

고추밭 잡초 피와 명아주 발생밀도에 따른 경합 및 고추 수량 감소

원종건^{1*}, 장길수, 황지은, 권오훈, 전수경, 박상구

Competitiveness and Yield Loss of Red Pepper by Densities of *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. and *Chenopodium album* L.

Jong-Gun Won^{1*}, Kil-Su Jang, Ji-Eun Hwang, Oh-Hun Kwon
Su-Gyung Jeon and Sang-Gu Park

ABSTRACT This study was conducted to predict the yield loss of red pepper and to determine the economic weed thresholds levels for red pepper cultivation field from competition with the most serious weeds, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. beauv. (barnyard grass) and *Chenopodium album* L. (goosefoot) in Youngyang of Korea. Crop yield as a function of weed density was predicted by using a rectangular hyperbola, and their economic threshold levels were determined by using the equation developed by Cousens (1987). The red pepper yield loss models of weeds were predicted as $y=317.0 \text{ kg}/(1+0.1707x)$, $R^2=0.895$ in *E. crus-galli* and $y=323.2 \text{ kg}/(1+0.2900x)$, $R^2=0.896$ in *C. album* L.. Economic thresholds calculated using Cousens' equation was negatively related with the competitiveness of weed. Economic thresholds of each weed were calculated as 6.5 plant 100 m⁻² in *E. crus-galli*, and 3.7 plant 100 m⁻² in *C. album* L..

Key words: *Chenopodium album.*; *Echinochloa crus-galli*; red pepper; weed density; yield loss.

서 언

작물이 재배되고 있는 포장에서 잡초 발생은 한정된 면적 내에 식물체의 밀도가 증가되는 것을 의미한다. 따라서 가장 높은 수량을 낼 수 있도록 설계된 작

물 재식 밀도 환경 내에 잡초의 존재는 필연적으로 작물의 평균 수량을 감소시키게 된다.

이러한 잡초 발생으로 인한 작물 수량 감소 정도는 수학적인 모델식을 이용하여 예측 하려는 노력이 다양하게 시도되었으며(Cousens 1985; Kropff와 Spitters

¹ 경상북도 농업기술원 영양고추시험장, 764-803, 경북 영양군 영양읍 대천리 579-3(Youngyang Pepper Experiment Station, Gyeongbuk Agricultural Research & Extension Services, Youngyang 764-803, Korea).

* 연락저자(corresponding author) : Phone) +82-54-683-1691, Fax) +82-54-683-1690, E-mail) ricewon@korea.kr

(Received February 9, 2011; Examined March 8, 2011; Accepted March 16, 2011)

1991; Kropff 등 1995; Berti와 Sattin 1996), 이러한 모델을 가운데서 Cousens에 의해 시도되었던 잡초의 밀도와 작물의 수량 감소를 연계시킨 *rectangular hyperbola* 모델이 가장 많이 사용되고 있다(Cousens 1985). 실제로 이와 같이 잡초 밀도를 이용하여 다양한 작물에 대한 수량 감소를 예측한 결과들이 보고되었다(Kim 등 2002; Cowan 등 1998; Lindquist 등 1996). 최근 국내에서도 벼에 있어서 재배양식별 피와 물달개비 발생밀도가 벼 수량에 미치는 영향에 대한 보고를 비롯하여(권 등 2006), 여뀌바늘(송 등 2008), 새섬매자기(권 등 2008), 담수직파의 알방동사니(권 등 2009) 등에 대한 연구가 발표되었다.

모델식을 이용한 잡초 발생에 따른 정확한 수량 예측은 제초제 비용, 쌀 가격, 잡초 완전 방제시 쌀 수량 등을 종합적으로 고려한 경제적 한계 허용 밀도(*economic threshold*)라는 개념을 가능하게 하였다(Cousens 1987). 이는 잡초 발생 밀도에 따라 방제할 것인가 말 것인가를 경제적인 관점에서 접근하여 의사결정을 가능케 하는 것으로 제초비용 절감은 물론 환경적으로도 매우 유리한 개념이라 할 수 있다.

한편 밭 재배에 있어서 작물별 잡초 밀도에 따른 작물의 수량감소를 예측한 결과는 콩에 있어서 바랭이(송 등 2009)와 미국실새삼(송 등 2010)에 대한 보고에 그치고 있다. 밭 재배에 있어서 고추는 한국에서 양념류 채소의 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 전체 채소 중 가장 많은 재배면적과 생산액을 차지한다. 2007년 지역별 노지고추 재배면적은 전체 54,876ha 중 경북이 14,761ha로 전체의 26.9%를 차지하고 있어 특히 경북지역에서 벼 다음으로 중요한 작물로 여겨지고 있다(농촌진흥청 2008).

