

깨풀의 발생이 콩 생육에 미치는 영향 및 경제적 피해 한계수준

류지혁 · 문병철* · 이인용 · 김두호
농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부

Effect of *Acalypha australis* Occurrence on Soybean Growth and Economic Threshold Level of *Acalypha australis*

Ji-Hyock Yoo, Byeong-Chul Moon*, In-Yong Lee and Doo-Ho Kim

Department of Crop Life Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT. A field experiment was conducted to investigate the effect of *Acalypha australis* occurrence on the growth and yield of soybean, to predict the reduction rate of soybean yield caused by competing with *A. australis* and to establish the economic threshold of *A. australis* for soybean cultivation. As the density of *A. australis* increase, the height and stem length of soybean were not affected by the competition with *A. australis*, however, the yield of soybean was decreased as 11~51% as compared with weed-free condition. The relationship between weed density and soybean yield was established as $Y=415.5 / (1+0.003356X)$ and the reduction rate of soybean yield were predicted from this equation. Compared with the weed-free condition, the reduction rate of soybean yield were calculated as 0.3~9%, 17~29%, and 40~46% when the density of *A. australis* were 1~30, 60~120, and 200~250 plants m^{-2} , respectively. The economic threshold level of *A. australis* for soybean cultivation was established as 6.3 plants m^{-2} from the Cousens' equation.

Key words: Competition, Economic threshold, Soybean, Weed

서 론

작물 재배를 통해 최대 수익을 얻기 위해서는 병충해와 더불어 잡초 방제는 필요한 작업임에는 틀림이 없으나, 잡초가 발생하여도 일정 수준까지는 피해가 없으며 그럼에도 불구하고 대부분의 재배포장에서는 과도한 잡초 방제가 이루어지고 있다(Kim et al., 2005). 잡초 방제 시점에 대한 정량화 된 판단기준 없이 필요 이상의 잡초 방제를 한다면 그에 따른 노동력, 제초제 구매비용 등 제초비용이 과도하게 소요되어 결국에는 제초 작업에 따른 작물 수량 증가분에 해당하는 금액보다 오히려 제초 비용이 커지게 된다. 수량 증가분과 제초 비용이 같아지는 잡초의 경제적 피해 한계밀도의 개념은 Cousens(1985a, 1985b)에 의해 수식화 되었으며 이를 통해 작물 수량 증가분과 제초비용을 동일 선상에서 비교, 검토함으로써 경제적 이득

을 최대화 할 수 있다.

깨풀은 전국의 밭과 밭둑에서 발생하는 동아시아 원산의 대극과 1년생 초본으로 주로 봄에 발생하며 여름에도 발생이 왕성하여 발생시기가 일정하지 않은 특징을 가지고 있다. 또한, 약제 방제효과가 낮고 작물 생육기간 내에서 발생기간의 폭이 넓어 방제가 어려운 잡초이다. 전작지 잡초 발생에 관한 연구에서 Guh and Park(1978)은 콩밭에서 바랭이, 쇠비름, 여뀌, 방동산이, 털비름, 깨풀이 우점한다 하였고, Chang et al.(1990)은 깨풀이 전북, 전남, 경남 지역 여름작물 재배지에서 바랭이, 쇠비름 다음으로 우점함을 보고한 바 있다. 농경지 발생잡초 정밀조사(Rural Development Administration, 2005)에 따르면 깨풀의 콩밭에서 우점도 순위는 경기, 강원 지역의 경우 명아주, 쇠비름, 바랭이 등에 이어 7위로 비교적 낮았으나 충청도 지역에서는 바랭이에 이어 2위, 전라도 및 경상도 지역의 경우 바랭이, 쇠비름, 방동사니에 이어 3~4위의 우점도를 보이는 콩밭의 주요 잡초이며, 발생중수는 적으나 단일 초종으로는 개비름, 환삼덩굴 등과 함께 발생량이 많은 잡초로 조사되었다.

