소율을 예측하지는 못하였다.

올방개의 경우는 밀도 증가에 따른 벼 수량감소가 현저하지 않아 그림 2에서와 같이 올방개 밀도 증가에 따른 벼 수량이 완만하게 감소하는 것으로 예측되었다. 올방개의 경합 밀도에 따른 수량예측 모델식은 $Y=560.2/1+0.0042 \times (R^2=0.726)$ 으로 이 식에 따라 50% 수량감소를 유발하는 올방개의 발생밀도는 240 본/m²로 너도방동사이에 비하여 8배 높은 밀도가 필요하였으며, 1% 수량감소는 2.4본/m², 1본당 수량감소율은 0.42% 수준이었다(표 5). 伊藤와 宮原(1988)

는 본답에서 올방개의 발생이 많으면 단위면적당 수수와 등숙비율에 영향을 주어 수량이 최대 20~30% 정도까지 감소된다고 하였으며, 구(1989)도 올방개가 m²당 10본일 때 수량감소율은 12%라고 하였는데, 1%의 수량감소율이 0.83%로 본 실험보다 다소 높았다. 이는 올방개의 발생시기, 토성, 기상 등 여러 가지 요인 때문인 것으로 사료된다.

벼풀의 경우도 밀도 증가에 따른 벼 수량감소가 현저하지 않아 그림 3에서와 같이 밀도 증가에 따른 벼 수량감소가 매우 완만하였다. 벼풀의 경합밀도에 따른 수량예측 모델식은 벼풀 $Y=557.9/1+0.002 \times (R^2=0.711)$ 으로 이 식에 따라 50% 수량감소를 유발하는 벼풀의 발생밀도는 490본/m²로 추정되었으며, 1% 수량감소는 4.9본/m², 1본당 수량감소율은 0.2% 수준이었다(표 5). 伊藤와 宮原(1988)은 벼풀과 벼와의 경합에서 이앙 후 46일인 최고분얼기경에 초장과 경수가 감소되며, 벼의 수량은 벼풀의 지하부 건물중 m²당 100g에서 12~15%, 150g에서 20% 감소된다고 하였다. 본 실험에서 벼풀에서의 벼 수량감소가 현저하지 않은 이유는 포장에서 여치 등 해충 방제를 위하여 살충제를 2회 살포하였으나 완전한 방제는 이루어지지 않아 여치 등 해충에 의한 경엽의 손상 때문으로 사료된다. 또한 밀도의 본수를 조정하였으나 적정재식밀도에 다소 미치지 못하였다.

가래는 밀도 증가에 따른 벼 수량감소가 현저하지 않아 그림 4에서와 같이 밀도 증가에 따른 벼 수량감소가 매우 완만하였다. 가래의 경합밀도에 따른 수량예측 모델식은 $Y=556.0/1+0.0028 \times (R^2=0.649)$ 으로 이

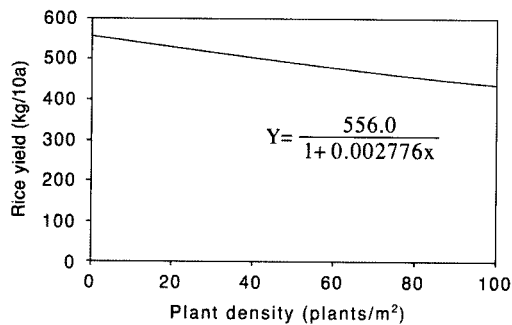


Fig. 4. Predicted rice yield as affected by *Potamogeton distinctus* density, using rectangular hyperbolic model and the parameter estimates (see Table 4).

식에 따라 50% 수량감소를 유발하는 가래의 발생밀도는 360본/m²로 추정되었으며, 1% 수량감소는 3.6본/m², 1본당 수량감소율은 0.28% 수준이었다(표 5).

벼와 잡초 간에는 경합에 의한 생육의 저해 및 수량감소 정도는 잡초의 종류와 발생량에 따라서 현저히 다른데(千坂 1966; 笠原1961), 김 등(1975, 1977)에 의하면 가래의 수량감소는 20%, 이 등(1976)은 16%로 다년생잡초 중에서 가래의 수량감소가 가장 낮다고 하였는데, 이는 가래의 초관에 의한 경합이 떨어지기 때문으로 사료된다.

표 5에 종합된 바와 같이 너도방동사니를 β값을 기준으로 너도방동사니의 상대적인 경합지수를 1로 놓고 각 잡초의 β값을 계산하여 상대적인 경합력을 계산한 결과, 너도방동사니의 경합력이 가장 높았으며, 다른 초종에서는 경합지수가 현저히 감소하여 올방개(0.12) > 가래(0.08) > 벼풀(0.06) 순이었다.