명아주는 일년생 초본으로 줄기는 높이 10~250cm 정도이며 세로로 꼴이 파여 있으며, 6~7월에 꽃이 피는 잡초이다. 이 잡초는 인류와는 길고 깊은 관계를 맺고 있는 강해잡초 중의 하나로서 토양 중의 매장 종자량이 방대하고 생육기간이 길며 생육량이 많은 잡초이다(양 등 2004). 명아주는 작물과의 경합에 있어 특히 옥수수와 경합에서는 주로 질소, 가리, 석회, 마그네슘 등의 양분 쟁탈이 심하고, 특히 질소에 대해서는 작물보다는 잡초 쪽에 유리하게 작용하

는 호질성 식물로서 알려져 있어 밭잡초에서 가장 문제되고 있는 잡초중 하나로 인식되고 있다(LeRoy 등 1977).

따라서 본 시험은 2010년에 경상북도 농업기술원 영양고추시험장 고추재배 포장에서 연구 결과가 거의 보고된 바 없는 명아주를 대상으로 피와 비교하여 잡초 밀도별 고추와의 경합력을 구명하고 *rectangular hyperbola* 모델을 기초로 잡초의 밀도에 따른 건고추 수량 감소를 예측하고 경제적인 방제 필요수준을 구명하고자 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

포장 시험

고추밭 문제잡초 발생밀도에 따른 고추와의 경합력과 수량 감소 정도를 예측하고, 경제적방제 수준을 설정하기 위해 경상북도 영양고추시험장에서 시험품종인 ‘무한질주’를 공시하여 실시하였다. 잡초의 밀도는 대비잡초인 피와 명아주 공히 m^2 당 0, 1, 8, 24, 48, 96본을 조성하여 초종별 난괴법 3반복으로 노지 1열 재배로 시험을 수행하였다.

고추묘는 2월 20일에 파종하여 5월 1일에 70일묘를 $90 \times 40cm$ 거리로 정식하였다. 시비량은 10a당 N-19, P_2O_5 -11.2, K_2O -14.9kg을 질소는 40%를 기비로 나머지는 추비로 관비 하였으며, 인산은 전량 기비로, 칼리는 70%를 기비로 나머지는 추비로 관비 하여 재배하였다. 수확은 8월 하순부터 9월 하순까지 3회 수확하여 수량을 평가하였다.

통계분석 및 예측모델 작성

모든 통계분석은 Genstat(Genstat Committee 1993) 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 잡초 밀도에 따른 고추 수량감소를 예측하기 위한 추정식을 작성하기 위해서는 Cousens(1985)에 의해 제시되었던 *rectangular hyperbola* 식을 이용하여 추정하였다.

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

여기서 Y_0 는 잡초 완전 방제시의 건고추 수량, β 는 고추에 대한 잡초의 경합력, X 는 잡초의 밀도를 나타낸다.

경제적 잡초 한계 허용 밀도(tE)는 잡초 방제에 필요한 비용, 제초제 비용, 건고추 가격 등을 Cousens (1987)이 개발한 식에 적용 계산하였다.

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

여기서 C_h 는 제초제 가격, C_a 는 제초 작업 비용, Y_0 는 잡초 완전방제시 건고추 수량, P 는 건고추 가격, L 은 잡초 1본 발생에 따른 건고추 수량 감소율, H 는 제초제 처리시 방제가를 나타낸다.

결과 및 고찰

잡초 밀도에 따른 고추 생육 차이

표 1은 잡초 종류별 밀도에 따른 고추의 중간 생육 변화로 고추의 초장, 주경장, 경경, 분지수 및 측지수에 대한 차이와 잡초의 초장 및 건물중 변화를 나타

낸 것으로 고추 정식 후 약 60일경에 조사하였다. 정식 후 60일경이었지만 피와 명아주 모두 잡초의 분수에 따라 고추의 초장이 m^2 당 8분부터 통계적으로 유의하게 짧아지기 시작하였으나 주경장의 길이는 차이가 없었다. 줄기의 굵기 또한 8분부터 통계적으로 유의한 차이가 나타나기 시작하였다. 분지수와 측지수 둘다 피와 명아주 8분부터 감소하였다. 이는 잡초의 생육에서 건물중이 피와 명아주 공히 m^2 당 1분에서부터 유의하게 증가하는 것에서 알 수 있는 바와 같이 잡초의 분수가 증가함에 따라 비록 잡초의 초장은 큰 차이가 없었지만 m^2 당 차지하는 건물중이 급격히 증가함에 따라 상대적으로 고추의 생육이 영향을 받은 것으로 나타났다. 잡초의 생육은 명아주에서 초장이 피에 비해 약 2~31cm 정도 더 컸으며 건물중 또한 m^2 당 96분에서 533g 더 무거웠다.