콩밭의 잡초 발생 분포와 더불어, 수종의 잡초와의 경

*Corresponding author; Byeong-Chul Moon
Tel: +82-31-290-0581, Fax: +82-31-291-0503
E-mail: moonbc@korea.kr
Received : September 10, 2012, Revised : September 18, 2012,
Accepted : October 8, 2012

합으로 인한 콩 수량 변화에 관한 연구(Lee and Lee, 1982; Pyon and Kim, 1978; Pyon et al., 1979; Staniforh and Weber, 1956)와 바랭이, 미국실새삼 및 피 등 단일 잡초종과의 경합에 따른 콩 생육 변화에 관한 연구(Kim, 2005; Song et al., 2009, 2010)는 이루어졌으나 콩밭의 문제 잡초 중 하나인 깨풀이 콩 생육 및 수량에 미치는 영향에 관한 연구는 수행된 바 없다.

본 연구를 통해 콩 재배포장의 주요 잡초인 깨풀의 발생 밀도에 따른 콩의 생육 및 수량 변화를 정량화하고 깨풀과의 경합에 따른 콩의 수량 감소를 예측할 수 있는 모델식을 도출하며, 콩밭에서 깨풀 발생 시 제초작업 여부를 판단할 수 있는 경제적 피해 한계밀도 수준을 제시함으로써 잡초 정밀관리를 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

콩과 깨풀의 경합에 따른 콩 생육 특성과 수량 감소를 평가하기 위하여 2008년도에 국립농업과학원 농업생물부 시험포장에서 연구를 수행하였다. 깨풀은 2007년 가을에 채집하여 Han et al.(2000)이 제안한 방법에 따라 겨울에 3주간 실외에서 20 cm깊이에 매립하여 휴면 타파 후 습윤상태의 모래와 혼합하여 5°C로 냉장 보관하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였고 처리구 당 면적은 콩 4 줄 파종 기준으로 2.2 m × 2.7 m, 전체 시험구 면적은 248.5 m²이었다. 비료는 4-7-6 kg 10a⁻¹(N-P₂O₅-K₂O)로 전량 기비로 사용하였다. 시험대상 잡초 이외의 잡초를 방제하기 위하여 콩 파종 전에 흑색 폴리에틸렌 필름으로 피복한 후 6월 2일에 태광콩을 60 × 15 cm의 재식밀도(12.1주 m²)로 파구 당 4~5립씩 파종하고 본엽 2엽기에 파구 당 2본(1주 2본)이 되도록 솎아주었다.

깨풀 경합밀도 조성은 128공 육묘포트에 콩 파종일과 동일 날짜에 약 2만 립의 깨풀 종자를 파종하여 3주간 생육시킨 후 시험포장에 m² 당 0, 4, 32, 64, 128, 256본을 처리구별로 이식하였으며 밀도 조성에 소요된 깨풀의 개체수는 총 6,707개체이었다. 콩과 깨풀의 생육 조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(Rural Development Administration, 2003)에 따라 파종 후 30일부터 60일까지 하였고 수확기에 콩의 경장, 주경절수, 경직경, 분지수와 수량 구성요소 및 수량을 조사하였으며 통계분석은 SAS 프로그램을 이용하였다.

깨풀 발생 밀도별 콩 수량의 변화는 Cousens의 쌍곡선 모델식(Cousens, 1985a)을 적용하여 예측하였으며 모델식 작성에는 Genstat 통계 프로그램을 이용하였다.

$$Y = Y_0 / (1 + \beta X) \quad (1)$$

(Y: 콩 수량; Y₀: 잡초 완전방제구 콩 수량; β: 잡초 경합력(1/β은 50% 수량감소를 유발하는 잡초밀도); X: 잡초

밀도)

깨풀의 경제적 피해 한계밀도는 Cousens (1985b)의 식을 이용하여 추정하였다.

$$ET(\text{Economic Threshold}) = Cw / (Y \times P \times L \times K) \quad (2)$$

(Y: 완전방제 시 콩 수량; P: 단위무게 당 콩 가격; L: 잡초 1본 당 수량감소율; K: 방제효과(efficacy/100); C_w: 제초비용)

콩 재배에 사용 가능한 광엽잡초 생육기 처리용으로 등록된 제초제가 없는 관계로 제초작업에 소요되는 비용은 인력제초 기준으로 콩밭의 시간 당 남성 고용노력비인 7,568원 10a⁻¹(Rural Development Administration, 2007)을 적용하고 제초에 소요되는 시간은 4시간으로 산정하였다.