요 약

벼 재배 포장에서 다년생잡초의 효과적인 방제체계 확립을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 전국적으로 논에 많이 발생하는 주요 다년생 논잡초인 너도방동사니, 올방개, 벼풀, 가래의 발생밀도가 벼 수량에 미치는 영향을 정량화하였고, 잡초경합에 따른 쌀 수량에 미치는 피해를 예측하였다. 잡초 초종별 경합 밀도에 따른 수량예측 모델식은 너도방동사니 $Y=537.4/1+0.03479 \times (R^2=0.916)$, 올방개 $Y=560.2/1+0.0042 \times$

$(R^2=0.726)$, 벼풀 $Y=557.9/1+0.002 \times (R^2=0.711)$, 가래 $Y=556.0/1+0.0028 \times (R^2=0.649)$ 이었다. 이 식에 따라 수량 50%를 감소하는 경합밀도는 너도방동사니 29본/m², 올방개 240본/m², 벼풀 490본/m², 가래 360본/m²이었다.

인 용 문 헌

- 구연충. 1989. 올방개의 생장과 경합에 관한 연구. 충북대 박사학위논문. pp. 1-30.
- 구연충, 정승근. 1993. 올방개(*Eleocharis kuroguwai* Ohwi)의 생장과 괴경형성에 미치는 환경 요인. 한잡초지 13(1):14-54.
- 구연충, 노석원, 성기영, 박정화, 송득영. 2003. 기계이앙 논에서 올방개 경합한계기간 설정. 한잡초지 23(3):294-299.
- 권오도, 문병철, 국용인, 신해룡, 박인진. 2004. 벼 답수직파에서 피와 물달개비 발생밀도에 따른 쌀 수량 감수정도와 경제적 허용한계 밀도수준 설정. 한잡초지 24(별1):86-88.
- 김동균. 1974. 잡초방제의 현황과 문제점. 한국작물학회지 16:21-33.
- 김길웅, 권순태. 1985. 올방개(*Eleocharis kuroguwai* Ohwi)의 맹아 및 괴경형성에 관한연구. 한잡초지. 5(1):43-49.
- 金純哲, 許 輝, 鄭奎鎔. 1975. 畚雜草防除法에 關한 研究. 農事試驗研究報告, 第 17集(作物編). pp. 25-35.
- 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.
- 金鍾煥. 1993. 벼풀의 生態의 特性과 벼와의 競合에 關한 研究. 忠北大 博士學位論文. pp. 1-7.
- 농업기술과학 연구조사 분석기준. 2003. 농촌진흥청. pp. 271-290.
- 卞鍾英. 1984. 土壤溫度가 올방개, 가래 및 올미의 出芽와 初期生育에 미치는 影響. 韓國雜草學會誌 4(2):125-129.

- 이한규, 박희철, 이돈길. 1976. 답숙근초 가래의 생태와 방제에 관한 연구. 한국작물학회지 21(2): 258-268.
- 任日彬. 1993. 수도 재배유형별 잡초발생 양상과 경합특성. 전남대학교 박사학위논문. p. 75.
- 任日彬. 2000. 雜草防除技術 農村振興廳 標準榮農教本 41(改訂版). pp. 21-177.
- 조승현, 권석주, 최동철, 최정식, 문병철. 2004. 벼 건답직파 재배에서 주요잡초의 경합밀도에 따른 쌀수량 감소. 한잡초지 24(별1):89-91.
- Cousens. 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.
- 伊藤一幸. 1981. 오모다카과雜草의繁殖特性. 種生物學研究 5:47-61.
- 伊藤一幸, 宮原益次. 1988. 水田多年生雜草オモダカの水稻に對する雜草害. 日本雜草研究 33(1):49-54.
- 笠原安夫. 1961. 作物と雜草との競争に關する實驗的研究 (2). 農業研究 49(1):43-47.
- 中川恭二郎. 1972. 雜草防除の展望. 雜草研究 14:4-7.
- 左合融一, 西靜雄, 足立明郎. 1975a. 오모다카의生態について. 第1報. 塊莖からの發生. 日本雜草研究 20(別): 73-75.
- 左合融一, 西靜雄, 足立明郎. 1975b. 오모다카의生態について. 第2報. 種字からの發生. 日本雜草研究 20(別):76-78.
- 千坂英雄. 1966. 水稻と雜草の競争. 日本雜草研究 16-22.
- 鈴木金苗. 1979. 크로그вай의塊莖形成深度と分布について. 日本雜草研究 22(別):111-113.
- 山岸淳, 橋爪厚. 1972. 水稻多年生雜草の防除に關する研究. 第V報. 耕耘. 代かきがミ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.
- 山岸淳, 武市義雄. 1978. 水田多年生雜草に關する研究. 第IX報. 크로그вай의耕種操作による防除法. 千葉縣農業試驗場報告 21:109-117.