잡초 밀도에 따른 건고추 수량 및 과실특성 변화

한편, 대조구의 피 발생 밀도에 따른 건고추 수량 및 과실특성 변화는 표 2에서 보는 바와 같이 고추의 과장, 과경 그리고 과육의 두께는 잡초의 분수에 관계없이 일정한 경향이었으나, 고추의 주당 과수는 피

Table1. Growth characteristics of pepper plants and weeds as affected by different densities of weeds in pepper cultivation fields at 60 day after transplanting.

Weed species	Density (plant m^{-2})	Pepper plants				Weeds	
		Plant height (cm)	Main stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Branch (No. plant $^{-1}$)	Plant height (cm)	Dry weight (g m^{-2})
<i>E. crus-galli</i>	0	72 a	23 a	11.0 a	6.9 a	-	-
	1	69 a	23 a	10.9 a	6.7 a	114 a	151 d
	8	57 b	23 a	4.9 b	4.9 b	122 a	1,202 c
	24	41 c	21 a	4.9 b	3.2 c	117 a	1,803 bc
	48	37 cd	22 a	4.5 b	3.0 c	116 a	2,331 ab
	96	29 d	20 a	4.3 b	2.4 c	117 a	2,667 a
<i>C. album</i>	0	72 a	23 a	11.0 a	6.9 a	-	-
	1	72 a	23 a	10.0 a	6.7 a	116 a	117 d
	8	59 b	23 a	6.6 b	4.7 b	144 a	1,011 c
	24	42 c	22 a	5.4 bc	3.2 c	139 a	1,669 b
	48	38 c	22 a	5.0 bc	3.2 c	143 a	2,592 a
	96	30 c	22 a	4.2 c	2.0 c	148 a	3,200 a

The same letters in a column are significantly different at 5% level by DMRT.

Table 2. Yield of dried red pepper and characteristics of pepper fruits as affected by different densities of two weeds in pepper cultivation fields.

Weed species	Density (plant m ⁻²)	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Fruits (No. plant ⁻¹)	Fresh weight (g plant ⁻¹)	Dried pepper yield (kg 10a ⁻¹)
<i>E. crus-galli</i>	0	12.4 a	22.4 a	46.0 a	704 a	351 a
	1	11.9 a	22.3 a	30.1 b	487 b	219 b
	8	12.2 a	22.3 a	22.0 b	348 b	151 bc
	24	11.9 a	20.4 a	11.3 c	176 c	68 c
	48	11.8 a	20.6 a	7.5 c	117 c	40 c
	96	11.1 a	20.0 a	6.3 c	95 c	32 c
<i>C. album</i>	0	12.4 a	22.4 a	46.0 a	704 a	351 a
	1	11.8 a	21.9 a	29.3 b	447 b	198 b
	8	12.0 a	21.8 a	19.1 bc	314 bc	130 bc
	24	11.6 a	21.0 a	9.2 cd	132 cd	52 cd
	48	11.0 a	19.6 a	5.0 d	72 d	33 d
	96	10.7 a	19.6 a	4.5 d	61 d	19 d

The same letters in a column are significantly different at 5% level by DMRT.

와 명아주 공히 1본이 발생했을 때부터 유의성 있게 감소하는 것을 알 수 있다. 특히 피가 48~96본 존재할 때 고추 과수는 6~8개 정도였으며, 명아주가 48~96본 존재할 때 고추 과수는 5개 정도 밖에 없었다. 따라서 고추의 생중도 피와 명아주 공히 m²당 1본이 발생했을 때부터 유의하게 감소하기 시작하였으며 피에 비해 명아주의 발생에서 고추의 생중이 현저히 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 잡초와의 경합에 의해 주당 열린 고추 과수의 현저한 감소에 의한 결과로 보여지며 건고추의 수량 또한 같은 경향을 보였다.