결과 및 고찰

콩과 깨풀의 경합에 따른 콩 생육 변화

콩이 깨풀과 경합하면서 성장할 때 초장과 건물중은 파종 후 60일까지 유의적 차이를 나타내지 않았으며(Table 1) 수확기 콩의 경장도 깨풀 밀도에 따라 118.6~126.7 cm 범위로 처리 간 유의적인 차이는 없었다. 주경절수 역시 경합 밀도별로 13.3~15.4개로 유의적 차이를 나타내지 않았다(Table 2). 그러나 수확기 경직경은 깨풀 32본 m² 처리구에서부터 깨풀과의 경합으로 감소하기 시작하여 64~256본 m² 구에서 완전방제구보다 14.6~38.2% 감소하였고, 분지수는 128본 m² 구에서부터 감소하여 256본 m² 구에서는 완전방제구보다 53% 감소하였다(Table 2). 전반적으로 콩의 길이 생장은 깨풀 발생 밀도와 경합기간에 영향을 받지 않은 반면, 부피 생장은 깨풀의 밀도가 증가할수록 감소하였으며 이러한 결과는 바랭이와 논 콩 재배에서 피를 대상으로 한 기존 연구 결과(Kim et al., 2005; Pyon and Kim,

Table 1. Changes in height and dry weight of soybean at vegetation period depending on the density of *Acalypha australis*.

Density (No. m ⁻²)	Plant height (cm)			Dry weight (g per two plants)	
	30 DAS ^{*)}	45 DAS	60 DAS	45 DAS	60 DAS
0	44.6a ^{*)}	89.6a	132.4a	25.7a	41.1a
4	49.6a	92.6a	129.7a	28.2a	36.5a
32	46.8a	91.9a	130.8a	24.6a	41.4a
64	47.4a	92.2a	135.6a	25.1a	39.6a
128	43.3a	88.7a	128.1a	27.5a	37.3a
256	47.7a	91.0a	134.7a	24.1a	37.5a

^{*)}DAS : Days after sowing

^{*)} Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

1978; Song et al., 2009)와 유사하였다. Kim et al.(2005)은 콩 재배에서 피를 대상으로 수행한 연구에서 콩의 생장 요소 사이에 경합피해가 다르게 나타난 것은 콩의 신장은 피의 경합력이 강해지기 전에 먼저 완료되는 반면, 경직경과 협실은 후기까지 생육이 증가하는 과정에서 경합력이 강해진 피의 영향을 받았기 때문이라 하였다. Song et al.(2009)은 바랭이가 192본 m²까지 발생하여도 콩의 경장은 완전방제구와 큰 차이가 없음을 보고하였고, 콩과 일년생잡초와의 경합에 관한 연구(Pyon and Kim, 1978)에 의하면 콩의 초장은 잡초와의 경합기간이 길어짐에 따라 짧아지는 경향이었으나 전 생육기간에 걸쳐 통계적 유의차는 없었고 분지수와 주당협수는 경합기간이 길어질수록 감소하였다. 이와 같이 깨풀, 피 및 바랭이 사이에 콩 생육 억제에 미치는 영향이 유사하게 나타난 것은 콩의 생육 특성과 함께 이들 잡초의 생장, 또는 경합 특성의 유사성에 따른 것으로 판단된다.