피 1본 발생시 건고추 수량은 0본에 비해 62.4%, 8본 발생시 43.0%, 24본 발생시 19.4%, 48본 발생시 11.4%, 96본 발생시 9.1% 정도의 수량을 나타내었다. 한편 명아주의 경우는 1본 발생시 건고추 수량이 0본에 비해 56.4%, 8본 발생시 37.0%, 24본 발생시 14.8%, 48본 발생시 9.4%, 96본 발생시 5.4% 정도의 수량을 나타내어 명아주에서 수량감소가 더 큰 것을 알 수 있었다.

고추에 대한 잡초의 경합력

고추 주산지인 영양에서 피와 명아주 밀도에 따른

건고추 수량감소는 재료 및 방법의 계산식(1)을 이용하였으며 잡초완전 방제시의 건고추 수량(Y₀)과 고추에 대한 잡초 경합력(β) 등을 표 3에 제시하였다. 표 3에서 구해진 명아주와 피의 완전 방제시 수량과 고추와의 경합력을 바탕으로 하여 피와 명아주 밀도에 따른 고추 수량 감소 예측식을 그림 1에 나타내었다. 명아주 및 피를 완전 방제했을 경우를 가정한 건고추 수량은 명아주에서 10a당 323kg로 피의 317kg에 비해 다소 높았으며, 고추와 잡초의 경합력은 명아주에서 0.2900으로 피의 0.1709 보다 높아 그림 1에서 보는 바와 같이 명아주의 밀도 증가에 따른 실측 및 예측 수량(y=323/(1+0.2900x), R²=0.896)과 피의 실측 및 예측 수량(y=317/(1+0.1707x), R²=0.895)을 비교해 볼 때 잡초의 밀도가 증가할수록 차이가 커지는 경향을 보였다. 이는 고추와 잡초간의 경합에 있어서 잡초 초종에 따라 경합의 차이는 현저히 달라질 수 있고, 그 경합력이 클수록 수량 감소는 더욱 증가한다는 것을 알 수 있었다. 본 시험의 피 경합력은 원 등(2009)의 벼 이앙재배시 경합력 0.02433, 권 등(2009)의 전남지방의 벼 답수직파 재배에서 0.03782, 이앙재배의 0.010568(권 등 2007)에 비해 많게는 약 10배 이상 높게 나타나고 있어 잡초의 경합력은 지역

Table 3. Weed free pepper yield (Y_0) and the competitiveness represented by parameter β , whose reciprocal $1/\beta$ is a weed density reducing pepper yield by 50% in pepper cultivated field.

Weed species	Parameter Estimate		R^2
	$Y_0(\text{kg } 10\text{a}^{-1})$	β	
<i>E. crus-galli</i>	317.0	0.1707	0.895
<i>C. album</i>	323.2	0.2900	0.896

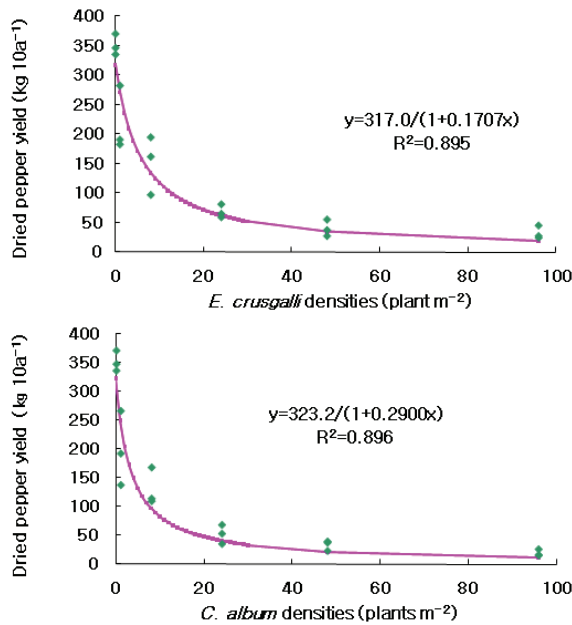


Fig. 1. Observed and predicted yield as a function of *E. crus-galli* and *C. album* density in red pepper field. The predicted dried pepper yield (continuous line) was calculated using eqn 1 and parameter estimates in table 4. The dots represent the real dried pepper yield harvested in the fields.

간, 재배 양식간, 재배되고 있는 작물간 변이가 심한 것을 보여 주었다.