한편, Janet and Harold(1985)는 콩과 경합하는 다른 잡초종에 대한 연구에서 흰명아주, 돼지풀 및 가시도꼬마리는 대조구에 비해 콩의 초장을 감소시키고 털비름은 오히려 초장을 증가시킨다 하였으며, 콩의 초장 증가는 상대적으로 생체량이 큰 털비름이 콩의 경합력 상승을 유도한 결과로 추정하였다. 콩과 경합하는 가시도꼬마리에 관한 연구에서 Barrentine(1974)은 가시도꼬마리가 고밀도 조건에서 콩과 경합할 때 콩의 초장이 증가함을 보고하였고 Waldrep(1969)은 저밀도에서 초장이 감소한다 하였다. 잡초와의 경합이 콩의 생육에 미치는 상기 연구결과들을 종합하면 깨풀은 바랭이와 피의 경우처럼 콩에 대한 경합력을 갖추기까지 흰명아주, 돼지풀, 또는 가시도꼬마리보다 더 많은 시일이 소요되어 파종 후 약 60일까지의 발생 밀도는 콩의 신장에 대한 경합의 요인이 되지 않으나, 경합력을 갖춘 콩의 생육 주기 이후에는 밀도 증가에 따라 콩

의 분지수와 경직경을 감소시킨 것으로 판단된다(Table 1, 2). 반면, 흰명아주, 돼지풀, 가시도꼬마리 및 털비름은 콩의 신장 단계에 이미 경합력을 확보하며, 털비름과 가시도꼬마리의 경우 생체량, 또는 발생 밀도와 콩의 초장 변화는 정의 관계를 나타내어 이들 초종의 다발생은 오히려 콩의 경합력을 증가시키는 것으로 보인다. 가시도꼬마리의 발생 밀도에 따라 콩의 신장이 정의 관계로 반응한 것은 고밀도 조건에서는 가시도꼬마리와 콩의 경합보다는 고밀도에 따른 가시도꼬마리의 종 내 경합이 우세하고 저밀도 조건에서는 종 간 경합이 우세하였기 때문인 것으로 추측된다. 본 연구에서 깨풀의 밀도는 최대 256본 m²의 고밀도로 깨풀 간의 경합이 예상되었으나 초장, 파종 후 60일까지의 건물중, 경장 및 주경절수에서 밀도 간 차이가 없던 것은(Table 1, 3) 이러한 생육 요소들이 깨풀과의 종 간 경합뿐만 아니라 깨풀의 종 내 경합에도 영향을 받지 않았기 때문으로 판단되며, 콩밭에서 문제가 되는 잡초종의 발생 밀도에 따른 종 내 경합에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

콩과 깨풀의 경합에 따른 콩 수량 구성요소 및 수량

깨풀의 밀도에 따른 콩의 수량 구성요소는 개체 당 협수의 경우 32본 m² 구에서부터 유의적으로 감소하여 깨풀 32~256본 m² 구에서 완전방제구보다 33.1~73.8% 감소하였고, 백립중은 경합 밀도 128본 m²까지는 31.7~32.5 g으로 유의적 차이가 없었으며 256본 m² 구에서는 30.4 g으로 4% 감소하였다(Table 3). 수량은 깨풀 밀도 증가에 따라 4본 m² 구부터 유의적으로 감소하기 시작하였으며 완전방제구에 비해 10.7~50.9%의 수량 감소를 보였다. 깨풀과의 경합에 따라 콩의 수량 감소 요인으로 작용한 것은 협수, 경직경 및 분지수의 감소였고(피어슨 상관관계수 r=0.89**, 0.87** 및 0.80**) 백립중의 감소가 수량에 미치는

Table 2. Growth of soybean at harvest time depending on the density of *Acalypha australis*.

Density (No. m ⁻²)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Node of main stem (No. per one plant)	Branch (No. per one plant)
0	120.9ab ^x	8.9a	14.6ab	7.0a
4	118.6b	8.8a	15.4a	6.9a
32	123.8ab	8.4ab	13.9ab	5.9a
64	122.6ab	7.6b	14.7ab	6.0a
128	123.2ab	6.1c	14.6ab	5.0ab
256	126.7a	5.5c	13.3b	3.3b

^x Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

Table 3. Yields and yield constituents of soybean depending on the density of *Acalypha australis*.

Density (No. m ⁻²)	Pod (No. per one plant)	Weight of 100 seeds (g)	Yield (kg 10a ⁻¹)	Yield index (%)
0	82.4a ^x	31.7a	439.2a	-
4	73.6a	32.1a	392.1b	89.3
32	55.1b	32.1a	361.5bc	82.3
64	58.8b	32.5a	339.7cd	77.3
128	32.8c	31.9a	308.3d	70.2
256	21.6c	30.4b	215.7e	49.1

^x Means within columns followed by the same letter were not significantly different at P=0.05.

영향은 상대적으로 작았다($r=0.60^{**}$). Kim et al.(1995)은 잡초와의 경합에 따른 분지수와 협수의 감소가 콩 수량 감소의 주요인이라 하였고 Lee and Lee(1982)는 수량 감소의 요인은 경중, 분지수 및 협수의 감소라 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 한편, Janet and Harold(1985)는 종자 생산과 직접적으로 연관되며 광합성 용량의 척도가 되는 엽면적의 감소를 콩 수량 감소의 주요인이라 하였으며, Song et al.(2009, 2010)은 콩밭에서 바랭이, 또는 미국실새삼의 밀도가 증가할수록 협수, 백립중 및 분지수의 순서로 생육이 감소한다고 하였다.

Pyon and Kim(1978)은 콩과 일년생잡초와의 경합에 관한 연구에서 파종 후 4주 이전까지 잡초를 제거할 경우 수량감소는 3~6%이나, 8주 이후부터는 수량 감소가 심하여 잡초 방입구 수량은 완전제초구 대비 44% 감소한다 하였다. 또한, Kim and Kim(1984)은 콩밭에서 바랭이, 쇠비름, 줄명아주, 개풀 등이 209개체 m^2 발생할 때 수량은 약 80%까지 감소한다고 하여 본 연구의 개풀 단일 초종에 의한 수량 감소보다 훨씬 큰 수량 감소를 보였으며, 초장이 크고 뿌리의 분포범위가 넓은 가시도꼬마리의 경우에는 4.6개체 m^2 에서도 콩의 수량을 50% 감소시켰다 (Gossett, 1971).

개풀 발생 밀도별 콩 수량 변화 예측 및 개풀의 경제적 피해 한계 수준

개풀 발생에 따른 콩 수량 예측모델을 추정하기 위하여 개풀 밀도별 콩 수량 결과를 바탕으로 식 (1)을 이용하여 비선형 회귀분석을 하였다. 그 결과 수량에 직접적으로 영향을 미치는 개풀의 경합력 β 는 0.003356으로 추정되었으며 개풀 밀도와 콩 수량과의 관계는 $Y=415.5/(1+0.003356X)$, $R^2=0.884$ 로 부의 상관관계를 나타내었다(Fig. 1). 이 관계식으로부터 콩 재배포장에서 개풀 발생 밀도에 따라 예측되는 완전방제 대비 수량 감소율은 제곱미터 당 개풀 1~30본 발생시 0.3~9%, 60~120본 발생시 17~29%, 200~250본 발생시는 40~46%로 예측할 수 있었다(Table 4).

개풀 발생 밀도별 콩 수량 예측 모델식 (1)로부터 구한 완전방제 시 콩 수량과 개풀 1본 당 수량 감소율을 제초 비용 등과 함께 식 (2)에 대입하여 콩 재배포장에서 개풀에 대한 당해 연도 방제필요 밀도를 산정한 결과 개풀 제초 작업에 따른 콩 수량 증가분에 해당하는 금액과 제초 비용이 같아지는 개풀의 경제적 허용 한계밀도는 6.3본 m^2 으로 추정할 수 있었다(Table 5).