고추와 잡초의 경합에 의한 수량 감수 예측 및 감수율

그림 1에서 구해진 고추와 잡초와의 경합에 의해 얻어진 모델식에 의해 잡초밀도에 따른 건고추의 예측 수량과 수량감소율을 계산한 결과를 표 4에 나타내었다. 고추밭에서 피가 1본만 존재하게 되어도 건고추 수량은 14.6%가 감수되었고 명아주와의 경합에서는 22.5%나 감수되었다. 피는 잡초본수가 8본에서

50% 정도의 수량 감수를 보였으나, 명아주는 잡초본수가 4본에서 50% 이상의 수량감수를 가져왔으며, 24본일 때 피와 명아주 공히 80% 이상 수량감수를 보였다.

경제적 방제수준

표 5는 Cousens(1987)에 의해 개발된 계산식(2)를 이용하여 고추와 잡초와의 경합에 있어서 경제적 피해 한계 밀도를 산출하여 나타낸 것이다. 그 결과, 제초제 구입 비용은 10a당 6,500원이었고, 제초제를 살포하는데 소요되는 인건비 등은 10a당 20,000원, 건고추의 kg당 가격은 8,000원, 제초제의 방제가는 95%로 적용하였을 때 경제적 피해 한계 밀도는 잡초 완전 방제시 수량이 10a당 317kg이고, 잡초 1본당 수량 감수 정도가 0.1707인 피는 100m²당 6.5본, 잡초 완전 방제시 수량이 323kg이고 잡초 1본당 수량 감수 정도가 0.29인 명아주는 100m²당 3.7본이었다. 이와 같은 결과는 경북지역 벼 이앙재배에서 산출된 피의 경제적 방제수준은 100m²당 98본(원 등 2009)이나, 전남지역 담수직파의 60본(권 등 2009)에 비해서는 약 10배 정도 본수의 차이를 보였다. 따라서 논에서 벼 재배의 경우보다 밭 고추 재배는 잡초의 낮은 본수에도 수량 감수가 크므로 철저한 방제가 필요할 것으로 사료되었다. 명아주는 피보다 경합력이 약 배정도 높기 때문에 비록 경제적 방제 수준은 고추 밭에서 100m²당 3.7본 정도이지만 보이는 즉시 제거하거나 전체적으로 제초제를 처리해야만 고추의 경제적 피해를 줄일 수 있을 것으로 사료되었다.

잡초의 경제적 방제수준은 일정하게 고정된 값이 아니며, 잡초가 경합하는 작물의 종류, 또 시대적으로 경제적 여건, 작물의 가격, 재배되는 환경 조건 등에 따라 달리 적용될 수 있다. 앞서서도 언급했듯이 벼를 재배하는 논에서 피에 대한 경제적 방제수준과 고추 밭에서의 경제적 방제수준이 10배 정도 차이가 나는 것이 좋은 예라고 할 수 있다. 최근 소비자들의 농산물 안전성에 관심이 높아지면서 제초제에 대한 경각심이 높은 시대적 상황을 고려할 때 잡초 종류별 또는 재배양식별 잡초 밀도에 따른 고추와의 경합력을 구명하고 정확한 수량 감수 모델에 의한 경제적 방제

Table 4. Prediction of dried pepper yields and reduction rate by the equation estimated in Fig. 1. as a function of *E. crus-galli* and *C. album* in pepper cultivated field.

Weed density (plants m ⁻²)	0	1	2	3	4	8	24	48	96	192
<i>E. crus-galli</i>										
Predicted dried pepper yield (kg 10a ⁻¹)	317	271	236	210	188	134	62	35	18	9
Reduction Rate (%)	0	14.6	25.5	33.9	40.6	57.7	80.4	89.1	94.2	97
<i>C. album</i>										
Predicted dried pepper yield (kg 10a ⁻¹)	323	251	205	173	150	97	41	23	11	6
Reduction Rate (%)	0	22.5	36.7	46.5	53.7	69.9	87.4	93.3	96.5	98.2

수준을 제시하는 것은 농촌 노동력의 고령화 및 부족함에 따라 잡초를 방제할 것인가에 대한 판단 근거를 제공할 뿐 아니라 제초제의 무분별한 남용을 방지하는데도 일조할 것으로 생각된다.