한편, 콩 재배 시 바랭이의 경제적 허용 한계밀도는 3.4본 m^2 (Song et al., 2009), 논에서 콩 재배 시 피의 경우 1.9본 m^2 (Kim et al., 2005)으로 개풀보다 콩 수량 감소에 미치는 영향이 상대적으로 큰 것으로 나타났으나, 개

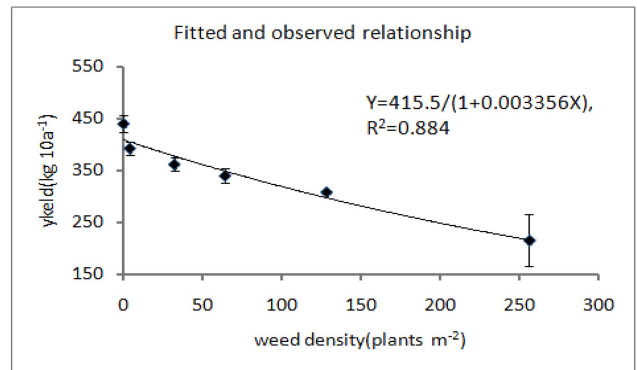


Fig. 1. Estimated curve fitting and observed soybean yields from a nonlinear regression analysis using Cousens' hyperbolic model depending on the density of *Acalypha australis*.

Table 4. Estimation of yields and reduction rates of soybean from non linear regression depending on the density of *Acalypha australis*.

Density (No. m^2)	1	30	60	120	200	250
Yield (kg $10a^{-1}$)	414.1	377.5	345.9	296.2	248.6	225.9
Reduction rate (%)	0.3	9.1	16.8	28.7	40.2	45.6

Table 5. Parameter estimates and economic threshold of *Acalypha australis* L. for soybean cultivation.

$C_w^a)$ (won)	$Y^b)$ (kg $10a^{-1}$)	$P^c)$ (won kg^{-1})	$L^d)$ (%)	$K^e)$	$E. T.^f)$ (No. m^2)
30,272	415.5	3,651	0.003356	0.95	6.3

^a cost for weeding
^b yield of weed free condition
^c price of soybean
^d reduction rate of yield per one *Acalypha australis* L. plant
^e efficacy of weeding(efficacy/100)
^f economic threshold = $C_w/(Y \times P \times L \times K)$

풀은 제초제에 대한 내성이 강하여 발생이 계속 증가하고 발아가 불균일하여 지속적으로 발생하며 콩밭에서 경합해를 유발하는 문제 잡초이다. 또한, 콩은 개화 초기부터 종자형성 초기까지 잡초 경합해를 가장 심하게 받으므로 (Acker et al., 1993) 개풀이 발생할 경우 6.3본 m^2 보다 높은 밀도에서 콩 생육 단계와 작업 용이성을 고려한 방제를 하는 것이 비용과 노동력을 절감하는 효율적인 잡초 관리가 될 것으로 판단된다.

요 약

콩밭의 주요잡초인 개풀의 발생이 콩 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하고 개풀과의 경합에 따른 수량 감소

를 예측할 수 있는 모델식을 도출하며, 잡초 정밀 관리를 위한 깨풀의 경제적 피해 한계밀도를 설정하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 깨풀의 밀도가 높아질수록 콩의 신장은 완전방제구와 차이가 없는 반면, 경직경과 분지수는 유의적으로 감소하였으며 협수의 감소와 함께 콩 수량 감소의 요인으로 작용하여 완전방제구 대비 11~51%의 수량 감소를 보였다. 깨풀 밀도와 콩 수량과의 관계는 $Y=415.5/(1+0.003356X)$ 로 도출되었고 이 관계식으로부터 예측되는 완전방제 대비 수량 감소율은 m^2 당 깨풀 1~30본 발생시 0.3~9%, 60~120본 발생시 17~29%, 200~250본 발생시는 40~46%이었으며, 깨풀의 방제가 필요한 경제적 피해 한계수준은 6.3본 m^2 로 설정되었다.

주요어: 경합, 경제적 피해 허용 한계밀도, 콩, 잡초

Acknowledgements

This study was supported by joint research project of Rural Development Administration (project number : PJ0038592 00805) and partially by agricultural research project of National Academy of Agricultural Science (project number : PJ00865001).

References

- Acker, R.C.V., Swanton, C.J. and Weise, S.F. 1993. The critical period of weed control in soybean *Glycine max* L. Merr. *Weed Sci.* 41:194-200.
- Barrentine, W.L. 1974. Common cocklebur competition in soybeans. *Weed Sci.* 22:600-603.
- Chang, Y.H., Kim, C.S. and Youn, K.B. 1990. Weed occurrence in upland crop fields of Korea. *Korean J. Weed Sci.* 10(4):294-304. (In Korean)
- Cousens, R.D. 1985a. A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Appl. Bio.* 107:239-252.
- Cousens, R.D. 1985b. Theory and reality of weed control thresholds. *Plant Protection Quarterly.* 2:13-20.
- Gossett, B.J. 1971. Cocklebur - soybean's worst enemy. *Weeds Today* 2:9-11.
- Guh, J.O. and Park, K.Y. 1978. Upland weed control in Korea situation. *J. Korean Soc. Crop Sci.* 23(3):55-65. (In Korean)
- Han, S.S., Lim, B.H. and Ma, S.Y. 2000. Dormancy breaking of Virginia copperleaf (*Acalypha australis* L.) seed. *Korean J. Weed Sci.* 20(2):127-133. (In Korean)
- Janet, L.S. and Harold, D.C. 1985. Interference of certain broadleaf weed species in soybeans (*Glycine max*). *Weed Sci.* 33:654-657.
- Kim, K.U., Shin, D.H., Park, S.J., Jeong, J.W. and Hwang, S.S. 1995. Weed occurrence and control at soybean culture in ricesoybean rotated paddy field. *Korean J. Weed Sci.* 15(4):313-320. (In Korean)
- Kim, S., Im, I.B., Kang, J.G. and Kim, J.D. 2005. Growth and yield of soybeans as affected by density of *Echinochloa crus-galli* in paddy field. *Korean J. Weed Sci.* 25(3):157-162. (In Korean)
- Kim, T.I. and Kim, K.U. 1984. Effect of different herbicides and planting density on weed control and soybean yield. *Research Report* 1:21-30. Institute of Agricultural Sci. Tech., Kyungpook National University. (In Korean)
- Lee, K.H. and Lee, E.W. 1982. Studies on the occurrence of upland weeds and the competition with soybeans. *Korean J. Weed Sci.* 2(2):75-113. (In Korean)
- Pyon, J.Y. and Kim, Y.R. 1978. Competitive effects of annual weeds on soybeans. I. Effect of weed competition time on the growth and yield of soybeans. *J. Korean Soc. Crop Sci.* 23(1):86-89. (In Korean)
- Pyon, J.Y., Kim, Y.R., Kim, C.H. and Kang, J.C. 1978. Competitive effects of annual weeds on soybeans. III. Effect of plant spacing and soybean cultivars on competitive relationships between soybeans and weeds. *J. Korean Soc. Crop Sci.* 24(2):83-88. (In Korean)
- Rural Development Administration. 2003. Standard of research, survey and analysis for agricultural science and technology. 4th ed. Suwon, Korea. (In Korean)
- Rural Development Administration. 2005. Weed precision survey in crop fields of Korea. Suwon, Korea. pp. 63-194. (In Korean)
- Rural Development Administration. 2007. Research data on the income from the agro and livestock products. Suwon, Korea. p. 39. (In Korean)
- Song, S.B., Lee, J.S., Kang, J.R., Ko, J.Y., Seo, M.C., Woo, K.S., et al. 2009. The growth and yield of soybean as affected by competitive density of *Digitaria sanguinalis*. *Korean J. Weed Sci.* 29(4):323-327.
- Song, S.B., Lee, J.S., Kang, J.R., Ko, J.Y., Seo, M.C., Woo, K.S., et al. 2010. The growth and yield of soybean as affected by competitive density of *Cuscuta pentagona*. *Korean J. Weed Sci.* 30(4):390-395. (In Korean)
- Staniforth, O.W. and Weber, C.R. 1956. Effects of annual weeds on the growth and yield of soybeans. *Agron. J.* 48:467-471.
- Waldrep, T.W. and McLaughlin, R.D. 1969. Cocklebur competition and control. *Soybean Farmer.* 3:26-30.