요 약

본 시험은 2010년에 경상북도 농업기술원 영양고추시험장 고추 재배포장에서 밭 잡초로 가장 문제시 되고 있는 잡초 중 피와 명아주를 대상으로 잡초 밀도별 고추와의 경합력을 구명하고 rectangular hyperbola 모델을 기초로 잡초의 밀도에 따른 건고추 수량 감소를 예측하여 경제적인 방제 필요수준을 구명하고자 실시하였다. 잡초를 완전 방제 했을 경우를 가정한 건고추 수량은 명아주에서 10a당 323.2kg으로 피의 317.0kg 보다 다소 높았으며, 고추와 잡초의

경합력은 명아주에서 0.29으로 피의 0.1707 보다 높았고, 수량 예측식은 명아주가 $y=323.2\text{kg}/(1+0.29x)$, $R^2=0.896$, 피가 $y=317.0\text{kg}/(1+0.1707x)$, $R^2=0.895$ 로 나타났다. 제초제 구입 비용을 10a당 6,500원, 제초제 살포 인건비를 20,000원, 건고추의 가격을 kg당 8,000원, 제초제 방제가 95%로 적용하여 구한 경제적 피해 한계 밀도는 잡초 완전 방제시 수량이 10a당 323.2kg이고 잡초 1본당 수량 감수 정도가 0.29인 명아주는 100m²당 3.7본, 잡초 완전 방제시 수량이 317.0kg이고 잡초 1본당 수량 감수 정도가 0.1707인 피는 100m²당 6.5본이었다.

인 용 문 헌

권오도, 국용인, 문병철. 2008. 벼 재배지에서 새삼매 자기 발생밀도에 따른 쌀 수량과 미질 변화에 기

Table 5. Parameter estimates and economic threshold (tE) of *E. crus-galli* and *C. album* in pepper cultivated field.

Weed species	Parameter estimates and economic thresholds (tE)						
	C _h (₩ 10a ⁻¹)	C _a (₩ 10a ⁻¹)	Y ₀ (kg 10a ⁻¹)	P (₩ kg ⁻¹)	L	H	tE (No. 100 m ²)
<i>E. crus-galli</i>	6,500	20,000	317	8,000	0.1707	0.95	6.5
<i>C. album</i>	6,500	20,000	323	8,000	0.2900	0.95	3.7

* Abbreviation : Y₀, weed free pepper yield; P, value per unit of crop; L, proportion of yield loss per unit weed density; H, herbicide efficacy calculated as (efficacy/100); C_h, herbicide cost; C_a, application cost.

- 초한 경제적 허용 한계밀도 설정. 한국잡초학회지 28:255-263.
- 권오도, 국용인, 조승현, 문병철. 2007. 벼 이앙재배에서 피와 알방동사니 발생밀도에 따른 쌀 수량, 미질 및 경제적 허용 한계밀도 설정. 한국잡초학회지 27:102-111.
- 권오도, 문병철, 국용인, 김종국, 김한용. 2006. 벼 재배양식별 피와 물달개비 발생밀도에 따른 쌀 수량, 품위 및 경제적 허용 한계밀도 설정. 한국잡초학회지 26:155-167.
- 권오도, 문병철, 안규남, 박홍규, 신해룡, 국용인. 2009. 벼 답수직파에서 알방동사니의 발생밀도에 따른 쌀 수량예측 및 경제적 방제밀도 수준 설정. 한국잡초학회지 29:167-177.
- 농촌진흥청. 2008. 고추재배. pp. 11-29.
- 송석보, 황재복, 홍연규, 강항원. 2008. 기계이앙 재배 농에서의 여뀌바늘 발생밀도가 벼 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국잡초학회지 28:214-219.
- 송석보, 이재생, 강종래, 고지연, 서명철, 우관식, 오병근, 남민희. 2009. 바랭이 발생밀도가 콩 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국잡초학회지 29:323-327.
- 송석보, 이재생, 강종래, 고지연, 서명철, 우관식, 오병근, 남민희. 2010. 미국실새삼 발생밀도가 콩 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국잡초학회지 30:390-395.
- 양환승, 김동성, 박수현. 2004. 잡초 형태·생리·생태 합관화류Ⅱ. 이전농업자원도서. pp. 462-465.
- 원종건, 안덕중, 김세중, 권오도, 문병철, 박재읍. 2009. 기계이앙답 가막사리와 한련초 발생밀도에 따른 벼 수량 감수정도 예측 및 경제적 한계밀도. 한국잡초학회지 29:328-335.
- 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 Res. 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.
- Genstat Committee. 1993. Reference Manual (Genstat 5.0, Released 3). Oxford University Press, Oxford, UK.
- 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.
- 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.
- LeRoy G. Holm, Donald L. Pluchnett, Juan V. Pancho and James P. Herberger. 1977. The world's worst weeds distribution and biology published for the east-west center by the University press of Hawaii, Honolulu pp. 84-91.